

ISSN 1563-0218; eISSN 2617-7498

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

Биология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия биологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EXPERIMENTAL BIOLOGY

№4 (101)

Алматы
“Қазақ университеті”
2024



ХАБАРШЫ

БИОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №4 (101) желтоқсан



04.05.2017 ж. Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникация министрлігінде тіркелген

Қуәлік № 16494-Ж

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

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР

Шокагаева Д.Х., PhD (Қазақстан)
e-mail: bb.kaznu.kz@gmail.com

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Бисенбаев А.Қ., б.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (ғылыми редактор) (Қазақстан)
Бекманов Б.О., б.ғ.к., доцент (ғылыми редактордың орынбасары) (Қазақстан)
Төлеуханов С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Савицкая И.С., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Кистаубаева А.С., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Конуспаева Г.С., PhD, профессор (Қазақстан)
Мухитдинов Н.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Нургазин С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Туруспеков Е.К., б.ғ.к., профессор (Қазақстан)
Берсимбаев Р.И., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Искаков Б.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Сарбасов Д., PhD, профессор (АҚШ)
Орынбаева З., PhD, профессор (АҚШ)
Курмашева Р.Т., PhD (АҚШ)
Сапарбаев М., PhD, профессор (Франция)
Ищенко А., PhD (Франция)
Лось Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)
Ташев А.Н., профессор (Болгария)
Құрманғалиев Е., PhD (США)

ТЕХНИКАЛЫҚ РЕДАКТОР

Смекинов Изат, PhD (Қазақстан)

Журнал материалдарында ауқымды биологиялық мәселелері – ғылыми шолу, теориялық және эксперименталдық зерттеулердің нәтижелері қарастырылады.

Мақалалар биологияның келесі бөлімдері бойынша жарияланады: ботаника, биотехнология, биохимия, өсімдіктер физиологиясы, генетика және молекулалық биология, клеткалық биология, биофизика, адам және жануарлар физиологиясы, зоология және ихтиология, цитология және гистология, микробиология және вирусология.



Жоба менеджері

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

Пішімі 60x84/16. Көлемі 0,0 б.т. Тапсырыс №12705.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің “Қазақ университеті” баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

1-бөлім
БОТАНИКА

Section 1
BOTANY

Раздел 1
БОТАНИКА

T. Kobylina^{1,2*}, **B. Tynybekov¹**, **G. Sadyrova¹**,
B. Yeszhanov¹, **G. Zhamanbayeva¹**, **M. Parmanbekova³**,
A. Nurmahanova¹, **E. Kyrbassova³**, **E. Imanova³**, **U. Kurmanbay⁴**

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Physiology and Genetics, Almaty, Kazakhstan

³Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan

⁴Zh. Tashenev university, Shymkent, Kazakhstan

*e-mail: kobyлина.tatyana.n@mail.ru

ECO-BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND CURRENT STATE ASSESSMENT OF *PHEDIMUS HYBRIDUS* AND *HYLOTELEPHIUM EWERSII* IN THE KOK-ZHAILAU GORGE, FLORA OF THE ILE ALATAU

The article examines the current status of populations of *Phedimus hybridus* (L.) 't Hart (also known as *Sedum hybridum* L. and *Aizopsis hybrida* (L.) Grulich) and *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba (formerly *Sedum ewersii* Ledeb.) in the Kok-Zhailau Gorge, part of the flora of the Ile Alatau. The study explores the biology of these species, including their population dynamics and life forms, as well as their ecological responses to specific ecological-cenotic conditions. *P. hybridus* is valued in traditional medicine for its diverse therapeutic properties, such as anti-inflammatory effects, stimulation of the nervous system, antidepressant and wound-healing actions, and inhibition of leukocytosis. In contrast, *H. ewersii* is commonly cultivated as an ornamental plant. The article also includes a taxonomic, ecological, and geographical analysis of the flora associated with the populations of *P. hybridus* and *H. ewersii* in the Kok-Zhailau Gorge. The flora of the studied populations of *P. hybridus* and *H. ewersii* in the Big Almaty Gorge, Kok-Zhailau Tract, and Kazachka River areas of the Ile Alatau comprises 146 species across 78 genera and 39 families. The main ecological groups of plants within the *P. hybridus* and *H. ewersii* populations are shown: mesophytes – 105 species (71.9%), mesoxerophytes – 30 species (20.5%), and mesohygrophytes – 11 species (7.5%). The analysis revealed different levels of representation of geographical elements in the flora of the populations of *P. hybridus* and *H. ewersii* in the Kok-Zhailau tract of the Trans-Ili Alatau, which emphasizes the heterogeneity of the flora.

Key words: *Phedimus hybridus*; *Hylotelephium ewersii*; coenopopulation; Kok-Zhailau Gorge; Ile Alatau.

Т.Н. Кобылина^{1,2*}, Б.М. Тыныбеков^{1*}, Г.А. Садырова¹, Б. Есжанов¹,
 Г.Т. Жаманбаева¹, М. Парманбекова³, А. Нурмаханова¹, Э. Кырбасова³,
 Э. Иманова³, У. Курманбай⁴

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, әл-Фараби 71, Алматы қ., Қазақстан

²Физиология және генетика институты, әл-Фараби 93, Алматы қ., Қазақстан

³Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті жаратылыстану институты, Алматы қ., Қазақстан

⁴Ж.Тәшенев атындағы университет, Шымкент қ., Қазақстан

*e-mail: kobyлина.tatyana.n@mail.ru

Іле Алатауының Көкжайлау шатқалының флорасындағы *Phedimus hybridus* және *Hylotelephium ewersii* түрінің эко-биологиялық сипаттамасы және қазіргі жағдайын бағалау

Мақала *Phedimus hybridus* (L.) 't Hart (*Sedum hybridum* L., *Aizopsis hybrida* (L.) Grulich.) және *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba (*Sedum ewersii* Ledeb.) түрінің популяцияларының қазіргі жағдайын зерттеуге арналған. Іле Алатауындағы осы түрлердің ценопопуляцияларының флористикалық құрамы. *P. hybridus* популяцияларының биологиясын зерттеу және талдау ұсынылған. *P. hybridus* және *H. ewersii* Көкжайлау шатқалында Іле Алатауының жолында, олардың тіршілік формаларының әртүрлілігі мен нақты экологиялық реакциялардағы экологиялық реакциялары және ценоздық жағдайларда *P. hybridus* қабынуға қарсы, жүйке жүйесін қоздырғыш ретінде қолданылады. антидепрессант және жараларды емдеу әсері бар, сонымен қатар *H. ewersii* лейкоцитозының дамуын тежейді *P. hybridus* және *H. ewersii* түрінің

Мақалада *P. hybridus* және *H. ewersii* популяциясының флорасына таксономиялық, экологиялық және географиялық талдау берілген. Зерттелген популяциялар флорасы *P. Hybridus* және *H. ewersii* Үлкен Алматы шатқалында, Көк-Жайлау шатқалында және Іле Алатауының Казачка өзенінде 39 тұқымдастың 78 туысы мен 146 түрі бар. *P.hybridus* және *H.ewersii* популяциясы өсімдіктерінің негізгі экологиялық топтары көрсетілген: мезофиттер – 105 түр (71,9%), мезоксерофиттер – 30 түр (20,5%) және мезогигрофиттер – 11 түр (7,5%). Талдау нәтижесінде Іле Алатауының Көкжайлау трактідегі *P.hybridus* және *H.ewersii* популяцияларының флорасында географиялық элементтердің әртүрлі деңгейі анықталды, бұл флораның біркелкі еместігін көрсетеді.

Түйін сөздер: *Phedimus hybridus*; *Hylotelephium ewersii*; ценопопуляция; Көкжайлау шатқалы; Іле Алатауы.

Т.Н. Кобылина^{1,2*}, Б.М. Тыныбеков¹, Г.А. Садырова¹, Б. Есжанов¹,
Г.Т. Жаманбаева¹, М. Парманбекова³, А. Нурмаханова¹, Э. Кырбасова³,
Э. Иманова³, У. Курманбай⁴

¹Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Институт физиологии и генетики, г. Алматы, Казахстан

³Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

⁴Университет имени Ж. Ташенева, г. Шымкент, Казахстан

*e-mail: kobyлина.tatyana.n@mail.ru

Экобиологическая характеристика и оценка современного состояния видов *Phedimus Hybridus* и *Hylotelephium Ewersii* во флоре Ущелья Кок-Жайлау Заилийского Алатау

Статья посвящена изучению современного состояния популяций видов *Phedimus hybridus* (L.) 't Hart. (*Sedum hybridum* L., *Aizopsis hybrida* (L.) Grulich.) и *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) N. Ohba (*Sedum ewersii* Ledeb.), флористического состава ценопопуляций этих видов в Большом ущелье, урочища Кок-Жайлау Заилийского Алатау. Приводятся исследование и анализ биологии видов популяций *P. hybridus* и *H. ewersii*, встречающихся в урочище Кок-Жайлау Заилийского Алатау, разнообразия их жизненных форм и экологических реакций в конкретных эколого-ценотических условиях. В народной медицине *P. hybridus* используется как растение с широким спектром терапевтических свойств. Он используется как противовоспалительное, стимулирует нервную систему, оказывает антидепрессантное и ранозаживляющее средство, а также тормозит развитие лейкоцитоза. *H. ewersii* распространен в культуре как декоративное растение. В статье приведен таксономический, экологический, географический анализ флоры популяций видов *P. hybridus* и *H. ewersii*. Флора изученных популяций *P. Hybridus* и *H. ewersii* в Большом Алматинском ущелье, урочище Кок-Жайлау и на р. Казачка Заилийского Алатау включает 146 видов из 78 родов и 39 семейств. Показаны основные экологические группы растений популяций *P. Hybridus* и *H. ewersii*: мезофиты – 105 видов (71,9 %), мезоксерофиты – 30 видов (20,5 %) и мезогигрофиты – 11 видов (7,5 %). Анализ выявил различный уровень представленности географических элементов во флоре популяций *P. Hybridus* и *H. ewersii* в урочище Кок-Жайлау Заилийского Алатау, что подчеркивает неоднородность флоры.

Ключевые слова: *Phedimus hybridus*; *Hylotelephium ewersii*; ценопопуляция; урочище Кок-Жайлау; Заилийский Алатау.

Introduction

The Ile Alatau is the northernmost range of the Tien Shan Mountain system, forming a gently concave arc that extends latitudinally to the south. It stretches approximately 350 km in length and 30–40 km in width. The central part of the ridge reaches an average elevation of 4000 m, with heights decreasing to the east in the Dala-Ashyk and Tyure-Zhailau mountains. The highest point, Talgar Peak, rises to 4951 m in the central Talgar Knot. Elevations gradually decline toward both the eastern and western ends of the range. The northern slopes are deeply dissected by numerous

gorges and valleys, with rivers flowing into the Lake Balkhash basin. About 20–30 km from the watershed, the foothills rise to 800–1000 m before transitioning into the gently sloping Ili basin to the northwest. In contrast, the southern slopes are steep, short, and less developed, with fewer dissected features.

Geographically, the Ile Alatau ridge is situated around 43° N latitude and 75–78° E longitude, extending through parts of Kazakhstan, Kyrgyzstan, and China. It begins in the west near the Chu River and extends 280 km eastward to the Chilik River. To the north, the ridge gently descends toward the Ili River depression and the plains of Kazakhstan,

while to the south, it is separated from the Kungei Alatau by intermountain valleys formed by the Chilik and Chonkemin rivers [1]. The Kok-Zhailau Gorge lies within the Ile Alatau State National Na-

ture Park, situated between the Small and Big Almaty Gorges, approximately 10 km from the city of Almaty, Kazakhstan. The elevation of the area is 2200 m above sea level (a.s.l.) [2].



Figure 1 – Map of the Kokzhailau Gorge of the Ile Alatau

According to Kazakhstan's geographical zoning, the Ile Alatau ridge falls within the North Tien Shan geobotanical province, specifically in the Ile forest-meadow steppe district. This central region of the Ile Alatau extends from the Ulken Almaty in the west to Turgen in the east [3].

The genus *Sedum* L., one of the largest plant genera, comprises nearly 600 species predominantly distributed across the Northern Hemisphere, especially within the subtropical and temperate zones of Eurasia. In Kazakhstan, this genus is represented by 10 species, including one endemic species, *Sedum nugodsharicum* Boriss., found in the Mugalzhar Ridge [4]. Goncharova [5] reported over 300 *Sedum* species in the Old World, with 25 species in the Circumboreal floristic region. The genus is most abundant in the East Asian (70 species), Irano-Turanian (50 species), and Mediterranean (40 species) floristic regions. The highest species concentration is found in the East Himalayan province of the East Asian region (50 species) and the Armeno-Iranian province of the Irano-Turanian region (32 species) [5].

All species of *Sedum* L. are valued as medicinal plants, gaining increasing interest both in Kazakhstan and internationally. In official medicine, *Sedum* species are recognized for their beneficial properties, including nervous system stimulation, antidepressant effects, anti-inflammatory and wound-healing actions, and inhibition of leukocytosis. Infusions are recommended for treating goiter and are also used as laxatives, hemostatic agents, diuretics, stress protectors, and tonics for the nervous system, as well as for gastrointestinal disorders. Fresh leaves are applied to ulcers, wounds, and bruises.

In addition to their medicinal value, *Sedum* species have ornamental qualities and are prized as honey plants [6]. *Phedimus hybridus* (L.) 't Hart (also known as *Sedum hybridum* L. and *Aizopsis hybrida* L. Grulich) is particularly notable for its ornamental features. The flowers of this hybrid sedum come in various shades of pink, purple, or white, making it visually appealing in gardens and landscape designs. Its narrow lanceolate leaves with serrated edges add grace, often displaying a pleasant green hue. *P. hybridus* is easily propagated by seeds, mak-

ing it accessible to gardeners and plant enthusiasts. Its ability to thrive in diverse climatic zones makes it a versatile choice for gardens and parks, including temperate and colder regions. These attributes contribute to its popularity in floriculture, where it is used in flower beds and landscaping in various light and soil conditions.

P. hybridus is a perennial herbaceous polycarpic species native to the mountainous regions of Siberia and the Tien Shan. It is characterized by a long, branched, cord-like, and creeping rhizome. The stems, which can reach heights of 15–20 cm (up to 34 cm), are evergreen, persistent, branched, creeping, prostrate, and rooting. Sterile shoots are short and densely foliated, while fertile ascending shoots have smaller, more widely spaced leaves. The leaves are alternate, measuring 1.5–2.5 cm (up to 3.5 cm) in length and 0.7–1.5 cm (up to 2 cm) in width. They are spatulate-elliptic, gradually narrowing into a long, wedge-shaped, entire petiole, obtuse at the apex, and obtusely serrated along the edge. The leaves are glabrous and smooth. The inflorescence is an apical, dense, paniculate-corymbose semi-umbel. The sepals are pale green, about 3 mm long, lanceolate, obtuse, and fused at the base. The petals are yellow, approximately 6 mm long and 1.5 mm wide, elliptic-lanceolate, acute, and reflexed. Seeds are up to 1 mm in length, elliptical, blunt, and numerous. The species blooms from June and bears fruit from July to August [7]. *P. hybridus* is light-loving, drought-resistant, and undemanding, thriving in nutrient-poor and light-textured soils. It commonly grows in mountain steppes and, less frequently, in the southern parts of the forest zone, particularly on rocky and gravelly soils, in rock crevices, and occasionally on sandy or pebble coastal cliffs. The species is found at altitudes ranging from 435 to 2600 m above sea level [8]. In Kazakhstan, it is distributed across various regions, including the Tobol-Ishim Lowland, Kokchetau, Turgai regions Mugalzhar, Western Uplands, Ulytau, Karkar, Zaisan, Altai, and Tarbagatai, as well as the Zhongar, Zailiysky, Kyrgyz, Kungey, and Terskey Alatau ranges, and the Ketmen Ridge, Chu-Ili Mountains, and Karatau. Globally, it occurs in the European part of the former USSR, Western and Eastern Siberia, Western China, and Northern Mongolia. However, the morphological and biological characteristics of *P. hybridus* in the Zailiysky Alatau region remain largely unstudied.

Hylotelephium ewersii (Ledeb.) H. Ohba, an Altai-mountain-Central Asian-Himalayan species [9], is a perennial, herbaceous polycarpic plant

with a branched, woody rhizome that forms a turf and cord-like roots. The numerous, branched, and ascending stems grow to a height of 10–20 cm (up to 25 cm). They are woody at the base, bare, and reddish. The opposite leaves measure 1–1.5 cm (up to 2 cm) in length and are almost as wide. They are broadly ovate or nearly rounded, cordate at the base, and short with a bluntly pointed apex. The leaves are glaucous-green, finely dotted, with unclear fine serrations. The lower leaves are broadly elliptic and often have brown spots. The inflorescence is complex and corymbose. Sepals are lanceolate, about 2 mm long. The petals are elliptical-lanceolate, acute, pink or light purple, and measure 4–5 mm in length. There are 10 stamens, slightly longer than the petals, with blackish anthers. Hypogynous scales are 0.5 mm long, oblong, and slightly notched at the apex. Leaflets are 3–4 mm long, erect, and bent outward at the tips. Seeds are lanceolate, brown, and about 0.5 mm long. The species blooms from July to October [7–9]. *H. ewersii* is light-loving, drought-resistant, and undemanding in terms of soil quality. It grows on rocky, stony, and gravelly mountain slopes across the lower, middle, and high mountain belts. In Kazakhstan, it is found in Zaisan, Altai, and Tarbagatai, as well as in the Dzungarian, Zailiysky, Kyrgyz, Kungey, and Terskey Alatau ranges, the Ketpen Range, and the Western Tien Shan. It is also present in Western Siberia, Central Asia, Western China, Western Mongolia, and the Himalayas.

Over the past decade, scientific interest in the Crassulaceae family, particularly in *P. hybridus* and *H. ewersii*, has grown significantly. Research has investigated the antioxidant and antibacterial properties of *P. hybridus* [10,11], as well as the phylogenetic relationships within Crassulaceae, including intrafamilial and generic classification [12–14]. Ohba [15,16] contributed to the taxonomic understanding of *Sedum telephium* and related species within Crassulaceae, addressing systematic issues related to the evolution of Asian Sedoideae and Crassulaceae taxonomy. Further studies have focused on cultivated *Sedum* species, plant flowering and nectar production, variation in flavonoids and alkaloids, and photoperiodic control of plant dormancy [17–22]. Additional research has explored the evolution and systematics of Crassulaceae, with a focus on the *Sedum acre* group [13,23].

The current study aims to investigate the population characteristics of *P. hybridus* and *H. ewersii* in natural populations within the Big Almaty Gorge and the Kok-Zhailau Tract of the Ile Alatau.

Materials and Methods

2.1 Research objects

Species Studied: *Phedimus hybridus* (L.) 't Hart (formerly *Sedum hybridum* L. and *Aizopsis hybrida* (L.) Grulich) is classified under the genus *Sedum* L., section Aizoon Koch, series Glabrae A. Bor., within the family Crassulaceae DC. *Hylotelephium ewersii*

(Ledeb.) H. Ohba (formerly *Sedum ewersii* Ledeb.) belongs to the section Telephium S.F. Gray, subsection Humilieaulia Praeger L., series Repentes (Praeger) A. Bor. [24–27]. The studies were conducted from 2022 to 2024 in natural phytocenoses within the Ile Alatau ridge, specifically in the Big Almaty Gorge, the Kok-Zhailau Tract, the Kazachka River area, and the Medeu district of the Almaty region (Table 1).

Table 1 – Cenopopulations of the species *P. hybridus* and *H. ewersii* discovered during field studies.

Species, CP number	Geographical distribution	GPS coordinates & elevation
<i>P. hybridus</i> CP 1	Big Almaty Gorge, Kok-Zhailau tract, NW slope	43°00'923" N 75°57' 082" E 1925 m a.s.l.
<i>P. hybridus</i> CP 2	Big Almaty Gorge, Kok-Zhailau tract, NE slope	43°07'750" N 76°57' 220" E 1634 m a.s.l.
<i>P. hybridus</i> CP 3	Big Almaty Gorge, Kok-Zhailau tract, NW slope	43°07'648" N 076°58' 314"E 1869 m a.s.l.
<i>H. ewersii</i> CP 1	v. Alma-Arasan, Big Almaty Gorge, Kok-Zhailau tract, Kazachka river, N slope	43°00'923" N 75°57' 082" E 1925 m a.s.l.
<i>H. ewersii</i> CP 2	Big Almaty Gorge, Kok-Zhailau tract, NE slope	43°07'750" N 76°57' 220" E 1634 m a.s.l.
<i>H. ewersii</i> CP 3	v. Alma-Arasan, Big Almaty Gorge, Kok-Zhailau tract, Kazachka river, NW slope	43°07'648" N 076°58' 314"E 1869 m a.s.l.

Notes: CP – coenopopulations; N – north, W – west; E – east; a.s.l. – above sea level.

2.2 Research methods

The primary methods employed to study the morphological and biological characteristics of *Phedimus hybridus* and *Hylotelephium ewersii* included examining their morphological traits, biological features, taxonomy, and floristics. Conventional geobotanical research methods were used, focusing on the coenopopulations of *P. hybridus* and their interactions with the environment. A comprehensive geobotanical description of these coenopopulations was conducted, with locations recorded using GPS.

Fieldwork involved the route-reconnaissance method, where plants were detected and collected by walking along designated routes. This approach enabled coverage of extensive areas and facilitated the study of species diversity. Population studies were conducted using established methodologies in modern plant population biology [7,9,24–27].

Herbarium material was collected and processed according to standard procedures. Specimens of *P. hybridus* and *H. ewersii* were placed in herbarium folders, labeled with collection location, date, and collector information. Following fieldwork, the material was dried and examined under binocular

magnifiers. Herbarium collection and processing adhered to widely accepted methods [28].

Species identification and taxonomy were performed in the laboratory using multi-volume reference works [8,29–31]. Species and generic classifications for *P. hybridus* and *H. ewersii* in the Ile Alatau were based on the classifications by Cherepanov and Abdulina [32,33]. Life form analysis was conducted according to Serebryakov's classifications [34].

During the field expedition, three coenopopulations of *P. hybridus* and three coenopopulations of *H. ewersii* were identified. The morphological characteristics of both species were studied on living plants and herbarium specimens.

Results and Discussion

3.1 Plants population identification

To determine the natural habitats of *Phedimus hybridus* and *Hylotelephium ewersii* in the Ile Alatau, Big Almaty Gorge, Kok-Zhailau Tract, and Kazachka River, we plotted expedition routes, established flowering periods, and identified their ecological niches. This process included examining

herbarium material from the main herbarium collection at the Institute of Botany and Phytointroduction and reviewing relevant floristic literature. The typi-

cal habitats of *P. hybridus* and *H. ewersii* in these areas are characterized by stony and rubble soils, rock crevices, and the middle forest belt (Fig. 2).



Figure 2 – Populations of *P. hybridus* and *H. ewersii* identified in the Ile Alatau, Big Almaty Gorge, and Kok-Zhailau tract

As a result of the expeditionary surveys, we documented 3 large and 7 smaller populations of *Phe-dimus hybridus* and *Hylotelephium ewersii* in various ecological and phytocenotic conditions. These included outcrops of parent rock, stone ledges, and rocky areas amidst trees and shrubs (Fig. 2).

3.2 Ecological groups of populations

The flora of the studied populations of *P. hybr-idus* and *H. ewersii* in the Big Almaty Gorge, Kok-Zhailau Tract, and Kazachka River areas of the Ile Alatau comprises 146 species across 78 genera and 39 families. Key marker species include *Picea sch-renkiana* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Melilotus officinalis* (L.) Lam., *Melilotus albus* Medikus, *Berteroa incana*, *Poa pratensis* L., *Poa annua* L., *Dactylis glomerata* L., *Trifolium repens* L., *Trifolium pratense* L., *Geranium transversale* (Kar. & Kir.) Vved., *Geranium divaricatum* Ehrh., *Artemis-*

ia vulgaris L., *Arctium lappa* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., and *Xanthium strumarium* L. The presence of weed species such as *Urtica can-nabina* L., *A. lappa*, and *X. strumarium* indicates considerable anthropogenic pressure on the natural phytocenoses.

Ecological and biological analyses confirm that the mountain flora in the meadow habitats of *P. hybr-idus* and *H. ewersii* is predominantly mesophytic and mesophyto-xerophytic. Key factors limiting the distribution of these species include intense competi-tion within phytocenoses, anthropogenic impacts, and specific ecological requirements. The main eco-logical groups of plants within the *P. hybridus* and *H. ewersii* populations are shown in Fig. 3: meso-phytes – 105 species (71.9%), mesoxerophytes – 30 species (20.5%), and mesohygrophytes – 11 species (7.5%).

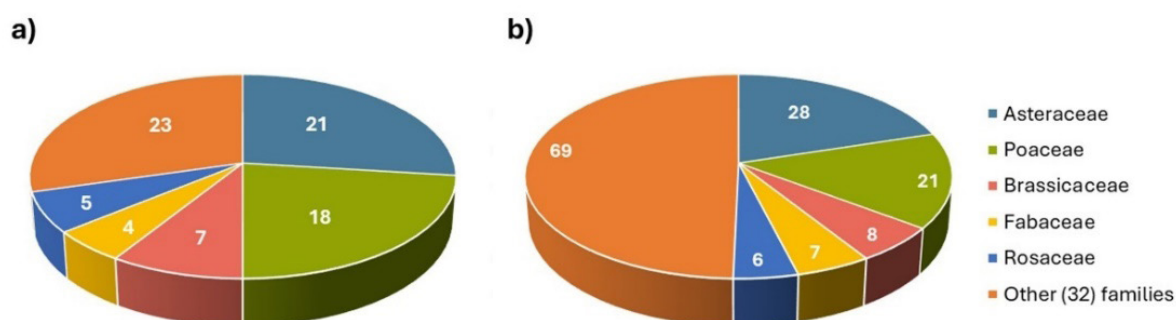


Figure 3 – Leading flora families of *P. hybridus* and *H. ewersii* populations.
a) At the Genus Level; b) At the Species Level

Results indicate that the dominant families within the *Phedimus hybridus* and *Hylotelephium ewersii* populations in the Kok-Zhailau Tract of the Ile Alatau are Asteraceae and Poaceae. These families account for 28 and 21 species, respectively, representing 20.1% and 15.1% of the total flora. Together with Brassicaceae, Fabaceae, and Rosaceae, these five families encompass 70 species out of the 139 identified, making up just over half (50.4%) of the flora in these populations (Fig. 3b). In contrast, the remaining 32 families contribute 69 species, accounting for 49.6%.

The largest families in the flora of *P. hybridus* populations in the Kok-Zhailau Tract include 55 genera (out of 78) and 70 species, representing 50.4% of the total species diversity (Fig. 3a). This dominance of families, characterized by high species richness, reflects patterns typical of the flora in the eastern part of the Ancient Mediterranean but also displays unique features influenced by both ancient Mediterranean and boreal elements.

The floristic diversity of the *P. hybridus* and *H. ewersii* populations in the Kok-Zhailau Tract is closely linked to ecological conditions, particularly climate and regional heterogeneity. The analysis of life forms revealed that herbaceous vegetation, predominantly hemicryptophytes, is the most common, comprising 75–80% of the species. In contrast, shrubs and subshrubs (chamephytes and microphyllphytes) represent a much smaller proportion, accounting for only 0.68–6.85% (Table 2).

The flora of the *Phedimus hybridus* and *Hylotelephium ewersii* populations in the Kok-Zhailau Tract of the Ile Alatau is notably characterized by therophytes, which constitute 18 species, or 12.3% of the total. Overall, the flora is predominantly composed of species typical of mountain meadows and

shrub-forb habitats. As previously noted, the leading life forms in this area are herbaceous perennials and annuals, which exhibit a broad ecological range. In contrast, shrubs are the least represented life form due to their restriction to narrow environmental conditions, and semi-shrubs are also sparse, found primarily in relatively humid habitats. This distribution of life forms in the flora of *P. hybridus* and *H. ewersii* reflects the region's climatic conditions, underscoring its mesophytic and mesoxerophytic characteristics.

Table 2 – Spectrum of dominant life forms found in *P. hybridus* and *H. ewersii* populations.

Life forms	Species	%
Hemicryptophytes	112	76.7
Therophytes	18	12.3
Chamephytes	1	0.68
Microphanerophytes	10	6.85
Phanerophytes	5	3.42
Total	146	100

3.4 Geographical elements of population flora

The geographical analysis of the *Phedimus hybridus* and *Hylotelephium ewersii* populations in the Kok-Zhailau Tract reveals varying degrees of geographical element representation, highlighting the flora's heterogeneity (Table 3). This analysis, as a typological method for studying flora based on the modern distribution ranges of species, illustrates the relationship between the studied flora and neighboring floras. It also sheds light on species migration routes within the region and potential pathways for

flora enrichment. To classify the distribution ranges of the flora species in the Kok-Zhailau Tract, we utilized classification types from previous studies on Central Asian flora [35–39].

The flora within the *P. hybridus* and *H. ewersii* populations in the Kok-Zhailau Tract is highly di-

verse, including species that range from widespread cosmopolitan or pluriregional to narrowly endemic. The study area encompasses 21 habitat types, which were further categorized based on similar characteristics (Table 3). A detailed description of the main habitat groups is provided below.

Table 3 – Geographical connections of plant species found in the population of *P. hybridus* and *H. ewersii* with the flora of other regions.

Geographical element	Herbaceous plants		Tree, shrub, half-shrub	Total	%
	Annual & biennial	Perennial			
Pluriregional	2	9	–	11	7.53
Holarctic	2	19	1	22	15.1
Palaearctic	2	19	3	24	16.4
Eastern Palaearctic	1	5	–	6	4.11
Euro-Ancient Mediterranean	3	8	1	12	8.22
Eastern Mediterranean	–	10	1	11	7.53
Eurasian	1	3	–	4	2.74
Mountain Central Asian	1	11	2	14	9.59
Mountain Central Asian-Iranian	1	7	–	8	5.48
Mountain Central Asian-Himalayan	–	2	1	3	2.05
Mountain Central Asian-Siberian	–	1	–	1	0.68
Altai-Mountain Central Asian	–	8	2	10	6.85
Tarbagatay-Mountain Central Asian	–	2	–	2	1.37
Tien Shan	2	3	4	9	6.16
Siberian-Tien Shan	–	1	–	1	0.68
Altay-Tien Shan	–	2	–	2	1.37
Tien Shan-Pamir-Alai	–	1	–	1	0.68
Northern Tien Shan	–	1	–	1	0.68
Dzungarian Northern Tien Shan	1	1	–	2	1.37
Dzungarian Tien Shan	1	–	–	1	0.68
Tarbagatay-Tien Shan	–	1	–	1	0.68
Total	17	114	15	146	100

Pluriregional: This group comprises 11 species distributed across various regions in both the Northern and Southern Hemispheres. It primarily includes weed and ruderal species, such as *Capsella bursa-pastoris*, *Convolvulus arvensis*, and *Chenopodium album*.

Holarctic: This group includes 22 species found mainly in the temperate and high-latitude regions of the Northern Hemisphere. Notable species include *Poa pratensis*, *Eragrostis pilosa*, and *Erigeron lonchophyllus*, along with weed and ruderal species like *Thlaspi arvense*.

Palaearctic: This group consists of 24 species common in Europe and the temperate and high-latitude regions of Asia. These are predominantly mesophilic species thriving in humid environments, mainly meadows. Key species include *Elytrigia repens*, and weeds such as *Plantago major* and *Artemisia annua*.

East Palaearctic: This group includes 6 species with ranges extending across Kazakhstan, Siberia, the Far East, and Central Asia.

European-Ancient Mediterranean: This group unites 12 species (e.g., *Plantago lanceolata*,

Bromus scoparius, and *Achillea millefolium*) predominantly distributed in arid regions, including the Central Asian, Sahara-Sindian, and Irano-Turanian subregions.

Eastern-Ancient Mediterranean: Species in this group have ranges extending from Palestine, Syria, and southern Bulgaria to the Western Himalayas and Tien Shan. This group includes 11 species.

Mountain-Central Asian: This group encompasses species ranging from the Pamir-Alay to Tarbagatay, with notable examples like *Artemisia vulgaris*. A total of 14 species are included.

Mountain-Central Asian-Siberian: This group consists of species distributed in the mountainous regions of Central Asia and Siberia, typically found on rocky slopes, screes, and cliffs.

Altai-Mountain-Central Asian: This group includes 10 species distributed in the mountainous regions of Central Asia and the Altai, with some extending into the Mongolian Altai.

Mountain-Central Asian-Himalayan: Species in this category are found in the mountain systems of the Pamirs, Pamir-Altay, Tien Shan, Hindu Kush, and Himalayas. Examples include *Spiraea lasiocarpa* and *Rosa nanothamnus*. This group includes only 3 species.

Mountain-Central Asian-Iranian: This group includes 9 species with ranges covering the Iranian Plateau and the mountain systems of the Pamir-Alay, Tien Shan, and occasionally Tarbagatay.

Tien Shan-Pamir-Alai: Species in this group are found in the mountain systems of the Pamir-Alai and Tien Shan, with some extending into Tarbagatay. This group includes 1 species.

Tien Shan: Species in this group are confined to the Tien Shan mountain systems, occasionally extending to the Alai Range in the west and the Tarbagatay Range in the north. This group includes 9 species.

The analysis revealed varying levels of representation of these geographic elements within the flora of the *P. hybridus* and *H. ewersii* populations in the Kok-Zhailau Tract of the Ile Alatau, highlighting the flora's heterogeneity (Table 3).

3.5 Plants with economical or industrial importance

Wild useful plants are employed in their natural state and serve as raw materials for various sectors of the national economy and medicine. With growing demand, there is an increasing need for their rational use and for expanding the volume of harvesting. Consequently, research has focused on evaluating the beneficial properties of

these wild plant species and assessing the available resources.

The flora of the *P. hybridus* and *H. ewersii* populations in the Kok-Zhailau Tract of the Ile Alatau encompasses a diverse range of useful plants. These include species with medicinal, food, essential oil, tanning, honey, vitamin, dye, ornamental, fodder, and fatty oil properties (Table 4). The vegetation of the Ile Alatau Ridge provides a vital forage base for livestock farming, featuring some of the region's richest pastures and hayfields. This herbaceous layer includes numerous well-known medicinal plants, such as *Origanum vulgare* and *Hypericum perforatum*.

Table 4 – Plant groups with economic & industrial importance within the *P. hybridus* and *H. ewersii* populations.

Plant group	Species	%
Weed	35	10.5
Forage	103	31.0
Medicinal	37	11.1
Poisonous	7	2.11
Melliferous	49	14.8
Food (edible)	28	8.43
Essential oils	10	3.01
Ornamental	25	7.53
Dye	12	3.61
Industrial	22	6.63
Vitamin-bearing	4	1.20
Total	332	

The flora of the *P. hybridus* and *H. ewersii* populations in the Kok-Zhailau Tract of the Ile Alatau presents significant opportunities for the development of medicinal, alkaloid-bearing, essential oil, tannin-bearing, and honey plants. Although beekeeping currently plays a modest role in the region's economy, the area's favorable natural conditions offer considerable potential for its expansion. The flora in this region is both diverse and rich in economically valuable or promising species. The variety of herbaceous and shrub species in the Kok-Zhailau Tract contributes to the abundance of economically useful plants. According to classifications by Ilyin [40] and Pavlov [41], the plant resources and floristic diversity of the area support the identification of 11 economically valuable plant groups (Table 4).

The largest group within the flora of these populations is forage plants, comprising 103 species

(31.0%). Cattle breeding in the Ile Alatau Ridge relies heavily on year-round natural forage lands. This group is dominated by cereals, legumes, sedges, and composites, with legumes such as *Medicago falcata*, *Trifolium pratense*, *Vicia cracca*, *V. tenuifolia*, *Lathyrus pratensis*, *Trigonella cancellata*, *T. arcuata*, and *T. orthoceras* being particularly valuable. Many forb species, such as *Ajania fastigiata*, *Geranium saxatile*, and several *Asteraceae* species (*Taraxacum*, *Tragopogon*), are also readily consumed by cattle and sheep. The distribution of other plant groups is as follows: weeds – 35 species (10.5%); food plants – 28 species (8.43%); medicinal plants – 37 species (11.1%); melliferous plants – 49 species (14.8%); essential oil plants – 10 species (3.01%); ornamental plants – 25 species (7.53%); dye plants – 12 species (3.61%); vitamin-bearing plants – 4 species (1.20%); and technical plants (including rubber-bearing, resin-bearing, gum-bearing, paper, wicker, etc.) – 22 species (6.63%).

The cereal family in the flora of these populations includes 18 genera and 21 species, most of which contribute to the formation of forage mass. Notably, species such as *Elytrigia repens*, *Phleum phleoides*, and *Dactylis glomerata* play a critical role in shaping low-mountain meadows, essential for grass formation.

Food and vitamin-rich plants are predominantly found in the Rosaceae family, which includes fruit and berry crops high in vitamins. Rose hips are particularly valuable, offering natural multivitamin concentrates with high biological activity. For instance, *Rosa alberti* Regel is noted for its high vitamin content. The fruit pulp contains up to 20% vitamin C, as well as vitamins B2, B1, E, and K. These fruits are used to produce medicinal drinks, infusions, decoctions, extracts, and syrups, and are also utilized in the food, confectionery, and cosmetics industries. Rosehip seeds can be processed into oil comparable in quality to sea buckthorn oil.

The region also supports various industrial plants, categorized into ornamental wood plants (7 species), wicker plants (5 species), and fiber-spinning plants (4 species). Additionally, the area includes plants used for tanning, dyeing, essential oil production, and other technical purposes. Essential oils, which are volatile compounds with strong odors, are extracted from various plant parts through distillation with water vapor. Essential oil plants in the region include species from the Umbelliferae family (19 species), such as *Daucus carota*, *Carum carvi*, and *Aegopodium alpestre*; from the Composi-

tae family (5 species), including *Conyza canadensis*, *Achillea millefolium*, *Arctium tomentosum*, *Artemisia vulgaris*, and *A. absinthium*; and from the Labiatae family (6 species), such as *Origanum vulgare*, *Ziziphora clinopodioides*, and *Z. tenuior*.

Conclusion

This study provides a comprehensive analysis of the populations of *Phedimus hybridus* (L.) ‘t Hart and *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba in the Kok-Zhailau Gorge of the Ile Alatau. Through detailed examination of their biological and ecological characteristics, we have highlighted the significant adaptive abilities and ecological plasticity of these species. *Phedimus hybridus*, with its notable therapeutic properties, and *Hylotelephium ewersii*, primarily valued for its ornamental appeal, both exhibit robust survival strategies and high reproductive rates in their natural habitats.

The research underscores the diverse and rich flora of the Kok-Zhailau Tract, which includes a wide array of economically valuable and promising plant species. This flora supports various sectors, including medicine, agriculture, and industry. The findings indicate that the Kok-Zhailau region’s plant communities are characterized by their adaptability to different ecological conditions, with notable potential for further development in medicinal, ornamental, and economic applications.

Our study identifies key ecological and geographical patterns within the plant populations, revealing a complex interaction between species and their environments. The results highlight the importance of preserving these diverse plant communities, as they contribute significantly to both local biodiversity and economic resources.

Overall, this research contributes valuable insights into the ecological dynamics and economic potential of the plant species in the Kok-Zhailau Tract, providing a foundation for future studies and sustainable management practices.

Funding

This scientific research work was carried out with the funding of the grant project “AP23484931” financed by the Scientific Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan. The community of authors would like to thank this institution and the Al-Farabi Kazakh National University.

References

1. Рубцов Н.И. Геоботаническое районирование Северного Тянь-Шаня // Известия АН КазССР Серия Биологическая. Алма-Ата, 1955. Т. 10. С. 3–27.
2. Imankulova S.K. et al. Dynamics of Vegetation of High Mountain Areas of the Northern Tian Shan under Different Protection and Economic Use Regimes // J. Environ. Manag. Tour. 2020. Vol. 11, № 5. P. 1277–1288.
3. Жандаев М.Ж. Геоморфология Заилийского Алатау и проблемы формирования речных долин. Алма-Ата: Наука, 1972. 164 с.
4. Байтенов М.С. Флора Казахстана (Родовой комплекс флоры). Алматы, 2001. Т. 2. 279 с.
5. Гончарова С.Б. К биологии видов рода *Orostachys* (Crassulaceae) российского Дальнего Востока. Санкт-Петербург, 1996. С. 98–99.
6. Бирюля Н.М., Богомолов К.В. Медоносные, лекарственные, декоративные растения естественной флоры Сибири, Урала и европейской части России: Справочное издание: В 2 т. Рязань: ГУП РО «Рязанская областная типография», 2017. 352 с.
7. Борисова А.Г. Семейство Crassulaceae DC. Род *Sedum* L. // Флора СССР. Т. 9. – М.-Л., 1939. С. 45–117.
8. Павлов Н.В. Флора Казахстана. Алма-Ата: Издательство Академии Наук Казахской ССР, 1961. Т. 4. 571 с.
9. Камелин Р.В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Ленинград, 1973. 354 с.
10. Odontuya G. et al. Anti-oxidative and Antibacterial Constituents from *Sedum hybridum* // Nat. Prod. Sci. The Korean Society of Pharmacognosy, 2011. Vol. 17, № 4. P. 279–284.
11. Odontuya G. Anti-oxidative, acetylcholinesterase and pancreatic lipase inhibitory activities of compounds from *Dasiphora fruticosa*, *Myricaria alopecuroides*, and *Sedum hybridum* // Mong. J. Chem. 2016. Vol. 17, № 43. P. 42–49.
12. Van Ham R.C.H.J., Hart H. Phylogenetic relationships in the Crassulaceae inferred from chloroplast DNA restriction-site variation // Am. J. Bot. 1998. Vol. 85, № 1. P. 123–134.
13. T'Hart H., Egli U. Evolution and Systematics of the 'Crassulaceae'. Backhuys Publ., 1995.
14. Hegi G. Illustrierte Flora von Mitteleuropa. 2nd ed. München, Bd, 1925. Vol. 4. P. 511–562.
15. Ohba H. The taxonomic status of *Sedum telephium* and its allied species (Crassulaceae) // Bot. Mag. Shokubutsu-Gakuzasshi. 1977. Vol. 90, № 1. P. 41–56.
16. Ohba H. Systematic problems of Asian sedoideae // Evol. Syst. Crassulaceae. Backhuys Publishers Leiden, 1995. P. 151–158.
17. Praeger L. An account of the genus *Sedum* as found in cultivation // Plant Monogr. Repr. 1921. P. 1–314.
18. Zuraw B. The results of preliminary studies on flowering and nectar production in some representatives of the genus *Sedum* L. // Pszczel. Zesz. Nauk. 2000. Vol. 44, № 2.
19. Stevens J.F. et al. Flavonoid variation in eurasian *Sedum* and *Sempervivum* // Phytochemistry. 1996. Vol. 41, № 2. P. 503–512.
20. Heide O.M. Photoperiodic control of dormancy in *Sedum telephium* and some other herbaceous perennial plants // Physiol. Plant. 2001. Vol. 113, № 3. P. 332–337.
21. Kim J.H., Hart H.'T, Stevens J.F. Alkaloids of some Asian *Sedum* species // Phytochemistry. 1996. Vol. 41, № 5. P. 1319–1324.
22. Jalas J. Atlas Florae Europaeae notes // Ann Bot Fenn. 1999. Vol. 36. P. 9–10.
23. T'Hart H. The evolution of the *Sedum acre* group (Crassulaceae) // Voccone. 1995. Vol. 5. P. 119–128.
24. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Труды БИН им. В.Л. Комарова. Серия 3 Геоботаника. 1950. Т. 6. С. 7–204.
25. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические Науки. 1975. № 2. С. 7–34.
26. Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
27. Прокопьев А.С., Бытова С.В. Структура ценопопуляций видов рода *Sedum* (Crassulaceae) в различных эколого-ценологических условиях на юге Сибири // Растительные Ресурсы. 2014. № 4. С. 415–430.
28. Скворцов А.К. Гербарий. Москва, 1977. 199 с.
29. Комаров А.В. Флора СССР // В 30 томах. Москва: Издательство Академии Наук СССР, 1934. Т. 1–30.
30. Бондаренко О.Н. et al. Определитель растений Средней Азии. Ташкент: Фан, 1968.
31. Академия Наук Казахской ССР, Институт ботаники. Иллюстрированный определитель растений Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1969. Т. 1–2.
32. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Санкт-Петербург, 1995. 990 с.
33. Абдулина С.А. Сосудистые растения Казахстана. Алматы, 1998. 188 с.
34. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Москва, 1962. 378 с.
35. Байтенов М.С. Высокогорная флора Северного Тянь-Шаня. Алма-Ата, 1985. 207 с.
36. Лавренко Е.М. Провинциальное разделение Центральноазиатской и Ирано-Туранской подобластей Афро-азиатской пустынной области // Ботанический Журнал. 1965. Т. 50, № 1. С. 3–15.
37. Голоскоков В.П. Флора Джунгарского Алатау. Алма-Ата, 1984. 221 с.
38. Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. Москва, Ленинград, 1987. 439 с.

39. Толмачев А.И. О некоторых количественных отношениях во флорах земного шара // Вестник Ленинградского Государственного Университета Серия Биологическая. 1970. № 15. выпуск 3.
40. Ильин М.М. Общие вопросы изучения сырьевых растений // Методика полевого исследования сырьевых растений. Москва, Ленинград: Издательство АН СССР, 1948. С. 7–24.
41. Павлов Н.С. Дикие полезные и технические растения СССР. Москва, 1947.
42. Павлов Н.С. Растительное сырье Казахстана. Ленинград, 1974. 552 с.
43. Глухов М.М. Медоносные растения. Москва: Сельхозгиз, 1955. 512 с.
44. Соболев Л.Н. Кормовые ресурсы Казахстана. Москва, 1960. 273 с.
45. Миньков С.Г. Медоносные растения Казахстана. Алма-Ата, 1974. 203 с.

References

1. Abdulina S.A. (1998) Sosudistye rasteniya Kazakhstana [Vascular Plants of Kazakhstan]. Almaty, 188 p. (In Russian)
2. Akademiya Nauk Kazakhskoy SSR, Institut Botaniki. Illyustrirovannyi opredelitel' rasteniy Kazakhstana [Illustrated Plant Identifier of Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka, 1969, vol. 1–2. (In Russian)
3. Baitenov M.S. (1985) Vysokogornaya flora Severnogo Tian-Shanya [High Mountain Flora of the Northern Tien Shan]. Alma-Ata, 207 p. (In Russian)
4. Baitenov M.S. (2001) Flora Kazakhstana (Rodovoy kompleks flory) [Flora of Kazakhstan (The Genera Complex of Flora)]. Almaty, vol. 2, 279 p.
5. Biryulya N.M., Bogomolov K.V. (2017) Medonosnye, lechebnye, dekorativnye rasteniya estestvennoy flory Sibiri, Urala i evropeyskoy chasti Rossii: Spravochnoe izdanie: V 2 t. [Honey, Medicinal, Ornamental Plants of the Natural Flora of Siberia, the Urals, and the European Part of Russia: Reference Edition: In 2 Volumes]. Ryazan: GUP RO "Ryazanskaya oblastnaya tipografiya", 352 p. (In Russian)
6. Bondarenko O.N. et al. (1968) Opredelitel' rasteniy Sredney Azii [Plant Identifier of Central Asia]. Tashkent: Fan. (In Russian)
7. Borisova A.G. Semeystvo Crassulaceae DC. (1939) Rod Sedum L. [Family Crassulaceae DC. Genus Sedum L.]. Flora SSSR, vol. 9, M.-L., pp. 45–117. (In Russian)
8. Cherepanov S.K. (1995) Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular Plants of Russia and Adjacent Countries (within the former USSR)]. St. Petersburg, 990 p. (In Russian)
9. Glukhov M.M. (1955) Medonosnye rasteniya [Honey Plants]. Moscow: Sel'khozgiz, 512 p. (In Russian)
10. Goloskokov V.P. (1984) Flora Dzhungarskogo Alatau [Flora of the Dzhungar Alatau]. Alma-Ata, 221 p. (In Russian)
11. Goncharova S.B. (1996) K biologii vidov roda Orostachys (Crassulaceae) rossiyskogo Dal'nego Vostoka [On the Biology of Species of the Genus Orostachys (Crassulaceae) of the Russian Far East]. St. Petersburg, p. 98–99.
12. Hegi G. (1925) Illustrierte Flora von Mitteleuropa. 2nd ed. München, Bd, vol. 4, pp. 511–562.
13. Heide O.M. (2001) Photoperiodic control of dormancy in Sedum telephium and some other herbaceous perennial plants // Physiol. Plant, vol. 113, no 3. pp. 332–337.
14. Ilyin M.M. (1948) Obshchie voprosy izucheniya syr'evykh rasteniy [General Issues of the Study of Raw Material Plants]. Metodika polevogo issledovaniya syr'evykh rasteniy. Moscow, Leningrad: Izdatel'stvo AN SSSR, pp. 7–24. (In Russian)
15. Imankulova S.K. et al. (2020) Dynamics of Vegetation of High Mountain Areas of the Northern Tien Shan under Different Protection and Economic Use Regimes // J. Environ. Manag. Tour. Vol. 11, no 5. pp. 1277–1288.
16. Jalas J. (1999) Atlas Florae Europaeae notes // Ann Bot Fenn, vol. 36, pp. 9–10.
17. Kamelin R.V. (1973) Florogeneticheskiy analiz estestvennoy flory gornoy Sredney Azii [Florogenetic Analysis of the Natural Flora of Mountainous Central Asia]. Leningrad, 354 p. (In Russian)
18. Kim J.H., Hart H.T., Stevens J.F. (1996) Alkaloids of some Asian Sedum species // Phytochemistry, vol. 41, no 5, pp. 1319–1324.
19. Komarov A.V. (1934) Flora SSSR [Flora of the USSR]. In 30 Volumes. Moscow: Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, vol. 1–30. (In Russian)
20. Lavrenko E.M. (1965) Provintsial'noe razdelenie Tsentral'noaziatskoy i Irano-Turanskoy podoblastey Afro-Aziatskoy pustynnoy oblasti [Provincial Division of the Central Asian and Iranian-Turanian Subareas of the Afro-Asian Desert Region]. Botanicheskiy Zhurnal, vol. 50, no 1, pp. 3–15. (In Russian)
21. Minkov S.G. (1974) Medonosnye rasteniya Kazakhstana [Honey Plants of Kazakhstan]. Alma-Ata, 203 p. (In Russian)
22. Odontuya G. (2016) Anti-oxidative, acetylcholinesterase and pancreatic lipase inhibitory activities of compounds from Dasiphora fruticosa, Myricaria alopecuroides, and Sedum hybridum // Mong. J. Chem., vol. 17, no 43, pp. 42–49.
23. Odontuya G. et al. (2011) Anti-oxidative and Antibacterial Constituents from Sedum hybridum // Nat. Prod. Sci. The Korean Society of Pharmacognosy, vol. 17, no 4, pp. 279–284.
24. Ohba H. (1977) The taxonomic status of Sedum telephium and its allied species (Crassulaceae) // Bot. Mag. Shokubutsu-Gaku-Zasshi, vol. 90, no 1, pp. 41–56.
25. Ohba H. (1995) Systematic problems of Asian sedoideae // Evol. Syst. Crassulaceae. Backhuys Publishers Leiden, pp. 151–158.
26. Pavlov N.S. (1947) Dikie poleznye i tekhnicheskie rasteniya SSSR [Wild Useful and Technical Plants of the USSR]. Moscow. (In Russian)
27. Pavlov N.S. (1974) Rastitel'noe syr'e Kazakhstana [Plant Raw Materials of Kazakhstan]. Leningrad, 552 p. – (In Russian)

28. Pavlov N.V. (1961) Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. Alma-Ata: Izdatel'stvo Akademii Nauk Kazakhskoy SSR, vol. 4. 571 p. (In Russian)
29. Praeger L. (1921) An account of the genus *Sedum* as found in cultivation // *Plant Monogr. Repr.*, pp. 1–314.
30. Prokop'ev A.S., Bytotova S.V. (2014) Struktura tsenopopulyatsiy vidov roda *Sedum* (Crassulaceae) v razlichnykh ekologo-tsenoticheskikh usloviyakh na yuge Sibiri [Structure of Populations of Species of the Genus *Sedum* (Crassulaceae) in Various Ecological and Cenotic Conditions in Southern Siberia]. *Rastitel'nye Resursy*, no 4, pp. 415–430. (In Russian)
31. Rabotnov T.A. (1950) Zhiznennyy tsikl mnogoletnikh travyanistykh rasteniy v lugovykh tsenozakh [The Life Cycle of Perennial Herbaceous Plants in Meadow Communities]. *Trudy BIN im. V.L. Komarova. Seriya 3 Geobotanika*. vol. 6, pp. 7–204. (In Russian)
32. Rubtsov N.I. (1955) Geobotanicheskoe raionirovanie Severnogo Tian-Shanya [Geobotanical Zoning of the Northern Tien Shan]. *Izvestiya AN KazSSR Seriya Biologicheskaya*, Alma-Ata, vol. 10, pp. 3–27. (In Russian)
33. Serebryakov I.G. (1962) *Ekologicheskaya morfologiya rasteniy* [Ecological Morphology of Plants]. Moscow, 378 p. (In Russian)
34. Skvortsov A.K. (1977) *Gerbariy* [Herbarium]. Moscow, 199 p. (In Russian)
35. Sobolev L.N. (1960) *Kormovye resursy Kazakhstana* [Forage Resources of Kazakhstan]. Moscow, 273 p. (In Russian)
36. Stevens J.F. et al. (1996) Flavonoid variation in eurasian *Sedum* and *Sempervivum* // *Phytochemistry*, vol. 41, no 2, pp. 503–512.
37. T'Hart H. (1995) The evolution of the *Sedum* acre group (Crassulaceae) // *Bocconea*. vol. 5, pp. 119–128.
38. T'Hart H., Egli U. (1995) Evolution and Systematics of the 'Crassulaceae'. Backhuys Publ.
39. Takhtadzhyan A.L. (1987) *Sistema magnoliifitov* [System of Magnoliophytes]. Moscow, Leningrad, 439 p. (In Russian)
40. Tolmachev A.I. (1970) O nekotorykh kolichestvennykh odnosheniyakh vo florakh zemnogo shara [On Some Quantitative Relationships in the Floras of the World]. *Vestnik Leningradskogo Gosudarstvennogo Universiteta Seriya Biologicheskaya*, no 15, seriya 3. (In Russian)
41. Uranov A.A. (1975) Vozrastnoy spektr fitotsenopopulyatsiy kak funktsiya vremeni i energeticheskikh volnovykh protsessov [Age Spectrum of Phytocenopopulations as a Function of Time and Energy Wave Processes]. *Biologicheskije Nauki*, no 2, pp. 7–34. (In Russian)
42. Van Ham R.C.H.J., Hart H. (1998) Phylogenetic relationships in the Crassulaceae inferred from chloroplast DNA restriction-site variation // *Am. J. Bot.*, vol. 85, no 1, pp. 123–134.
43. Zhandaev M.Zh. (1972) *Geomorfologiya Zailiyskogo Alatau i problemy formirovaniya rechnykh dolin* [Geomorphology of the Zailiyskiy Alatau and the Problems of River Valley Formation]. Alma-Ata: Nauka, 164 p. (In Russian)
44. Zhivotovskiy L.A. (2001) Ontogeneticheskie sostoyaniya, effektivnaya plotnost' i klassifikatsiya populyatsiy rasteniy [Ontogenetic States, Effective Density, and Classification of Plant Populations]. *Ekologiya*, no 1, pp. 3–7. (In Russian)
45. Zuraw B. (2000) The results of preliminary studies on flowering and nectar production in some representatives of the genus *Sedum* L. // *Pszczel. Zesz. Nauk*, vol. 44, no 2.

Information about authors:

Kobylyna Tatyana Nikolaevna (corresponding author) – PhD student at the Department of Biodiversity and Bioresources, al-Farabi Kazakh National University, Researcher at the Institute of Genetics and Physiology (Almaty, Kazakhstan, email: kobylyna.tatyana.n@mail.ru)

Tynybekov Bekzat Makulbaevich (corresponding author) – PhD, Professor at the Department of Biodiversity and Bioresources, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: Bekzat.Tynybekov@kaznu.edu.kz)

Sadyrova Gulbanu Aueskhanovna – Doctor of Biology, Professor, UNESCO Department for Sustainable Development, Faculty of Geography and Environmental Management, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: gulbanu-s@mail.ru)

Yeszhanov Birlikbay – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: eszhanovbirlik@gmail.com)

Zhamanbayeva Gulzhan Toleugazhieva – PhD, Department of Department of biophysics, biomedicine and neuroscience faculty of biology and biotechnology of al-Farabi Kazakh National university (Almaty, Kazakhstan, email: gulzhan.zhamanbayeva@gmail.com)

Parmanbekova Meruyert Khamitbekovna – Candidate of Biological Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Biology of the Institute of Natural Sciences of the Kazakh National Women's Teacher Training University (Almaty, Kazakhstan, email: mparmanbekova@gmail.com)

Nurmahanova Akmaral Sadykovna – PhD student at the Department of Biodiversity and Bioresources, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: akmaral.nurmahanova@gmail.com)

Kyrbasova Elzira Artykbayevna – PhD, Acting Associate Professor of the Department of Biology of the Institute of Natural Sciences of the Kazakh National Women's Teacher Training University (Almaty, Kazakhstan, email: e.kyrbasova@gmail.com)

Imanova Elmira Myrzabekovna – Candidate of Agricultural Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Biology of the Institute of Natural Sciences of the Kazakh National Women's Teacher Training University (Almaty, Kazakhstan, email: imanovaelmira74@gmail.com)

Kurmanbay Ussen Kenzhetayuly – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Chemistry and Biology, Faculty of Pedagogical and Natural Sciences, Zh. Tashenev university (Shymkent, Kazakhstan email: kurmanbay.usen@mail.ru)

Авторлар туралы мәлімет:

Кобылина Татьяна Николаевна (жауапты автор) – биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасының әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің PhD докторанты, Генетика және физиология институтының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: kobylina.tatyana.n@mail.ru)

Тыныбеков Бекзат Мақұлбайұлы (жауапты автор) – биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасының б.ғ.к, профессоры әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: Bekzat.Tynubekov@kaznu.edu.kz)

Садырова Гүлбану Әуесханқызы – биология ғылымдарының докторы, профессор, ЮНЕСКО-ның тұрақты даму кафедрасы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ география және қоршаған ортаны басқару факультеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: gulbanu-s@mail.ru)

Есжанов Бірлікбай. – биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасының б.ғ.к, доценті әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: eszhanovbirlik@gmail.com)

Жаманбаева Гүлжан Төлеугажиевна – Биофизика, биомедицина және нейроғылым кафедрасының PhD, доцент м.а. Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университетінің (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: gulzhan.zhamanbayeva@gmail.com)

Парманбекова Меруерт Хамитбекқызы – Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Жаратылыстану институты, Биология кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., б.ғ.к. (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: trparmanbekova@gmail.com)

Нурмаханова Ақмарал Садыковна – биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасының м.а. профессоры әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: aktaral.nurmahanova@gmail.com)

Кырбасова Эльзира Артықбаевна – Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті жаратылыстану институты биология кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., PhD (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: e.kyrbasova@gmail.com)

Иманова Эльмира Мырзабековна – Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Жаратылыстану институты, Биология кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., а.ш.ғ.к. (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: imanovaelmira74@gmail.com)

Курманбай Усен Кенжетайұлы (автор) – Ж.Тәшенев атындағы университеті «Педагогикалық және жаратылыстану ғылымдары» факультеті «Химия және биология» кафедрасының аға оқытушысы, а.-ш.ғ.к. (Шымкент, Қазақстан, эл. пошта: kurmanbay.usen@mail.ru)

Received September 10, 2024
Accepted November 20, 2024

МРНТИ 34.29.25

<https://doi.org/10.26577/bb.2024.v101.i4.a2>

Ж.К. Салмуханбетова^{1, 2*}, Л.А. Димеева²,
З.Ж. Алимбетова³

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

²Институт ботаники и фитоинтродукции, г. Алматы, Казахстан

³Ассоциация экологических организаций Казахстана, г. Астана, Казахстан

*e-mail: zhuldyz.kanatkyzy@mail.ru

ФЛОРА БАРСАКЕЛЬМЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Флора заповедника Барсакельмес представляет собой разнообразный мир растений, адаптированных к суровым условиям аридного климата. С момента основания в 1939 году природный заповедник Барсакельмес обеспечивал охрану экосистем северных пустынь Туранской низменности в естественном состоянии, являясь эталоном ландшафтной структуры и биоразнообразия. В 2006 году границы заповедника увеличились после присоединения к территории осушенного дна моря и участка «Каскакулан». А в 2020 году к заповеднику был добавлен участок «Дельта» площадью 2300 гектаров, расположенный на месте впадения реки Сырдария в Малое Аральское море. Таким образом, во флоре заповедника произошли изменения. В данной статье приведены сведения, которые показывают изменения в таксономическом составе флоры заповедника в зависимости от детальности исследований и расширения площади обследования после присоединения новых кластерных участков. В наши дни флора заповедника Барсакельмес состоит из 343 видов и подвидов сосудистых растений, относящихся к 51 семейству и 197 родам. В заповеднике произрастают виды растений, включенные в Красную книгу Казахстана: *Tulipa biflora* Pall., *T. borszczowii* Regel., *Atriplex pratovii* Sukhor., *Schoenoplectus litoralis* subsp. *kasachstanicus* (Dobrochot.) Soják (*S. kasachstanicus* Dobroch.), *Nymphoides peltata* (S.G. Gmel.) Kuntze. А также, на территории встречаются 13 эндемиков Казахстана: *Artemisia scopiformis* Ledeb., *A. quinqueloba* Trautv., *A. aralensis* Krasch., *A. camelorum* Krasch., *Atriplex pungens* Trautv., *Petrosimonia hirsutissima* (Bunge) Iljin ex Pavlov, *Calligonum crispatum* (Litv.) Mattei, *C. palibinii* Mattei, *C. humile* Litv., *C. spinulosum* Drobow, *Astragalus brachypus* Schrenk ex Fisch. & C.A. Mey., *Tulipa borszczowii*, *Corispermum laxiflorum* Schrenk. Статья подчеркивает важность роли заповедника Барсакельмес в сохранении не только редких и уязвимых видов растений, но и всей уникальной флоры, которая играет ключевую роль в поддержании экосистемной устойчивости.

Ключевые слова: Барсакельмес, флора, природный заповедник, эндемики, редкие виды.

Zh.K. Salmukhanbetova^{1, 2*}, L.A. Dimeyeva², Z.Zh. Alimbetova³

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan

³Association of Environmental Organizations of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

*e-mail: zhuldyz.kanatkyzy@mail.ru

Flora of the Barsakelmes State Natural Reserve

The flora of the Barsakelmes Nature Reserve represents a diverse world of plants adapted to the harsh conditions of the arid climate. Since its foundation in 1939, the Barsakelmes Reserve has protected the ecosystems of the northern deserts of the Turanian Lowland in their natural state, being a standard of landscape structure and biodiversity. In 2006, the boundaries of the reserve increased after the drained seabed and the “Kaskakulan” cluster area were added to the territory. And in 2020, the “Delta” cluster area with an area of 2,300 hectares was added to the reserve, located at the confluence of the Syrdarya River and the Lesser Aral Sea. Thus, changes have occurred in the flora of the reserve. This article presents data that show changes in the taxonomic composition of the Barsakelmes flora depending on the detailed research and the expansion of the survey area after the addition of new cluster areas. Today, the flora of the Barsakelmes reserve consists of 343 species and subspecies of vascular plants belonging to 51 families and 197 genera. The reserve contains plant species included in the Red Data Book of Kazakhstan: *Tulipa biflora* Pall., *T. borszczowii* Regel., *Atriplex pratovii* Sukhor., *Schoenoplectus litoralis* subsp. *kasachstanicus* (Dobrochot.) Soják (*S. kasachstanicus* Dobroch.), *Nymphoides peltata* (S.G. Gmel.) Kuntze. Also, 13 endemics of Kazakhstan are found on the territory: *Artemisia scopiformis* Ledeb., *A. quinqueloba* Trautv., *A. aralensis* Krasch., *A. camelorum* Krasch., *Atriplex pungens* Trautv.,

Petrosimonia hirsutissima (Bunge) Iljin ex Pavlov, *Calligonum crispatum* (Litv.) Mattei, *C. palibinii* Mattei, *C. humile* Litv., *C. spinulosum* Drobow, *Astragalus brachypus* Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey., *Tulipa borszczovii*, *Corispermum laxiflorum* Schrenk. The article emphasizes the importance of the role of the Barsakelmes Reserve in preserving not only rare and vulnerable plant species, but also all unique flora, which plays a key role in maintaining ecosystem sustainability.

Key words: Barsakelmes, flora, nature reserve, endemics, rare species.

Ж.К. Салмуханбетова^{1, 2*}, Л.А. Димеева², З.Ж. Алимбетова³

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

²Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы қ., Қазақстан

³Қазақстанның экологиялық ұйымдарының қауымдастығы, Астана қ., Қазақстан

*e-mail: zhuldyz.kanatkyzy@mail.ru

Барсакелмес мемлекеттік табиғи қорығының флорасы

Барсакелмес қорығының флорасы аридті климаттың қатал жағдайларына бейімделген әралуан өсімдіктер түрлерінен құралған. Барсакелмес табиғи қорығы 1939 жылы құрылғаннан бастап Тұран жазығы солтүстік шөлдерінің биоалуандық пен ландшафтты құрылымының эталоны ретінде экожүйелерді табиғи жағдайда қорғауды қамтамасыз етуде. 2006 жылы территорияға Арал теңізінің құрғаған табаны мен Қасқақұлан учаскесі қосылғаннан кейін қорық аумағы кеңейді. Ал, 2020 жылы қорыққа Сырдария өзенінің Кіші Арал теңізіне құятын бөлігінде орналасқан аумағы 2300 гектардан тұратын «Дельта» учаскесі қосылды. Сәйкесінше, Барсакелмес қорығының флорасы өзгеріске ұшырады. Бұл мақалада зерттеу жұмыстарының егжей-тегжейлігіне және жаңа кластерлік учаскелердің қосылуының нәтижесіндегі зерттеу аумағының кеңеюіне байланысты флораның таксономиялық құрамындағы өзгерістерді көрсететін мәліметтер келтірілген. Қазіргі кезде Барсакелмес қорығының флорасы 51 тұқымдас және 197 туысқа жататын түпкікті өсімдіктердің 343 түрі мен түршелерінен тұрады. Қорықта Қазақстанның Қызыл кітабына енгізілген келесідей өсімдік түрлері кездеседі: *Tulipa biflora* Pall., *T. borszczovii* Regel., *Atriplex pratovii* Sukhor., *Schoenoplectus litoralis* subsp. *kasachstanicus* (Dobrochot.) Soják (*S. kasachstanicus* Dobroch.), *Nymphoides peltata* (S.G. Gmel.) Kuntze. Сонымен қатар, қорық аумағында Қазақстанның 13 эндемигі өседі: *Artemisia scopiformis* Ledeb., *A. quinqueloba* Trautv., *A. aralensis* Krasch., *A. camelorum* Krasch., *Atriplex pungens* Trautv., *Petrosimonia hirsutissima* (Bunge) Iljin ex Pavlov, *Calligonum crispatum* (Litv.) Mattei, *C. palibinii* Mattei, *C. humile* Litv., *C. spinulosum* Drobow, *Astragalus brachypus* Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey., *Tulipa borszczovii*, *Corispermum laxiflorum* Schrenk. Бұл мақалада экожүйе тұрақтылығын қамтамасыз етуде ерекше рөл атқаратын аумақтың бірегей флорасын сақтаудағы Барсакелмес қорығының маңыздылығына айрықша назар аударылған.

Түйін сөздер: Барсакелмес, флора, табиғи қорық, эндемиктер, сирек түрлер.

Введение

Заповедник Барсакельмес, расположенный в аридном регионе, является важным участком природы с уникальным биоразнообразием. Несмотря на то, что пустынные территории характеризуются относительно меньшим количеством видов, они имеют высокий уровень эндемизма, поэтому потеря вида на засушливых землях представляет собой гораздо более высокий процент потери биоразнообразия по сравнению с более богатыми видами регионами [1, 2]. Сохранение природы на этих аридных землях имеет решающее значение, поскольку они особенно уязвимы к изменению климата и антропогенной деятельности [3].

В Отчете о глобальной оценке биоразнообразия и экосистемных услуг Межправительственной научно-политической платформы

по биоразнообразию и экосистемным услугам (The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) за 2019 год подчеркивается, что биоразнообразие засушливых земель было утрачено в прошлом веке со скоростью, невиданной со времени последнего массового вымирания, произошедшего 66 миллионов лет назад [4, 5]. Недавний анализ показывает, что засушливые земли могут подвергаться различным пороговым «переломным моментам», особенно в отношении климата, а чувствительность к осадкам и температуре может быть намного выше, чем предполагалось ранее [6].

Заповедник Барсакельмес подвергся наибольшим изменениям среди всех особо охраняемых природных территорий Казахстана. Высыхание Аральского моря привело к объединению острова с восточным побережьем, и на высохшем

дне Аральского моря можно отметить уникальные процессы сукцессий растительности [7].

В рекомендациях по достижению целей, изложенных в глобальной программе сохранения биоразнообразия на период после 2020 года в рамках Конвенции о биологическом разнообразии, отмечается, что с научной стороны очень важно создание базы данных по биоразнообразию аридных земель [8]. Соответственно, исследование флоры Барсакельмес является очень важным и актуальным на сегодняшний день.

С момента основания в 1939 году природный заповедник Барсакельмес обеспечивал охрану экосистем северных пустынь Туранской низменности в естественном состоянии, являясь эталонным ландшафтной структуры и биоразнообразия [7].

Первый список флоры заповедника включал 130 видов растений из 27 семейств [9]. Многолетние исследования экспедиции Ленинградского педагогического института им. А.И. Герцена под руководством Л.А. Кузнецова позволили выявить 257 видов, относящихся к 46 семействам и 172 родам [10]. В дальнейшем к этому списку были добавлены новые виды, за счет чего флора сосудистых растений заповедника составила 278 видов из 51 семейства и 174 родов [11].

С 2006 года заповедник стал существовать в новых границах, к территории бывшего острова присоединили осушенное дно моря и участок «Каскакулан». По состоянию на 2007 год на двух кластерных участках заповедника было зарегистрировано 298 видов сосудистых растений, относящихся к 50 семействам и 176 родам [12]. На участке Барсакельмес было учтено 260 видов, на Каскакулане (включая Токпан) – 128 видов. В спектре ведущих семейств преобладали представители маревых (амарантовых), сложноцветных, крестоцветных, злаковых, гречишных, бобовых, бурачниковых, лютиковых, лилейных. Наиболее крупные роды: *Calligonum* (16 видов), *Artemisia* (11), *Atriplex* (11), *Astragalus* (8), *Strigosella* (7), *Salsola* (6), *Climacoptera* (5). Для этого списка проведен таксономический, биоморфологический и географический анализ.

Постановлением Правительства Республики Казахстан №484 от 29.07.2020 года к Барсакельмесскому государственному природному заповеднику был присоединен участок «Дельта» (2300 га), расположенный на месте впадения реки Сырдария в Малое Аральское море. Таким образом, общая площадь заповедника составила 163 126 га. Дельта реки Сырдарии по значимости

занимает четвертое место среди водно-болотных угодий Казахстана и уникальна своим биоразнообразием. В 2012 году Малое Аральское море и дельта реки Сырдарья вошли в список водно-болотных угодий мирового значения, охраняемых международной Рамсарской конвенцией [13]. Водно-болотные угодья имеют большое значение как места гнездования водоплавающих птиц, места отдыха перелетных птиц и нерестилища рыб [7].

Флора авандельты Сырдарии и прилегающей территории была обследована в 2011 году. Список составил 112 видов сосудистых растений из 35 семейств и 82 родов [14]. Ведущие семейства расположены в следующей последовательности: маревые (амарантовые), астровые, злаковые, бобовые, осоковые, гречишные, гребенчиковые, крестоцветные.

Цель наших исследований состояла в подготовке нового списка флоры, включающего все кластерные участки заповедника. Для достижения этой цели решались следующие задачи: провести анализ всех литературных и фондовых материалов; составить новый список; дать характеристику таксономического состава флоры, выявить редкие и эндемичные виды; осуществить биоморфологический, экоморфологический, географический анализ; показать глобальную и региональную уникальность территории.

Основная часть

Новый флористический список заповедника Барсакельмес составлен с учетом видовой разнообразия трех кластерных участков, детального обследования авандельты при проведении мониторинга водно-болотных угодий в 2013, 2015, 2017 и 2021 годы [15, 16], обнаружения некоторых новых видов на коренном берегу Барсакельмеса и прилегающей полосе осушенного дна моря. Ранее таксономическая принадлежность к семействам, родам и видам определялась по сводке С.К. Черепанова (1995) [17]. В настоящей работе проведены номенклатурные изменения семейств. Для определения родовой и видовой принадлежности использован Интернет-ресурс POWO (Plants of the World Online) [18]. Для рода *Calligonum* L. была использована номенклатура, принятая во «Флоре Казахстана» [19]. Этой же позиции придерживалась Л.Я. Курочкина [20].

Флора заповедника Барсакельмес на современном этапе состоит из 343 видов и под-

видов сосудистых растений, относящихся к 51 семейству и 197 родам. К ведущим семействам относятся: амарантовые (*Amaranthaceae* Juss.), астровые (*Asteraceae* Bercht. & J.Presl), мятликовые (*Poaceae* Barnhart), капустные (*Brassicaceae*

Burnett), гречишные (*Polygonaceae* Juss.), мотыльковые (*Fabaceae* Lindl.), бурачниковые (*Boraginaceae* Juss.), осоковые (*Cyperaceae* Juss.), лютиковые (*Ranunculaceae* Juss.), вьюнковые (*Convolvulaceae* Juss.) (Таблица 1).

Таблица 1 – Ведущие семейства флоры заповедника Барсакельмес

Семейства	Число родов	Число видов	% от общего числа видов
Amaranthaceae	29	60	17,5
Asteraceae	27	44	12,8
Poaceae	20	30	8,7
Brassicaceae	19	30	8,7
Polygonaceae	6	24	7
Fabaceae	13	23	6,7
Boraginaceae	10	11	3,2
Cyperaceae	5	11	3,2
Ranunculaceae	5	8	2,3
Convolvulaceae	3	6	1,7

Ведущие роды: *Calligonum* (16 видов), *Artemisia* (11), *Atriplex* (11), *Astragalus* (8), *Strigosella* (6), *Tamarix* (5), *Corispermum* (5), *Climacoptera* (4), *Petrosimonia* (4), *Schoenoplectus* (4), *Stipa* (4), *Allium* (4), *Polygonum*

(4), *Ferula* (4), *Lepidium* (4), *Convolvulus* (4), *Ranunculus* (4).

Флора кластерного участка Барсакельмес включает 265 видов, Каскакулан – 143, Дельта – 151 (Таблица 2).

Таблица 2 – Список сосудистых растений заповедника Барсакельмес

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барсакельмес	Каскакулан	ВБУ
Alismataceae Vent. – Частуховые			
<i>Alisma gramineum</i> Lej. – Частуха злаковая	+	-	-
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L. – Ч. подорожниковая	-	-	+
Amaryllidaceae J.St.-Hil. – Амариллисовые (включая Alliaceae J. Agardh – Луковые)			
<i>Allium caspium</i> (Pall.) M.Bieb. – Лук каспийский	+	+	-
<i>A. inderiense</i> Fisch. ex Bunge – Л. индерский	+	-	-
<i>A. sabulosum</i> Stev ex Bunge – Л. песчаный	+	+	+
<i>A. schubertii</i> Zucc. – Л. Шуберта	+	+	+
Amaranthaceae Juss. – Амарантовые (включая Chenopodiaceae Vent. – Маревые)			
<i>Amaranthus albus</i> L. – Щирица белая	+	-	-
<i>Anabasis aphylla</i> L. – Анабазис безлистный (итсигек)	+	+	+
<i>A. salsa</i> (Ledeb.) Benth. ex Volkens – А. солончаковый (биюргун)	+	+	+

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барсакельмес	Каскакулан	ВБУ
<i>Atriplex aucheri</i> Moq. – Лебеда Оше	+	-	+
<i>A. cana</i> Ledeb. – Л. седая (кокпек)	+	-	-
<i>A. littoralis</i> L. – Л. прибрежная	-	+	-
<i>A. micrantha</i> Ledeb. – Л. мелкоцветковая	-	+	-
<i>A. oblongifolia</i> Waldst. & Kit. – Л. продолговатолистная	+	-	-
<i>A. ornata</i> Iljin – Л. украшенная	+	+	-
<i>A. pratovii</i> Sukhor. – Л. Прагова	+	+	+
<i>A. pungens</i> Trautv. – Л. колючая	+	-	+
<i>A. sagittata</i> Borkh. – Л. Стреловидная	+	+	+
<i>A. sphaeromorpha</i> Iljin – Л. шарообразная	-	+	+
<i>A. tatarica</i> L. – Л. татарская	+	-	+
<i>Bassia hyssopifolia</i> (Pall.) Kuntze – Бассия иссополистная	+	+	+
<i>B. odontoptera</i> (Schrenk) Freitag & G. Kadereit (= <i>Kochia odontoptera</i> Schrenk) – Б. зубчатокрылая	+	+	-
<i>B. prostrata</i> (L.) Beck (= <i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.) – Б. простертая (изень)	+	+	+
<i>Bienertia cycloptera</i> Bunge – Бинерция окружнокрылая	+	-	-
<i>Caroxylon nitrarium</i> (Pall.) Akhani & Roalson (= <i>Salsola nitraria</i> Pall.) – Соляночник натронный	+	+	+
<i>Caroxylon orientale</i> (S.G.Gmel.) Tzvelev (= <i>Salsola orientalis</i> S. G. Gmel.) – С. восточный (кейреук)	+	+	+
<i>Ceratocarpus arenarius</i> L. (= <i>C. utriculosus</i> Bluket ex Krylov) – Рогач песчаный (эбелек)	+	+	+
<i>Climacoptera aralensis</i> (Iljin) Botsch. – Климакоптера аральская	+	+	+
<i>C. crassa</i> (M.Bieb.) Botsch. – К. мясистая	-	+	-
<i>C. ferganica</i> (Drobow) Botsch. – К. ферганская	-	+	-
<i>C. lanata</i> (Pall.) Botsch. – К. шерстистая	+	+	-
<i>Corispermum aralocaspicum</i> Iljin – Верблюдка арало-каспийская	+	+	+
<i>C. aralocaspicum</i> subsp. <i>aralocaspicum</i> Lam. (= <i>C. orientale</i>) – Верблюдка арало-каспийская	-	+	-
<i>C. hyssopifolium</i> L. – В. иссополистная	+	+	+
<i>C. laxiflorum</i> Schrenk – В. рыхлоцветковая	-	+	-
<i>C. squarrosus</i> L. (= <i>Agriophyllum squarrosus</i> (L.) Moq.) – В. растопыренная	+	+	-
<i>Girgensohnia oppositiflora</i> (Pall.) Fenzl – Гиргенсония супротивноцветковая	+	+	+
<i>Grubovia sedoides</i> (Pall.) G. L.Chu (= <i>Sedobassia sedoides</i> (Pall.) Freitag & G. Kadereit, <i>Bassia sedoides</i>) – Седобассия очитковидная	+	-	+
<i>Halimocnemis karelinii</i> Moq. – Галимокнемис Карелина	+	+	-
<i>H. sclerosperma</i> (Pall.) C. A. Mey. – Г. твердоплодный	+	-	-
<i>H. villosa</i> Kar.&Kir – Г. мохнатый	+	-	-
<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M.Bieb. – Сарсазан шишковатый	+	+	+
<i>Halogeton glomeratus</i> (M.Bieb.) Ledeb. – Галогетон скупенный	-	+	-

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барса- кельмес	Каска- кулан	ВБУ
<i>Halostachys caspica</i> (M.Bieb.) C.A.Mey. (= <i>Halostachys belangeriana</i> (Moq.) Botsch.) – Солянокосник Беланжеровский	+	+	+
<i>Haloxyton ammodendron</i> (C.A.Mey.) Bunge ex (= <i>H. aphyllum</i> (Minkw.) Iljin) – Саксаул черный	+	+	+
<i>H. persicum</i> Bunge – С. персидский (белый)	+	+	-
<i>Horaninovia anomala</i> (C. A. Mey.) Moq. – Гораниновия неправильная	+	-	-
<i>H. ulicina</i> Fisch. & C. A. Mey. – Г. улуксовидная	+	+	-
<i>Kalidium caspicum</i> (L.) Ung.-Sternb. – Поташник каспийский	-	+	-
<i>K. foliatum</i> (Pall.) Moq. – П. олиственный	+	+	+
<i>Krascheninnikovia ceratoides</i> (L.) Gueldenst. – Терескен роговидный	+	+	-
<i>Ofaiston monandrum</i> (Pall.) Moq. – Офайстон однотычинковый	-	+	-
<i>Oxybasis glauca</i> (L.) S.Fuentes, Uotila & Borsch (= <i>Chenopodium glaucum</i> L.) – Марь сизая	+	-	-
<i>Petrosimonia brachiata</i> (Pall.) Bunge – Петросимония супротивнолистная	+	+	+
<i>P. hirsutissima</i> (Bunge) Iljin ex Pavlov – П. жестковолосистая	+	-	+
<i>P. squarrosa</i> (Schrenk) Bunge – П. оттопыренная	+	-	+
<i>P. triandra</i> (Schränk) Rech. – П. трехтычинковая	+	+	+
<i>Pyanckovia brachiata</i> (Pall.) Akhani & Roalson (= <i>C. brachiata</i> (Pall.) Botsch.) – К. супротивнолистная	+	+	+
<i>Salicornia europaea</i> L. – Солерос европейский	+	+	+
<i>Salsola australis</i> (R.) Br. – Солянка южная	+	+	+
<i>S. paulsenii</i> Litv. – С. Паульсена	+	+	+
<i>Soda foliosa</i> (L.) Akhani – Сода многолистная	+	+	+
<i>Spirobassia hirsuta</i> (L.) Freitag & G.Kadereit (= <i>Suaeda crassifolia</i> Pall.) – Спиробассия волосистая	+	+	+
<i>Suaeda acuminata</i> (C. A. Mey.) Moq. (= <i>S. confusa</i> Ilji) – Сведа заостренная	+	+	+
<i>S. microphylla</i> Pall. – С. мелколистная	-	+	-
<i>Xylosalsola arbuscula</i> (Pall.) Tzvelev (= <i>Salsola arbuscula</i> Pall.) – Солянка деревцевидная (боялыч)	+	-	-
Ариáceae Lindl. – Сельдерейные			
<i>Ferula canescens</i> (Ledeb.) Ledeb. – Ферула седоватая	+	+	+
<i>F. karelinii</i> Bunge – Ф. Карелина	-	+	-
<i>F. lehmannii</i> Boiss. – Ф. Леманна	+	-	-
<i>F. nuda</i> Spreng. – Ф. голая	+	-	-
<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm. – Тургенция широколистная	+	-	-
Аросунасеае Juss. – Кутровые (включая Asclepiadaceae R. Br. – Ластовневые)			
<i>Apocynum venetum</i> subsp. <i>lancifolium</i> (Russanov) ined. (= <i>Trachomitum lancifolium</i> (Russanov) Pobed.) – Кендырь ланцетолистный	-	-	+
<i>Cynanchum acutum</i> subsp. <i>sibiricum</i> (Willd.) Rech.f. – Цинанхум сибирский	+	+	+
Аспарагасеае Juss. – Спаржевые			

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барсакельмес	Каскакулан	ВБУ
<i>Asparagus breslerianus</i> Schult. & Schult. f. – Спаржа Бреслера	+	-	-
<i>A. persicus</i> Baker – С. персидская	+	-	-
Asteraceae Bercht. & J. Presl – Астровые			
<i>Amberboa turanica</i> Iljin – Амбербоа туранская	+	-	-
<i>Artemisia aralensis</i> Krasch. – Полынь аральская	+	-	-
<i>A. arenaria</i> DC – П. песчаная	+	-	+
<i>A. camelorum</i> Krasch – П. верблюдов	+	-	-
<i>A. nitrosa</i> Weber ex Stechm. – П. селитряная	+	-	+
<i>A. quinqueloba</i> Trautv. – П. четырехдольчатая	+	-	-
<i>A. santolina</i> Schrenk – П. сантолиновая	+	+	-
<i>A. scopiformis</i> Ledeb. – П. прутьевидная	+	+	+
<i>A. schrenkiana</i> Ledeb. – П. Шренковская	+	+	-
<i>A. terrae-albae</i> Krasch. – П. белоземельная	+	+	-
<i>A. tomentella</i> Trautv. – П. тонковолокнистая	+	-	-
<i>A. turanica</i> Krasch. – П. туранская	+	-	-
<i>Carthamus gypsicola</i> Iljin – Сафлор гипсолюбивый	+	-	+
<i>Centaurea pulchella</i> Ledeb. (= <i>Hyalea pulchella</i> (Ledeb.) C.Koch – Василек красивый	+	+	+
<i>Chondrilla ambigua</i> Fisch. ex Kar. & Kir. – Хондрилла сомнительная	+	-	-
<i>Ch. brevirostris</i> Fisch. & C. A. Mey. – Х. коротконосиковая	+	+	+
<i>Cichorium intybus</i> L. – Цикорий обыкновенный	+	-	-
<i>Cousinia affinis</i> Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey. – Кузиния родственная	-	-	+
<i>Crepis tectorum</i> L. – Скерда кровельная	-	+	+
<i>Echinops acantholepis</i> Jaub. & Spach (= <i>Acantholepis orientalis</i> Less.) – Акантолепис восточный	-	+	-
<i>Epilasia hemilasia</i> (Bunge) C.V.Clarke – Эпилазия полшерстистая	-	+	+
<i>Filago arvensis</i> L. – Жабник полевой	+	-	-
<i>Gelasia tuberosa</i> (Pall.) Zaika, Sukhor. & N.Kilian (= <i>Scorzonera tuberosa</i> Pall.) – Козелец клубненосный	+	-	-
<i>Jurinea cyanoides</i> (L.) Rchb. – Наголоватка васильковая	+	-	-
<i>Karelinia caspia</i> (Pall.) Less. – Карелиния каспийская	+	+	+
<i>Koelpinia linearis</i> Pall. – Кельпиния линейная	+	+	-
<i>Lactuca serriola</i> L. – Латук дикий	-	+	+
<i>L. tatarica</i> (L.) C. A. Mey. – Л. татарский	+	+	+
<i>L. undulata</i> Ledeb. – Л. волнистый	+	-	-
<i>Matricaria chamomilla</i> L. (= <i>M. recutita</i> L.) – Ромашка ободранная	+	-	-
<i>Pentanema britannica</i> (L.) D.Gut.Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart. Ort. (= <i>Inula britannica</i> L.) – Пентанема британская (Девясил британский)	-	-	+
<i>P. caspicum</i> (F.K.Blum ex Ledeb.) G.V.Boiko, Korniy. & Mosyakin (= <i>Inula caspica</i> Blum ex Ledeb.) – П. каспийская (Девясил каспийский)	-	-	+

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барсакельмес	Каскакулан	ВБУ
<i>Rhaponticum repens</i> (L.) Hidalgo (= <i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.) – Рапонтникум (горчак) ползучий	+	-	+
<i>Saussurea salsa</i> (Pall.) Spreng. – Г. солончаковая	-	+	-
<i>Senecio glaucus</i> subsp. <i>coronopifolius</i> (Maire) C.Alexander (= <i>Senecio noeanus</i> Rupr.) – Крестовник коронопосолистый	+	+	+
<i>Sonchus arvensis</i> L. – Осот полевой	-	-	+
<i>Takhtajanthanthe pusilla</i> (Pall.) Nazarova – Тахтаджяннанта крошечная	+	+	-
<i>Taraxacum besarabicum</i> (Hornem.) Hand.-Mazz. – Одуванчик бессарабский	-	-	+
<i>T. bicornis</i> Dahlst. – О. двурогий	+	-	-
<i>T. monochlamydeum</i> Hand.-Mazz. – О. однопокровный	+	-	-
<i>Tragopogon ruber</i> S. G. Gmel. – Козлобородник красный	+	+	-
<i>Tripolium pannonicum</i> (Jacq.) Dobrocz. (= <i>T. vulgare</i> Nees) – Астра паннонская	+	+	+
<i>Xanthium strumarium</i> L. – Дурнишник обыкновенный	-	-	+
<i>X. spinosum</i> L. – Д. колючий	-	-	+
Verberidaceae Juss. – Барбарисовые			
<i>Leontice incerta</i> Pall. – Леонтица сомнительная	+	-	-
Biebersteiniaceae Schnizl. – Биберштейниевые			
<i>Biebersteinia multifida</i> DC. – Биберштейния многонадрезанная	+	-	-
Boraginaceae Juss. – Бурачниковые			
<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. & Kral. – Арнебия простертая	+	+	-
<i>Asperugo procumbens</i> L. – Острица лежачая	+	-	-
<i>Buglossoides arvensis</i> (L.) I.M.Johnst. – Буглоссоидес (воробейник) полевой	+	-	-
<i>Heliotropium sibiricum</i> (L.) J.I.M.Melo	+	-	+
<i>Lappula marginata</i> (M.Bieb.) Gürke (= <i>L. semiglabra</i> (Ledeb.) Guerke; <i>L. patula</i> (Lehm.) Menyharth) – Липучка окаймленная	+	+	+
<i>L. spinocarpos</i> (Forssk.) Asch. ex Kuntze – Л. колючеполая	+	+	-
<i>Leptorhabdos parviflora</i> (Benth.) Benth. – Лепторабдос мелкоцветковый	-	-	+
<i>Nonea caspica</i> (Willd.) G. Don – Ноня каспийская	+	+	-
<i>Pseudoheterocaryum rigidum</i> (A.DC.) (= <i>H. rigidum</i> A. DC.) – Гетерокарий Шовица	+	-	-
<i>Rochelia retorta</i> (Pall.) Lipsky – Рохелия согнутая	+	-	-
<i>Suchtelenia calycina</i> (C. A. Mey.) DC. – Сухтеленция чашечная	+	-	-
Brassicaceae Burnett – Капустные			
<i>Alyssum dasycarpum</i> Stephan ex Willd. – Бурачок пушистоплодный	+	-	-
<i>A. desertorum</i> Stapf – Б. пустынный	+	+	+
<i>Barbarea vulgaris</i> W.T.Aiton – Сурепка обыкновенная	+	-	-
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. – Пастушья сумка	+	-	-
<i>Chorispora tenella</i> (Pall.) DC. – Хориспора нежная	+	+	-
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl – Дескурайния Софии	+	+	+
<i>Diptychocarpus strictus</i> (Fisch. ex Bieb.) Trautv. – Двоякоплодный прямой	+	-	-
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L. – Желтушник левкойный	+	-	-

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барсакельмес	Каскакулан	ВБУ
<i>Euclidium syriacum</i> (L.) W.T.Aiton – Крепкоплодник сирийский	+	-	-
<i>Goldbachia laevigata</i> DC. – Гольдбахия гладкая	+	-	+
<i>Isatis gymnocarpa</i> (Fisch. ex DC.) Al-Shehbaz, Moazzeni & Mumm. (= <i>Tauscheria lasiocarpa</i> Fisch. ex DC.) – Вайда опушенноплодная	+	-	-
<i>I. minima</i> Bunge – Вайда маленькая	-	+	-
<i>I. multicaulis</i> (Kar. & Kir.) Jafri (= <i>Pachypterygium multicaule</i> (Kar. & Kir.) Bunge) – Вайда многостебельный	-	+	-
<i>Lepidium appelianum</i> Al-Shehbaz (= <i>Cardaria pubescens</i> (C. A. Mey.) Jarm.) – Клоповник пушистый	+	-	-
<i>L. latifolium</i> L. – Клоповник широколистный	+	+	-
<i>L. perfoliatum</i> L. – К. пронзеннолистный	+	+	+
<i>Leptaleum filifolium</i> (Willd.) DC. – Лепталеум нителистный	+	+	-
<i>Litwinowia tenuissima</i> (Pall.) Woronow ex Pavl – Литвиновия тончайшая	+	-	-
<i>Malcolmia africana</i> (L.) R.Br. (= <i>Strigosella africana</i> (L.) Botsch.) – Малькольмия африканская	+	+	+
<i>Megacarpaea megalocarpa</i> (Fisch. ex DC.) Schischk. ex B.Fedtsch. – Крупноплодник большеплодный	+	-	-
<i>Meniocus linifolius</i> (Stephan ex Willd.) DC. – Плоскоплодник льнолистный	+	-	-
<i>Mutarda arvensis</i> (L.) D.A.German (= <i>Sinapis arvensis</i> L.) – Горчица полевая	+	-	-
<i>Strigosella brevipes</i> (Bunge) Botsch. – Стригозелла коротконогая	+	-	-
<i>S. circinata</i> (Bunge) Botsch. – С. завитая	+	+	+
<i>S. intermedia</i> (C.A.Mey) Botsch. – С. средняя	+	-	-
<i>S. hispida</i> (Litv.) Botsch. – С. щетинистая	+	-	-
<i>S. scorpioides</i> (Bunge) Botsch. – С. скорпионовидная	+	+	-
<i>S. stenopetala</i> (Bernh. ex Fisch.&C.A.Mey) Botsch.)	+	+	-
<i>Tetracte quadricornis</i> (Willd.) Bunge – Четверозубец четырехрогий	+	-	-
<i>T. recurvata</i> Bunge – Ч. загнутый	-	+	-
Butomaceae Mirb. – Сусаковые			
<i>Butomus umbellatus</i> L. – Сукак зонтичный	-	-	+
Capparaceae Juss. – Каперсовые			
<i>Capparis spinosa</i> L. – Каперцы колючие	+	-	-
Caryophyllaceae Juss. – Гвоздичные			
<i>Gypsophila paniculata</i> L. – Качим метельчатый	+	-	-
<i>G. perfoliata</i> L. – К. пронзеннолистный	+	-	+
<i>Holosteum umbellatum</i> L. – Костенец зонтичный	+	-	-
<i>Sabulina regeliana</i> (Trautv.) Dillenb. & Kadereit (= <i>Minuartia regeliana</i> (Trautv.) Mattf.) – Минуарция Регеля	+	+	-
<i>Silene nana</i> Kar. & Kir. – Смолевка карликовая	+	-	-
Ceratophyllaceae Gray – Роголистниковые			
<i>Ceratophyllum demersum</i> L. – Роголистник погруженный	-	-	+

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барса-кельмес	Каска-кулан	ВБУ
<i>K. foliatum</i> (Pall.) Moq. – П. олиственный	+	+	+
<i>Krascheninnikovia ceratoides</i> (L.) Gueldenst. – Терескен роговидный	+	+	-
<i>Ofaiston monandrum</i> (Pall.) Moq. – Офайстон однотычинковый	-	+	-
<i>Oxybasis glauca</i> (L.) S.Fuentes, Uotila & Borsch (= <i>Chenopodium glaucum</i> L.) – Марь сизая	+	-	-
<i>Petrosimonia brachiata</i> (Pall.) Bunge – Петросимония супротивнолистная	+	+	+
<i>P. hirsutissima</i> (Bunge) Iljin ex Pavlov – П. жестковолосистая	+	-	+
<i>P. squarrosa</i> (Schrenk) Bunge – П. оттопыренная	+	-	+
<i>P. triandra</i> (Schrank) Rech. – П. трехтычинковая	+	+	+
<i>Pyanckovia brachiata</i> (Pall.) Akhani & Roalson (= <i>C. brachiata</i> (Pall.) Botsch.) – К. супротивнолистная	+	+	+
<i>Salicornia europaea</i> L. – Солерос европейский	+	+	+
<i>Salsola australis</i> (R.) Br. – Солянка южная	+	+	+
<i>S. paulsenii</i> Litv. – С. Паульсена	+	+	+
<i>Soda foliosa</i> (L.) Akhani – Сода многолистная	+	+	+
<i>Spirobassia hirsuta</i> (L.) Freitag & G.Kadereit (<i>Suaeda crassifolia</i> Pall.) – Спиробассия волосистая	+	+	+
<i>Suaeda acuminata</i> (C. A. Mey.) Moq.(= <i>S. confusa</i> Ilji) – Сведа заостренная	+	+	+
<i>S. microphylla</i> Pall. – С. мелколистная	-	+	-
<i>Xylosalsola arbuscula</i> (Pall.) Tzvelev (= <i>Salsola arbuscula</i> Pall.) – Солянка деревцевидная (боялыч)	+	-	-
Apiaceae Lindl. – Сельдерейные			
<i>Ferula canescens</i> (Ledeb.) Ledeb. – Ферула седоватая	+	+	+
<i>F. karelinii</i> Bunge – Ф. Карелина	-	+	-
<i>F. lehmannii</i> Boiss. – Ф. Леманна	+	-	-
<i>F. nuda</i> Spreng. – Ф. голая	+	-	-
<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm. – Тургенция широколистная	+	-	-
Aprocynaceae Juss. – Кутровые (включая Asclepiadaceae R. Br. – Ластовневые)			
<i>Aprocynum venetum</i> subsp. <i>lancifolium</i> (Russanov) ined. (= <i>Trachomitum lancifolium</i> (Russanov) Pobed.) – Кендырь ланцетолистный	-	-	+
<i>Cynanchum acutum</i> subsp. <i>sibiricum</i> (Willd.) Rech.f. – Цинанхум сибирский	+	+	+
Asparagaceae Juss. – Спаржевые			
<i>Asparagus breslerianus</i> Schult. & Schult. f. – Спаржа Бреслера	+	-	-
<i>A. persicus</i> Baker – С. персидская	+	-	-
Asteraceae Bercht. & J. Presl – Астровые			
<i>Amberboa turanica</i> Iljin – Амбербоа туранская	+	-	-
<i>Artemisia aralensis</i> Krasch. – Полынь аральская	+	-	-
<i>A. arenaria</i> DC – П. песчаная	+	-	+
<i>A. camelorum</i> Krasch – П. верблюдов	+	-	-

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барсакельмес	Каскакулан	ВБУ
Convolvulaceae Juss. – Вьюнковые (включая Cuscutaceae Dumort. – Повиликовые)			
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br. – Повой заборный	-	-	+
<i>Convolvulus arvensis</i> L.- Вьюнок полевой	+	+	+
<i>C. erinaceus</i> Ledeb. – В. ежовый	+	+	+
<i>C. fruticosus</i> Pall. – В. кустарниковый	+	-	-
<i>C. subsericeus</i> Schrenk ex Fisch. & C.A.Мey. – В. седоватый	-	+	+
<i>Cuscuta campestris</i> Yunck. – Повилика полевая	+	-	-
Cyperaceae Juss. – Осоковые			
<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla – Клубнекамыш морской	+	-	+
<i>B. planiculmis</i> (F.Schmidt) T.V.Egorova – К. равноверхушечный	-	-	+
<i>Carex pachystylis</i> J.Gay – О. толстостолбиковая	+	+	-
<i>Carex stenophylla</i> subsp. <i>stenophylloides</i> (V.I.Krecz.) T.V.Egorova (= <i>C. dimorphothecca</i> Stshegl.) – Осока узколистная	+	-	-
<i>Cyperus fuscus</i> L. – Сыть бурая	-	+	+
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult. – Болотница игольчатая	-	-	+
<i>E. argyrolepis</i> Kierulff – Болотница серебристо-чешуйная	+	-	-
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla – (= <i>Scirpus lacustris</i> L.) Схеноплектус (камыш) озерный	-	-	+
<i>Sch. litoralis</i> (Schrad.) Palla (= <i>Scirpus litoralis</i> Schrad.) – С. прибрежный	-	-	+
<i>Sch. litoralis</i> subsp. <i>kasachstanicus</i> (Dobrochot.) Soják (= <i>S. kasachstanicus</i> Dobroch.) – Схеноплектус казахстанский	-	-	+
<i>Sch. tabernaemontani</i> (C.C. Gmel.) Palla (= <i>S. tabernaemontani</i> C. C. Gmel.) – С. Табернемонтана	+	-	+
Elaeagnaceae Juss. – Лоховые			
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L. (= <i>E. oxycarpa</i> Schlecht.) – Лох узколистный	-	-	+
Ephedraceae Dumort. – Эфедровые			
<i>Ephedra distachya</i> L. – Эфедра двухколосковая	+	-	-
<i>E. intermedia</i> Schrenk & C. A. Mey. – Э. средняя	+	-	-
<i>E. strobilacea</i> Bunge – Э. шишконосная	+	-	-
Fabaceae Lindl. – Мотыльковые			
<i>Alhagi pseudalhagi</i> (M.Bieb.) Desv. ex Wangerin – Верблюжья колючка ложная	+	+	+
<i>Ammodendron bifolium</i> (Pall.) Yakovlev – Песчаная акация двулистная	-	-	+
<i>Astragalus ammodendron</i> Bunge – Астрагал пескодрев	+	-	-
<i>A. brachypus</i> Schrenk ex Fisch. & C.A.Мey. – А. коротконогий	+	+	+
<i>A. lehmannianus</i> Bunge – А. Лемана	+	+	+
<i>A. oxyglottis</i> Steven ex M.Bieb. – А. остроплодный	+	+	
<i>A. pallasii</i> Biehler (= <i>A. lasiophyllus</i> Ledeb.) – А. мохнатолистный	+	+	-
<i>A. scabrisetus</i> Bong. – А. жестковолосистый	-	+	+
<i>A. turczaninowii</i> Kar. & Kir. – А. Турчанинова	-	+	-

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барса- кельмес	Каска- кулан	ВБУ
<i>A. vulpinus</i> Willd. – А. лисий	-	+	-
<i>Caragana grandiflora</i> DC. – Карагана крупноцветная	+	-	-
<i>Eremosparton aphyllum</i> (Pall.) Fisch. & С.А.Мей. – Эremosparton безлистный	+	+	+
<i>Glycyrrhiza aspera</i> Pall. – Солодка шероховатая	+	-	-
<i>G. glabra</i> L. – С. голая	-	-	+
<i>Caragana halodendron</i> (Pall.) Dum.Cours. (= <i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss.) – Карагана серебристая	+	-	+
<i>Lotus frondosus</i> Freyn – Лядвенец густолиственный	-	-	+
<i>Medicago medicaginoides</i> (Retz.) E.Small. (= <i>Trigonella arcuata</i> C. A. Mey.) – Люцерна (пажитник) дугообразная	+	+	-
<i>M. orthoceras</i> (Kar. & Kir.) Trautv. (= <i>T. orthoceras</i> Kar. et Kir.) – Л. пряморогая	+	+	-
<i>Melilotus albus</i> Medik. – Донник белый	-	-	+
<i>M. officinalis</i> (L.) Lam. – Донник лекарственный	+	-	+
<i>Sophora conollyi</i> (Bunge ex Boiss.) M.Liao & Bo Xu (= <i>Ammodendron conollyi</i> Bunge) – Софора Конолли	+	-	-
<i>Sphaerophysa salsula</i> (Pall.) DC. – Сферофиза солончаковая	-	-	+
<i>Vicia hyrcanica</i> & С.А.Мей. – Горошек гирканский	+	-	-
Frankeniaceae Desv. – Франкениевые			
<i>Frankenia hirsuta</i> L. – Франкения жестковолосистая	+	+	+
<i>F. pulverulenta</i> L. – Ф. мучнистая	+	-	-
Geraniaceae Juss. – Гераниевые			
<i>Erodium oxyrhinchum</i> M.Bieb. – Журавельник остроносый	+	-	-
<i>Geranium linearilobum</i> DC. (= <i>Geranium transversale</i> (Kar. & Kir.) Vved.) – Герань поперечноклубневая	+	-	-
Haloragaceae R. Br. – Сланоягодниковые			
<i>Myriophyllum spicatum</i> L. – Уруть колосковая	-	-	+
Hydrocharitaceae Juss. – Водокрасовые			
<i>Najas marina</i> L. – Наяда морская	-	-	+
<i>Vallisneria spiralis</i> L. – Валлиснерия спиральная	-	-	+
Iridaceae Juss. – Ирисовые			
<i>Iris songarica</i> Schrenk ex Fisch. & С.А.Мей. – Ирис джунгарский	+	-	-
Juncaceae Juss. – Ситниковые			
<i>Juncus gerardi</i> Loisel. – Ситник Жерара	-	-	+
<i>J. jaxarticus</i> V.I.Krecz. & Gontsch. – С. сырдарьинский	+	-	-
<i>J. ranarius</i> Songeon & E.P.Perrier – С. лягушачий			+
Ixioliriaceae Nakai – Иксиолирионовые			
<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Schult. & Schult.f. – Иксиолирион татарский	+	-	+
Lentibulariaceae Rich. – Пузырчатковые			
<i>Utricularia vulgaris</i> L. – Пузырчатка обыкновенная	-	-	+
Liliaceae Juss. – Лилейные			

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барсакельмес	Каскакулан	ВБУ
<i>Gagea kunawurensis</i> (Royle) Greuter (= <i>Gagea ova</i> Stapf) – Гусиный лук яйцевидный	+	-	-
<i>G. reticulata</i> (Pall.) Schult. & Schult. f. – Г. л. сетчатый	+	+	-
<i>Fritillaria karelinii</i> (Fisch. ex D.Don) Baker (= <i>Rhinopetalum karelinii</i> Fisch. ex D. Don) – Рябчик Карелина	+	-	+
<i>Tulipa biflora</i> Pall. – Тюльпан двуцветковый	+	+	-
<i>T. borszczowii</i> Regel. – Т. Борщова	+	+	-
Lythraceae J.St.- Hil. – Дербенниковые			
<i>Lythrum salicaria</i> L. – Дербенник иволистный	-	-	+
<i>L. tribracteatum</i> Salzm. ex Spreng. – Д. трехприцветниковый	+	-	-
<i>L. virgatum</i> L. – Д. прутовидный	-	-	+
Malvaceae Juss. – Мальвовые			
<i>Malva neglecta</i> Wallr. – Мальва пренебреженная	+	-	-
Menyanthaceae Dumort. – Вахтовые			
<i>Nymphoides peltata</i> (S.G.Gmel.) Kuntze. – Болотноцветник (нимфейник) щитолистный	-	-	+
Nitrariaceae Lindl. – Селитрянковые (включая Peganaceae (Engl.) Tiegh. ex Takht. – Пегановые)			
<i>Nitraria schoberi</i> L. – Селитрянка Шобера	+	+	+
<i>Peganum harmala</i> L. – Гармала обыкновенная (адраспан)	+	+	+
Orobanchaceae Vent. – Заразиховые			
<i>Cistanche salsa</i> (C.A.Mey.) Beck (= <i>Cistanche ambigua</i> (Bunge) G.Beck) – Цистанхе сомнительная	+	+	-
<i>C. flava</i> (C.A.Mey.) Korsh. – Ц. желтая	+	-	-
<i>Orobanche cernua</i> Loefl. – Заразиха поникшая	+	-	-
Papaveraceae Juss. – Маковые (включая Fumariaceae DC. – Дымянковые, Нуресооаеае Nakai – Гипековые)			
<i>Corydalis schanginii</i> (Pall.) B. Fedtsch. – Хохлатка Шангина	+	-	-
<i>Fumaria vaillantii</i> Loisel. – Дымянка Вайана	+	-	-
<i>Hypocoum pendulum</i> var. <i>pendulum</i> (= <i>H. parviflorum</i> Kar. et Kir.) – Гипекоум вислоплодный	+	+	-
<i>Roemeria hybrida</i> (L.) DC. – Ремерия гибридная	+	-	-
<i>R. pavonina</i> (Schrenk) Banfi, Bartolucci, J.-M.Tison & Galasso (= <i>Papaver pavoninum</i> Schrenk) – Р. павлинная	+	-	-
<i>R. refracta</i> DC. – Р. отогнутая	+	-	-
Plantaginaceae Juss. – Подорожниковые			
<i>Plantago minuta</i> Pall. – Подорожник маленький	-	+	-
<i>P. tenuiflora</i> Waldst. & Kit. – П. мелкоцветковый	+	-	-
<i>Veronica campylopoda</i> Boiss. – Вероника кривоногая	+	-	-
Plumbaginaceae Juss. – Свинчатковые (включая Limoniaceae Lincz. – Кермековые)			
<i>Limonium gmelini</i> (Willd.) Kuntze – Кермек Гмелина	-	+	+

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барса- кельмес	Каска- кулан	ВБУ
<i>L. otolepis</i> Schrenk Kuntze – К. ушковатый	+	+	+
<i>L. suffruticosum</i> (L.) Kuntze – К. полукустарниковый	+	+	-
Рoaсeae Barnhart – Злаковые			
<i>Aegilops cylindrica</i> Host – Эгилопс цилиндрический	+	-	-
<i>Aeluropus littoralis</i> (Gouan) Parl. – Прибрежница солончаковая (ажрек)	+	+	+
<i>A. lagopoides</i> (L.) Thwaites (= <i>A. repens</i> (Desf.) Parl.) – П. зайценогая	+	-	-
<i>Agropyron desertorum</i> (Fisch. ex Link) Schult. – Пырей пустынный	+	-	-
<i>A. fragile</i> (Roth) P. Candargy – П. ломкий (еркек)	+	+	-
<i>Bromus lanceolatus</i> Roth – Костер ланцетный	+	-	-
<i>B. oxydon</i> Schrenk – К. острозубый	+	-	-
<i>B. tectorum</i> L. (= <i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski) – К. кровельный	+	+	+
<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth – Вейник наземный	+	-	+
<i>C. pseudophragmites</i> (Haller f.) Koeler (= <i>C. dubia</i> Bunge) – В. ложнотростниковый	-	+	-
<i>Catabrosella humilis</i> (Bieb.) Tzvel. – Катаброска приземистая	+	-	-
<i>Eremopyrum orientale</i> (L.) Jaub. & Spach. – Мортук восточный	+	+	+
<i>E. triticeum</i> (Gaertn.) Nevski – М. пшеничный	+	+	-
<i>Leymus multicaulis</i> (Kar. & Kir.) Tzvelev – Волоснец многостебельный	-	-	+
<i>L. racemosus</i> (Lam.) Tzvelev – В. кистевидный	-	+	-
<i>Neotrinia splendens</i> (Trin.) M.Nobis, P.D. Gudkova & A. Nowak (= <i>Achnatherum splendens</i> (Trin.) Nevski) – Неотриния блестящий	+	-	-
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. – Тростник южный	+	+	+
<i>Poa bulbosa</i> L. – Мятлик луковичный	+	+	+
<i>Puccinellia distans</i> (Jacq.) Parl. – Бескильница расставленная	-	-	+
<i>P. gigantea</i> (Grossh.) Grossh. – Б. гигантская	+	-	-
<i>Schismus arabicus</i> Nees – Схизмус арабский	+	-	+
<i>Secale sylvestre</i> Host – Рожь дикая	+	-	-
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv. – Щетинник зеленый	+	-	-
<i>Sporobolus aculeatus</i> (L.) P.M. Peterson (= <i>Crypsis aculeata</i> (L.) Aiton) – Споробол колючий	-	-	+
<i>S. schoenoides</i> (L.) P.M. Peterson (= <i>Crypsis schoenoides</i> (L.) Lam.) – С. камышевидный	+	-	+
<i>Stipa arabica</i> Trin. & Rupr. (= <i>Stipa caspia</i> C. Koch) – Ковыль арабский	+	+	-
<i>S. lessingiana</i> Trin. & Rupr. – К. Лессинга	+	-	-
<i>S. richteriana</i> Kar. & Kir – К. Рихтера	+	-	-
<i>S. sareptana</i> A.K. Beck. – К. сарептский	+	-	-
<i>Stipagrostis pennata</i> (Trin.) de Winter – Селин перистый	+	+	+
<i>Timouria conferta</i> (Poir.) Sennikov (= <i>Achnatherum caragana</i> (Trin.) Nevski) – Чий лисий	+	-	-
<i>Trisetaria loeflingiana</i> (L.) Paunero (= <i>Trisetaria cavanillesii</i> (Trin.) Maire) – Трещетинница Лефлинга	+	-	-

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барсакельмес	Каскакулан	ВБУ
Polygonaceae Juss. – Гречишные			
<i>Atraphaxis spinosa</i> L. – Курчавка колючая	+	+	+
<i>Calligonum acanthopterum</i> I.G.Borshch. – Жузгун колючекрылый	+	-	-
<i>C. alatum</i> Litv. – Ж. тонкокрылый	-	+	-
<i>C. aphyllum</i> (Pall.) Gürke – Ж. безлистный	+	+	+
<i>C. batiola</i> Litv. – Ж. чашечковидный	-	+	-
<i>C. cancellatum</i> Mattei – Ж. сетчатый	+	+	-
<i>C. crispatum</i> (Litv.) Mattei – Ж. курчавый	+	-	+
<i>C. humile</i> Litv. – Ж. приземистый	+	-	-
<i>C. leucocladum</i> (Schrenk) Bunge – Ж. белокорый	+	+	-
<i>C. macrocarpum</i> I.G.Borshch. – Ж. крупноплодный	+	-	-
<i>C. membranaceum</i> (I.G. Borshchow) Litv. – Ж. перепончатый	+	-	-
<i>C. microcarpum</i> I.G.Borshch. – Ж. мелкоплодный	+	-	-
<i>C. minimum</i> Lipsky – Ж. малый	+	-	-
<i>C. palibinei</i> Mattei, – Ж. Палибина	+	-	-
<i>C. platyacanthum</i> Borszcz. – Ж. плоскощетиновый	+	-	-
<i>C. spinulosum</i> Drobow – Ж. мелкоколючковый	+	-	-
<i>C. squarrosus</i> Pavlov – Ж. оттопыренный	+	-	-
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Delarbre – Водяной перец	-	-	+
<i>Polygonum acetosum</i> M.Bieb. – Горец кислый	+	-	-
<i>P. aviculare</i> L. – Г. птичий	-	+	+
<i>P. fibrilliferum</i> Kom. – Г. волоконценосный	+	-	-
<i>P. inflexum</i> Kom. – Г. вогнутоветвистый	+	-	-
<i>Rheum tataricum</i> L. f. – Ревень татарский	+	-	-
<i>Rumex marschallianus</i> Rchb. – Щавель Маршалла	+	-	+
Potamogetonaceae Bercht. & J.Presl – Рдестовые (включая Zannichelliaceae Dumort. – Занникелиевые)			
<i>Potamogeton crispus</i> L. – Рдест курчавый	-	-	+
<i>P. perfoliatus</i> L. – Р. стеблеобъемлющий	+	-	+
<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner (=P. pectinatus L.)	-	-	+
<i>Zannichellia palustris</i> L. – Занникелия болотная	+	-	-
<i>Zannichellia palustris</i> subsp. <i>major</i> (Hartm.) Ooststr. & Reichg. (=Zannichellia <i>major</i> Voenn.) – Занникеллия болотная	-	-	+
Ranunculaceae Juss. – Лютиковые			
<i>Adonis scrobiculata</i> subsp. <i>scrobiculata</i> (= <i>A. parviflora</i> Fisch. ex DC.) – Адонис ямчатый	+	-	-
<i>Clematis orientalis</i> L. – Ломонос восточный	+	-	+
<i>Delphinium rugulosum</i> Boiss. (= <i>Consolida rugulosa</i> (Boiss.) Schröding.) – Консолида мелкоморщинистая	+	-	-
<i>Ranunculus falcatus</i> L. (= <i>Ceratocephala falcata</i> (L.) Pers.) – Лютик серповидный	+	+	-

Семейства /Виды	Местонахождение (кластеры)		
	Барса- кельмес	Каска- кулан	ВБУ
<i>R. platyspermus</i> Fisch. ex DC. – Л. плоскосемянный	+	-	-
<i>R. rionii</i> Lager (= <i>Batrachium rionii</i> (Lager) Nym.) – Л. Риона	+	-	-
<i>R. testiculatus</i> Crantz (= <i>Ceratocephala testiculata</i> (Grantz.) Bess.) – Л. ячжковидный	+	+	-
<i>Thalictrum isopyroides</i> C. A. Mey. – Василижник равноплодниковый	+	-	-
Rosaceae Juss. – Розовые			
<i>Rosa persica</i> Michx. ex Juss. (= <i>Hulthemia persica</i> (Michx. ex Juss.) Bornm.) – Роза персидская	+	-	-
Rubiaceae Juss. – Мареновые			
<i>Galium aparine</i> L. – Подмаренник цепкий	+	-	-
Salicaceae Mirb. – Ивовые			
<i>Salix songarica</i> Andersson – Ива джунгарская	-	-	+
<i>S. wilhelmsiana</i> M.Bieb. – И. Вильгельмса	-	-	+
Solanaceae Juss. – Пасленовые			
<i>Hyoscyamus niger</i> L. – Белена черная	+	-	-
<i>H. pusillus</i> L. – Б. крошечная	+	+	+
<i>Lycium ruthenicum</i> Murray – Дереза русская	+	+	+
Tamaricaceae Link – Гребенщиковые			
<i>Tamarix elongata</i> Ledeb. – Гребенщик удлиненный	+	+	+
<i>T. gracilis</i> Willd. – Г. изящный	-	-	+
<i>T. hispida</i> Willd – Г. щетинистоволосый	+	+	+
<i>T. laxa</i> Willd. – Г. рыхлый	+	+	+
<i>T. ramosissima</i> Ledeb. – Г. многоветвистый	+	+	+
Thymelaeaceae Juss. – Волчниковые			
<i>Diarthron vesiculosum</i> (Fisch. & C.A. Mey. ex Kar. & Kir.) C.A. Mey. – Двучленник пузырчатый	+	-	-
Typhaceae Juss. – Рогозовые (включая Sparganiaceae Rudolph – Ежеголовковые)			
<i>Sparganium angustifolium</i> Michx. (= <i>S. simplex</i> L.) – Ежеголовка узколистная	-	-	+
<i>Typha angustifolia</i> L. – Рогоз узколистный	-	-	+
<i>T. laxmannii</i> Lepech. – Р. Лаксмана	+	-	+
<i>T. minima</i> Funck – Р. малый	-	-	+
Ulmaceae Mirb. – Вязовые			
<i>Ulmus pumila</i> L. – Вяз низкий	+	+	-
Zosteraceae Dumort – Взморниковые			
<i>Zostera noltii</i> Hornem. – Взморник малый	+	-	+
Zygophyllaceae R. Br. – Парнолистниковые			
<i>Zygophyllum oxianum</i> Boriss. – Парнолистник амударьинский	+	+	+
Число видов	265	143	151

Биоморфологическая структура флоры состоит из следующих групп жизненных форм (рисунок 1): деревья (6 видов), кустарники (34), кустарнички (4), полукустарники (9), полукустарнички (14), травянистые многолетники

(130), однолетники (145), двулетники (1). При определении жизненных форм были использованы труды И.Г. Серебрякова [21], Б.А. Быкова [22], Н.Т. Нечаевой и др. [23], Л.Я. Курочкиной [24].

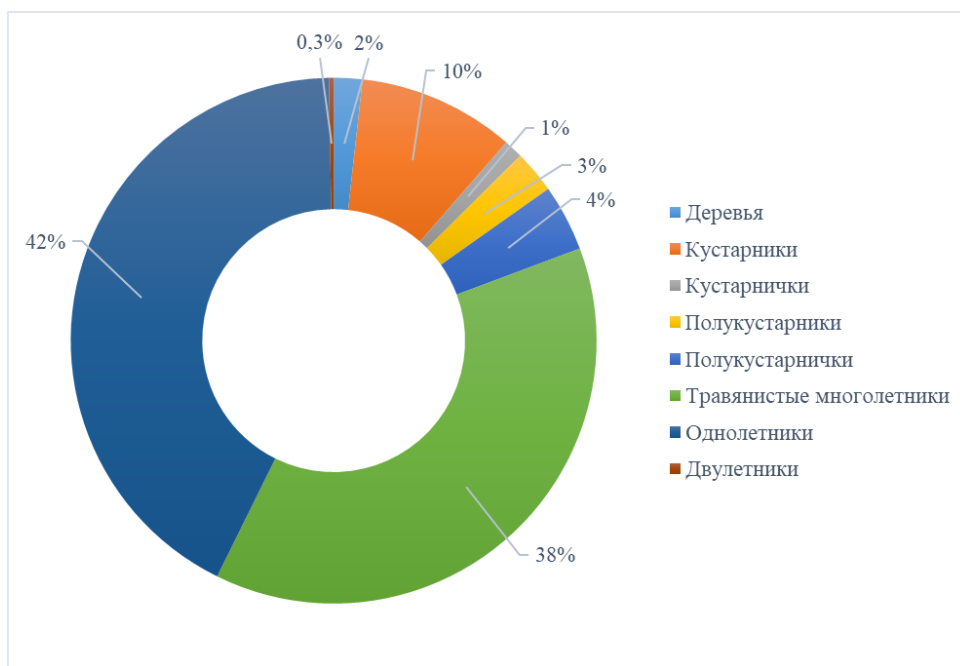


Рисунок 1 – Биоморфологическая структура флоры заповедника Барсакельмес

В спектре жизненных форм ведущее положение занимают травы. Преобладают однолетние растения, среди которых особое место занимают эфемеры и однолетние виды солянок, многие из которых являются доминантами растительных сообществ (*Atriplex pratovii* Sukhor., *Salicornia europaea* L., *Suaeda crassifolia* Pall., *S. acuminata* (C. A. Mey.) Moq., *Halogeton glomeratus* (M.Bieb.) Ledeb., etc.). Виды травянистых многолетников составляют вторую по численности группу, в которой много эфемероидов (рисунок 2). Полукустарнички – индикаторная группа пустынь [25]. В заповеднике виды этой группы (*Artemisia terrae-albae* Krasch., *Anabasis salsa* (Ledeb.) Benth. ex Volkens) формируют зональные типы растительности. К кустарникам относятся виды жужгуна, саксаул белый, песчаная акация двулистная, боялыч, гребенщик и др.

Деревья формируют пустынные (саксауловые) и тугайные леса.

Анализ экологической структуры флоры по отношению к влажности местообитания выявил следующее распределение экоморф: ксеромезофиты (128 видов), мезоксерофиты (72), мезофиты (64), ксерофиты (45), гидрофиты (23), гигрофиты и мезогигрофиты (7) (рисунок 3). Группа паразитов (4 вида) не связана с местообитанием, а зависит от хозяина.

По отношению к субстрату выделяется группа псаммофитов, для которых необходимым условием существования являются песчаные почвы (50 видов, 14,6%). Группа галофитов, предпочитающих засоленные почвы (солонцы, бурые солонцеватые почвы, солончаки), включает 85 видов (24,8%). Солончаки осушенного дна моря активно осваивают однолетние солянки (рисунок 4).



Gagea reticulata (Pall.) Schult. & Schult. f.



Megacarpa megalocarpa (Fisch. ex DC.)
Schischk. ex B.Fedtsch.

Рисунок 2 – Виды эфемероидов

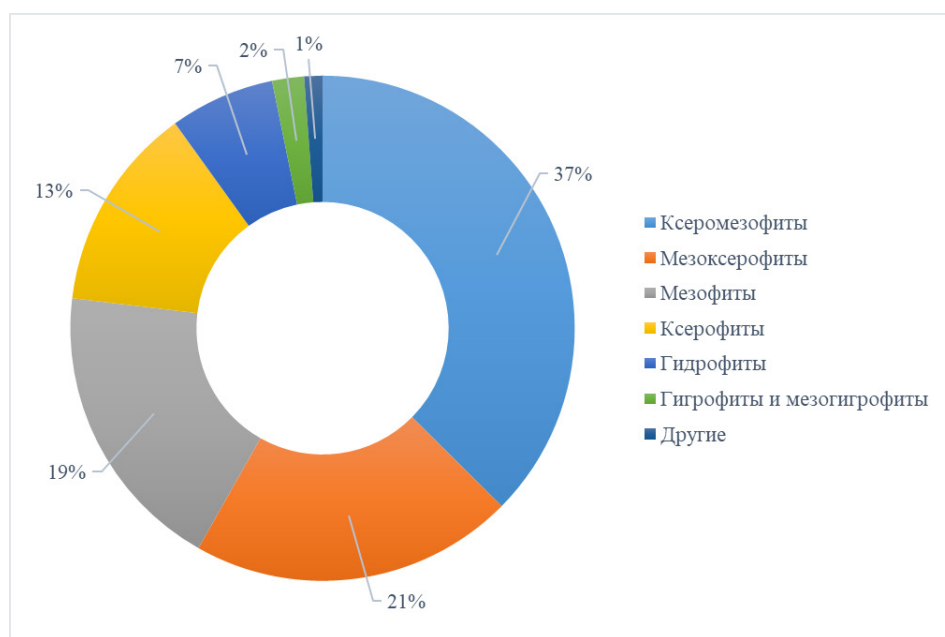


Рисунок 3 – Экоморфологическая структура флоры заповедника Барсакельмес

Индикаторными видами, характерными для гидроморфных местообитаний в заповеднике Барсакельмес, являются: *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, *Cyperus fuscus* L., *Butomus umbellatus* L.,

Bolboschoenus maritimus (L.) Palla, *B. planiculmis* (F. Schmidt) T.V. Egorova, *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. & Schult. Данные виды особенно важны для птиц, обитающих в авандельте Сырдарьи [26].



Climacoptera ferganica (Drobow) Botsch.



Climacoptera aralensis (Iljin) Botsch.



Petrosimonia triandra (Schrank) Rech.



Suaeda acuminata (C. A. Mey.) Moq.

Рисунок 4 – Виды однолетних солянок

В заповеднике произрастают редкие виды растений Республиканского и регионального уровня. В Красную книгу Казахстана (2014) [27] включены 5 видов: тюльпаны двуцветковый и Борщова (*Tulipa biflora* Pall., *T. borszczowii* Regel.), лебеда Пратова (*Atriplex pratovii*), камыш (схеноплектус) казахстанский (*Schoenoplectus litoralis* subsp. *kasachstanicus* (Dobrochot.) Soják), нимфейник щитолистный (*Nymphoides peltata* (S.G.Gmel.) Kuntze.) (рисунок 5).

Кроме перечисленных выше видов, в Красную книгу Кызылординской области [28] внесены (рисунок 6): хвойник шишконосный (*Ephedra strobilacea* Bunge), селитрянга Шобера (*Nitraria schoberi* L.), занникелия большая (*Zannichellia palustris* subsp. *major* (Hartm.) Ooststr. & Reichg.),

наяда морская (*Najas marina* L.), валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis* L.).

Следует отметить ряд растений, которые включены в Красные книги сопредельных территорий и имеют ограниченный ареал в Приаралье (рисунок 7): сыть бурая (*Cyperus fuscus*) – в 9 субъектах России, в Эстонии, Латвии, Литве; лук каспийский (*Allium caspium* (Pall.) M.Bieb.) – в Астраханской, Самарской областях и Калмыкии; лук индерский (*Allium inderiense* Fisch. ex Bunge) – в 6 субъектах России; астрагал пескодрев (*Astragalus ammodendron* Bunge) – в Астраханской области; рогоз малый (*Typha minima* Funck) – в Украине и Карачаево-Черкесской республике, указан как угрожаемый вид Европы, внесенный в Приложение I Бернской конвенции (1976).



Atriplex pratovii Sukhor.



Nymphoides peltata (S.G.Gmel.) Kuntze



Tulipa borszczovii Regel.



Schoenoplectus litoralis subsp. *kasachstanicus*
(Dobrochot.) Soják

Рисунок 5 – Виды растений, занесенные в Красную книгу Казахстана

На территории заповедника встречаются 13 эндемиков Казахстана: 4 вида полыни (*Artemisia scopiformis* Ledeb., *A. quinqueloba* Trautv., *A. aralensis* Krasch., *A. camelorum* Krasch.), лебеда колючая (*Atriplex pungens* Trautv.), петросимония жестковолосая (*Petrosimonia hirsutissima* (Bunge) Iljin ex Pavlov), 4 вида жужгуна (*Calligonum crispatum* (Litv.) Mattei, *C. palibinii* Mattei, *C. humile* Litv., *C. spinulosum* Drobow), астрагал коротконогий (*Astragalus brachypus* Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.), тюльпан Борщова (*Tulipa borszczovii*), лебеда рыхлоцветковая (*Corispermum laxiflorum* Schrenk). К субэндемикам, которые отмечены также на сопредельных территориях, относятся аральский эндемик лебеда Пратова (*Atriplex pratovii*) с ареалом, простирающимся на Каракалпакское

побережье Арала, и камыш казахстанский (*Schoenoplectus litoralis* subsp. *kasachstanicus*), местообитания которого охватывают водоемы Астраханской области [29] и Калмыкии [30].

Уникальным явлением следует считать наличие во флористическом составе заповедника видов южнотуранских пустынь (*Ephedra strobilaceae*, *Ammodendron conollyi*).

Как было отмечено ранее, флора заповедника Барсакельмес характеризуется таксономической, биоморфологической и географической структурой внутриконтинентальных пустынь Туранской низменности [10, 12, 25, 31, 32]. Среди ведущих семейств отмечены амарантовые, астровые, мятликовые, капустные, гречишные и мотыльковые. Спектр жизненных форм показывает механизм адаптации видов флоры к аридным условиям пустыни.



Nitraria schoberi L.



Tulipa biflora Pall.

Рисунок 6 – Виды растений, занесенные в Красную книгу Кызылординской области



Allium caspium (Pall.) M.Bieb.



Typha minima Funck

Рисунок 7 – Редкие растения Приаралья

Проведенные ранее исследования географического распространения видов [10, 12] показали, что наиболее многочисленна группа со средиземным типом ареала. Другие типы ареалов располагаются в следующей последовательности: ирано-туранский, палеарктический, туранский, северотуранский. Автохтонные аральские и арало-каспийские виды немногочисленны: *Corispermum aralo-caspicum*, *C. laxiflorum*, *Atriplex pratovii*, *Suaeda crassifolia*. Сравнительный анализ с сопредельными флористическими районами (Североустюртским, Кызылординским, Кызылкумским и Североприаральским)

позволил Л.А. Кузнецову [10] утверждать, что наиболее близки связи флоры Барсакельмеса с Северным Приаральем. Сравнение флор Барсакельмеса и стационара «Терекент» [33] проводилось по формуле Сьеренсена-Чекановского [34]:

$$K_s = 2a/2a+b+c, \quad (1)$$

где, а – число общих видов, b – число видов, встречающихся только в первой флоре, с – число видов, встречающихся только во второй флоре. Коэффициент Сьеренсена-Чекановского указы-

вает на сходство сравниваемых флор. Сравнение флористических списков с участием видов ВБУ показало сходство

$$0,484 (K_s = 2 \times 155 / 310 + 187 + 144 = 0,5) \quad (2)$$

Анализ флор без списка видов ВБУ:

$$K_s = 2 \times 149 / 298 + 149 + 150 = 0,499 \quad (3)$$

На этом основании подтверждена близость флористического состава заповедника Барсакельмес и Северного Приаралья.

Заключение

Таким образом, флора заповедника Барсакельмес состоит из 343 видов сосудистых растений, относящихся к 51 семейству и 197 родам. Уникальность флоры заповедника может рассматриваться в нескольких аспектах. С одной стороны – это репрезентативность флоры как типичной для Туранских пустынь, отражающей региональное ботаническое разнообразие. С другой стороны, заповедник может

считаться эталоном флоры и растительности Северного Приаралья. В пределах заповедника широко распространены зональные типы растительного покрова – белоземельнопопынники, биюргунники, саксаульники и др., которые служат аналогами ненарушенной растительности.

Другим аспектом уникальности, имеющим глобальное значение, является формирующаяся флора осушенного дна Аральского моря, изучение которой дает представление о механизмах первичных сукцессий и миграционных потоках пограничных флор.

Исследования, проведенные в заповеднике Барсакельмес, подчеркивают важность его роли в сохранении не только редких и уязвимых видов растений, но и всей уникальной флоры, которая играет ключевую роль в поддержании экосистемной устойчивости.

Конфликт интересов

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

Литература

1. McNeely J.A. Biodiversity in arid regions: values and perceptions // *J. Arid Environ.* – 2003. – Vol. 54. – P. 61-70.
2. Maestre F.T., Benito B.M., Berdugo M., Concostrina-Zubiri L., Delgado-Baquerizo M., Eldrige D.J., Guirado E., Gross N., Kefi S., Bagousse-Pinguet Y., Ochoa-Hueso R., Soliveres S. Biogeography of global drylands // *New Phytol.* – 2021. – Vol. 231. – P. 540-558.
3. Lian X., Chen A., Huntingford C., Fu B., Li L.Z.X., Huang J., Sheffield J., Berg A.M., Keenam T.F., McVicar T.R., Wada Y., Wang X., Wang T., Yang Y., Roderick M.L. Multifaceted characteristics of dryland aridity changes in a warming world // *Nat. Rev. Earth. Environ.* – 2021. – Vol. 2. – P. 232-250.
4. IPBES. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). – IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2019. – 1148 pages. doi:10.5281/zenodo.3831673.
5. Gingerich E.F.R. Leadership in the Sixth Mass Extinction // *J. Values-Based. Leaders.* – 2020. – Vol. 13. – Issue 1, Article 16. <https://doi.org/10.22543/0733.131.1308>
6. Berdugo M., Vidiella B., Solé R.V., Maestre F.T. Ecological mechanisms underlying aridity thresholds in global drylands // *Funct. Ecol.* – 2022. – Vol. 36. – P. 4-23.
7. Dimeyeva L. A., Ogar N. P., Alimbetova Z., Breckle, S. W. Nature Conservation in the Aral Sea Region: Barsa-Kelmes as an Example // In: *Aralkum – a Man-Made Desert. Ecological Studies / Breckle, S.W., Wucherer, W., Dimeyeva, L., Ogar, N. (eds).* – Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. – Vol. 218. – P. 315-341. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21117-1_14
8. Yuanming Zhang, Akash Tariq, Alice C. Hughes, Deyuan Hong, Fuwen Wei, Hang Sun, Jordi Sardans, Josep Peñuelas, Gad Perry, Jianfang Qiao, Alishir Kurban, Xiaoxia Jia, Domitilla Raimondo, Borong Pan, Weikang Yang, Daoyuan Zhang, Wenjun Li, Zeeshan Ahmed, Carl Beierkuhnlein, Georgy Lazkov, Kristina Toderich, Shirin Karryeva, Davron Dehkonov, Hikmat Hisoriev, Liliya Dimeyeva, Dmitry Milko, Ahmedou Soule, Malgozhata Suska-Malawska, Jumamurat Saparmuradov, Alilov Bekzod, Paul Allin, Sidy Dieye, Birane Cisse, Wondmagegne Whibesilassie, Keping Ma. Challenges and solutions to biodiversity conservation in arid lands // *Science of The Total Environment.* – 2023. – Vol. 857, Part 3, 159695. – 12 p. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159695>
9. Демченко Л.А. Растительность острова Барса-Кельмес как кормовая база копытных // *Тр. гос. заповедника Барсакельмес.* – Алма-Ата, 1950. – Вып. 1. – С. 6-37.
10. Кузнецов Л.А. Флора острова Барсакельмес // *Биологические и природоведческие проблемы Аральского моря и Приаралья.* Тр. ЗИН. – Санкт-Петербург, 1995. – С. 106-128.

11. Димеева Л.А., Алимбетова З.Ж. Флора заповедника «Барсакельмес» // Труды III Международной ботанической конференции, посвященной памяти выдающихся ботаников Казахстана. – Алматы, 2006. – С. 46-48.
12. Димеева Л.А., Алимбетова З.Ж. Анализ флоры заповедника «Барсакельмес» // Тр. Барсакельмесского государственного природного заповедника. – 2007. – Вып. 2. – С. 10-34.
13. Annotated List of Wetlands of International Importance, Kazakhstan. – 4 p. https://rsis Ramsar.org/sites/default/files/rsiswp_search/exports/Ramsar-Sites-annotated-summary-Kazakhstan.pdf
14. Димеева Л.А., Султанова Б.М., Березовиков Н.Н., Есенбекова П.А., Крупа Е.Г., Ермаханов З., Алимбетова З.Ж., Малахов Д.В. Биоразнообразие водно-болотных угодий авандельты реки Сырдарья. – Алматы, 2012. – 65 с.
15. Оспанов М.О., Стамкулова К.Ж. (ред.). Биоразнообразие водно-болотных угодий авандельты реки Сырдарья. Алматы. – Алматы, 2012. – 65 с.
16. Оспанов М.О., Стамкулова К.Ж. (ред.). Мониторинг Рамсарских угодий дельты реки Сырдарья / Коллектив авторов: Димеева Л.А., Султанова Б.М., Березовиков Н.Н., Есенбекова П.А., Крупа Е.Г., Ермаханов З., Алимбетова З.Ж., Малахов Д.В. – Алматы, 2014. – 104 с.
17. Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. – СПб, 1995. – 992 с.
18. POWO: Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet // <http://www.plantsoftheworldonline.org/> (27 June 2024).
19. Флора Казахстана / Ред. Н.В. Павлов. – Алма-Ата: Наука, 1956–1966. 1956. – Т. 1. – 354 с.; 1958. – Т. 2. – 292 с.; 1960. – Т. 3. – 460 с.; 1961. – Т. 4. – 548 с.; 1961. – Т. 5. – 515 с.; 1963. – Т. 6. – 465 с.; 1964. – Т. 7. – 497 с.; 1965. – Т. 8. – 447 с.; 1966. – Т. 9. – 640 с.
20. Курочкина Л.Я. К вопросу о видовом фитоценоотическом разнообразии рода *Calligonum* L. // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. – Выпуск 19. – Кемерово: изд. Группа «Ирбис», 2013. – С. 29-44.
21. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. – М. 1962. – 378 с.
22. Быков Б.А. Доминанты растительного покрова Советского Союза: в 3 т. – Алма-Ата: Наука, 1962. – Т. 2. – 435 с.; 1965. – Т. 3. – 435 с.
23. Нечаева Н.Т., Василевская В.К., Антонова К.Г. Жизненные формы растений пустыни Каракум. – М., 1973. – 244 с.
24. Курочкина Л.Я. Псаммофитная растительность Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 272 с.
25. Коровин Е.П. Растительность Средней Азии и Южного Казахстана. – Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1961. – Т. 1. – 452 с.
26. Liliya Dimeyeva, Polina Vesselova. Identification of Important Plant Areas in Kazakhstan // Conference Proceedings “Plants for people, People for Plants” 7TH PLANTA EUROPA CONFERENCE. Kolympari, Crete, Greece. Orthodox Academy of Crete (OAC) May 21-25, 2014. – P. 52-57.
27. Красная книга Казахстана. – Том 2: Растения (колл. авт.). – Астана, 2014. – 452 с.
28. Редкие и исчезающие виды растений Кызылординской области (Красная книга). – Алматы, 2014. – 101 с.
29. Мещерякова Н.О., Лактионов А.П., Нурмухамбетова Д.Э., Пилипенко В.Н. Биоразнообразие сосудистых растений водоемов и водотоков Астраханской области // Проблемы аридных регионов на заповедных территориях. Материалы конф., посвященной 30-летию Устьюртского заповедника. – Жанаозень, 2014. – С. 3-22.
30. Красная книга Республики Калмыкия. – Т. 2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения растения и грибы. – Элиста: Джангар, 2014. – 199 с.
31. Лавренко Е.М. Основные черты ботанической географии пустынь Евразии и Северной Африки. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 168 с.
32. Родин Л.Е. Растительность пустынь Западной Туркмении. – М.-Л., 1963.
33. Димеева Л.А., Салмуханбетова Ж.К., Султанова Б.М., Усен К. Флористические исследования в Северном Приарале. Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. Специальный выпуск «Камелинские чтения», 2021. – Т. 20, № 2. – С. 90-102. DOI: 10.14258/pbssm.2021126
34. Боголюбов А.С. Простейшие методы статистической обработки результатов экологических исследований. М.: Экосистема, 1998. – 13 с.

References

1. Annotated List of Wetlands of International Importance, Kazakhstan (2012). URL: https://rsis Ramsar.org/sites/default/files/rsiswp_search/exports/Ramsar-Sites-annotated-summary-Kazakhstan.pdf
2. Berdugo M., Vidiella B., Solé R.V., Maestre F.T. (2022) Ecological mechanisms underlying aridity thresholds in global drylands. *Funct. Ecol.*, vol. 36, pp. 4-23.
3. Bogoljubov A.S. (1998) Prostejshie metody statisticheskoy obrabotki rezul'tatov jekologicheskikh issledovanij [The simplest methods of statistical processing of environmental research results]. Moscow: Jekosistema (In Russian).
4. Bykov B.A. (1962, 1965) Dominanty rastitel'nogo pokrova Sovetskogo Sojuza [Dominants of vegetation cover of the Soviet Union], two volumes. Alma-Ata: Nauka (in Russian).
5. Cherepanov S.K. (1995) Sosudistye rastenija SSSR [Vascular plants of the USSR]. St. Petersburg (in Russian).
6. Demchenko L.A. (1950) Rastitel'nost' ostrova Barsa-Kel'mes kak kormovaja baza kopytnyh [Vegetation of the island of Barsa-Kelmes as a food supply for ungulates]. *Tr. gos. zapovednika Barsa-Kel'mes*, Issue 1, pp. 6-37 (in Russian).

7. Dimeyeva L. A., Ogar N. P., Alimbetova Z., Breckle, S. W. (2012). Nature Conservation in the Aral Sea Region: Barsakelmes as an Example. In: Breckle, SW., Wucherer, W., Dimeyeva, L., Ogar, N. (eds) *Aralkum – A Man-Made Desert. Ecological Studies*, vol 218. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21117-1_14
8. Dimeyeva L., Vesselova P. (2014) Identification of Important Plant Areas in Kazakhstan. Conference Proceedings ‘‘Plants for people, People for Plants’’ 7TH PLANTA EUROPA CONFERENCE. Kolympari, Crete, Greece. Orthodox Academy of Crete (OAC), pp 52-57.
9. Dimeyeva L.A., Alimbetova Z.Zh. (2006) Flora zapovednika «Barsakel'mes» [Flora of the Barsakelmes Nature Reserve]. Trudy III Mezhdunarodnoj botanicheskoy konferencii, posvjashhennoj pamjati vydajushhihsja botanikov Kazahstana, pp. 46-48 (in Russian).
10. Dimeyeva L.A., Alimbetova Z.Zh. (2007) Analiz flory zapovednika «Barsakel'mes» [Analysis of the flora of the Barsakelmes reserve]. Issue 2, pp. 10-34 (in Russian).
11. Dimeyeva L.A., Salmukhanbetova Zh.K., Sultanova B.M., Usen K. (2021) Floristicheskie issledovanija v Severnom Priaral'e. [Floristic research in the Northern Aral Sea region], Problems of botany in Southern Siberia and Mongolia. Special issue «Kamelinskie chtenija». Vol. 20, No 2, pp. 90-102. DOI: 10.14258/pbssm.2021126 (in Russian).
12. Dimeyeva L.A., Sultanova B.M., Berezovikov N.N., Esenbekova P.A., Krupa E.G., Ermahanov Z., Alimbetova Z.Zh., Malakhov D.V. (2012) Bioraznoobrazie vodno-bolotnyh ugodij avandel'ty reki Syrdar'ja [Biodiversity of wetlands in the delta front of the Syrdarya River] (in Russian).
13. Flora Kazahstana [Flora of Kazakhstan] (1956-1966). Vol. 1-9. Alma-Ata: Nauka (in Russian).
14. Gingerich E.F.R. (2020) Leadership in the Sixth Mass Extinction. *J. Values-Based. Leaders*, vol. 13, issue 1, article 16. <https://doi.org/10.22543/0733.131.1308>
15. IPBES (2019) Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Diaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. doi:10.5281/zenodo.3831673.
16. Korovin E.P. (1961) Rastitel'nost' Srednej Azii i Juzhnogo Kazahstana [Vegetation of Central Asia and Southern Kazakhstan]. Vol. 1. Tashkent: Publishing House of the Academy of Sciences of the UzSSR (in Russian).
17. Krasnaja kniga Respubliki Kalmykija [Red Book of the Republic of Kalmykia] (2014). Vol. 2: Rare and endangered plants and fungi (in Russian).
18. Kurochkina L.Ya. (1978) Psammofitnaja rastitel'nost' Kazahstana [Psammophytic vegetation of Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka (in Russian).
19. Kurochkina L.Ya. (2013) K voprosu o vidovom fitocenoticheskom raznoobrazii roda Calligonum L. [On the issue of species phytocenotic diversity of the genus Calligonum L.], *Botanicheskie issledovanija Sibiri i Kazahstana*, vol. 19. Kemerovo: Irbis, pp. 29-44 (in Russian).
20. Kuznecov L.A. (1995) Flora ostrova Barsakel'mes [Flora of the island of Barsakelmes]. *Biologicheskie i prirodovedcheskie problemy Aral'skogo morja i Priaral'ja*. Tr. ZIN, pp. 106-128 (in Russian).
21. Lavrenko E.M. (1962) Osnovnye cherty botanicheskoy geografii pustyn' Evrazii i Severnoj Afriki [Main features of the botanical geography of the deserts of Eurasia and North Africa]. Moscow-Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences (in Russian).
22. Lian X., Chen A., Huntingford C., Fu B., Li L.Z.X., Huang J., Sheffield J., Berg A.M., Keenam T.F., McVicar T.R., Wada Y., Wang X., Wang T., Yang Y., Roderick M.L. (2021) Multifaceted characteristics of dryland aridity changes in a warming world. *Nat. Rev. Earth. Environ.*, vol. 2, pp. 232-250.
23. Maestre F.T., Benito B.M., Berdugo M., Concostrina-Zubiri L., Delgado-Baquerizo M., Eldrige D.J., Guirado E., Gross N., Kefi S., Bagousse-Pinguet Y., Ochoa-Hueso R., Soliveres S. (2021) Biogeography of global drylands. *New Phytol.*, vol. 231, pp. 540-558.
24. McNeely J.A. (2003) Biodiversity in arid regions: values and perceptions. *J. Arid Environ.*, vol. 54, pp. 61-70.
25. Meshherjakova N.O., Laktionov A.P., Nurmuhambetova D.Je., Pilipenko V.N. (2014) Bioraznoobrazie sosudistyh rastenij vodoemov i vodotokov Astrahanskoj oblasti [Biodiversity of vascular plants of reservoirs and watercourses of the Astrakhan region]. *Problemy aridnyh regionov na zapovednyh territorijah*. Materials of the conference dedicated to the 30th anniversary of the Ustyurt Nature Reserve, Zhanaozen, pp. 3-22 (in Russian).
26. Nechaeva N.T., Vasilevskaja V.K., Antonova K.G. (1973) Zhiznennye formy rastenij pustyni Karakum [Life forms of plants of the Karakum desert]. Moscow (in Russian).
27. Ospanov M.O., Stamkulova K.Zh. (2014) Monitoring Ramsarskih ugodij del'ty reki Syrdar'ja [Monitoring of Ramsar sites of the Syrdarya River delta] / Team of authors: Dimeeva L.A., Sultanova B.M., Berezovikov N.N., Esenbekova P.A., Krupa E.G., Ermahanov Z., Alimbetova Z.Zh., Malahov D.V. Almaty (in Russian).
28. Ospanov M.O., Stamkulova K.Zh. (eds) (2012). *Bioraznoobrazie vodno-bolotnyh ugodij avandel'ty reki Syrdar'ja* [Biodiversity of the Avandelta wetlands of the Syrdarya River]. Almaty (in Russian).
29. POWO (2024). Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Electronic resource. Regime of access: <http://www.plantsoftheworldonline.org/> (accessed 27 June 2024)
30. Krasnaya kniga Kazahstana [Red Book of Kazakhstan] (2014). Vol. 2: Plants.
31. Redkie i ischezajushhie vidy rastenij Kyzylordinskoj oblasti (Krasnaja kniga) [Rare and endangered plant species of the Kyzylorda region (Red Book)] (2014).
32. Rodin L.E. (1963) Rastitel'nost' pustyn' Zapadnoj Turkmenii [Desert vegetation of Western Turkmenistan]. Moscow-Leningrad (in Russian).

33. Serebryakov I.G. (1962) *Jekologicheskaja morfologija rastenij* [Ecological plant morphology]. Moscow.

34. Yuanming Zhang, Akash Tariq, Alice C. Hughes, Deyuan Hong, Fuwen Wei, Hang Sun, Jordi Sardans, Josep Peñuelas, Gad Perry, Jianfang Qiao, Alishir Kurban, Xiaoxia Jia, Domitilla Raimondo, Borong Pan, Weikang Yang, Daoyuan Zhang, Wenjun Li, Zeeshan Ahmed, Carl Beierkuhnlein, Georgy Lazkov, Kristina Toderich, Shirin Karryeva, Davron Dehkonov, Hikmat Hisoriev, Liliya Dimeyeva, Dmitry Milko, Ahmedou Soule, Malgozhata Suska-Malawska, Jumamurat Saparmuradov, Alilov Bekzod, Paul Allin, Sidy Dieye, Birane Cisse, Wondmagegne Whibesilassie, Keping Ma. (2023) Challenges and solutions to biodiversity conservation in arid lands. *Science of The Total Environment*, vol. 857, part 3, 159695, – 12 p. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159695>

Information about authors:

Salmukhanbetova Zhuldyz Kanatkyzy (corresponding author) – PhD-student, Department of Biodiversity and Bioresources, Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University; Junior Researcher of the Laboratory of Geobotany of the Institute of Botany and Phytointroduction (Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhuldyz.kanatkyzy@mail.ru).

Dimeyeva Liliya Aminovna – Doctor of biological science, Head of the Geobotany Laboratory, Institute of Botany and Phytointroduction (Almaty, Kazakhstan; e-mail: l.dimeyeva@mail.ru).

Alimbetova Zauresh Zhansultanovana – Deputy Chairman of the Association of Environmental Organizations of Kazakhstan (Astana, Kazakhstan, e-mail: zauresh.a66@mail.ru).

Информация об авторах:

Салмуханбетова Жулдыз Канаткызы (корреспондентный автор) – PhD студент первого курса кафедры Биоразнообразия и биоресурсов, факультет Биологии и биотехнологии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби; младший научный сотрудник лаборатории геоботаники института Ботаники и фитоинтродукции (Алматы, Казахстан, e-mail: zhuldyz.kanatkyzy@mail.ru).

Димеева Лилия Аминовна – доктор биологических наук, заведующая лабораторией геоботаники института Ботаники и фитоинтродукции (Алматы, Казахстан, e-mail: l.dimeyeva@mail.ru).

Алимбетова Зауреш Жансултановна – заместитель председателя Ассоциации экологических организаций Казахстана (Астана, Казахстан, e-mail: zauresh.a66@mail.ru).

Поступила 11 июля 2024 года

Принята 20 ноября 2024 года

2-бөлім
МИКРОБИОЛОГИЯ

Section 2
MICROBIOLOGY

Раздел 2
МИКРОБИОЛОГИЯ

А.Т. Заркыманова^{1*}, П.Д. Утепов², Т.К. Ерубайев¹,
С.В. Казаков¹, Н.С. Нышанов³, М.В. Кулемин⁴,
А.А. Скабылов⁵

¹Национальный научный центр особо опасных инфекций им. М. Айкимбаева, г. Алматы, Казахстан

²Южно-Казахстанская медицинская академия, г. Шымкент, Казахстан

³Департамент санитарно-эпидемиологического контроля
Туркестанской области, г. Туркестан, Казахстан

⁴Филиал «Шымкентская противочумная станция», г. Шымкент, Казахстан

⁵Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: skabylov212@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ЭНДЕМИЧНЫХ ПО КОНГО-КРЫМСКОЙ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКЕ ТЕРРИТОРИЯХ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ШЫМКЕНТСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

В Республике Казахстан принят и введен в действие Закон РК № 122-VII от 21 мая 2022 года «О биологической безопасности Республики Казахстан», регламентирующий и определяющий на государственном уровне основные принципы и меры профилактических мероприятий по защите населения от вероятных биологических угроз, оценки и прогнозирования биологических рисков в стране. В современных условиях глобальных реальных эпидемических (COVID-19) биологических угроз, как никогда ранее, остро встала необходимость разработки стандартных методик проведения оценки, моделирования и прогнозирования биологических рисков, необходимых для организации и проведения превентивных мер по биологической защите людей, проживающих на территориях, неблагополучных по природно-очаговым инфекциям.

В настоящей публикации анонсированы результаты исследовательской работы по разработке концепции (рабочей гипотезы) математической модели для оценки биологических рисков и прогнозирования активности эндемичных природных очагов Крымско-Конго геморрагической лихорадки (ККГЛ) по отдельным административным районам Туркестанской области.

Предполагается, что разработанная модель математического моделирования пройдет статистическую проверку достоверности и корректировку на основе показателей заболеваемости населения и зараженности клещей вирусом ККГЛ, полученных по итогам эпидемического сезона в августе-сентябре 2023 года на эндемичных территориях Жамбылской, Кызылординской и Туркестанской областей.

Ключевые слова: Биологическая безопасность, биологические риски, Конго-Крымская геморрагическая лихорадка, природные очаги особо опасных инфекций, эндемичные территории, заболеваемость, зараженность клещей вирусами, математическое моделирование.

A.T. Zarkymanova^{1*}, P.D. Utepov², T.K. Yerubayev¹, S.V. Kazakov¹,
N.S. Nyshanov³, M.V. Kulemin⁴, A.A. Skabylov⁵

¹Masgut Aikimbayev's National Scientific Center for Especially Dangerous Infections, Almaty, Kazakhstan

²South Kazakhstan Medical Academy, Shymkent, Kazakhstan

³Department of Sanitary and Epidemiological Control of Turkestan Region, Turkestan, Kazakhstan

⁴"Shymkent anti-plague station" branch, Shymkent, Kazakhstan

⁵Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: skabylov212@gmail.com

Biological risk modeling and assessment in territories endemic to Crimean-Congo hemorrhagic fever in Turkestan Region and Shymkent urban agglomeration

The Republic of Kazakhstan has adopted and put into effect the Law of the RK No. 122-VII dated May 21, 2022 "On Biological Safety of the Republic of Kazakhstan", regulating and defining at the state level the basic principles and preventive measures to protect the population from possible biological threats, assessment and prediction of biological risks in the country. In modern conditions of global real

epidemic (COVID-19) biological threats, as never before, there is an urgent need to develop standard methods for assessing, modeling and forecasting biological risks necessary for the organization and implementation of preventive measures for the biological protection of people living in areas unfavorable for natural focal infections.

This publication announced the results of research work on the development of a concept (working hypothesis) of a mathematical model for assessing biological risks and predicting the activity of endemic natural foci of the CCHF in certain administrative regions of the Turkestan region.

It is assumed that the developed model of mathematical modeling will undergo statistical validation and adjustment based on the incidence rates of the population and the infection of ticks with the CCHF virus, obtained following the results of the epidemic season in August-September 2023 in the endemic territories of Zhambyl, Kyzylorda and Turkestan regions.

Key words: Biological safety, biological risks, Crimean-Congo Hemorrhagic Fever, natural foci of especially dangerous infections, endemic territories, morbidity, infection of ticks with viruses, mathematical modeling.

А.Т. Заркыманова¹, П.Д. Утепов², Т.К. Ерубаетов¹, С.В. Казаков^{1*},
Н.С. Нышанов³, М.В. Кулемин⁴, А.А. Скабылов⁵

¹М. Айкымбаев атындағы аса қауіпті инфекциялар ұлттық ғылыми орталығы, Алматы қ., Қазақстан

²Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы, Шымкент қ., Қазақстан

³Түркістан облысының санитарлық-эпидемиологиялық бақылау департаменті, Түркістан қ., Қазақстан

⁴«Шымкент обаға қарсы күрес станциясы» филиалы, Шымкент қ., Қазақстан

⁵Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: skabylov212@gmail.com

Түркістан облысы мен Шымкент қалалық агломерациясындағы Қырым-Конго геморрагиялық қызба бойынша эндемиялық аумақтардың биологиялық тәуекелдерін модельдеу және бағалау

Қазақстан Республикасында халықты ықтимал биологиялық қатерлерден қорғау, елдегі биологиялық тәуекелдерді бағалау және болжау жөніндегі профилактикалық іс-шаралардың негізгі қағидаттары мен шараларын мемлекеттік деңгейде регламенттейтін және айқындайтын «Қазақстан Республикасының биологиялық қауіпсіздігі туралы» 2022 жылғы 21 мамырдағы № 122-VII ҚРЗ қабылданды және қолданысқа енгізілді. Жаһандық нақты эпидемиялық (COVID-19) биологиялық қауіп-қатерлердің қазіргі жағдайында бұрын болмағандай, табиғи-ошақ инфекциялары бойынша қолайсыз аумақтарда тұратын адамдарды биологиялық қорғау жөніндегі алдын алу шараларын ұйымдастыру және жүргізу үшін қажетті биологиялық тәуекелдерді бағалау, модельдеу және болжау жүргізудің стандартты әдістемелерін әзірлеу қажеттілігі өткір тұрды.

Осы жарияланымда Түркістан облысының жекелеген әкімшілік аудандары бойынша биологиялық тәуекелдерді бағалау және эндемиялық табиғи ошақтардың белсенділігін болжау үшін математикалық модельдің тұжырымдамасын (жұмыс гипотезасын) әзірлеу бойынша зерттеу жұмысының нәтижелері жарияланды.

Әзірленген математикалық модельдеу моделі Жамбыл, Қызылорда және Түркістан облыстарының эндемиялық аумақтарында 2023 жылдың тамыз-қыркүйек айларында эпидемиялық маусымның қорытындысы бойынша алынған халықтың аурушаңдық көрсеткіштері мен кенелердің ҚКГҚ вирусін жұқтыру негізінде статистикалық тексеруден және түзетуден өтеді деп болжануда.

Түйін сөздер: Биологиялық қауіпсіздік, биологиялық тәуекелдер, Қырым-Конго геморрагиялық қызбасы, аса қауіпті инфекциялардың табиғи ошақтары, эндемиялық аумақтар, сырқаттану, кенелердің вирустармен залалдануы, математикалық модельдеу.

Введение

Согласно Закона ЗРК № 122-VII «О биологической безопасности Республики Казахстан», биологический риск определяется как вероятность причинения вреда здоровью людей, животных и растениям патогенными биологическими агентами. Эти агенты могут циркулировать в природных биоценозах, эндемичных очагах особо опасных инфекций, таких как чума, туля-

ремия, Крымская–Конго геморрагическая лихорадка, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, а также сибирская язва. Эти инфекции представляют значительный риск для национального и международного общественного здравоохранения [1].

Процедуры оценки и прогнозирования биологических рисков в лабораториях Республики Казахстан, которые работают с микроорганизмами I-IV групп патогенности, хорошо разра-

ботаны и внедрены на практике. Они регламентированы соответствующими нормативными документами, которые определяют ключевые алгоритмы внутренней и внешней оценки биологических рисков [2,3].

Несмотря на это, остаётся недостаточно современных методических материалов, направленных на создание математических моделей для оценки и прогнозирования биологических рисков в сложных биоценозах.

Исследования в этой области охватывают широкий спектр данных, включая характеристики природных очагов инфекций, статистику заболеваемости и особенности экологических систем [4,5,6]. Однако существующие публикации, такие как справочники по природным очагам особо опасных инфекций, требуют значительной актуализации, поскольку они создавались до введения новых законодательных норм и использования современных технологий [7,8,9].

В условиях глобальных биологических угроз, включая реальные эпидемии и потенциальные опасности, такие как чума или вирусные геморрагические лихорадки, крайне важна разработка унифицированных стандартов для оценки и моделирования биологических рисков. Эти стандарты позволят своевременно реализовывать превентивные меры для защиты населения, особенно в регионах, неблагоприятных по природным очаговым инфекциям [10,11].

Современные технологии, такие как использование искусственного интеллекта, больших данных и алгоритмов машинного обучения, открывают возможности для точного прогнозирования и управления биологическими рисками. Цифровизация процессов и автоматизация анализа данных позволяют создавать универсальные инструменты для использования эпидемиологами в различных административных территориях [12,13].

Представленная в данной публикации концептуальная модель направлена на индикативную оценку биологических рисков. Она базируется на доступных статистических показателях, которые отражают активность природных процессов в эндемичных территориях. Такие модели позволяют эпидемиологам без научного опыта прогнозировать биологические угрозы, предоставлять краткосрочные прогнозы для эпидемических сезонов, а также обосновывать меры превентивной защиты для органов государственной власти [14,15].

Таким образом, публикация логически продолжает научно-практические работы, проводи-

мые в Казахстане. В ней предложена концепция универсальной модели для эпидемиологического мониторинга и управления биологической безопасностью, которая учитывает современные реалии и глобальные вызовы.

Материалы и методы исследования

В данном исследовании использованы методы ретроспективного эпидемиологического анализа многолетних данных, расчет средних данных, доверительных интервалов, кластерный анализ и картографирование.

Результаты исследования и их обсуждение

Конго-Крымская геморрагическая лихорадка в Казахстане. В начале XXI века значительно расширился спектр реальных и потенциальных угроз здоровью и жизни человека, связанных с воздействием опасных агентов биологической природы. Прежде всего, это естественные угрозы, которые существовали и будут существовать всегда, – инфекционные агенты. Инфекционные заболевания – одна из самых серьезных угроз современному обществу, несмотря на очевидные успехи человечества в борьбе с ними. Для Казахстана данный вопрос особенно актуален, поскольку обширная территория страны дает возможность существовать на ней природным очагам опасных инфекций, к числу которых относится Конго-Крымская геморрагическая лихорадка.

Объем и направленность профилактических мероприятий определяются характером эпизоотических и эпидемических проявлений, результатами эпизоотологического мониторинга, а также прогнозами эпизоотологической и эпидемиологической обстановки по Крымской – Конго геморрагической лихорадке на конкретной административной территории. На основании полученных данных необходимо осуществлять планирование профилактических и противоэпидемических мероприятий.

В Казахстане геморрагическая лихорадка известна под названием “кокала” и регистрируется с 1948 г. (впервые выявлена на территории Туркестанской – ранее Южно - Казахстанской области). В Кызылординской области ККГЛ регистрируется с 1964 г., в Жамбылской области с 1974 г. Эндемичная по ККГЛ территория занимает южную часть равнинного Казахстана [16,17].

В последнее десятилетие в результате опустынивания больших территорий Жамбылской,

Туркестанской, Кызылординской областей произошло резкое увеличение площадей природных очагов Крымской- Конго геморрагической лихорадки и их активизация.

Возбудителем ККГЛ является РНК-содержащий вирус, из семейства Bunyaviridae, рода Nairovirus, относящийся ко II группе патогенности. Основным резервуаром и переносчиком вируса ККГЛ в природных очагах Казахстана является треххозяинный иксодовый клещ *Hyalomma a. asiaticum*, активно паразитирующий во взрослой стадии на сельскохозяйственных животных, в личиночной и нимфальной - на больших песчанках и других грызунах. По данным литературы заклещеванность сельскохозяйственных животных в очаге достигает 100 %.

Заболевание ККГЛ характеризуется в основном весенне-летней сезонностью (с середины апреля до августа). Пики высокой численности имагинальной популяции *Hyalomma a. asiaticum* строго совпадают с пиками заболеваемости ККГЛ. К путям передачи инфекции в Казахстане следует отнести трансмиссивный - при укусе зараженных клещей (73,1%); раздавливание клещей руками при снятии с животных или с человека или при стрижке овец (26,8%); контактный - при контакте с вирусосодержащим материалом (кровь и кровянистые выделения больного (0,1%).

Климат Туркестанской области. Климат области характеризуется ярко выраженной континентальностью, сухостью и обилием тепла. Высокая континентальность проявляется в резких температурных контрастах дня и ночи, зимы и лета. Продолжительность теплого периода со средней суточной температурой воздуха выше 0° С колеблется от 250 в северной части обла-

сти до 320 в южной. Лето повсеместно в области жаркое, длинное и исключительно сухое. Средняя температура самого жаркого месяца – июля – колеблется в пределах 20-30° С. Засушливость – одна из основных отличительных черт климата области. Годовое количество осадков в равнинной части области составляет 150-250 мм, в предгорьях оно увеличивается до 400-600 мм и более, в горных районах (на высоте более 1000 м над уровнем моря) – до 750 мм и более. Лето очень сухое [18,19].

Природные климатические условия области, создают благоприятную среду для постоянного существования замкнутого природного биогеоценоза, оптимального для жизненного цикла клещей – хранителей и переносчиков вируса ККГЛ, а также высокой концентрации сельскохозяйственных животных, являющихся основными прокормителями иксодовых клещей на этой территории.

Население. В последние годы Туркестанская область в части административно- территориального деления претерпела существенные изменения, которые необходимо учитывать при расчете интенсивных показателей используемых при оценке биологических рисков ККГЛ на отдельных административных территориях.

В соответствии с указом президента Республики Казахстан Южно-Казахстанская область была переименована в Туркестанскую, а её административный центр перенесён из Шымкента в Туркестан. Шымкент получил статус города республиканского значения, став отдельной административно-территориальной единицей, равной области. В состав Туркестанской области включены 13 районов и 3 города областного подчинения (таблица 1) [20,21].

Таблица 1 – Плотность населения Туркестанской области на 1 кв. км.

№	Наименование	Население	Площадь кв.км.	Плотность на кв.км.
Туркестанская		1 992 845	116095,0	17,2
1	Арысь городской акимат	74 656	7654,0	9,8
2	Жетисайский район	171 150	1046,0	163,6
3	Казыгуртский район	106 479	4031,0	26,4
4	Келесский район	142 081	3451,0	41,2
5	Кентау городской акимат	104 796	7745,0	13,5
6	Мактааральский район	132 538	808,0	164,0
7	Ордабасынский район	119 541	2594,0	46,1
8	Отрарский район	54 050	16758,0	3,2

Продолжение таблицы

№	Наименование	Население	Площадь кв.км.	Плотность на кв.км.
9	район Байдибека	54 033	7233,0	7,5
10	район Сауран	100 000	6500,0	15,4
11	Сайрамский район	210 782	1148,0	183,6
12	Сарыагашский район	187 088	4171,0	44,9
13	Сузакский район	61 679	41049,0	1,5
14	Толебийский район	118 224	3064,0	38,6
15	Туркестан городской акимат	165 743	196,0	845,6
16	Тюлькубасский район	111 701	2275,0	49,1
17	Шардаринский район	78 304	12872,0	6,1

При расчёте плотности населения районов Туркестанской области для моделирования биологических рисков ККГЛ учитывается, что г. Туркестан отличается высокой (городской) плотностью населения, а его территория рассчитана на значительное увеличение численности жителей в будущем. Это было учтено при определении индикативных показателей ККГЛ.

В рамках моделирования биологических рисков население г. Туркестан исключено из общей суммы, поскольку по текущему административно-территориальному делению этот город окружён территорией сельских округов Сауранского района. Ранее зарегистрированная заболеваемость в этой зоне теперь относится к районной статистике.

Природный очаг ККГЛ Туркестанской области. ПО ККГЛ расположен в трех ландшафтно – географических районах: предгорно-степной с холмистым рельефом (Сарыагашский и Келесский районы), равнинно – пойменным с преобладанием рек, каналов (Келесский и Махтааральский районы) и полупустынный (Шардаринский, Сузакский и Кызылкумский районы). Основным переносчиком ККГЛ на этой территории являются иксодовые клещи *Hyalomma anatolicum anatolicum* и *Hyalomma detrium*, существенную роль в заражении населения играют иксодовые клещи *Voophilus calcaratus*, паразитирующие преимущественно на сельскохозяйственных животных [22,23].

Заболеваемость среди населения характеризуется выраженной сезонностью с началом в мае и окончанием в августе. Заболевания в зимние месяцы крайне редки, зарегистрировано только 2 случая в январе 1961 года, связанные с резким потеплением. До 70 % заболевших ККГЛ – жители сельской местности, чабаны, работники мясо – молочных ферм, владельцы частно-

го скота. Зарегистрирован случай заболевания работницы мясокомбината, снимавшей шкуры с туш забитых животных. Высок удельный вес (до 30 %) лиц, заразившихся контактным путем от больных. Летальность от ККГЛ составляет в среднем 21,7 %. Заболеваемость ККГЛ среди населения носит спорадический характер, распространена территориально, крупных очагов с групповыми заболеваниями людей, проявлений эпидемического характера не зарегистрировано. Первые случаи заболеваний ККГЛ среди населения были выявлены в 1948 году в Келесском и Махтааральском районах Южно-Казахстанской области. В последующие годы на этой территории зарегистрированы, как отдельные случаи заболеваний, так и эпидемические вспышки на территории 12 районов и в г. Шымкенте.

Всего с момента выявления природного очага на территории Туркестанской (ранее Южно-Казахстанской) области и г. Шымкент зарегистрировано более 360 случаев заболевания ККГЛ.

В последние годы заболеваемость ККГЛ в Туркестанской области в показателях на 100 тысяч населения существенно превышает средне-республиканский уровень (рисунок 1) [24].

Прямые и косвенные статистические показатели, характеризующие активность природного очага ККГЛ (ПО ККГЛ) Туркестанской области. Практическим эпидемиологам, не имеющим специального научного образования, в настоящее время доступны ежемесячные и ежегодные статистические показатели, прямо или косвенно характеризующие активность природных очаговых процессов на эндемичных территориях ПО ККГЛ. Для индикативной оценки активности природного очага (ПО) ККГЛ Туркестанской области могут быть использованы нижеследующие показатели.

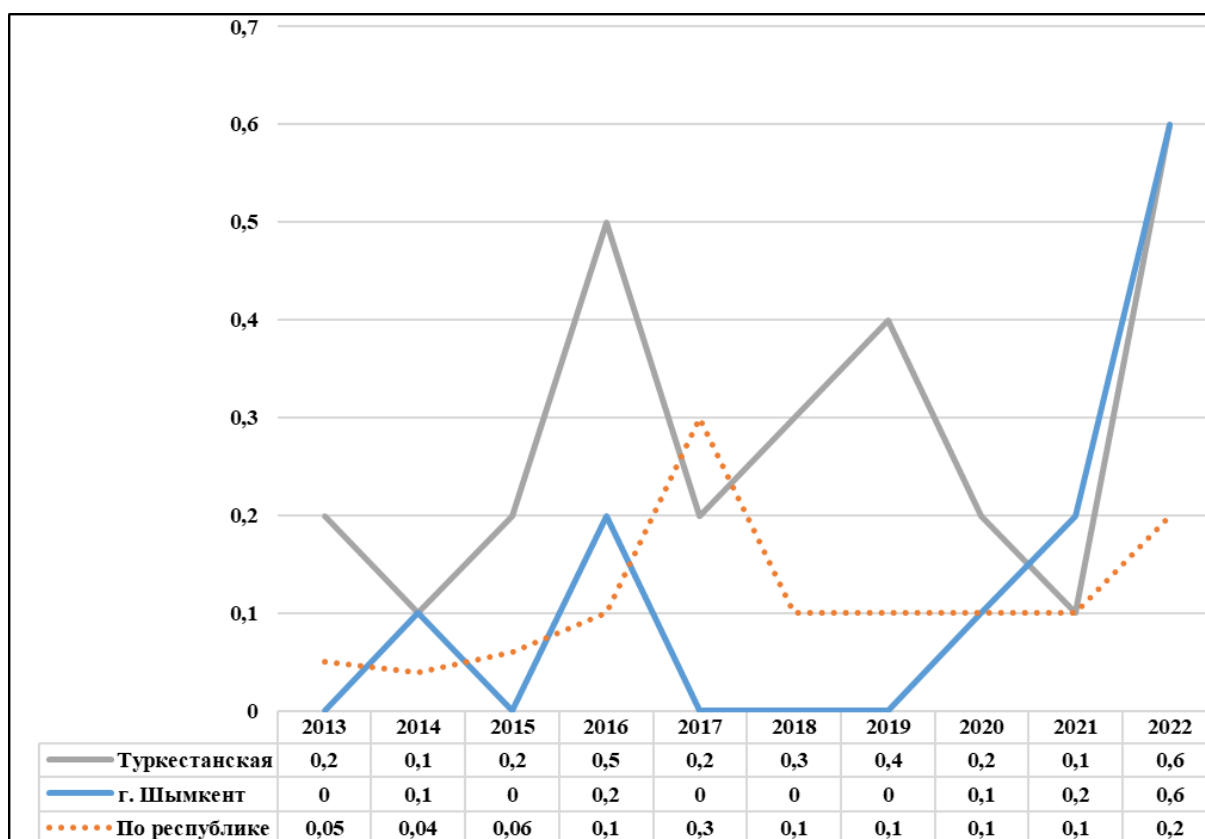


Рисунок 1 – Динамика показателей заболеваемости ККГЛ на 100 тысяч населения в Туркестанской области и г. Шымкент.

1) Первым доступным для эпидемиологов прямым показателем, характеризующим активность ПО ККГЛ является вирусофорность (инфицированность клещей вирусом ККГЛ), выраженная в процентах к числу исследованных проб (пулов). Показатель инфицированности клещей – является, по нашему мнению, основным прямым и наиболее объективным показателем, характеризующим степень биологического риска заражения человека на конкретной исследованной (изученной) эндемичной территории. Данный показатель доступен, статистически достоверен, используется в ежемесячном мониторинге эпизоотологической и эпидемической ситуации за Конго-Крымской геморрагической лихорадкой в Республике Казахстан, введенном в действие Постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Казахстан в 2005 году и действующем в настоящее время. Мониторинг является обязательным для статистического учета и представляется в настоящее время в территориальные департаменты санитарно-эпидемиологического контроля сезонными зоологическими бригадами от реги-

ональных филиалов Национального центра экспертизы МЗ РК и филиалов Национального научного центра особо опасных инфекций им. М. Айкимбаева МЗ РК, работающих на эндемичной по ККГЛ территории регионов [25,26].

Прочие зоологические показатели: индексы обилия (количество клещей, обнаруженных на 1 особь осмотренных животных и учет клещей в природе методом флаго-часа) могут использоваться как вспомогательные признаки активности ПО.

Оценка численности клещей по индексам обилия – является косвенным показателем и проводится в основном в целях контроля полноты и качества проводимых противоклещевых мероприятий среди сельскохозяйственных животных и формирования защитных противоклещевых полос вокруг населенных пунктов и в период начала эпидемического сезона – статистически не достоверны, так, как, составляют практически повсеместно от 95,0 до 100 %.

2) Вторым показателем доступным эпидемиологам является заболеваемость населения ККГЛ по административным территориям Ре-

спублики Казахстан. Учет заболеваемости ККГЛ (код по МКБ 10 – A98.0 Крымская геморрагическая лихорадка (вызванная вирусом Конго) ведется ежемесячно согласно статистической форме Приложения 1 Приказа МЗ РК № 313/202 от 22 декабря 2020 года [27].

Этот показатель является косвенным, так, как заболевший ККГЛ человек является чаще всего случайным (сезонным) прокормителем клещей, которые в основном паразитируют на мелких мышевидных грызунах и сельскохозяйственных животных. В то же время этот показатель также может характеризовать уровень риска заболевания людей на конкретной эндемичной административной территории.

3) Третий показатель – это число зарегистрированных случаев обращений пострадавших от укусов клещей за медицинской помощью – более полно отражает интенсивность сезонного эпизоотического процесса ККГЛ. Этот показатель также является косвенным, так, как необходимо учитывать, что значительная часть граждан, пострадавших от укусов клещей в медицинские учреждения не обращаются.

4) Четвертым показателем, характерным для конкретной эндемичной по ККГЛ территории является показатель плотности населения, так, как, при высокой плотности населения на 1 кв. км. территории – повышается степень и увеличиваются риски контакта с инфицированными вирусом ККГЛ клещами. Этот показатель, по мнению авторов, является прямым и непосредственно влияет на степень (уровень) биологической опасности административной территории.

Предполагается, что комплексная оценка этих прямых и косвенных показателей, характеризующих активность природного очага ККГЛ позволит создать рабочую гипотезу – математическую модель, провести оценки биологических рисков, кластеризацию и классификацию эндемичных территорий.

Комплексная оценка показателей активности природного очага ККГЛ Туркестанской области. Для индикативной оценки биологических рисков на административной территории, эндемичных по ККГЛ районов Туркестанской области были использованы:

Показатели вирусофорности клещей:

- среднее количество положительных на ККГЛ лабораторных проб;
- удельный вес положительных на ККГЛ лабораторных проб (пулов) в процентах к общему числу исследованных пулов клещей;

2) Заболеваемость людей ККГЛ по районам Туркестанской области;

3) Показатель плотности населения, проживающего на эндемичных по ККГЛ территориях на 1 кв. км. площади.

Показатель обращаемости лиц, пострадавших от укусов клещей за медицинской помощью по конкретным районам с учетом нового административного деления Туркестанской области (в 2018 г.) – не использован из-за отсутствия корректных данных по регионам.

В ходе анализа было учтено, что данный показатель по Туркестанской области остаётся относительно невысоким, составляя в среднем 128,7 чел. на 100 тыс. населения, что ниже среднереспубликанского уровня, равного 207,1.

Результаты, полученные по представленному комплексу показателей с кластерным анализом по степени риска агрегированы, сведены в общую таблицу и вынесены на карту биологических рисков административных территорий Туркестанской области (рисунок 2).

При оценке и формировании карты биологических рисков были сделаны следующие исключения, дополнения и корректировки:

Сауранский район выделен красным цветом и позиционируется, как регион высокого биологического риска. Это связано с его относительно недавним созданием, что логично отнести к этому району, все ранее зарегистрированные заболевания людей и результаты исследований клещей, проведенные в окрестностях г. Туркестан и г. Кентау. Степень риска также была завышена в связи с массовым числом паломников и иностранных туристов, выезжающих в район и посещающих мусульманские святыни: г. Туркестан и городище Сауран.

Степень риска г. Шымкент также повышена до жёлтого, среднего уровня из-за активного формирования и развития единой инфраструктуры, включающей город и прилегающие районы. Интенсивное строительство городов-спутников, спальных районов и новых транспортных магистралей в рамках Шымкентской городской агломерации существенно влияет на ситуацию. Единая городская агломерация объединяет г. Шымкент, г. Арысь, а также Бадибекский, Казыгуртский, Ордабасинский, Сайрамский, Толубийский и Тюлькубаский районы, эндемичные по Крымской–Конго геморрагической лихорадке. Общая численность населения агломерации превышает 1,9 млн человек, а расчётная плотность населения составляет более 66 чел. на 1 кв. км.

Таблица 2 – Сводные данные статистических показателей плотности населения и заболеваемости по административным территориям Туркестанской области, эндемичным по Конго-Крымской геморрагической лихорадке

Регионы	Кластеры плотности населения			Кластеры по уровню заболеваемости людей		
	1 кластер высокий риск (от 123,5 до 185,1)	2 кластер средний риск (от 61,8 до 123,4)	3 кластер низкий риск (от 1,5 до 61,7)	1 кластер высокий риск (от 7 до 9)	2 кластер средний риск (от 4 до 6)	3 кластер низкий риск (от 1 до 3)
Арысь городской акимат			(+)			(+)
Жетисайский район	(+)					(+)
Казыгуртский район			(+)	(+)		
Келесский район			(+)		(+)	
Кентау городской акимат					(+)	
Мактааральский район	(+)				(+)	
Ордабасынский район			(+)	(+)		
Отрарский район			(+)	(+)		
район Байдибека			(+)			(+)
район Сауран			(+)			(+)
Сайрамский район	(+)					(+)
Сарыагашский район			(+)	(+)		
Сузакский район			(+)			(+)
Толедбийский район			(+)			(+)
Тюлькубасский район			(+)			(+)
Шардаринский район			(+)		(+)	(+)

Таблица 3 – Сводные данные статистических показателей инфицированности клещей вирусом Конго-Крымской геморрагической лихорадки по эндемичным административным территориям Туркестанской области

Регионы	Кластеры количества положительных на ККГЛ лабораторных проб от клещей			Кластеры по удельному весу положительных на ККГЛ проб клещей к общему числу исследованных проб		
	1 кластер высокий риск (от 73 до 109)	2 кластер средний риск (от 37 до 73)	3 кластер низкий риск (от 2 до 36)	1 кластер высокий риск (от 15,9 до 20,6)	2 кластер средний риск (от 8,0 до 15,8)	3 кластер низкий риск (от 2,8 до 7,9)
Арысь городской акимат			(+)			(+)
Жетисайский район		(+)				
Казыгуртский район			(+)			
Келесский район			(+)	(+)		
Кентау городской акимат			(+)			(+)
Мактааральский район	(+)					(+)
Ордабасынский район		(+)				
Отрарский район		(+)			(+)	
район Байдибека		(+)				(+)

Продолжение таблицы

Регионы	Кластеры количества положительных на ККГЛ лабораторных проб от клещей			Кластеры по удельному весу положительных на ККГЛ проб клещей к общему числу исследованных проб		
	1 кластер высокий риск (от 73 до 109)	2 кластер средний риск (от 37 до 73)	3 кластер низкий риск (от 2 до 36)	1 кластер высокий риск (от 15,9 до 20,6)	2 кластер средний риск (от 8,0 до 15,8)	3 кластер низкий риск (от 2,8 до 7,9)
район Сауран			(+)			(+)
Сайрамский район		(+)				(+)
Сарыагашский район		(+)				(+)
Сузакский район			(+)		(+)	
Толевийский район			(+)			(+)
Тюлькубасский район			(+)			(+)
Шардаринский район			(+)		(+)	



Рисунок 2 – Ранжирование территории Туркестанской области по уровням биологического риска Крымской Конго геморрагической лихорадки 2013 – 2022 годы

Таким образом, получены следующие выводы:

1) Комплекс представленных в публикации доступных статистических показателей: вирусофорность клещей (количество положительных на ККГЛ лабораторных проб и их удельный вес в процентах к общему числу исследованных проб от клещей); заболеваемость людей ККГЛ; обращаемость граждан, пострадавших от укусов клещей за медицинской помощью; плотность населения эндемичных территорий на 1 кв. км. площади – являются необходимыми и достаточными для индикативной оценки биологических рисков на административной территории, эндемичной по ККГЛ.

2) На основе этих показателей, содержащих статистические данные за период не менее чем за 10 лет, возможно построение математической модели оценки и прогнозирования биологических рисков на очередной эпидемический сезон и краткосрочный (2-3 года) период.

3) Для расчета биологических рисков и долгосрочного (3-5 лет) достоверного прогнозирования активности природных очагов ККГЛ, необходимы статические данные по вышеперечисленным показателям «глубиной» не менее 20 лет (для определения цикличности и периодичности биоценологических процессов) и их профессионального расчета и корреляции с природными предикторами, влияющими на жизненный цикл иксодовых клещей и их природных прокормителем: температура и влажность воздуха и почвы, количество выпавших осадков, высо-

та снежного покрова, значения которых могут быть использованы для последующего составления эпидемиологического прогноза.

Заключение

Данные исследования в настоящее время носят концептуальный и экспериментальный характер. Аналогичные работы по созданию математической модели индикативной оценки биологических рисков и возможности прогнозирования активности природных очагов ККГЛ проводятся на основе имеющейся базы доступных статистических показателей в эндемичных Жамбылской и Кызылординской областях. Аналитическая информация и индикативный прогноз, представленные в настоящей публикации – это постулат, необходимый для выработки рабочей гипотезы и создания в ближайшей перспективе электронной программы моделирования и прогнозирования биологических рисков для населения Республики Казахстан, проживающего на опасных эндемичных по ККГЛ территориях с использованием возможностей искусственного интеллекта на основе многолетних баз данных статистических показателей, характеризующих активность природного очага.

Создаваемая математическая модель будет проверена и откорректирована на основе показателей заболеваемости населения и зараженности клещей вирусом ККГЛ, полученных по итогам эпидемического сезона.

Литература

1. Закон ЗРК № 122-VII от 21 мая 2022 года «О биологической безопасности Республики Казахстан» – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z2200000122>
2. Приказ МЗ РК от 5 октября 2022 года № ҚР ДСМ-110. «Об утверждении методики управления биологическими рисками». – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200030058>
3. Ерубаяев Т.К., Казаков С.В., Ковалева Г.Г. Методическая памятка Стандарты и алгоритмы процедуры оценки биологических рисков на потенциально опасных биологических объектах // Протокол ученого совета № 8 от 28 ноября 2022 г. – URL: <https://drive.google.com/drive/folders/1AQLI7iQTI3sUkqqtjoCxmJCvd03dhYW8>
4. Айкимбаев А.М., Казаков С.В., Касымканова Л.С. Конго-Крымская геморрагическая лихорадка //– Алматы, 2010. – С. 80.
5. Т.К. Ерубаяев, С.В. Казаков, А.М. Айкимбаев А.М., З.С. Турлиев, Г.М. Сайрамбекова, У.Б. Усенов, Т.И. Нурмаханов. Исторические сведения о заболеваемости крымской геморрагической лихорадкой в странах европы, африки и азии в период 1944 – 2022 годы. // Ж. Особо опасные инфекции и биобезопасность. Алматы. – 2023. № 5. – С 38-46. – URL: <https://nscedi.kz/wp-content/uploads/2023/10/ZHumal-NNTSOOI-2023-g.-vyp.5.pdf>
6. Справочник. Паспорт регионов Казахстана по особо опасным инфекциям //Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане. – 2015. – № 1 (31). – С. 181. URL: <https://nscedi.kz/wp-content/themes/infection/materials/public/2015-2.pdf>
7. Kazakov S.V., Burdakov A.V., Zholshorinov A.Z., Ukharov A.O., Nekrasova L.E., Kobzhasa D.A. Methodology of Epidemic Risk Management and Prevention in Natural Foci of Especially Dangerous Pathogens with Open-source EIDSS in Kazakhstan //ИОНС. – 2015. – №55. URL: <https://www.researchgate.net/publication/281278472>
8. Talgat Nurmakhanov, Yerlan Sansyzbaev, Bakhyt Atshabar, Pavel Deryabin, Stanislav Kazakov, Aitmagambet Zholshorinov, Almagul Matzhanova, Alya Sadvakassova, Ratbek Saylaubekuly, Kakimzhan Kyraubaev, John Hay, Barry Atkinson, Roger

Hewson. Crimean- Congo haemorrhagic fever virus in Kazakhstan (1948-2013) // International Journal of Infectious Diseases. – 2015. – № 38. – P.19-23. doi: 10.1016/j.ijid.2015.07.007. Epub 2015 Jul 14.

9. С.В. Казаков, А.С. Есмагамбетова, Г.Н. Казакова, А.М. Айкимбаев, А.В. Бурдаков, Д.А. Кобжасаров, З.Б. Жумадилова, А.М. Куатбаева, Т.В. Мека-Меченко, Л.А. Бурделов, Л.Е. Некрасова. Общие принципы разработки и внедрения санитарно-эпидемиологических паспортов регионов для управления эпидемическими рисками в Республике Казахстан // Окружающая среда и здоровье населения. – 2015. – № 3. – P.31-36. – URL: <http://www.npc-ses.kz/ru/nauka/publikatsii.html>

10. Atkinson Barry. The Characterisation of Arboviral Zoonoses in Central Asia (PhD Thesis) // Article in Journal of General Virology. – 2018. – №9. – P.99 URL: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/jgv/10.1099/jgv.0.001125>

11. Есходжаев О. У., Нурмаханов Т. И., Вилкова А. Н. Дифференциация территории по степени риска заражения Крым-Конго геморрагической лихорадки. //Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане. – 2019. – № 1 (38). – С. 63-69. – URL:<https://nscedi.kz/wp-content/themes/infection/materials/public/2019-1.pdf>

12. Казаков С.В., Айкимбаев А.М., Есмагамбетова А.С., Казакова Г.Н., Оспанов К.С., Кыраубаев К.К., Сансызбаев Е.Б., Бурдаков А.В., Садовская В.П. Практическое использование электронной интегрированной системы по надзору за заболеваниями для перспектив прогнозирования активности природных очагов Конго-крымской геморрагической лихорадки в Казахстане // Журнал «Окружающая среда и здоровье населения». – 2013. -№ 2Д. – С.32-37. – URL: <http://npc-ses.kz/ru/nauka/publikatsii.html>

13. Esmagambetova Aizhan S., Kazakov Stanislav V., Burdakov Alexey V., Ospanov Kenes S., Kyraubaev Kakimzhan K., Sansyzbaev Erlan B., Sadovskaya Veronika P. and Ukharov Andrey O. ACCURACY OF EIDSS SOFTWARE PROGNOSIS ON CCHF NATURAL FOCI ACTIVITY IN KAZAKHSTAN // OJPHI. – 2014.-Vol.6. № 1. – URL: <https://ojphi.org/ojs/index.php/ojphi/issue/view/413>

14. A. Burdakov , T. Wahl , A. Oukharov , Z. Bekshin, S. Kazakov , U. Grigorev One Health disease surveillance with open-source EIDSS //Final Abstract Number: 53.030 Session: Infectious Disease Surveillance II Date: Friday, April 4, 2014 Time: 12:45-14:15 Room: Ballroom Strengthening national 16th ICID Abstracts / International Journal of Infectious Diseases 21S (2014) 1–460. – URL: [http://www.ijidonline.com/article/S1201-9712\(14\)01048-0/pdf](http://www.ijidonline.com/article/S1201-9712(14)01048-0/pdf)

15. Burdakov A., Wahl T., Oukharov A., Bekshin Z., Kazakov S., Grigorev U. Strengthening national One Health disease surveillance with open-source EIDSS// // 16th International Congress on Infectious Diseases (ICID), Cape Town, South Africa, April 2-5, 2014. International Journal of Infectious Diseases is published by Elsevier for the International Society for Infectious Diseases. – 2014. – №1. – P. 274. URL: [http://www.ijidonline.com/article/S1201-9712\(14\)01048-0/fulltext](http://www.ijidonline.com/article/S1201-9712(14)01048-0/fulltext) (дата обращения 29.03.23 г.).

16. Т.К. Ерубаев, С.В. Казаков, А.М. Айкимбаев А.М., З.С. Турлиев, Г.М. Сайрамбекова, У.Б. Усенов, Т.И. Нурмаханов исторические сведения о заболеваемости крымской геморрагической лихорадкой в странах европы, африки и азии в период 1944 – 2022 годы. // Ж. Особо опасные инфекции и биобезопасность. – 2023. – № 5. – С 38-46. – URL: <https://nscedi.kz/wp-content/uploads/2023/10/ZHurnal-NNTSOOI-2023-g.-vyp.5.pdf>

17. Нышанов Н.С., Кузьмина А.Р., Ахметова М.Т., Алимов Ж.Х., Орынкожа А.О. Эпидемиологический надзор над заболеваемостью ККГЛ в Туркестанском регионе Туркестанской области Республики Казахстан //Окружающая среда и здоровье населения. – 2021. – № 2. – С. -43-47. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/epidemiologicheskii-nadzor-zabolevaemosti-kkg-l-v-turkestanskom-regione-turkestanskoj-oblasti-respubliki-kazahstan-v-2006-2018-gg/viewer>

18. Wikipedia Шымкентская агломерация. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Шымкентская_агломерация

19. T Nurmakanov 1, N Tukhanova 1, Z Sayakova 2, V Sadovskaya 3, A Shevtsov 4, G Tokmurziyeva 5, N Turebekov. Outcome of the entomological monitoring for Crimean-Congo haemorrhagic fever virus in the western and southern regions of Kazakhstan in 2021-2022 // Front Epidemiol. 2024 Aug 22;4:1310071. doi: 10.3389/fepid.2024.1310071. eCollection 2024.

20. Справочник КАТО в Казахстане. – URL: <https://findh.org/2210-spravochnik-kato-v-kazahstane.html>

21. Wikipedia Туркестанская область. -URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%BA%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C

22. Paul W Blair, Jens H Kuhn, David B Pecor, Dmitry A Apanaskevich, Mark G Kortepeter, Anthony P Cardile, Aileen Polanco Ramos, Maryam Keshtkar-Jahromi. An Emerging Biothreat: Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus in Southern and Western Asia // Am J Trop Med Hyg. – 2019. – №100(1). – P. 16-23. doi: 10.4269/ajtmh.18-0553.

23. Kulyaisan T Sultankulova, Gaukhar O Shynybekova, Nurlan S Kozhabergenov, Nazym N Mukhami, Olga V Chervyakova, Yerbol D Burashev, Kunsulu D Zakarya, Aziz K Nakhanov, Kainar B Barakbayev , Mukhit B Orynbayev. The Prevalence and Genetic Variants of the CCHF Virus Circulating among Ticks in the Southern Regions of Kazakhstan.// Pathogens. – 2022. – №. 11(8). – P.841. doi: 10.3390/pathogens11080841.

24. Санитарно-эпидемиологическая ситуация в Республике Казахстан за 2022 год //Сборник материалов. г.г. Астана, Алматы: НЦОЗ, Филиал ННПЦЭЭиМ. – 2023. – С 84-100. – URL: <https://test.rk-neph.kz/storage/documents/eeddbf80e-ba9e50e87319578104183f5.pdf>

25. Постановление Главного Государственного санитарного врача Министерства здравоохранения Республики Казахстан от 11 февраля 2005 года № 3 «О проведении санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий и мониторинга эпизоотолого-эпидемической ситуации, в природных очагах Конго-Крымской геморрагической лихорадки Республики Казахстан». – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30142452&pos=3;-90#pos=3;-90

26. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 12 ноября 2021 года № ҚР ДСМ-114 «Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к организации и проведению санитарно-противоэпидемических, санитарно-профилактических мероприятий по предупреждению особо опасных инфекционных заболеваний». – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100025151>

27. Приказ МЗ РК от 22 декабря 2020 года № ҚР ДСМ-313/2020 «Об утверждении форм отчетной документации в области здравоохранения». – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021879/history>

References

1. Ajkimbaev A.M., Kazakov S.V., Kasymkanova L.S. Kongo-Krymskaja gemorragicheskaja lihoradka (2010), pp. 80.
2. Atkinson Barry. (2018) The Characterisation of Arboviral Zoonoses in Central Asia (PhD Thesis). Article in *Journal of General Virology*, vol.99(9). URL: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/jgv/10.1099/jgv.0.001125>
3. Burdakov A., Wahl T., Oukharov A., Bekshin Z., Kazakov S., Grigorev U. (2014) One Health disease surveillance with open-source EIDSS. Final Abstract Number: 53.030 Session: Infectious Disease Surveillance II Date: Friday, April 4, 2014 Time: 12:45-14:15 Room: Ballroom Strengthening national 16th ICID Abstracts. *International Journal of Infectious Diseases* 21S, vol.1, pp. 460. – URL: [http://www.ijidonline.com/article/S1201-9712\(14\)01048-0/pdf](http://www.ijidonline.com/article/S1201-9712(14)01048-0/pdf)
4. Burdakov A., Wahl T., Oukharov A., Bekshin Z., Kazakov S., Grigorev U. (2014) Strengthening national One Health disease surveillance with open-source EIDSS 16th International Congress on Infectious Diseases (ICID), Cape Town, South Africa, April 2-5, 2014. *International Journal of Infectious Diseases* is published by Elsevier for the International Society for Infectious Diseases. vol. 21, pp. 274. – URL: [http://www.ijidonline.com/article/S1201-9712\(14\)01048-0/fulltext](http://www.ijidonline.com/article/S1201-9712(14)01048-0/fulltext) (data obrashhenija 29.03.23 g.).
5. Erubaev T.K., Kazakov S.V., Ajkimbaev A.M., Turliev Z.S., Sajrambekova G.M., Usenov U.B., Nurmahanov T.I. (2023). Istoricheskie svedenija o zabolevaemosti krymskoj gemorragicheskoi lihoradkoj v stranah evropy, afriki i azii v period 1944 – 2022 gody [Historical data on the incidence of Crimean hemorrhagic fever in Europe, Africa and Asia in the period 1944–2022]. *Zh. Osobo opasnye infekcii i biobezopasnost'*, № 5. pp.38-46. – URL: <https://nscedi.kz/wp-content/uploads/2023/10/ZHurnalNNTSOOI-2023-g.-vyp.5.pdf>
6. Erubaev T.K., Kazakov S.V., Ajkimbaev A.M., Z.S. Turliev, G.M. Sajrambekova, U.B. Usenov, T.I. Nurmahanov. (2023) Istoricheskie svedenija o zabolevaemosti krymskoj gemorragicheskoi lihoradkoj v stranah evropy, afriki i azii v period 1944 – 2022 gody. [Historical data on the incidence of Crimean hemorrhagic fever in Europe, Africa and Asia in the period 1944–2022.] *Zh. Osobo opasnye infekcii i biobezopasnost'*, vol.5, pp. 38-46. URL: <https://nscedi.kz/wp-content/uploads/2023/10/ZHurnalNNTSOOI-2023-g.-vyp.5.pdf>
7. Esmagambetova Aizhan S., Kazakov Stanislav V., Burdakov Alexey V., Ospanov Kenes S., Kyraubaev Kakimzhan K., Sansyzbaev Erlan B., Sadovskaya Veronika P. and Ukharov Andrey O. (2014) Accuracy of eidss software prognosis on chcf natural foci activity in Kazakhstan. *OJPHI*, vol.6, No 1. URL: <https://ojphi.org/ojs/index.php/ojphi/issue/view/413>
8. Eshodzhaev O. U., Nurmahanov T. I., Vilkova A. N. (2019) Differenciacija territorii po stepeni riska zarazhenija Krym-Kongo gemorragicheskoi lihoradki [Differentiation of territories according to the degree of risk of infection with Crimean-Congo hemorrhagic fever]. *Karantinnye i zoonoznye infekcii v Kazahstane*, vol. 1 (38), pp. 63-69. – URL: <https://nscedi.kz/wp-content/themes/infection/materials/public/2019-1.pdf>
9. Eshodzhaev O. U., Nurmahanov T. I., Vilkova A. N. (2019) Differenciacija territorii po stepeni riska zarazhenija Krym-Kongo gemorragicheskoi lihoradki [Differentiation of territories according to the degree of risk of infection with Crimean-Congo hemorrhagic fever]. *Karantinnye i zoonoznye infekcii v Kazahstane*, vol. 1 (38), pp. 63-69. – URL: <https://nscedi.kz/wp-content/themes/infection/materials/public/2019-1.pdf>
10. Kazakov S.V., Burdakov A.V., Zholshorinov A.Z., Ukharov A.O., Nekrasova L.E., Kobzhasarov D.A., Kazakov V.S. (2015) Methodology of Epidemic Risk Management and Prevention in Natural Foci of Especially Dangerous Pathogens with Open-source EIDSS in Kazakhstan. *IOHC* 2015, vol.55. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/281278472>
11. Kazakov S.V., Esmagambetova A.S., Kazakova G.N., Ajkimbaev A.M., Burdakov A.V., Kobzhasarov D.A., Zhumadilova Z.B., Kuatbaeva A.M., Meka-Mechenko T.V., Burdelov L.A., (2015) Obshhie principy razrabotki i vnedrenija sanitarno-jepidemiologicheskikh pasportov regionov dlja upravlenija jepidemicheskimi riskami v Respublike Kazahstan [General principles of development and implementation of sanitary and epidemiological passports of regions for managing epidemic risks in the Republic of Kazakhstan]. *Okruzhajushhaja sreda i zdorov'e naselenia*, vol 3, pp.31-36. – URL: <http://www.npc-ses.kz/ru/nauka/publikatsii.html>
12. Kazakov S.V., Ajkimbaev A.M., Esmagambetova A.S., Kazakova G.N., Ospanov K.S., Kyraubaev K.K., Sansyzbaev E.B., Burdakov A.V., Sadovskaja V.P. (2013) Prakticheskoe ispol'zovanie jelektronnoj integrirovannoj sistemy po nadzoru za zabolevanijami dlja perspektiv prognozirovanija aktivnosti prirodnyh ochagov Kongo-krymskoj gemorragicheskoi lihoradki v Kazahstane [Practical use of an integrated electronic disease monitoring system for prospective prediction of the activity of natural disasters in the Crimean-Congo hemorrhagic fever region in Kazakhstan]. *Zhurnal Okruzhajushhaja sreda i zdorov'e naselenija*, vol. 2D, pp.32-37. – URL: <http://npc-ses.kz/ru/nauka/publikatsii.html>
13. Nurmakanov T., Sansyzbaev Y., Atshabar B., Deryabin P., Kazakov S., Zholshorinov A., Matzhanova A., Sadvakassova A., Saylaubekuly R., Kyraubaev K., Hay J., Atkinson B., Hewson R. (2015). Crimean-Congo haemorrhagic fever virus in Kazakhstan (1948-2013). *International Journal of Infectious Diseases*, vol.38, pp.19-23. doi: 10.1016/j.ijid.2015.07.007. Epub 2015 Jul 14.
14. Nurmakanov T., Tukhanova N., Sayakova Z., Sadovskaya V., Shevtsov A., Tokmurziyeva G., Turebekov N. (2024). Outcome of the entomological monitoring for Crimean-Congo haemorrhagic fever virus in the western and southern regions of Kazakhstan in 2021-2022. *Front Epidemiol*. doi: 10.3389/fevid.2024.1310071. eCollection 2024.
15. Nyshanov N.S., Kuz'mina A.R., Ahmetova M.T., Alimov Zh.H., Orynkozha A.O. (2021). Jepidemiologicheskij nadzor nad zabolevaemost'ju KKGL v Turkestanskom regione Turkestanskoj oblasti Respubliki Kazahstan [Epidemiological surveillance of the incidence of CCHF in the Turkestan region of the Turkestan region of the Republic of Kazakhstan]. *Okruzhajushhaja sreda*

i zdorov'e naselenija, № 2, pp.43-47. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/epidemiologicheskij-nadzor-zabolevaemosti-kkgl-v-turkestarskom-regione-turkestarskoj-oblasti-respubliki-kazahstan-v-2006-2018-gg/viewer>

16. Paul W Blair, Jens H Kuhn, David B Pecor, Dmitry A Apanaskevich, Mark G Kortepeter, Anthony P Cardile, Aileen Polanco Ramos, Maryam Keshkar-Jahromi. An Emerging Biothreat: Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus in Southern and Western Asia. *Am J Trop Med Hyg.* vol. 100(1), pp.16-23. doi: 10.4269/ajtmh.18-0553.

17. Prikaz MZ RK ot 5 oktjabrja 2022 goda № KR DSM-110. «Ob utverzhdenii metodiki upravlenija biologicheskimi riskami». –URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200030058>

18. Prikaz Ministra zdavoohranenija Respubliki Kazahstan ot 12 nojabrja 2021 goda № KR DSM-114 «Ob utverzhdenii Sanitarnyh pravil “Sanitarno-jepidemiologicheskie trebovanija k organizacii i provedeniju sanitarno-protivojepidemicheskikh, sanitarno-profilakticheskikh meroprijatij po preduprezhdeniju osobo opasnyh infekcionnyh zabolevanij” [Order of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan dated November 12, 2021 No. KR DSM-114 “On approval of the Sanitary rules “Sanitary and sanitary-epidemiological requirements for the organization and implementation of sanitary-anti-epidemiological, sanitary-preventive measures to prevent particularly dangerous infectious diseases”]. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100025151>

19. Prikaz MZ RK ot 22 dekabrja 2020 goda № KR DSM-313/2020 «Ob utverzhdenii form otchetnoj dokumentacii v oblasti zdavoohranenija» [Order of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan dated December 22, 2020 No. KR DSM-313/2020 “On approval of the form of the report document in the field of health care”]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021879/history>

20. Postanovlenie Glavnogo Gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Ministerstva zdavoohranenija Respubliki Kazahstan ot 11 fevralja 2005 goda № 3 «O provedenii sanitarno-protivojepidemicheskikh (profilakticheskikh) meroprijatij i monitoringa jepizootologojepidemicheskoi situacii, v prirodnyh ochagah Kongo-Krymskoj gemorragicheskoj lihoradki Respubliki Kazahstan» [Resolution of the Chief State Sanitary Physician of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan dated 11 February 2005, No. 3 “On the proven sanitary-anti-epidemic (preventive) measures and monitoring of the epizootological-epidemic situation in natural foci of the Kongo-Krymsk hemorrhagic fever of the Republic of Kazakhstan”]. – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30142452&pos=3;-90#pos=3;-90

21. Sanitarno-jepidemiologicheskaja situacija v Respublike Kazahstan za 2022 god [Sanitary and epidemiological situation in the Republic of Kazakhstan for 2022]. *Sbornik materialov*, pp.84-100. – URL: <https://test.rk-ncph.kz/storage/documents/eeddbf80eba9e50e87319578104183f5.pdf>

22. Spravochnik KATO v Kazahstane. – URL: <https://findh.org/2210-spravochnik-kato-v-kazahstane.html>

23. Spravochnik. (2015) Paspport regionov Kazahstana po osobo opasnym infekcijam [Passport of regions of Kazakhstan on especially dangerous infection]. *Karantinnye i zoonoznye infekcii v Kazahstane*, vol.1 (31), pp.181. – URL: <https://nscedi.kz/wp-content/themes/infection/materials/public/2015-2.pdf>

24. Sultankulova T., Shynybekova G., Kozhabergenov N., Mukhami N., Chervyakova O., Burashev Ye., Zakarya K., Nakhhanov A., Barakbayev K., Orynbayev M. (2022). The Prevalence and Genetic Variants of the CCHF Virus Circulating among Ticks in the Southern Regions of Kazakhstan. *Pathogens*, vol.11(8), pp.841. doi: 10.3390/pathogens11080841.

25. Wikipedia Shymkentskaja aglomeracija. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Shymkentskaja_aglomeracija

26. Wikipedia Turkestanskaja oblast'. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%BA%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C

27. Zakon ZRK № 122-VII ot 21 maja 2022 goda “O biologicheskoi bezopasnosti Respubliki Kazahstan” – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z2200000122>

Сведения об авторах:

Скабылов Алишер Алулы (корреспондент-автор) – PhD, КазНУ им. аль-Фараби, старший преподаватель, (Алматы, Казахстан, e-mail: Alisher.Skabylov@kaznu.edu.kz)

Заркыманова Анар Темірханқызы – управляющий директор по стратегическому развитию и цифровизации Национального научного центра особо опасных инфекций им. М. Айкимбаева, (Алматы, Казахстан, email: A.Zarkymanova@nscedi.kz)

Утепов Пархат Дусембаевич – Кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой «Гигиена и эпидемиология» Южно-Казахстанской медицинской академии, (Шымкент, Казахстан, e-mail: utepov.parkhat@mail.ru)

Ерубаяев Токтасын Кенжеканович – доктор медицинских наук, профессор, эпидемиолог Национального научного центра особо опасных инфекций им. М. Айкимбаева, (Алматы, Казахстан, e-mail: nnscedi-1@nscedi.kz)

Казаков Станислав Владимирович – кандидат медицинских наук, ассоциированный профессор (доцент), эпидемиолог отдела биостатистики и геоинформационных систем Национального научного центра особо опасных инфекций им. М. Айкимбаева, (Алматы, Казахстан, e-mail: nnscedi-1@nscedi.kz)

Нышанов Нурбек Садыкбекович – Руководитель департамента санитарно-эпидемиологического контроля, главный государственный санитарный врач Туркестанской области, (Туркестан, Казахстан, email: n.nyshanov@dsm.gov.kz)

Кулемин Максим Владимирович – заведующий лабораторией эпизоотологии и профилактики чумы и других особо опасных инфекций Филиала Национального научного центра особо опасных инфекций им. М. Айкимбаева, (Шымкент, Казахстан, e-mail: nnscedi-1@nscedi.kz)

Information about authors:

Skabylov Alisher Aliuly (Corresponding Author) – PhD, Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Alisher.Skabylov@kaznu.edu.kz)

Zarkymanova Anar Temirkhankyzy – Managing Director for Strategic Development and Digitalization, M. Aikimbayev National Scientific Center for Especially Dangerous Infections (Almaty, Kazakhstan, e-mail: A.Zarkymanova@nscedi.kz)

Uteпов Parkhat Dusembaevich – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Hygiene and Epidemiology, South Kazakhstan Medical Academy (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: utepov.parkhat@mail.ru)

Yerubaev Toktasyn Kenjekanovich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Epidemiologist, M. Aikimbayev National Scientific Center for Especially Dangerous Infections (Almaty, Kazakhstan, e-mail: nnscedi-1@nscedi.kz)

Kazakov Stanislav Vladimirovich – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Epidemiologist of the Department of Biostatistics and Geoinformation Systems, M. Aikimbayev National Scientific Center for Especially Dangerous Infections (Almaty, Kazakhstan, e-mail: nnscedi-1@nscedi.kz)

Nyshanov Nurbek Sadikbekovich – Head of the Department of Sanitary and Epidemiological Control, Chief State Sanitary Doctor of Turkestan Region (Turkestan, Kazakhstan, e-mail: n.nyshanov@dsm.gov.kz)

Kulemin Maxim Vladimirovich – Head of the Laboratory of Epizootology and Prevention of Plague and Other Especially Dangerous Infections, Branch of the M. Aikimbayev National Scientific Center for Especially Dangerous Infections (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: nnscedi-1@nscedi.kz)

Поступила 17 января 2024 года

Принята 20 ноября 2024 года

Д.С. Баянбек^{1,2*}, Е.В. Жолдыбаева², С.С. Қожахметова²,
П.В. Тарлыков², А. Бекбаева²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

²Ұлттық биотехнология орталығы, Астана қ., Қазақстан

*e-mail: aubakirova.dina28@gmail.com

MALDI-TOF МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ ӘДІСІМЕН *BACTEROIDES FRAGILIS* ШТАМЫНЫҢ АНТИБИОТИК РЕЗИСТЕНТТІЛІГІН АНЫҚТАУ

Зерттеу жұмысының негізгі мақсаты, жергілікті деңгейде, ауыр адамзат инфекцияларын емдеуде қарбапенем тәрізді кең қолданыстағы антимикробтық препаратқа қарсы Қазақстан өңірінен бөлініп алынған *Bacteroides fragilis* (BFR_KZ01) клиникалық штаммының сезімталдығын бағалау болып табылады. Матрицалық көмекші лазерлік десорбция ионизациялау/ ұшу уақыты масс-спектрометрия әдісін пайдалана отырып, антибиотикке деген резистенттілікке жауап беретін гендерді анықтау. *Bacteroides fragilis* штаммының антибиотик резистенттілігіне жауапты *cfiA*-оңға мониторинг жүргізу және жаңа модулды анықтау мүмкіндігі үшін MALDI-TOF/МС масс-спектрометрия жүйесінде субтиптеу үшін бағдарламалық жасақтаманың MALDI Biotyper Subtyping Module жаңа модулі пайдаланылды.

Бактериалдық изолят Матрицалық көмекші лазерлік десорбция ионизациялау/ ұшу уақыты масс-спектрометрия MALDI-TOF МС мен 16S rRNA генің секвенирлеу әдісімен идентификацияланды. Штаммының интра-абдоминалды инфекцияны емдеу үшін кең қолданылатын антибиотиктерге (ципрофлоксацин, метронидазол, меропенем, клиндамицин және тетрациклин) деген сезімталдығы анықталды. Штамның *cfiA*-оң және *cfiA*-теріс анықтау үшін қажетті, масс-спектрлерді сараптау үшін ClinProTools 3.0.22 бағдарламалық жасақтама қолданылды. MALDI-TOF МС нәтижесі бойынша клиникалық BFR_KZ01 штамды меропенемге деген фенотиптік сезімталдығына (орташа МИК шамасы – 1,3 мг/л) қарамастан, II топқа (*cfiA*-оң) жатқызды. Зерттеу нәтижесінде BFR_KZ01 штамды *cfiA*, *nimB*, *tetQ* және *gyrA* гендеріне ие болуының арқасында метронидазол, тетрациклин мен ципрофлоксацин тәрізді көптеген антибиотикке резистентті екені дәлелденді.

Түйін сөздер: қарбапенем, *Bacteroides fragilis*, масс-спектрометрия, ген, инфекция.

D.S. Bayanbek^{1,2*}, E.V. Zholdybaeva², S.S. Kozhahmetova²,
P.V. Tarlykov², A. Bekbaeva²

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²National Center for Biotechnology, Astana, Kazakhstan

*e-mail: aubakirova.dina28@gmail.com

Determining antibiotic resistance in *Bacteroides fragilis* strain using MALDI-TOF Mass Spectrometry

This study aimed to assess the susceptibility of a clinical strain of *Bacteroides fragilis* (BFR_KZ01) from Kazakhstan, a significant anaerobic pathogen in human infections, to commonly used anti-anaerobic drugs at the local level. Additionally, the research aimed to identify genes with MALDI-TOF/MS associated with antibiotic resistance. To perform surveillance of *cfiA*-positive *Bacteroides fragilis* using new subtyping software module, MALDI Biotyper Subtyping Module, on MALDI-TOF MS system, and to evaluate the detection ability of the module. The bacterial isolate was identified using matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry and 16S rRNA gene sequencing. Susceptibility to broad-spectrum antibiotics (metronidazole, meropenem, ciprofloxacin, clindamycin, and tetracycline) for intra-abdominal infections treatment was determined. ClinProTools 3.0.22 software was employed to analyze mass spectra groups crucial for identifying *cfiA*-positive strains. MALDI-TOF/MS analysis classified strain BFR_KZ01 into Group II (*cfiA*-positive), despite being phenotypically sensitive to meropenem (mean MIC, 1.3 mg/L). The study identified drug resistance determinants in strain BFR_KZ01, demonstrating its multidrug-resistant nature due to carrying *nimB*, *tetQ*, and *gyrA* genes, conferring resistance to metronidazole, tetracycline, and ciprofloxacin.

Key words: carbapenem, *Bacteroides fragilis*, mass-spectrometry, gene, infection.

Д.С. Баянбек^{1,2*}, Е.В. Жолдыбаева², С.С. Қожахметова²,
П.В. Тарлыков², А. Бекбаева²

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилев, г. Астана, Казахстан

²Национальный центр биотехнологии, г. Астана, Казахстан

*e-mail: aubakirova.dina28@gmail.com

Определение устойчивости штамма *Bacteroides fragilis* к антибиотикам методом масс-спектрометрии MALDI-TOF

Цель данного исследования заключалась в оценке чувствительности клинического штамма *Bacteroides fragilis* (BFR_KZ01) из Казахстана, значительного анаэробного патогена в человеческих инфекциях, к широко используемым антианаэробным препаратам на местном уровне. Кроме того, исследование направлено на выявление генов, связанных с сопротивлением антибиотикам с использованием масс-спектрометрии с лазерной ионизацией времени полета. Для проведения мониторинга *cfiA*-положительных *Bacteroides fragilis* с использованием нового модуля программного обеспечения для субтипирования, MALDI Biotyper Subtyping Module, на системе масс-спектрометрии MALDI-TOF MS, и для оценки возможности обнаружения данного модуля.

Бактериальный изолят был идентифицирован с использованием масс-спектрометрии с лазерной ионизацией времени полета и секвенирования гена 16S рПНК. Определена чувствительность к широкому спектру антибиотиков (метронидазолу, меропенему, цiproфлоксацина, клиндамицина и тетрациклина) для лечения интраабдоминальных инфекций. Программное обеспечение ClinProTools 3.0.22 использовалось для анализа масс-спектров, необходимых для выявления положительных по *cfiA* штаммов. Анализ MALDI-TOF/MS классифицировал штамм BFR_KZ01 как принадлежащий к Группе II (положительный по *cfiA*), несмотря на фенотипическую чувствительность к меропенему (среднее МИК, 1.3 мг/л). Исследование выявило детерминанты устойчивости к препаратам у штамма BFR_KZ01, подтверждающая его множественную устойчивость за счет наличия генов *nimB*, *tetQ* и *gyrA*, обеспечивающих сопротивление метронидазолу, тетрациклину и цiproфлоксацину.

Ключевые слова: карбапенем, *Bacteroides fragilis*, масс-спектрометрия, ген, инфекция.

Қысқартулар

МДТ – мульти дәрілік төзімділік; МИК – минималды ингибирлеуші концентрация; ИТ – инсерциондық тізбек; ПТР – полимераздық тізбекті реакция; ТГС – толық геномдық сиквенс; MALDI-TOF MS – матрицалық көмекші лазерлік десорбция ионизациялау/үшу уақыты масс-спектрометрия; НСП – негізгі спектрлік профильдер; КЗСИ – клиникалық және зертханалық стандарт институты; МБК – минималды бактериалық концентрациясы; MS – масс-спектрометрия; ИАИ – Интра-абдоминалды инфекция.

Кіріспе

Bacteroides fragilis шартты зардапты микроағза болып табылады және адам өміріне қауіпті, ауыр эндогенді инфекцияларды тудырады. *B. fragilis* адам ағзасының тоқ ішек флорасының тек 0,5% ғана құруына қарамастан, ол инфекцияның әр түрінде дерлік кездесетін ең маңызды грамм теріс анаэробты патоген болып табылады [1, 2]. *Bacteroides* туысының өкілдері, сонын ішінде *B. fragilis* бета-лактамадар мен бета-лактамаз ингибитор комбинациясына, анаэ-

робтармен байланысты инфекцияларды емдеу үшін қолданылатын клиндамицин, төртінші буынды фторхинолон, метронидазол немесе карбапенем тәрізді әртүрлі препараттарға жиі төзімділік танытады. Анаэроб бактериялардың ішінде *B. fragilis* штамдары антибиотикке біршама төзімді келеді [3], және олардың төзімділік деңгейі соңғы он жылдық аралықта қарқынды өсуде [4,5], сонымен бірге мульти дәрілік төзімділікке ие изоляттардың саны артып келеді [6-8]. *B. fragilis* штамымен туындайтын монобактериалық және аралас жұқпаларды емдеуде карбапенем біршама тиімді нұсқа болып табылады, бірақ соңғы уақытта карбапенемге деген төзімділік осы штамдар арасындағы маңызды мәселелердің бірі болып туындады. Антибиотик қысымының жоғарылауына байланысты 2000 жылдардан бері *B. fragilis* штамдары арасында карбапенемдердің МИК-сының аса жоғарылауының тұрақты үрдісі байқалды [9-11].

B. fragilis-тің карбапенемге деген төзімділік хромосомда орналасқан (тіпті ерекше жағдайлар сипатталған жағдайда да) *cfiA* (*ccrA* ретінде де белгілі) генімен кодталады [12] және екі бөліммен шетеледі. Ген экспрессиясы үшін тікелей *cfiA* генің алдында промотор ретінде жұмыс жасайтын инсерционды тізбектің (ИТ) арна-

йы элементтері қажет [13]. Төзімділік белігісін қадағалау барысында кездейсоқ таңдалынып алынған *B. fragilis*-тің клиникалық изоляттар хромосомасында *cfiA* генінің болуы (2,4–6,9 %) карбапенемге деген төзімділікпен (~1 %) салыстырғанда әлдеқайда жиі кездеседі [14]. Егер хромосоманың кез-келген бөлігінде кездесетін қажетті ИТ-элемент геннің жоғары ағынындағы тиісті аймағында орналасқан болса, үнсіздіктегі *cfiA* гені экспрессияланады, яғни карбапенемге деген төзімділік туындайтыны анықталған [13]. *CfiA* гені *B. fragilis*-те анықталынған, барлық бета-лактамы препаратырға, сонын ішінде барлық бета-лактамы комбинациясы мен бета-лактамазы ингибиторларға төзімділік тудыратын Амблер жіктеуі бойынша В санатына жататын өте қуатты периплазматикалық металло-бета-лактамазы, бірегей фермент – карбапенемазы кодтайды [15]. *CfiA* гені үнсіздік күйінде, немесе әртүрлі деңгейлерде экспрессиялануы мүмкін, нәтижесінде сезімталдықтан төзімді фенотипке дейін карбапенемдердің МИК мәнін кең спектріне алып келеді [16]. Экспрессия деңгейі негізінен *cfiA* тізбегінен жоғары орнатқан кезде карбапенемазы экспрессиясын күшейтетін сыртқа бағытталған промоторлары бар әртүрлі ИТ-элементтерінің болуымен байланысты екені көрсетілген [17], дегенмен мұндай ИТ-элементтері жоқ төзімді штамдар да анықталынған [18]. *CfiA* таралуы жете бағаланбайды, себебі белсенді генге және жоғары МИК мәнге ие штамдар ғана сезімталдылық немесе бақылаудың қарапайым тестілеу көмегі арқылы анықталуы мүмкін. Дегенмен терапия барысында селективті қысымен МИК көрсеткіші төмен *cfiA*-оң штамдар генетикалық қайта құрылымға шалдығып, карбапенемге деген толық төзімділіктің туындауына алып келеді, нәтижесінде терапиялық сәтсіздік орын алады [19].

Анаэробтардың микробқа қарсы препаратырға деген сезімталдылықты анықтау мен сынау бойынша әдеттегі тәжірбие ел мен зертханаларға байланысты айырықшаланады. Зертханалардың көпшілігі әдетте анаэробты изолят басым патоген болған жағдайда осындай талдауларды резервке алады, өйткені дәстүрлі айқындау әдісі мен сезімталдылықты анықтау сынама-лары ұзақ уақытты, тәжірбиені талап етеді және түсінік беру, қайталау мен талдауда мәселе тудырады [20-22]. Қазіргі таңда *cfiA* генге ие штамдардың анықтау және олардың карбапенемазы өндірілуін растау үшін қажет әдеттегі құралдар кездеспейді. Карбапенемдерге деген резистент-

тілікті анықтаудың қарапайым әдістері анаэроб ағзалары үшін қолдану қарастырылмаған, сонымен қатар олардың өсу қарқыны өте баяу (24–48 сағ.) , сәйкесінше резистенттіліктің төмен деңгейін анықтауға қажетті сезімталдылыққа ие емес [23,24]. ПТР немесе ТГС тәрізді генотиптік әдістер күнделікті қолдану үшін сәйкес келмейді [25]. Матрицалық көмекші лазерлік десорбция ионизациялау/ ұшу уақыты масс-спектрометрияны айқындауға енгізу түрлік деңгейде анаэробтарды күнделікті сәйкестендіру айтарлықтай жақсарды, молекулалық әдістермен салыстырғанда нәтижелердің сапасы артты [26-28]. Сонымен қатар, MALDI-TOF MC әдісімен масс-спектрдегі сипаттама негізінде *B. fragilis*-ті I және II бөлімшеге дифференциялау мүмкіндігі дәлелденген, осылайша құрамында *cfiA* гені бар штамдар сәйкестендіру процесі кезінде тікелей анықталуы айқын [29].

Бұдан бөлек, сынама бактериялармен инкубациядан кейін антибиотик молекулаларының ыдырауын анықтау жолы арқылы карбапенеманың белсенділігін анықтау мүмкіндігі сипатталған [30]. Алайда, MALDI-TOF MC көмегімен фермент экспрессия деңгейі бойынша *cfiA* генге ие штамдарды сипаттау мүмкіндігі толық көрсетілмеген. Зерттеу жұмыстарының негізгі мақсаты, *B. fragilis*-те карбапенемге төзімділігін анықтау үшін MALDI-TOF MC негізіндегі тұтас диагностикалық тәсілдің күнделікті қолданылуын зерттеу болып табылады. Жұмыс процесі *B. fragilis* штамдарын сәйкестендіру, изоляттарды I және II бөлімшеге дифференциялау және карбапенемазы белсенділігін MALDI-TOF MC көмегімен растаудан құралған.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Клиникалық штамм BFR_KZ01 Астана қаласының Қалалық емханасының BFR_1 сынама-сынан, «жіті гангрен-перфоративті аппендицит, перитонит» диагнозы қойылған 48 жастағы ер науқастан бөлініп алынған. Микроағзаны анжы көмегімен дренажды жаралардан алып, Эмиса коректік ортасы бар түтікшеге зондтарды батыру арқылы жиналды. *Bacteroides*-тің таза культурасын алу үшін барлық сынама-лар эскулин-желатинді ортаға отырғызылып, анаэробты жағдайда 37°C температурада 48 сағат аралығында инкубацияланды.

Изоляттар матрицалық лазерлік десорбция және ионизациялаудың ұшу уақытты масс-спектрометриямен MALDI-TOF MC (Bruker

Daltonik GmbH, Бремен, Германия), сонымен бірге автоматтық жүйені (генетикалық анализатор 3730xl; Applied Biosystems) қолданумен 16S рРНК ген фрагментінің тікелей нуклеотидтық тізбегін анықтау жолымен де идентификацияланды. Бактериялық культуралар 30% глициринде -70°C температурда сақталды. Карбапенемге төзімділік қасиетіне жауапты *cfiA* генін идентификациялау үшін *ClinProTools 3.0.22* масс-спектрометрлік (Bruker Daltonik) бағдарламалық құралы *B. fragilis* бактериясын I және II бөлімшеге дифференциациялау үшін пайдаланылды. Барлық өлшем жұмыстары microflex1 LT MALDI-TOF масс-спектрометрінде 60 Гц лазер жиілігімен сызықтық оң ион режимінде орын алды. Масс диапазоны 2000- 20 000 Da құрады. Спектрлер автоматтық режимде түсірілді. *CfiA*- оң және *cfiA*-теріс спецификалық шыңын анықтау үшін *ClinProTools 3.0.22* бағдарламалық жақтамаға *B. fragilis* штамының *cfiA*-оң және *cfiA*-теріс масс-спектр тобы импортталынды. Жиналған спектрлерді қалыпқа келтіріп, калибрленді. Нәтижесінде шың тобтары, сонымен бірге шыңдардың жылжуы спектралды топтарды визуализациялау жолымен анықталған. Негізгі спектрлердің дендрограмасы MALDI Biotyper1 4.0 (Bruker Daltonik) пайдалану арқылы құрастырылды. BFR_KZ01 изоляты MALDI-TOF көмегімен идентификациялауға ұшырады. Log.-балл мәні 2,0 жоғары болған жағдайда түрлік деңгейде идентификациялауды белгілейді. НСП дендрограмма жинақталған НСП пен НСП кітапханасымен салыстыру жолы арқылы туындаған. НСП кітапханасы анықтама кітапханасынан алынған *B. fragilis* 14 НСП -і енген. Сыртқы топ ретінде *Bacteroides ovatus*-тің эталондық НСП пайдаланылды.

Микробқа қарсы препаратқа сезімталдылықты Клиникалық және зертханалық стандарт институтының хаттамасына сәйкес сұйық ортада микросұйылту әдісімен өлшенді. Минималды ингибирлеуші концентрациясы бар планшеттер жеке тапсырыс бойынша Eiken Chemical Co., Ltd. компаниясымен әзірленді. Сезімталдылық КЗСИ анықтамасына сәйкес анықталынды. Меропенем және имипенем үшін МИК 4, 8 және 16 мг/мл сезімталды, аралық және резистентті болып анықталынды [31].

Меропенемге деген сезімталдылықты КЗСИ ұсынысына сәйкес, сұйық ортада сериялық сұйылту әдісін қолдана отырып анықталды. Барлық өлшемдер иммунологиялық зерттеу жұмыстарына арналған стерильді қақпағы (Корнинг)

бар 24-шұңқырлы планшеттерде (тегіс түбі бар) жүзеге асты. Ол үшін *B. fragilis*-тің МакФарланд стандарты бойынша 1 сәйкес келетін, 1% бактериялық суспензиясын 0,06-ден 64 мг/мл дейінгі әртүрлі көлемдегі меропенем концентрациясы бар бруцелла сұйық ортасына (*Brucella* broth (Himedia)) инокуляцияланды. Меропенем концентрациясы бар инокулумды дайындаған сәттен бастап 15 минут аралығы ішінде планшет шұңқырларына енгізілді.

Нәтиже есебі Cytation 5 (Cell imaging multi-mode reader, Biotek) спектрофотометрді пайдалана отырып, 600 нм толқын ұзындығымен, микроағзалардың антибиотик бар және жоқ кезіндегі өсу қарқының салыстыра отырып спектрофотометриялық зерттеумен жүргізілді. Минималды бактериялық концентрациясы культивирлеудің 48 сағатынан кейін анықталынды. Зерттелініп отырған штамның көрнекі өсуін толықтай тоқтатуын қамтамасыз ететін минималды концентрацияны МБК ретінде қабылданды. Меропенемнің субингибирлеуші концентрациясы 0,5 МБК ретінде қабылданды [32].

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

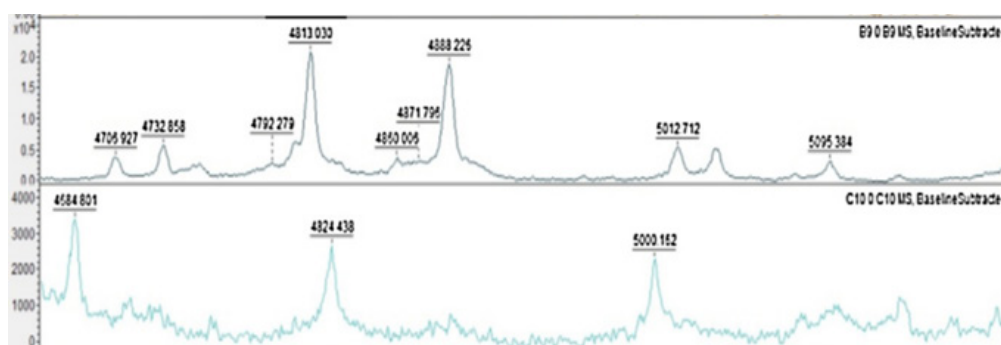
MALDI-TOF/МС және 16S рРНК секвенирлеу әдістердің көмегімен изолят *B. fragilis* ретінде индентификацияланды, және оған BFR_KZ01 деген идентификациондық нөмір берілді. Нуклеотидтық тізбек BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>) электрондық жүйені қолдану көмегімен сарапталынды. Бөлініп алынған *B. fragilis* изолятының 16S рРНК фрагментінің нуклеотидтық тізбегі *B. fragilis S14* (CP012706.1) штамының 16S рРНК фрагментінің нуклеотидтық тізбегіне 99,73% шамасында дәлме-дәл және дәл осындай жағдай *B. fragilis BOB25* (CP011073.1) штамы мен *B. fragilis JCM 17587* (AB618793.1) штамында да көрініс табады. MALDI-TOF/МС көмегімен идентифирленген BFR_KZ01 штамы 2,059 бағалауға ие. MALDI масс-спектрометрдің бірнеше өлшемдерінен тұратын спектр топтамасы негізгі спектрлік профильдер деп аталатындарды есептеуге мүмкіндік туғызады. НСП дендрограммасы *B. fragilis*-тің таңдалынып алынған НСП арасындағы тығыз байланысты анықтады. BFR_KZ01 штамының негізгі спектрі анықтамалық кітапханадағы *B. fragilis ENR_0039* штамымен тығыз байланысты.

Клиникалық BFR_KZ01 штамының ИАИ-ны емдеу үшін кең қолданылатын бес антибиотикке (ципрофлоксацин, метронидазол, меропенем,

клиндамицин және тетрациклин) деген антимикробтық сезімталдығы келесі шамаларды көрсетті: штамм клиндамицинге (орташа МИК 0,12 мг/л) және меропенемге (орташа МИК 1,3 мг/л) сезімтал екені және тетрациклинге (МИК > 16 мг/л), ципрофлоксацинге (МИК > 32 мг/л) және метронидазолға (МИК > 256 мг/л) төзімді болып келді. Салипанте және басқалары *B. fragilis*-тің МДТ (метронидазол және карбапенемге төзімді) түрін бөліп алды және оны ТГС деректері негізінде *Bacteroides*-тің жаңа геномотүрі ретінде идентификациялады [33]. *B. fragilis* бактериясының молекулярлық сипатамалары негізінде Сарвари және басқалары Венгрия мемлекетінде

МДТ штамдарының пайда болуын көрсетті [34]. Зерттеу жұмыстарының авторлары *B. fragilis* топтарының изоляттары арасында антимикробтық препаратқа деген сезімталдығын талдау және бақылау қажеттілігі туралы атап өткен. Антибиотикке деген бактериялардың төзімділігінің өсуі ем-шаралардың тиімсіздігінің және аса жоғары өлім көрсеткішінің себебі болуы мүмкін.

CfiA кездесуін масс-спектрометриялық анализ көмегімен анықталыны. BFR_KZ01 изолятында карбапенемге төзімділігінің жоғарылау қауіпін бағалау үшін ClinProTools 3.0.22 бағдарлама көмегімен *cfiA* генің тасымалдаушылар анықталыны (1-сурет).



1-сурет – 4500-5500 Da диапазонында *Bacteroides fragilis*-тың *cfiA*-теріс (а) және *cfiA*-он (б) штамдары арасындағы МС шыңдарының дифференциациясы

Осылайша, 4500-5500 Da диапазонында МС шыңдарын сарапатай отыра олардың *cfiA*-терістен *cfiA*-он штамдарға: 4706-тен 4684 Da дейін; 4813-тен 4824 Da дейін; және 5012-тен 5000 Da дейін жылжуын бақылауға болады [35]. Сонымен, MALDI-TOF/МС нәтижесі бойынша BFR_KZ01 штамы II тобына (*cfiA*-он) жатқызылды. Алайда, біздің болжам бойынша бергілген штамдағы *cfiA* гені үнсіз күйінде, өйткені оның карбапенем-меропенемге деген фенотиптік төзімділігі көрініс таппады. Джеверик және басқаларының зерттеу жұмыстарында *cfiA* генінің үнсіз күйі туралы әуелде мәлімделген [36].

Қорытынды

Зерттеу жұмыстарының нәтижесі *Bacteroides fragilis* топ тармағын анықтау және маңызды төзімділік механизмінің болуын анықтау үшін MALDI-TOF МС техникасының пайдалығын дәлелдейді. Берілген анаэробты патоген дүниежүзі бойынша өте жиі бөлінеді және MALDI-TOF МС пайдалану арқылы *B.*

fragilis штамдары I және II бөлімшеге сәтті дискриминацияның арқасында карбапенемге қарсы фенотиптік төзімділіктің барын болжауға мүмкіндік тудырады.

B. fragilis түрін идентификациялау үшін және изоляттардың карбапенемаза белсенділігінің деңгейін анықтауға арналған MALDI-TOF МС негізіндегі жаңа толық жұмыс процесі әдеттегі тәжірибе үшін қазіргі таңдағы қолжетімді әдістермен салыстырғанда біршама нақты болып табылды. Бұл тәсіл көмегімен *B. fragilis* -тің карбапенемаз белсенділігін анықтау әлдеқайда жылдам, тек 2 сағат аралығын құрайды.

Дегенмен, *cfiA* оң геномды *B. fragilis* штамдарың барлығы дерлік карбапенемге деген төзімділікке ие болады, тек кейбір түрлеріне *cfiA* гені үнсіз күйде кездеседі, яғни геннің толық экспрессиясы үшін сәйкесінше ИТ-элементін иелену қажет. MALDI-TOF МС техникасын пайдалану *B. fragilis*-тің маңызды антибиотиктерге деген төзімділігін анықтау үшін клиникалық микробиология зертханаларында құнды құрылымы болып табылады.

Зерттеу қорытындысы бойынша Қазақстан өңірінен бөлініп алынған *B. fragilis* BFR_KZ01 штамы құрамында *cfiA*, *nimB*, *tetQ* және *gyrA* гендері кездесетіні анықталынды. BFR_KZ01 изоляты метронидазол, тетрациклин және ципрофлоксацин антибиотиктеріне төзімділігін қамтамасыз ететін гендердің идентифицирленуін есепке ала отырып, МДТ штамы деп сипаттауға болады. Бұл штамының *cfiA* гені «үнсіздік» күйінде, себебі меропенемге деген фенотиптік төзімділік бейнеленбеген.

Мүдделер қақтығысы

Мақаланың барлық авторлары мәтінмен толық танысқан, мүдделер қақтығысына ие емес.

Қаржыландыру көзі

Зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасының Ғылым және білім министрлігінің қаржыландыруымен жүзеге асырылған (AP09258813, AP05130984 грант).

Әдебиеттер

1. Wexler H.M., Bacteroides: the good, the bad, and the nitty-gritty // *Clinical microbiology review*. – 2007. – Vol. 20. – P. 593-621.
2. Brook I., Spectrum and treatment of anaerobic infections // *Journal of Infection and Chemotherapy*. – 2016. – Vol. 22. – P. 1-13.
3. Hecht D.W., Prevalence of antibiotic resistance in anaerobic bacteria: worrisome developments // *Clinical Infectious Diseases*. – 2004. – Vol. 39. – P. 92-97.
4. Nagy E., Urban E., Nord C.E., ESCMID E.S.G.o.A.R.i.A.B., Antimicrobial susceptibility of *Bacteroides fragilis* group isolates in Europe: 20 years of experience // *Clinical Microbiology Infection*. – 2011. – Vol. 17. – P. 371-379.
5. Hedberg M., Nord C.E., Antimicrobial susceptibility of *Bacteroides fragilis* group isolates in Europe // *Clinical Microbiology Infection*. – 2003. – Vol. 9. – P. 475-488.
6. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Multidrug-resistant *Bacteroides fragilis* - Seattle, Washington // *Morbidity and mortality Weekly Report*. – 2013. – Rep. 62. – P. 694-696.
7. Hartmeyer G.N., Soki J., Nagy E., Justesen U.S., Multidrug-resistant *Bacteroides fragilis* group on the rise in Europe? // *Journal Medical Microbiology*. – 2012. – Vol. 61. – P. 1784-1788.
8. Soki J., Hedberg M., Patrick S., Balint B., Herczeg R., Nagy I., Hecht, D.W., Nagy E., Urban E., Emergence and evolution of an international cluster of MDR *Bacteroides fragilis* isolates // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 2016. – Vol. 71. – P. 2441-2448.
9. Snyderman D.R., Jacobus N.V., McDermott L.A., Golan Y., Goldstein E.J.C., Harrell L., Jenkins S., Newton D., Pierson C., Rosenblatt J., Venezia R., Gorbach S.L., Queenan A.M., Hecht D.W., Update on resistance of *Bacteroides fragilis* group and related species with special attention to carbapenems 2006-2009 // *Anaerobe*. – 2011. – Vol. 17. – P. 147-151.
10. Liu C.Y., Huang Y.T., Liao C.H., Yen L.C., Lin H.Y., Hsueh P.R., Increasing trends in antimicrobial resistance among clinically important anaerobes and *Bacteroides fragilis* isolates causing nosocomial infections: emerging resistance to carbapenems // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. – 2008. – Vol. 52. – P. 3161-3168.
11. Hawser S.P., Hackel M., Hoban D.J., Antibiotic susceptibility profiles of European *Bacteroides fragilis* with reduced carbapenem susceptibility // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 2010. – Vol. 65. – P. 803-804.
12. Goto T., Tanaka K., Minh Tran C., Watanabe K., Complete sequence of pBFUK1, a carbapenemase-harboring mobilizable plasmid from *Bacteroides fragilis*, and distribution of pBFUK1-like plasmids among carbapenem-resistant *B. fragilis* clinical isolates // *The Journal of Antibiotics*. – 2013. – Vol. 66. – P. 39-242.
13. Podglajen I., Breuil J. & Collatz E., Insertion of a novel DNA sequence, 1S 1186, upstream of the silent carbapenemase gene *cfiA*, promotes expression of carbapenem resistance in clinical isolates of *Bacteroides fragilis* // *Molecular Microbiology*. – 1994. – Vol. 12. – P. 105-114.
14. Nagy, E., Anaerobic infections: update on treatment considerations // *Drugs*. – 2010. – Vol. 70. – P. 841-858.
15. Rasmussen B.A., Bush K., Tally F.P., Antimicrobial resistance in *Bacteroides* // *Clinical Infectious Diseases*. – 1993. – Vol. 16(4). – P. 390-400.
16. Eitel Z., Soki J., Urban E., Nagy E., ESCMID Study Group on Anaerobic Infection, the prevalence of antibiotic resistance genes in *Bacteroides fragilis* group strains isolated in different European countries // *Anaerobe*. – 2013. – Vol. 21. – P. 43-49.
17. Soki J., Extended role for insertion sequence elements in the antibiotic resistance of *Bacteroides* // *World Journal of Clinical Infectious Diseases*. – 2013. – Vol. 3. – P. 1-12.
18. Soki J., Edwards R., Urban E., Fodor E., Beer Z., Nagy E., Screening of isolates from faeces for carbapenem-resistant *Bacteroides* strains; existence of strains with novel types of resistance mechanisms // *International journal of Antimicrobial Agents*. – 2004. – Vol. 24. – P. 450-454.
19. Soki J., Edwards R., Hedberg M., Fang H., Nagy E., Nord C.E. Examination of *cfiA*- mediated carbapenem resistance in *Bacteroides fragilis* strains from a European antibiotic susceptibility survey // *International journal of Antimicrobial Agents*. – 2006. – Vol. 28. – P. 497-502.

20. Finegold S.M., Perspective on susceptibility testing of anaerobic bacteria, // *Clinical Infectious Diseases*. – 1997. – Vol. 25 (2). – P. 251-253.
21. Goldstein E.J.C., Citron D.M., Goldman P.J., Goldman R.J., National hospital survey of anaerobic culture and susceptibility methods: III // *Anaerobe*. – 2008. – Vol. 14. – P. 68-72.
22. CLSI - Clinical Laboratory Standards Institute. (2012) M11A8-Methods for Antimicrobial Susceptibility Testing of Anaerobic Bacteria, <https://clsi.org/standards/products/microbiology/documents/m11/>. (Accessed 17 December 2017).
23. Bogaerts P., Engelhardt A., Berhin C., Bylund L., Ho P., Yusof A., Glupczynski Y., Evaluation of a new meropenem-EDTA double-ended Etest strip for the detection of the *cfiA* metallo-beta-lactamase gene in clinical isolates of *Bacteroides fragilis* // *Clinical Microbiology and Infection*. – 2008. – Vol.14. – P. 973-977.
24. Schwensen A.S., Acar Z., Sydenham T.V., Johansson A.C., Justesen U.S., Phenotypic detection of the *cfiA* metallo-beta-lactamase in *Bacteroides fragilis* with the meropenem-EDTA double-ended Etest and the ROSCO KPC/MBL Confirm Kit // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 2017. – Vol. 72 (2). – P. 437-440.
25. Sydenham T.V., Soki J., Hasman H., Wang M., Justesen U.S., ESGAI (ESCMID Study Group on Anaerobic Infections), Identification of antimicrobial resistance genes in multidrug-resistant clinical *Bacteroides fragilis* isolates by whole genome shotgun sequencing // *Anaerobe*. – 2015. – Vol. 31. – P. 59-64.
26. Handal N., Bakken Jorgensen S., Smith Tunsjo H., Johnsen B.O., Leegaard T.M., Anaerobic blood culture isolates in a Norwegian university hospital: identification by MALDI-TOF MS vs 16S rRNA sequencing and antimicrobial susceptibility profiles // *APMIS Journal of Pathology, Microbiology and Immunology*. – 2015. – Vol. 123. – P.749-758.
27. Kostrzewa M., Nagy E., How MALDI-TOF mass spectrometry can aid diagnosis of hard-to-identify pathogenic bacteria // *Expert Review of Molecular Diagnostics*. – 2016. – Vol. 16. – P. 509-511.
28. Rodríguez-Sánchez B., Alcalá L., Marín M., Ruiz A., Alonso E., Bouza E., Evaluation of MALDI-TOF MS (Matrix-Assisted laser desorption-ionization time-of-flight mass spectrometry) for routine identification of anaerobic bacteria // *Anaerobe*. – 2016. – Vol. 42. – P. 101-107.
29. Nagy E., Becker S., Soki J., Urban E., Kostrzewa M., Differentiation of division I (*cfiA*-negative) and division II (*cfiA*-positive) *Bacteroides fragilis* strains by matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry // *Journal of Medical Microbiology*. – 2011. – Vol. 60. – P. 1584-1590.
30. Johansson A., Nagy E., Soki J., ESGAI (ESCMID Study Group on Anaerobic Infections), Detection of carbapenemase activities of *Bacteroides fragilis* strains with matrix-assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) // *Anaerobe*. – 2014. – Vol. 26. – P. 49-52.
31. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2021) Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, in: CLSI Supplement M100, Clinical and Laboratory Standards Institute.
32. de Freitas M.C.R. et al., Exploratory Investigation of *Bacteroides fragilis* Transcriptional Response during In vitro Exposure to Subinhibitory Concentration of Metronidazole // *Frontiers in Microbiology*. – 2016. – Vol. 7. – P. 1-13.
33. Salipante S., Kalapila A., Pottinger P., Hoogestraat D., Cummings L., Duchin J., et al., Characterization of a multidrug-resistant, novel *Bacteroides* genomospecies // *Emerging Infectious Diseases*. – 2015. – Vol. 21. – P. 95-98.
34. Sárvári K., Sóki J., Kristóf K., Juhász E., Miszti C., Zsóka S., et al., Molecular characterisation of multidrug-resistant *Bacteroides* isolates from Hungarian clinical samples // *Journal of Global Antimicrobial Resistance*. – 2018. – Vol. 13. – P. 65-69.
35. Nagy E., Becker S., Sóki J., Urbán E., Kostrzewa M., Differentiation of division I (*cfiA*-negative) and division II (*cfiA*-positive) *Bacteroides fragilis* strains by matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry // *Journal of Medical Microbiology*. – 2011. – Vol. 60. – P. 1584-90.
36. Jeverica S., Sóki J., Mueller Premru M., Nagy E., Papst L., High prevalence of division II (*cfiA* positive) isolates among blood stream *Bacteroides fragilis* in Slovenia as determined by MALDI-TOF MS // *Anaerobe*. – 2019. – Vol. 58. – P. 30-34.

References

1. Brook I. (2016) Spectrum and treatment of anaerobic infections, *J. Infect. Chemother.*, vol. 22, pp. 1-13.
2. Bogaerts P., Engelhardt A., Berhin C., Bylund L., Ho P., Yusof A., Glupczynski Y. (2008) Evaluation of a new meropenem-EDTA double-ended Etest strip for the detection of the *cfiA* metallo-beta-lactamase gene in clinical isolates of *Bacteroides fragilis*, *Clin. Microbiol. Infect.*, vol. 14, pp. 973-977.
3. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2013) Multidrug-resistant *Bacteroides fragilis*, Seattle, Washington, *MMWR Morb. Mortal. Wkly.*, rep. 62, pp. 694-696.
4. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2021) Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, in: CLSI Supplement M100, Clinical and Laboratory Standards Institute.
5. CLSI - Clinical Laboratory Standards Institute. (2012) M11A8-Methods for Antimicrobial Susceptibility Testing of Anaerobic Bacteria, <https://clsi.org/standards/products/microbiology/documents/m11/>. (Accessed 17 December 2017).
6. de Freitas M.C.R. et al. (2016) Exploratory Investigation of *Bacteroides fragilis* Transcriptional Response during In vitro Exposure to Subinhibitory Concentration of Metronidazole, *Frontiers in Microbiology*, vol. 7, pp.1-13.
7. Eitel Z., Soki J., Urban E., Nagy E. (2013) ESCMID Study Group on Anaerobic Infection, the prevalence of antibiotic resistance genes in *Bacteroides fragilis* group strains isolated in different European countries, *Anaerobe*, vol. 21, pp. 43-49.
8. Finegold S.M. (1997) Perspective on susceptibility testing of anaerobic bacteria, *Clin. Infect. Dis.*, vol. 25 (Suppl 2), pp. 251-253.

9. Goldstein E.J.C., Citron D.M., Goldman P.J., Goldman R.J. (2008) National hospital survey of anaerobic culture and susceptibility methods: III, *Anaerobe*, vol. 14, pp. 68-72. Goto T., Tanaka K., Minh Tran C., Watanabe K.. (2013) Complete sequence of pBFUK1, a carbapenemase-harboring mobilizable plasmid from *Bacteroides fragilis*, and distribution of pBFUK1-like plasmids among carbapenem-resistant *B. fragilis* clinical isolates, *J. Antibiot. (Tokyo)*, vol. 66, pp. 239-242.
10. Handal N., Bakken Jorgensen S., Smith Tunsjo H., Johnsen B.O., Leegaard T.M. (2015) Anaerobic blood culture isolates in a Norwegian university hospital: identification by MALDI-TOF MS vs 16S rRNA sequencing and antimicrobial susceptibility profiles, *APMIS Acta Pathol. Microbiol. Immunol.*, vol. 123, pp. 749-758.
11. Hartmeyer G.N., Soki J., Nagy E., Justesen U.S. (2012) Multidrug-resistant *Bacteroides fragilis* group on the rise in Europe? *J. Med. Microbiol.*, vol.61, pp. 1784-1788.
12. Hawser S.P., Hackel M., Hoban D.J.. (2010) Antibiotic susceptibility profiles of European *Bacteroides fragilis* with reduced carbapenem susceptibility, *J. Antimicrob. Chemother.*, vol. 65, pp. 803-804.
13. Hedberg M., Nord C.E. (2003) Antimicrobial susceptibility of *Bacteroides fragilis* group isolates in Europe, *Clin. Microbiol. Infect.*, vol. 9, pp. 475-488.
14. Hecht D.W. (2004) Prevalence of antibiotic resistance in anaerobic bacteria: worrisome developments, *Clin. Infect. Dis.*, vol. 39, pp. 92-97.
15. Jeverica S., Sóki J., Mueller Premru M., Nagy E., Papst L. (2019) High prevalence of division II (cfiA positive) isolates among blood stream *Bacteroides fragilis* in Slovenia as determined by MALDI-TOF MS. *Anaerobe*, vol. 58, pp. 30-4.
16. Johansson A., Nagy E., Soki J. (2014) ESGAI (ESCMID Study Group on Anaerobic Infections), Detection of carbapenemase activities of *Bacteroides fragilis* strains with matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS), *Anaerobe*, vol. 26, pp. 49-52.
17. Kostrzewa M., Nagy E. (2016) How MALDI-TOF mass spectrometry can aid diagnosis of hard-to-identify pathogenic bacteria, *Expert Rev. Mol. Diagn.*, vol. 16, pp. 509-511.
18. Liu C.Y., Huang Y.T., Liao C.H., Yen L.C., Lin H.Y., Hsueh P.R. (2008) Increasing trends in antimicrobial resistance among clinically important anaerobes and *Bacteroides fragilis* isolates causing nosocomial infections: emerging resistance to carbapenems, *Antimicrob. Agents Chemother.*, vol. 52, pp. 3161-3168.
19. Nagy E. (2010) Anaerobic infections: update on treatment considerations. *Drugs*, vol. 70, pp. 841-858.
20. Nagy E., Becker S., Sóki J., Urbán E., Kostrzewa M. (2011) Differentiation of division I (cfiA-negative) and division II (cfiA-positive) *Bacteroides fragilis* strains by matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry. *J Med Microbiol.*, vol. 60, pp.1584-90.
21. Nagy E., Becker S., Soki J., Urban E., Kostrzewa M. (2011) Differentiation of division I (cfiA-negative) and division II (cfiA-positive) *Bacteroides fragilis* strains by matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry, *J. Med. Microbiol.*, vol. 60, pp. 1584-1590.
22. Nagy E., Urban E., Nord C.E. (2011) ESCMID study group on antimicrobial resistance in anaerobic bacteria, antimicrobial susceptibility of *Bacteroides fragilis* group isolates in Europe: 20 years of experience, *Clin. Microbiol. Infect.*, vol. 17, pp. 371-379.
23. Podglajen I., Breuil J., Collatz E. (1994) Insertion of a novel DNA sequence, 1S 1186, upstream of the silent carbapenemase gene cfiA, promotes expression of carbapenem resistance in clinical isolates of *Bacteroides fragilis*. *Mol Microbiol.*, vol. 12, pp. 105-114.
24. Rasmussen B.A., Bush K., Tally F.P.. (1993) Antimicrobial resistance in *Bacteroides*, *Clin. Infect. Dis.*, vol.16 suppl. 4, pp. 390-400.
25. Rodríguez-Sánchez B., Alcalá L., Marín M., Ruiz A., Alonso E., Bouza E. (2016) Evaluation of MALDI-TOF MS (Matrix-Assisted laser desorption-ionization time-of-flight mass spectrometry) for routine identification of anaerobic bacteria, *Anaerobe*, vol. 42, pp. 101-107.
26. Salipante S., Kalapila A., Pottinger P., Hoogestraat D., Cummings L., Duchin J., et al. (2015) Characterization of a multi-drug-resistant, novel *Bacteroides* genomospecies. *Emerg Infect Dis.*, vol. 21, pp. 95-8.
27. Sárvári K., Sóki J., Kristóf K., Juhász E., Miszti C., Zsóka S., et al. (2018) Molecular characterisation of multidrug-resistant *Bacteroides* isolates from Hungarian clinical samples. *J Glob Antimicrob Resist.*, vol. 13, pp. 65-9.
28. Schwensen A.S., Acar Z., Sydenham T.V., Johansson A.C., Justesen U.S. (2017) Phenotypic detection of the cfiA metallo-β-lactamase in *Bacteroides fragilis* with the meropenem-EDTA double-ended Etest and the ROSCO KPC/MBL Confirm Kit, *J. Antimicrob. Chemother.* 72 (2) pp. 437-440.
29. Snyderman D.R., Jacobus N.V., McDermott L.A., Golan Y., Goldstein E.J.C., Harrell L., Jenkins S., Newton D., Pierson C., Rosenblatt J., Venezia R., Gorbach S.L., Queenan A.M., Hecht D.W. (2011) Update on resistance of *Bacteroides fragilis* group and related species with special attention to carbapenems 2006-2009, *Anaerobe*, vol. 17, pp. 147-151.
30. Soki J. (2013) Extended role for insertion sequence elements in the antibiotic resistance of *Bacteroides*, *World J. Clin. Infect. Dis.*, vol. 3, pp. 1-12.
31. Soki J., Edwards R., Hedberg M., Fang H., Nagy E., Nord C.E. (2006) ESCMID study group on antimicrobial resistance in anaerobic bacteria, examination of cfiA-mediated carbapenem resistance in *Bacteroides fragilis* strains from a European antibiotic susceptibility survey, *Int. J. Antimicrob. Agents*, vol. 28, pp. 497-502.
32. Soki J., Edwards R., Urban E., Fodor E., Beer Z., Nagy E. (2004) Screening of isolates from faeces for carbapenem-resistant *Bacteroides* strains; existence of strains with novel types of resistance mechanisms. *Int. J. Antimicrob. Agents*, vol. 24, pp. 450-454
33. Soki J., Hedberg M., Patrick S., Balint B., Herczeg R., Nagy I., Hecht D.W., Nagy E., Urban E. (2016) Emergence and evolution of an international cluster of MDR *Bacteroides fragilis* isolates, *J. Antimicrob. Chemother.*, vol. 71, pp. 2441-2448.

34. Sydenham T.V., Soki J., Hasman H., Wang M., Justesen U.S. (2015) ESGAI (ESCMID Study Group on Anaerobic Infections), Identification of antimicrobial resistance genes in multidrug-resistant clinical *Bacteroides fragilis* isolates by whole genome shotgun sequencing, *Anaerobe*, vol. 31, pp. 59-64.

35. Wexler H.M. (2007) *Bacteroides*: the good, the bad, and the nitty-gritty, *Clin. Microbiol., rev.* 20, pp. 593-621.

Авторлар туралы мәлімет:

Баянбек Дина Сериковна – PhD студент, ғылыми қызметкер, «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті»; «Ұлттық биотехнология орталығы» (Астана, Қазақстан, aubakirova.dina28@gmail.com)

Жолдыбаева Елена Витальевна – б.ғ.к., қауымдастырылған профессор, зертхана меңгерушісі, «Ұлттық биотехнология орталығы» (Астана, Қазақстан, zholdybaeva@biocenter.kz)

Қожахметова Сания Саттыбаева – б.ғ.к., қауымдастырылған профессор, аға ғылыми қызметкер, «Ұлттық биотехнология орталығы» (Астана, Қазақстан, kozhakhmetova@biocenter.kz)

Тарлыков Павел Викторович – PhD, зертхана меңгерушісі, «Ұлттық биотехнология орталығы» (Астана, Қазақстан, tarlykov@biocenter.kz)

Бекбаева Аяжан – магистр, кіші ғылыми қызметкер, «Ұлттық биотехнология орталығы» (Астана, Қазақстан, aika_bekbaeva@mail.ru)

Information about authors:

Bayanbek Dina Serikovna – PhD student, researcher, «L.N. Gumilyov Eurasian National University»; «National Center for Biotechnology» (Astana, Kazakhstan, aubakirova.dina28@gmail.com)

Zholdybaeva Elena Vitalevna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of Laboratory, «National Center for Biotechnology» (Astana, Kazakhstan, zholdybaeva@biocenter.kz)

Kozhakhmetova Saniya Sattybaevna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior researcher, «National Center for Biotechnology» (Astana, Kazakhstan, kozhakhmetova@biocenter.kz)

Tarlykov Pavel Victorovich – PhD, Head of Laboratory, «National Center for Biotechnology» (Astana, Kazakhstan, tarlykov@biocenter.kz)

Bekbaeva Ayazhan – magister, Junior researcher, «National Center for Biotechnology» (Astana, Kazakhstan, aika_bekbaeva@mail.ru)

Келіп түсті 12 ақпан 2024 жыл
Қабылданды 20 қараша 2024 жыл

МРНТИ 68.41.35

<https://doi.org/10.26577/bb.2024.v101.i4.a5>

Т.В. Мельникова¹, Г.А. Бакирова², А.Ж. Измукан²,
Г.Ш. Мусина^{1,2}, Г.А. Джамалова^{1,3*}

¹ТОО «Научно-диагностический центр Animal Expert Group», г. Алматы, Казахстан

²ТОО «Научно-производственный центр UniVet», г. Алматы, Казахстан

³Satbayev University, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: g.jamalova@aeg-lab.kz

МОНИТОРИНГ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО КУРОВОДСТВА АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА К САЛЬМОНЕЛЛЕЗУ

Сальмонеллез является распространенной желудочно-кишечной инфекцией пищевой цепи, поэтому важно обеспечить биологическую защиту птицефабрик для исключения экономических потерь и предотвращения горизонтального переноса бактерий рода *Salmonella* через куроводческие продукты (яйцо, мясо) человеку. Цель исследования – проведение комплексного мониторинга и изучение устойчивости промышленного куроводства на некоторых птицефабриках Алматинской области Казахстана к бактериям рода *Salmonella*. Методология исследований базировалась на еженедельном отборе проб с технологических объектов птицефабрик Алматинской области Казахстана и определении культурально-биохимическими методами наличия в отобранных пробах бактерий рода *Salmonella*. Пробы из окружающей среды и технологических объектов птицефабрики отбирались еженедельно в течение всего календарного года. Всего было отобрано для исследований 5672 пробы, из них 537 проб помёта, 3838 проб смывов, 1024 проб яиц, 181 проб пыли, 43 пробы соломы, 49 проб транспортных ящиков, подстилочной бумаги и картона, используемых для транспортных ящиков. Из исследованных 5672 проб, присутствие бактерий рода *Salmonella* было зафиксировано в 24 пробах (0,5 % от всех исследованных проб). Результаты проведенных исследований показали, что обнаружение бактерий рода *Salmonella* в исследуемых пробах является для птицеводов эффективным методом управления биобезопасностью и позволяет оперативно находить санитарные и зоогигиенические решения в целях предотвращения угроз распространения бактерий рода *Salmonella* на куроводческих объектах. Поэтому усилия птицефабрик по снижению передачи бактерий рода *Salmonella* через куроводческие продукты должны быть реализованы в масштабе Казахстана.

Ключевые слова: *Salmonella*, птицеводство, сельскохозяйственные куры, мониторинг, биобезопасность.

T.V. Melnikova¹, G.A. Bakirova², A.Zh. Izmukan²,
G.Sh. Mussina^{1,2}, G.A. Jamalova^{1,3*}

¹Scientific and Diagnostic Center Animal Expert Group LLP, Almaty, Kazakhstan

²UniVet Research and Production Center LLP, Almaty, Kazakhstan

³Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: g.jamalova@aeg-lab.kz

Monitoring of salmonellosis resistance of industrial chicken farming in Almaty region of Kazakhstan

Salmonellosis is a common digestive infection of the food chain, so it is important to provide biological protection of poultry farms to exclude economic losses and prevent horizontal transfer of *Salmonella* bacteria through chicken products (eggs, meat) to humans. The aim of the study was to conduct comprehensive monitoring and study the resistance of industrial chicken farming in some poultry farms in Almaty region of Kazakhstan to bacteria of the genus *Salmonella*. The research methodology was based on weekly sampling from the environment of poultry farms in Almaty region of Kazakhstan and determination of the presence of bacteria of *Salmonella* genus in the selected samples by culture and biochemical methods. Samples from the technological facilities of poultry farms were taken from the entire calendar year. A total of 5672 samples were collected for testing, including 537 samples of litter, 3838 samples of flushes, 1024 samples of eggs, 181 samples of dust, 43 samples of straw, 49 samples of transport crates, litter paper and cardboard used for transport crates. Of the 5672 samples tested, the presence of *Salmonella* bacteria was recorded in 24 samples (0.5% of all samples tested). The results of

these studies showed that detection of *Salmonella* bacteria in the tested samples is an effective method of biosecurity management for poultry farmers and allows them to quickly find sanitary and zoohygienic solutions in order to prevent the threat of *Salmonella* bacteria in chicken farms. Therefore, the efforts of poultry farms to reduce the transmission of *Salmonella* bacteria through chicken products should be realized on the scale of Kazakhstan.

Key words: *Salmonella*, poultry production, farm chickens, monitoring, biosafety.

Т.В. Мельникова¹, Г.А. Бакирова², А.Ж. Измұқан²,
Г.Ш. Мусина^{1,2}, Г.А. Джамалова^{1,3*}

¹ЖШС «Animal Expert Group ғылыми-диагностикалық орталығы», Алматы қ., Қазақстан

²ЖШС «UniVet ғылыми-өндiрiстiк орталығы», Алматы қ., Қазақстан

³Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: g.jamalova@aeg-lab.kz

Қазақстанның Алматы облысындағы өнеркәсіптік тауық шаруашылығының сальмонеллезге төзімділігін бақылау

Сальмонеллез – бұл қоректік тізбектің кең таралған асқазан-ішек инфекциясы, сондықтан экономикалық шығындарды болдырмау және сальмонелла тұқымдас бактериялардың тауық өнімдері (жұмыртқа, ет) арқылы адамға көлденең тасымалдануын болдырмау үшін құс фабрикаларын биологиялық қорғауды қамтамасыз ету маңызды. Зерттеу мақсаты – Қазақстанның Алматы облысындағы кейбір құс фабрикаларының бірінде өнеркәсіптік тауық өсіру шаруашылығының *Salmonella* тұқымдасының бактерияларына төзімділігін кешенді мониторинг жүргізу және зерттеу. Зерттеу әдістемесі Қазақстанның Алматы облысындағы құс фабрикаларының технологиялық нысандардан апта сайын сынама алуға және іріктелген сынамаларда *Salmonella* тұқымдас бактериялардың болуын мәдени-биохимиялық әдістермен анықтауға негізделген. Қоршаған ортадан және құс фабрикаларының технологиялық қондырғыларынан сынамалар жылдың барлық күнтізбесінде алынды. Зерттеу үшін барлығы 5672 сынама алынды, оның ішінде 537 қоқыс сынамасы, 3838 жуу сынамасы, 1024 жұмыртқа сынамасы, 181 шаң сынамасы, 43 сабан сынамасы, 49 транспорт жәшігінің сынамасы, транспорт жәшіктері үшін пайдаланылатын төсеу қағазы мен картон. Зерттелген 5672 сынаманың ішінде *Salmonella* тектес бактериялардың болуы 24 сынамада тіркелді (зерттелген барлық сынамалардың 0,5%). Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері зерттелетін үлгілерде *Salmonella* тұқымдас бактерияларды анықтау құс өсірушілер үшін биоқауіпсіздікті басқарудың тиімді әдісі болып табылатынын және куроводтық объектілерде *Salmonella* тұқымдас бактериялардың таралу қаупін болдырмау мақсатында санитарлық және зоогигиеналық шешімдерді жедел табуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Сондықтан құс фабрикаларының тауық өнімдері арқылы *Salmonella* бактерияларының таралуын азайтуға бағытталған әрекеттері қазақстандық ауқымда жүзеге асырылуы тиіс.

Түйін сөздер: *Salmonella*, құс шаруашылығы, ферма тауықтары, мониторинг, биоқауіпсіздік.

Введение

Растущий спрос на мясо птиц послужил двигателем для создания высокоэффективных популяций сельскохозяйственных кур с улучшенной продуктивностью [1]. За 30 лет товарная масса бройлеров на 42-й день после вывода увеличилась в 4 раза, а грудных мышц – почти в 2 раза [2], что соответствует увеличению прироста бройлеров на этот период более чем на 400% с одновременным 50%-ным снижением коэффициента конверсии корма [2, 3]. В последнем случае это означает снижение потребности корма примерно на 20 г на кг живого веса [5]. При этом 400 %-ное увеличение прироста массы объясняется на 85–90% генетическим отбором и на 10–15 % – кормлением [6]. Таким образом, между выводом и убоем (42 дня) бройлеры увеличива-

ют свою массу до 60 раз, и их живая масса в 5 раз больше живой массы кур-несушек за этот же период выращивания [7].

Увеличение населением мира потребления мяса и яиц кур привело, с одной стороны, к интенсификации систем куроводства [8], с другой, к повышению эпидемиологических и зоогигиенических требований к содержанию птиц в условиях индустриального куроводства, т.к. птицеводство представляет собой загонные сооружения с плотным содержанием птиц [9]. Интенсивный отбор привел к негативным последствиям в иммунной системе [1], поэтому появление различных вирусных и бактериальных болезней кур представляет собой существенную проблему для птицефабрик, поскольку может привести к значительным экономическим потерям в результате снижения продукции кур (мясо, яйца),

увеличения конверсии корма и высокого уровня смертности. Поэтому птицеводы отрасли ежегодно тратят значительные финансовые ресурсы на профилактические меры [10]. Поддержание в птичниках нужного для кур санитарно-гигиенического микроклимата требует проведения на постоянной основе мониторинга с целью определения устойчивости куроводческого комплекса к инфекционным патогенам, в частности, к бактериям рода *Salmonella*. Известно, что сальмонеллез является распространенной желудочно-кишечной инфекцией пищевой цепи [11], поэтому важно обеспечить биологическую защиту птицефабрик [12], чтобы исключить экономические потери и предотвратить через куроводческую продукцию (яйца, мясо) горизонтальный перенос бактерий рода *Salmonella* человеку [13]. Вот почему актуально проведение плановых научно-производственных мероприятий (еженедельный мониторинг, санитарно-эпидемиологический контроль), направленных на обнаружение бактерий рода *Salmonella* и предотвращение их распространения на птицефабриках.

Исследования по мониторингу устойчивости промышленного куроводства имеют для птицефабрик научно-практическую ценность, т.к. позволяют на постоянной основе проводить мероприятия:

- по совершенствованию существующих мер контроля, обнаружения и передачи патогенных бактерий в среде обитания сельскохозяйственных кур [14];

- по оптимизации методов отбора проб и выявления бактерий рода *Salmonella* на различных этапах технологического куроводческого производства [15].

Цель исследования. Проведение мониторинга устойчивости промышленного куроводства на некоторых птицефабриках Алматинской области Казахстана к бактериям рода *Salmonella*.

Первый этап исследований, основанный на отборе проб, проходил в условиях промышленного куроводства – на некоторых птицефабриках Алматинской области Казахстана, второй, основанный на культурально-биохимических исследованиях, в научно-диагностической микробиологической лаборатории ТОО «НДЦ АЕГ».

Материалы и методы

Для проведения мониторинга устойчивости промышленного куроводства к бактериям рода *Salmonella* на птицефабрике Алматинской области Казахстана, согласно ЕС No 646/2007 [16],

было отобрано для исследования за календарный год 5672 проб. Согласно договорным обязательствам наименования птицефабрик в статье не приводятся.

На птицефабриках еженедельно в течение исследуемого календарного года были отобраны:

1) пробы помёта [17-20]:

- бесподстилочного при напольном содержании сельскохозяйственных кур,

- подстилочного на основе хождения по образцу материала в корпусе птичника в обувных бахилах;

2) пробы смывов стерильно увлажненными ватно-марлевыми тампонами, которые извлекали из пробирок, содержащих среду обогащения (забуференная пептонная вода) в объеме 10^3 см [21];

3) пробы пыли собирали при помощи увлажненных тканевых тампонов [22-24];

4) яйца методом случайного отбора по 30 шт. с партии [24, 25];

5) транспортные ящики; бумага и картон, как подстилочные для транспортных ящиков [16].

Отбор проб осуществляли силами исследовательской группы и заказчиками. В дополнение следует отметить, что условия окружающей среды (температура, влажность, концентрация взвешенных частиц в воздухе) контролируются на птицефабриках в течение всего технологического цикла производства продукции куроводства.

Отобранные пробы доставлялись в лабораторию в течение 2-6 часов [26].

Наличие в отобранных пробах бактерий рода *Salmonella* определялось в микробиологической лаборатории культурально-биохимическими методами, согласно методике, изложенной в СТ РК 3510-2019 [26].

Результаты и их обсуждение

Всемирная организация здравоохранения объявила сальмонеллу, из-за стойкости в окружающей среде и повышенной устойчивости к антибиотикам, высокоприоритетным патогеном первого ряда [27]. Зараженная сальмонеллой куроводческая продукция на 25 % связана со вспышками инфекций пищевого происхождения [28]. Поэтому мониторинг устойчивости промышленного куроводства к сальмонеллезу направлено на обеспечение структурированной модели поддержки процесса принятия решений по вопросам производственной биобезопасности [29]. Так, проведенный анализ Национальных программ ЕС и США по борьбе

с сальмонеллёзом в птицеводстве показал следующее:

1) целью этих Программ является мониторинг и контроль зоонозной сальмонеллезной инфекции в стадах сельскохозяйственных кур промышленного птицеводства в соответствии с принятыми законодательными и нормативными документами:

- в ЕС основным документом по контролю сальмонеллы является регламент Regulation (EC) No 2160/2003 [30], дополнительными – Regulation (EC) No 200/2012 (бройлеры; племенные стада взрослых кур; требования к отбору проб) [17], Regulation (EC) 517/2011 (куры-несушки; требования к отбору проб) [22], 1003/2005 (племенные стада кур) [18], Regulation (EC) No 2019/2035 (инкубаторы) [31], Directive 2009/158/EC (регулирует торговлю птиц и инкубационных яиц) [32]; Regulation (EC) 882/2004 и Regulation (EC) 374/2005 (регулирует ответственность комбикормовых заводов) [33, 34]; Regulation (EC) 852/2004 (анализ воды) [35];

- в США FSIS (служба безопасности и инспекции пищевых продуктов) курирует Программу по обеспечению безопасности, полезности и надлежащей маркировки продуктов из мяса птиц и яиц такими документами, как: FSIS Directive 5100.1 (комплексная методология оценки безопасности пищевых продуктов) [36], FSIS notice 44-22 (отбор проб) [37], FSIS Directive 5000.1, FSIS Directive 5000.2, FSIS-GD-2020-0005, FSIS-GD-2020-0006 и Egg Products FSA Tool VS1 (тестирование яиц и яичных продуктов) [38, 39, 40, 41, 42], FSA Tool VS3, FSIS-GD-2021-0013, FSIS Directive 10250.1 и 6420.5, Guideline ID FSIS-GD-2021-0005, FSA Tool VS3 (тестирование мяса и мясных продуктов птиц) [43, 44, 45, 46, 47, 48];

2) выполнение Программ обеспечивается финансовым инструментом:

- в ЕС имеется документ Commission Decision 2005/636/EC [49], в котором прописаны обязательства ЕС по финансированию Программы в государствах-членах;

- в США для обслуживания FSIS на основе заключенного договора разработаны Требования к микробиологическим лабораториям по выявлению сальмонеллы (MLG 1.02; USDA/FSIS Microbiology Laboratory Guidebook; MLG 3.02; MLG 4.14; MLG 4 Appendix 2.07) [50, 51, 52, 53, 54].

Несмотря на исследовательские усилия и значительные инвестиции по совершенствованию систем управления биобезопасностью в

птицеводстве ни один из методов, применяемых в технологических циклах производства и переработки куроводческой продукции, не является на 100% эффективным в уничтожении видов *Salmonella* [55]. Имеются убедительные доказательства того, что крупные промышленные птицефабрики, повышенная плотность посадки и стресс приводят к увеличению встречаемости, устойчивости и распространения сальмонеллы в бройлерных стадах и стадах кур-несушек [56]. В каждом конкретном случае проблема на птицефабриках дополнительно усложняется локальными условиями [57]. В настоящее время мониторинговые технологии используются в птицеводстве в качестве дополнительных инструментов для получения своевременной информации о возникновении инфекционного очага и принятия своевременных производственных решений по биобезопасности, направленных на предотвращение распространения сальмонеллы на птицефабрике и на снижение рисков экономических потерь [58].

Реализация на промышленных птицеводческих объектах стратегически надежных мер биобезопасности играет ключевую роль в борьбе с распространением сальмонеллы по пищевой цепи [59]. Контроль биобезопасности на промышленных птицеводческих объектах включает в себя контроль требований по чистоте, ветеринарной санитарии и зоогигиене на всех технологических площадках, контроль гигиены сотрудников, контроль процедур дезинфекции между этапами в различных технологических циклах [60], контроль за правильным управлением помёта птиц (подстилочного, бесподстилочного) [61]. Следовательно, жизненно важное значение для ограничения заноса и распространения болезней среди сельскохозяйственных птиц на птицефабриках имеет использование надлежащих дезинфицирующих средств [62], а практика биобезопасности на промышленных птицеводческих объектах является средством предотвращения проникновения, распространения и сохранения патогенов [63]. Поэтому решающее значение для обнаружения инфекционного очага по сальмонеллам и предотвращения их распространения на птицефабриках имеет мониторинг санитарного и гигиенического благополучия [64], эффективности очистки и дезинфекции [65], включающий отбор проб и микробиологические методы обнаружения патогенов [66].

Сальмонелла, как весьма варибельная грамотрицательная факультативно анаэробная бактерия, принадлежащая к семейству

Enterobacteriaceae, является наиболее распространенным патогеном пищевого происхождения во всем мире [67]. Сельскохозяйственные куры считаются основным источником заражения человека *S. enterica* [68]. Чтобы предотвратить горизонтальный перенос бактерий рода *Salmonella* среди сельскохозяйственных кур на птицефабриках следует надлежащим образом проводить эпидемиологический надзор,

профилактику и контроль [69]. Поэтому в исследованиях, в целях мониторинга устойчивости промышленного куроводства Алматинской области Казахстана к сальмонеллёзу, осуществляли контроль эффективности выявления сальмонелл на основе метода отбора проб из птицефабрик (рис.1) и микробиологического метода оценки отобранных 5672 проб в лаборатории [22, 70].

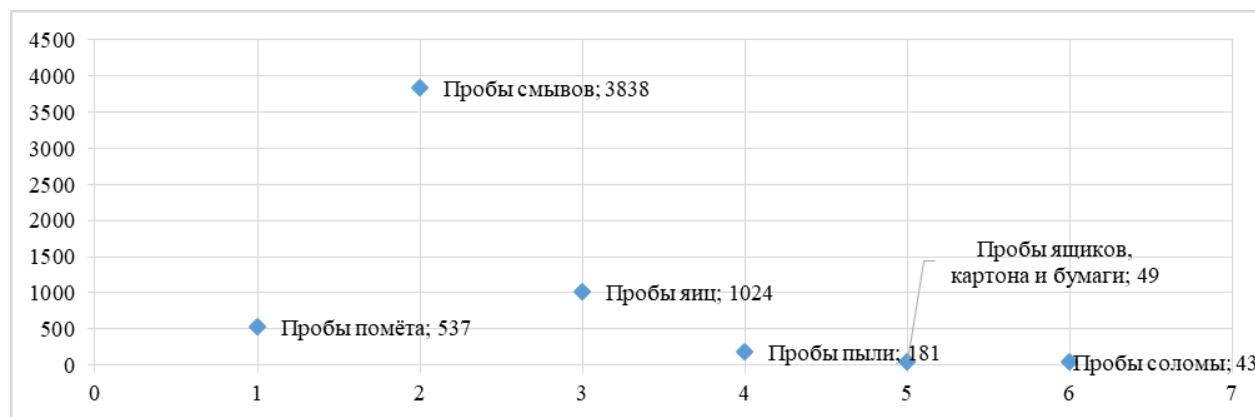


Рисунок 1 – Количество отобранных и исследованных в 2023 г. проб

Как видно из рисунка 1, всего из шести технологических зон отобрано и исследовано 5672 (100 %) пробы, из них: пробы помета 537 (9 %), пробы смывов 3838 (68 %), пробы яиц 1024 (18 %), пробы пыли – 181 (3,2 %), пробы транспортных ящиков, бумаги и картона, как подстилочные для транспортных ящиков – 49 (1 %), пробы соломы – 43 (0,8 %).

Несмотря на наличие в птичниках систем искусственной вентиляции для поддержания здоровья сельскохозяйственных кур, бактерии рода *Salmonella* из помёта могут легко накапливаться и распространяться в воздухе рабочей зоны. Поэтому в исследованиях отбирались пробы бесподстилочного и подстилочного помета.

В таблице 1 дана информация по количеству отобранных и исследованных проб помета на бактерии рода *Salmonella*.

Как видно из таблицы 1, общее количество отобранных и исследованных проб из 35 птичников составило 580, из которых 537 проб отобраны из помёта (216 проб бесподстилочный

помёт, 321 – подстилочный помёт), 43 пробы из нескольких партий соломы, предназначенных для подстилки. Положительный результат на сальмонеллу показали 15 проб помёта (2,8 % от числа отобранных и исследованных проб помёта), из которых 4 пробы были выявлены из бесподстилочного и 11 – из подстилочного помёта. При этом положительный результат был отмечен только в пробах, которые были отобраны исследовательской группой. Для сравнения приводим результат аналогичного исследования, где распространенность сальмонеллы в образцах помета доходило до 61,1% [71].

Как видим, процент обнаружения бактерий рода *Salmonella* в помёте не превышал 2,8, что указывает на строгое соблюдение птицефабриками Алматинской области требований по обеспечению биологической безопасности.

В таблице 2 представлена информация по партиям проб помёта, давших положительные результаты на сальмонеллу в зависимости от сезона года.

Таблица 1 – Количество отобранных и исследованных проб помета на бактерии рода *Salmonella*

№	Помёт	Доставлено	Количество отобранных проб	Результат	
				Отрицательный	Положительный
1	Бесподстилочный	Всего	216	212	4
		Заказчик	-	-	-
		Исследовательская группа	216	212	4
2	Подстилочный	Всего	321	310	11
		Заказчик	32	32	-
		Исследовательская группа	289	278	11
3	Солома, предназначенная для подстилки	Всего	43	43	-
		Заказчик	37	37	-
		Исследовательская группа	6	6	-
Итого			580	565	15

Таблица 2 – Количество отобранных проб помёта и число положительных на бактерии рода *Salmonella* проб в зависимости от партии проб и сезона года

№	Помёт	Месяц	Количество отобранных проб в партии	Результат	
				Отрицательный	Положительный
1	Бесподстилочный	Январь	20	19	1
		Февраль	20	17	3
		Всего	40	36	4
2	Подстилочный	Февраль	65	55	10
		Август	10	09	1
		Всего	75	64	11

Как видно из таблицы 2, в исследуемой партии проб помёта (115 проб), отобранных в январе, феврале и августе, 40 были бесподстилочными и 75 – подстилочными. Все положительные результаты на бактерии рода *Salmonella* были обнаружены:

- по бесподстилочному помёту в январе (1 проба) и феврале (3 пробы);
- по подстилочному помёту, отобранных методом обувных бахил, в феврале (11 проб) и августе (1 проба).

Следовательно, наибольшее количество проб, давших положительный результат на бактерии рода *Salmonella*, было зафиксировано в феврале (13 проб), остальные два – в январе и августе.

Принятые птицеводческим хозяйством меры по биобезопасности уже на следующие месяцы (101 проб в марте, 35 проб в сентябре) показали отсутствие бактерий рода *Salmonella* в исследованных пробах. Поэтому можно заключить, что программа мониторинга позволяет оперативно

принимать решения по биобезопасности в целях ликвидации риска распространения бактерий рода *Salmonella* через помет.

Регулярная дезинфекция в птичниках является ключевой ветеринарной санитарно-гигиенической мерой, обеспечивающий предотвращение передачи зоонозных инфекционных агентов в производственном цикле [72].

Мониторинг птицефабрик на наличие бактерий рода *Salmonella* [73]:

- помогает выявлять зараженные объекты и куроводческие продукты, и предотвращает их попадание к потребителям, снижая риск вспышек и защищая здоровье населения;
- позволяет разработать мероприятия для улучшения процедур дезинфекции в период конкретного производственного цикла.

Поэтому в целях предотвращения переноса бактерий рода *Salmonella* между стадами сельскохозяйственных кур через последовательные технологические циклы, отбирались пробы

смывов после очистки и дезинфекции производственных комплексов и технических средств (таблица 3), а также проб смывов с гнёзд, яйцесборной ленты, яйцесклада, с поверхности инку-

бационных и пищевых яиц (таблица 4, 5), смывов с персонала птицефабрик, обслуживающих кур на разных производственных площадках (таблица 6).

Таблица 3 – Количество отобранных и исследованных проб смывов из корпусов и с технических средств на бактерии рода *Salmonella*

№	Вид смывов	Доставлено	Количество отобранных проб	Результат	
				Отрицательный	Положительный
1	Из корпусов после дезинфекции	Всего	1062	1062	-
		Заказчик	793	793	-
		Исследовательская группа	269	269	-
2	С технических средств	Всего	636	636	-
		Заказчик	582	582	-
		Исследовательская группа	54	54	-
	Итого	Всего	1638	1638	-
		Заказчик	1375	1375	-
		Исследовательская группа	263	263	-

Как видно из таблицы 3, все исследованные пробы (1638) дали отрицательный результат на бактерии рода *Salmonella*. Отдельно следует отметить об исследованиях смывов с корпусов после дезинфекции (1062 пробы). Полученные результаты свидетельствуют о том, что микро-

биологический метод оценки, во-первых, указывает на общий успех процедур дезинфекции и, во-вторых, выступает в качестве меры контроля для подтверждения эффективности применяемых дезинфицирующих средств на исследуемых птицеводческих объектах.

Таблица 4 – Количество отобранных и исследованных проб смывов на бактерии рода *Salmonella* с гнёзд, яйцесборной ленты, яйцесклада, с поверхности инкубационных и пищевых яиц

№	Вид смывов	Доставлено	Количество отобранных проб	Результат	
				Отрицательный	Положительный
1	С гнёзд	Всего	22	22	-
		Заказчик	-	-	-
		Исследовательская группа	22	22	-
2	С яйцесборной ленты	Всего	310	303	7
		Заказчик	-	-	-
		Исследовательская группа	310	303	7
3	С яйцесклада	Всего	1673	1673	-
		Заказчик	4	4	-
		Исследовательская группа	1669	1669	-
4	С поверхности инкубационных яиц	Всего	95	95	-
		Заказчик	-	-	-
		Исследовательская группа	95	95	-

Продолжение таблицы

№	Вид смывов	Доставлено	Количество отобранных проб	Результат	
				Отрицательный	Положительный
5	С поверхности пищевых яиц	Всего	34	34	-
		Заказчик	-	-	-
		Исследовательская группа	34	34	-
	Итого	Всего	2134	2127	7
		Заказчик	4	4	-
		Исследовательская группа	2133	2126	7

Как видно из таблицы 4, всего за отчетный период отобрано 2134 пробы, из них 2130 проб были отобраны силами исследовательской группы. При этом положительные результаты на бактерии рода *Salmonella* показали 7 проб смывов, полученных с яйцесборной ленты (0,4 % от исследованных проб).

В таблице 5 представлена информация по партиям проб смывов с яйцесборной ленты, давших положительные результаты на бактерии рода *Salmonella* в зависимости от сезона года.

Как видно из таблицы 5, всего было отобрано в интервале двух месяцев (февраль, март) 63 пробы смывов с яйцесборной ленты, из них 35

проб были отобраны в феврале и 28 – в марте. Наибольший положительный результат на бактерии рода *Salmonella* по смывам с яйцесборной ленты был выявлен в феврале месяце (5 проб или 14,3 % от 35 исследованных проб), тогда как в марте – 2 пробы из 28 дали положительный на бактерии рода *Salmonella* результат.

Из таблицы 6 видим, что исследованные пробы смывов с персонала исследуемых птицефабрик Алматинской области показали отсутствие бактерий рода *Salmonella*. Полученный результат свидетельствует об исполнении сотрудниками исследуемых птицефабрик всех требуемых мер по обеспечению санитарной гигиены и биобезопасности.

Таблица 5 – Количество отобранных проб смывов и число положительных на сальмонеллу проб в зависимости от сезона года

Вид исследуемой пробы	Месяц	Количество отобранных проб	Результат	
			Отрицательный	Положительный
Смывы с яйцесборной ленты	Февраль	35	30	5
	Март	28	26	2
	Итого	63	56	7

Таблица 6 – Количество отобранных и исследованных проб смывов с персонала на бактерии рода *Salmonella*

Смывы	Количество отобранных проб	Результат	
		Отрицательный	Положительный
С персонала	66	66	-

В таблице 7 даны результаты, полученные при исследовании проб пыли, которые были отобраны из различных производственных корпусов исследуемых птицефабрик на бактерии рода *Salmonella*.

Интерпретируя данные таблицы 7 можно отметить, что из 181 пробы пыли положительные результаты на сальмонеллу показали 2 пробы, отобранные в феврале (1 проба из партии, включающей 20 проб) и марте (1 проба из партии, включающей 13 проб).

Таблица 7 – Количество исследованных на бактерии рода *Salmonella* проб пыли, отобранных из корпусов птицефабрик

Вид исследуемой пробы	Количество отобранных проб	Результат	
		Отрицательный	Положительный
Пробы пыли	181	181	2

Следует отметить, что наибольший риск распространения бактерий рода *Salmonella* на исследуемых птицефабриках, согласно данным, представленных в таблицах 2, 5 и 7, был зафиксирован в феврале 2023 г., но оперативно принятые на предприятиях мероприятия по биобезопасности сельскохозяйственных кур позволили оперативно устранить риск распространения инфекции.

В таблице 8 представлены данные по количеству отобранных и исследованных на сальмонеллу транспортных ящиков, бумаги и картона, используемых как подстилочные для транспортных ящиков.

Как видно из таблицы 8, все пробы, доставленные заказчиками из исследуемых птицефабрик, показали при микробиологическом исследовании отсутствие бактерий рода *Salmonella*.

Таблица 8 – Количество исследованных на бактерии рода *Salmonella* проб, доставленных заказчиками из птицефабрик

№	Вид исследуемой пробы	Количество доставленных проб	Результат	
			Отрицательный	Положительный
1	Транспортные ящики	4	4	-
2	Подстилочный картон, используемый для транспортного ящика	36	36	-
3	Подстилочная бумага, используемая для транспортного ящика	9	9	-
	Итого	49	49	-

Таблица 9 – Количество отобранных и исследованных проб куриных яиц на бактерии рода *Salmonella*

№	Вид исследуемой пробы	Количество исследованных проб	Результат	
			Отрицательный	Положительный
1	Яйца куриные	1024	1024	-

В таблице 9 показаны данные по результатам исследования проб куриных яиц. Как видно из таблицы, все исследованные куриные яйца показали отрицательный, на бактерии рода *Salmonella*, результат.

Как показывают данные таблиц 1-9, наличие бактерий рода *Salmonella* контролируется на исследуемых птицефабриках Алматинской области еженедельным мониторингом окружающей среды, технологических площадок и производственных объектов методами отбора проб с последующим микробиологическим методом исследования в научно-производственной лаборатории. При изучении эффек-

тивности описанных в научной литературе и нормативных документах процедур для выявления бактерий рода *Salmonella* на птицеводческих объектах, наиболее достоверные результаты показывают пробы, отобранные из технологических площадок и объектов окружающей среды [74, 75].

Т.о., исследованные птицефабрики Алматинской области ведут строгий контроль за ветеринарно-санитарным и гигиеническим состоянием производственных объектов на основе проведения планового еженедельного мониторинга методами отбора проб и микробиологических исследований.

Заключение

Результаты проведенных исследований подтверждают, что отобранные из птицефабрик пробы для обнаружения бактерий рода *Salmonella* могут служить индикаторами санитарно-ветеринарного и зоогигиенического благополучия производственных объектов.

Из исследованных на присутствие бактерий рода *Salmonella* 5672 проб (100 %), только в 24 (0,5 %) обнаружены сальмонеллы. Из 24 проб, показавших наличие сальмонелл, наибольшее количество содержалось в подстилочном помёте (11 проб), среднее – в смывах с яйцесборной ленты (7 проб) и бесподстилочном помёте (4 пробы), меньшее количество сальмонелл обнаружено в пробах пыли (2 пробы). С учетом сезона года больше всего было выявлено в феврале (19 проб), остальные 5 проб были обнаружены в январе (1 проба), марте (3 пробы) и августе (1 проба).

Таким образом, из 24 проб, давших положительные результаты на бактерии рода *Salmonella*, пробы помёта имели значительно более высокую ($P < 0,01$) долю образцов, положительных на бактерии рода *Salmonella* (45,9 %), чем пробы пыли (8,4 %).

Выводы:

1 Плановый мониторинг по обнаружению бактерий рода *Salmonella* в исследуемых пробах

является для птицеводов эффективным методом управления биобезопасностью и позволяет, при положительных показателях, оперативно находить решения по предотвращению угроз распространения бактерий рода *Salmonella* на промышленных куроводческих объектах.

2 Проведенный в 2023 г. мониторинг некоторых птицефабрик Алматинской области показал устойчивость промышленного куроводства в исследуемом регионе к бактериям рода *Salmonella*, т.к. из исследованных 5672 проб (100 %) только в 24 пробах (0,5 %) были обнаружены бактерии рода *Salmonella*. Результаты исследований свидетельствуют, что на крупных промышленных куроводческих объектах Алматинской области Казахстана приняты стратегически надежные меры биобезопасности в борьбе с распространением сальмонеллы среди сельскохозяйственных кур.

Источник финансирования

Работа финансировалась ТОО «Научно-производственный центр UniVet» (договор № 01 от 06.03.2023 г.) по программе исследований на базе ТОО «Научно-диагностический центр Animal Expert Group» (номер гос. регистрации 0123РКД0014 от 27.03.2023 г. НЦГНТЭ РК).

Авторы не имеют конфликта интересов.

Литература

- 1 Korver D.R. Review: Current challenges in poultry nutrition, health, and welfare, Animal // Selected keynote lectures of the 73rd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science Porto. -2023. -vol.17. -P.100755. doi.org/10.1016/j.animal.2023.100755
- 2 Zuidhof M.J., Schneider B.L., Carney V.L., Korver D.R., Robinson F.E. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005 (2014). // Poult Sci. -2014. -Vol.93. -P.2970–82. https://doi.org/10.3382/ps.2014-04291
- 3 Iwasaki T., Watanabe T., Hasegawa Y., Hosotani M., Kawasaki T. Nutrition During the Early Rearing Period Affects the Incidence of Wooden Breasts in Broilers // J Poult Sci. -2021. -Vol.58(3). -P.177-185. https://doi.org/10.2141/jpsa.0200034
- 4 Zerjal T., Härtle S., Gourichon D. et al. Assessment of trade-offs between feed efficiency, growth-related traits, and immune activity in experimental lines of layer chickens // Genet Sel Evol. -2021. -vol.53. -P.44. https://doi.org/10.1186/s12711-021-00636-z
- 5 Neeteson A.M., Avendaño S., Koerhuis A., Duggan B., Souza E., Mason J., Ralph J., Rohlf P., Burnside T., Kranis A. Evolutions in Commercial Meat Poultry Breeding // Animals. -2023. -Vol.13(19). -P.3150. https://doi.org/10.3390/ani13193150
- 6 Havenstein G. B., P. R. Ferket, M. A. Qureshi. “Growth, Livability, and Feed Conversion of 1957 versus 2001 Broilers When Fed Representative 1957 and 2001 Broiler Diets.” // Poultry Science. -2003. -Vol.85. -P.1500–1508. https://doi.org/10.1093/ps/82.10.1500
- 7 Buzala M., Janicki B. Effects of different growth rates in broiler breeder and layer hens on some productive traits // Poultry Science. -2016. -Vol.95. -Issue 9. -P.2151-2159. https://doi.org/10.3382/ps/pew173
- 8 Rushton J., Bruce M. Using a One Health approach to assess the impact of parasitic disease in livestock: How does it add value? // Parasitology. -2017. -T.144. -P.15–25. https://doi.org/10.1017/S0031182016000196
- 9 Gomes B., Pena P., Cervantes R., Dias M., Viegas C. Microbial Contamination of Bedding Material: One Health in Poultry Production // International Journal of Environmental Research and Public Health. -2022. -Vol.19(24). -P.16508. https://doi.org/10.3390/ijerph192416508
- 10 Fagrach A., Arbani O., Karroute O., El-Ftouhy F.Z., Kichou F., Bouslikhane M., Fellahi S. Prevalence of major infectious diseases in backyard chickens from rural markets in Morocco // Vet World. -2023. -Vol.16(9). -P.1897-1906. https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1897-1906

- 11 Lamichhane B., Mawad AM.M., Saleh M., Kelley W.G., Harrington P.J. II, Lovestad C.W., Amezcua J., Sarhan M.M., El Zowalaty M.E., Ramadan H. et al. Salmonellosis: An Overview of Epidemiology, Pathogenesis, and Innovative Approaches to Mitigate the Antimicrobial Resistant Infections // *Antibiotics*. -2024. -vol.13(1). -P.76. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13010076>
- 12 Eguale T. Non-typhoidal *Salmonella* serovars in poultry farms in central Ethiopia: prevalence and antimicrobial resistance // *BMC Vet Res*. -2018. -Vol.14. -P.217. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1539-4>
- 13 References EFSA and ECDC (European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control). The European Union One Health 2020 Zoonoses Report. *EFSA J*. -2021. -Vol.19. -P.6971.
- 14 Grace D., Knight-Jones T.J.D, Melaku A., Alders R., Jemberu W.T. The Public Health Importance and Management of Infectious Poultry Diseases in Smallholder Systems in Africa // *Foods*. -2024. -Vol.13(3). -P.411. <https://doi.org/10.3390/foods13030411>
- 15 Nguyen M.M., Gil J., Brown M. Accurate and sensitive detection of *Salmonella* in foods by engineered bacteriophages // *Sci Rep*. -2020. -Vol.10. -P.17463. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74587-8>
- 16 Commission Regulation (EC) No 646/2007 of 12 June 2007 implementing Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council as regards a Community target for the reduction of the prevalence of *Salmonella enteritidis* and *Salmonella typhimurium* in broilers and repealing Regulation (EC) No 1091/2005 (Text with EEA relevance). Select: 1. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32007R0646>
- 17 Commission Regulation (EU) No 200/2012 of 8 March 2012 concerning a Union target for the reduction of *Salmonella enteritidis* and *Salmonella typhimurium* in flocks of broilers, as provided for in Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council Text with EEA relevance. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:071:0031:0036:EN:PDF>
- 18 Commission Regulation (EC) No 1003/2005 of 30 June 2005 implementing Regulation (EC) No 2160/2003 as regards a Community target for the reduction of the prevalence of certain *salmonella* serotypes in breeding flocks of *Gallus gallus* and amending Regulation (EC) No 2160/2003. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32005R1003>
- 19 Commission Regulation (EC) No 213/2009 of 18 March 2009 amending Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council and Regulation (EC) No 1003/2005 as regards the control and testing of *Salmonella* in breeding flocks of *Gallus gallus* and turkeys. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex:32009R0213>
- 20 Commission Regulation (EC) No 1688/2005 of 14 October 2005 implementing Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council as regards special guarantees concerning salmonella for consignments to Finland and Sweden of certain meat and eggs. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32005R1688>
- 21 СТБ ISO 18593-2012 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальные методы отбора проб с поверхности с использованием контактных чашек и тампонов на аппликаторах»
- 22 Commission Regulation (EU) No 517/2011 of 25 May 2011 implementing Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council as regards a Union target for the reduction of the prevalence of certain *Salmonella* serotypes in laying hens of *Gallus gallus* and amending Regulation (EC) No 2160/2003 and Commission Regulation (EU) No 200/2010. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex:32011R0517>
- 23 Commission Regulation (EU) 2019/268 of 15 February 2019 amending Regulations (EU) No 200/2010, (EU) No 517/2011, (EU) No 200/2012 and (EU) No 1190/2012 as regards certain methods for *Salmonella* testing and sampling in poultry. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R0268>
- 24 Методическое указание. Лабораторная диагностика сальмонеллезов человека и животных, обнаружение сальмонелл в кормах, продуктах питания и объектах внешней среды. Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии Минздрава СССР. -1990. -59 с.
- 25 ГОСТ ISO/TS 17728-2017 «Микробиология пищевой цепи. Методы отбора проб пищевой продукции и кормов для микробиологического анализа».
- 26 СТ ПК 3510-2019 Методы лабораторной диагностики сальмонеллёза.
- 27 Thames H. T., Sukumaran A. T. A review of *Salmonella* and *Campylobacter* in broiler meat: Emerging challenges and food safety measures // *Foods*. -2020. -Vol.9(6). -P.776. <https://doi.org/10.3390/foods9060776>
- 28 Akil L., Ahmad H. A. Quantitative risk assessment model of human Salmonellosis resulting from consumption of broiler chicken // *Diseases*. -2019. -Vol.7(1). -P.19. <https://doi.org/10.3390/diseases7010019>
- 29 Eduardo C. T., Claudia T. H. G. Using Risk–Benefit Analysis to Control *Salmonella* in Chicken Meat // *Food Quality and Safety*. -2021. -Vol. 5. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyab027>
- 30 Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council of 17 November 2003 on the control of *salmonella* and other specified food-borne zoonotic agents.
- 31 Commission Delegated Regulation (EU) 2019/2035 of 28 June 2019 supplementing Regulation (EU) 2016/429 of the European Parliament and of the Council as regards rules for establishments keeping terrestrial animals and hatcheries, and the traceability of certain kept terrestrial animals and hatching eggs (Text with EEA relevance).
- 32 Council Directive 2009/158/EC of 30 November 2009 on animal health conditions governing intra-Community trade in, and imports from third countries of, poultry and hatching eggs (Codified version) (Text with EEA relevance).
- 33 Regulation (EC) No 882/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on official controls performed to ensure the verification of compliance with feed and food law, animal health and animal welfare rules.
- 34 Council Regulation (EC) No 374/2005 of 28 February 2005 amending Regulation (EC) No 2007/2000 introducing exceptional trade measures for countries and territories participating in or linked to the European Union's stabilisation and association process.
- 35 Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs.

- 36 FSIS Directive 5100.1 Food Safety Assessment Methodology URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-07/5100.1.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 37 FSIS notice 44-22 Revised young chicken carcass exploratory sampling program. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/44-22.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 38 FSIS Directive 5000.1 Verifying an establishment's food safety system URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/5000.1.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 39 FSIS Directive 5000.2 Review of establishment testing data by inspection program personnel URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-07/5000.2.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 40 FSIS-GD-2020-0005 FSIS Food Safety Guideline for Egg Products URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-05/FSIS-GD-2020-0005.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 41 FSIS-GD-2020-0006 Egg Products Hazards and Controls Guide URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-01/egg-products-hazards-controls-guide.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 42 Egg Products FSA Tool VS1. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/Food-Safety-Assessments-Tools-Egg.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 43 Poultry Products FSA Tool VS3. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/Food-Safety-Assessments-Tools-Poultry.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 44 FSIS-GD-2021-0013 FSIS Stabilization Guideline for Meat and Poultry Products. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-12/Appendix-B.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 45 FSIS Directive 10250.1 Sampling instructions: *Salmonella* and campylobacter verification program for raw poultry products URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-03/10250.1_0.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 46 FSIS Directive 6420.5 Verifying poultry slaughter establishments maintain adequate procedures for preventing contamination with feces and enteric pathogens URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-07/6420.5.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 47 Guideline ID FSIS-GD-2021-0005 FSIS Guideline for Controlling Salmonella in Raw Poultry URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-07/FSIS-GD-2021-0005.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 48 Ready-to-Eat (RTE) Processed Products FSA Tool VS3. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/Food-Safety-Assessments-Tools-Poultry.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 49 CD: 2005/636/EC: Commission Decision of 1 September 2005 concerning a financial contribution by the Community towards a baseline survey on the prevalence of *Salmonella* spp. in broiler flocks of Gallus gallus to be carried out in the Member States (notified under document number C (2005) 3276).
- 50 MLG 1.02. FSIS Laboratory System Introduction, Method Performance Expectations, and Sample Handling for Microbiology. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/MLG_1.02.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 51 USDA/FSIS Microbiology Laboratory Guidebook. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-03/MLG-2.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 52 MLG 3.02: Quantitative Analysis of Bacteria in Foods as Sanitary Indicators. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-03/MLG-3.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 53 MLG 4.14. Isolation and Identification of *Salmonella* from Meat, Poultry, Pasteurized Egg, Siluriformes (Fish) Products and Carcass and Environmental Sponges URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/MLG-4.14.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 54 MLG 4 Appendix 2.07. Flow Chart Specific for FSIS Laboratory Isolation and Identification of Salmonella URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/MLG-4-Appendix-2.07.pdf (дата обращения: 29.04.2024).
- 55 Velhner M., Milanov D., Kozoderović G. *Salmonella* spp. in poultry: a constant challenge and new insights // Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society. -2018. -Vol.69(2). -P.899–910. <https://doi.org/10.12681/jhvms.18012>
- 56 Daniel D., Pavel E. H., Diana Z. V., Miguel A. Ch, Arnulfo M., Francisco A. M., Adrian C., Vianney F., Rene R., Soila M. G., Francisco J., Prevalence, main serovars and anti-microbial resistance profiles of non-typhoidal *Salmonella* in poultry samples from the Americas: A systematic review and meta-analysis // Transboundary and Emerging Diseases. -2021. -Vol.69. -P.2544-2558. <https://doi.org/10.1111/tbed.14362>
- 57 Baker M., Zhang X., Maciel-Guerra A. Convergence of resistance and evolutionary responses in *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* co-inhabiting chicken farms in China // Nat Commun. -2024. -Vol.15. -P.206. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44272-1>
- 58 Ruvalcaba-Gómez J.M., Villagrán Z., Valdez-Alarcón J.J., Martínez-Núñez M., Gomez-Godínez L.J., Ruesga-Gutiérrez E., Anaya-Esparza L.M., Arteaga-Garibay R.I., Villarruel-López A. Non-Antibiotics Strategies to Control *Salmonella* Infection in Poultry // Animals (Basel). -2022. -Vol.12(1). -P.102. <https://doi.org/10.3390/ani12010102>
- 59 Fraser R.W., Williams N.T., Powell L.F., Cook A. Reducing Campylobacter and salmonella infection: Two studies of the economic cost and attitude to adoption of on-farm biosecurity measures // Zoonoses Public Health. -2010. -Vol.57. -P.e109–e115. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2009.01295.x>
- 60 Gosling R.J., Martelli F., Wintrip A., Sayers A.R., Wheeler K., Davies R.H. Assessment of producers' response to Salmonella biosecurity issues and uptake of advice on laying hen farms in England and Wales // Br. Poult. Sci. -2014. -Vol.55. -P.559–568. <https://doi.org/10.1080/00071668.2014.949620>
- 61 Volkova V.V., Wills R.W., Hubbard S.A., Magee D.L., Byrd J.A., Bailey R.H. Risk factors associated with detection of *Salmonella* in broiler litter at the time of new flock placement // Zoonoses Public Health. -2011. -Vol.58. -P.158–168. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2009.01323.x>

- 62 Abdulghaffar T.A., El Bahgy H.E. Effect of some disinfectants on some pathogenic microorganisms isolated from poultry farm // *Benha Vet. Med. J.* -2016. -Vol.31. -P.154–158. <https://doi.org/10.21608/bvmj.2016.31243>
- 63 Delpont M., Salazar L. G., Dewulf J., Zbikowski A., Szeleszczuk P., Dufay-Lefort Anne-Christine, Rousset N., Spaans A., Amalraj A., Tilli G., Piccirillo A., Devesa A., Sevilla-Navarro S., van Meirhaege H., Kovács L., Józwiak Á. B., Guérin Jean-Luc, Paul M. C. Monitoring biosecurity in poultry production: an overview of databases reporting biosecurity compliance from seven European countries // *Frontiers in Veterinary Science.* -2023. -Vol.10. | <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1231377>
- 64 Eid S., Hassan H.M., Al-Atfeehy N.M., Selim K.M., El Oksh A.S. Composting: A biosecurity measure to maximize the benefit of broilers' litter // *Anim. Res.* -2023. -Vol.10. -P.458–468. <https://doi.org/10.5455/javar.2023.j699>
- 65 Vaillancourt J. P., Racicot M., Delpont M. Improving biosecurity in poultry flocks In: De Wit, editor. *Optimising poultry flock health.* Cambridge, United Kingdom: Burleigh Dodds Science Publishing. -2022. -P.107–48.
- 66 Shaji S., Selvaraj R.K., Shanmugasundaram R. Salmonella Infection in Poultry: A Review on the Pathogen and Control Strategies // *Microorganisms.* -2023. -Vol.11(11). -P.2814. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11112814>
- 67 Shinohara N.K.S., Barros V.B.D., Jimenez S.M.C., Machado E.D.C.L., Dutra R.A.F., Lima Filho J.L.D. *Salmonella spp.*, importante agente patogênico veiculado em alimentos // *Ciênc. Saúde Colet.* -2008. -Vol.13. -P.1675–1683. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232008000500031>
- 68 Elsayed M.M., El-Basrey Y.F.H., El-Baz A.H., Dowidar H.A., Shami A., Al-Saeed F.A., Alsamghan A., Salem H.M., Al-hazmi W.A., El-Tarabily K.A., Khedr M.H.E. Ecological prevalence, genetic diversity, and multidrug resistance of *Salmonella enteritidis* recovered from broiler and layer chicken farms // *Poult Sci.* -2024. -Vol.103(2). -P.103320. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103320>
- 69 Nabil N.M., Tawakol M.M., Samir A. et al. Synergistic influence of probiotic and florfenicol on embryonic viability, performance, and multidrug-resistant *Salmonella Enteritidis* in broiler chickens // *Sci Rep.* -2023. -Vol.13. -P.9644. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36238-6>
- 70 Закон Республики Казахстан от 10.07.2002 г. № 339-III «О ветеринарии»
- 71 Alan G., Jaysankar De, Keith R. Sch., Prevalence, Concentration, and Antimicrobial Resistance Profiles of *Salmonella* Isolated from Florida Poultry Litter // *Journal of Food Protection.* -2020. -Vol. 83. -Issue 12. -P. 2179-2186. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-215>
- 72 Mateus-Vargas R.H., Butenholz K., Volkmann N., Sürrie C., Kemper N., Schulz J. Boot Swabs to Evaluate Cleaning and Disinfection Success in Poultry Barns // *Agriculture.* -2022. -Vol.12(1). -P.57. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010057>
- 73 Münster P., Pöppel L., Antakli A., Müller-Doblies D., Radko D., Kemper N. The Detection of *Salmonella Enteritidis* on German Layer Farms after Cleaning and Disinfection // *Animals.* -2023. -Vol.13(16). -P.2588. <https://doi.org/10.3390/ani13162588>
- 74 Pacholewicz E., Wisselink H.J., Koene MG.J., van der Most M., Gonzales J.L. Environmental Sampling Methods for Detection of Salmonella Infections in Laying Hens: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Microorganisms.* -2023. -Vol.11(8). -P.2100. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11082100>
- 75 Carrique-Mas J.J., Davies R.H. Sampling and bacteriological detection of Salmonella in poultry and poultry premises: a review // *Rev Sci Tech.* -2008. -Vol.27(3). -P.665-77. <https://doi.org/10.20506/rst.27.3.1829>

References

1. Abdulghaffar T.A., El Bahgy H.E. (2016) Effect of some disinfectants on some pathogenic microorganisms isolated from poultry farm. *Benha Vet. Med*, vol. 31. p. 154–158. <https://doi.org/10.21608/bvmj.2016.31243>
2. Akil L., Ahmad H. A. (2019) Quantitative risk assessment model of human Salmonellosis resulting from consumption of broiler chicken. *Diseases*, vol.7(1), p.19. <https://doi.org/10.3390/diseases7010019>
3. Alan G., Jaysankar De, Keith R. Sch. (2020) Prevalence, Concentration, and Antimicrobial Resistance Profiles of Salmonella Isolated from Florida Poultry Litter. *Journal of Food Protection*, vol. 83, Issue 12, p. 2179-2186. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-215>
4. Baker M., Zhang X., Maciel-Guerra A. (2024) Convergence of resistance and evolutionary responses in *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* co-inhabiting chicken farms in China. *Nat Commun*, vol.15, p. 206. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44272-1>
5. Buzala M., Janicki B. (2016) Effects of different growth rates in broiler breeder and layer hens on some productive traits. *Poultry Science*, vol.95. Issue 9. P.2151-2159. <https://doi.org/10.3382/ps/pew173>
6. Carrique-Mas J.J., Davies R.H. (2008) Sampling and bacteriological detection of Salmonella in poultry and poultry premises: a review, *Rev Sci Tech*, vol.27(3), p. 665-77. <https://doi.org/10.20506/rst.27.3.1829>
7. CD: 2005/636/EC: Commission Decision of 1 September 2005 concerning a financial contribution by the Community towards a baseline survey on the prevalence of *Salmonella* spp. in broiler flocks of *Gallus gallus* to be carried out in the Member States (notified under document number C (2005) 3276).
8. Commission Delegated Regulation (EU) 2019/2035 of 28 June 2019 supplementing Regulation (EU) 2016/429 of the European Parliament and of the Council as regards rules for establishments keeping terrestrial animals and hatcheries, and the traceability of certain kept terrestrial animals and hatching eggs (Text with EEA relevance).
9. Commission Regulation (EC) No 1003/2005 of 30 June 2005 implementing Regulation (EC) No 2160/2003 as regards a Community target for the reduction of the prevalence of certain salmonella serotypes in breeding flocks of *Gallus gallus* and amending Regulation (EC) No 2160/2003. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32005R1003>
10. Commission Regulation (EC) No 1688/2005 of 14 October 2005 implementing Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council as regards special guarantees concerning salmonella for consignments to Finland and Sweden of certain meat and eggs. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:32005R1688>

11. Commission Regulation (EC) No 213/2009 of 18 March 2009 amending Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council and Regulation (EC) No 1003/2005 as regards the control and testing of Salmonella in breeding flocks of Gallus gallus and turkeys. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex:32009R0213>
12. Commission Regulation (EC) No 646/2007 of 12 June 2007 implementing Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council as regards a Community target for the reduction of the prevalence of Salmonella enteritidis and Salmonella typhimurium in broilers and repealing Regulation (EC) No 1091/2005 (Text with EEA relevance). Select: 1. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32007R0646>
13. Commission Regulation (EU) 2019/268 of 15 February 2019 amending Regulations (EU) No 200/2010, (EU) No 517/2011, (EU) No 200/2012 and (EU) No 1190/2012 as regards certain methods for Salmonella testing and sampling in poultry. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R0268>
14. Commission Regulation (EU) No 200/2012 of 8 March 2012 concerning a Union target for the reduction of Salmonella enteritidis and Salmonella typhimurium in flocks of broilers, as provided for in Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council Text with EEA relevance. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:071:0031:0036:EN:PDF>
15. Commission Regulation (EU) No 517/2011 of 25 May 2011 implementing Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council as regards a Union target for the reduction of the prevalence of certain Salmonella serotypes in laying hens of Gallus gallus and amending Regulation (EC) No 2160/2003 and Commission Regulation (EU) No 200/2010. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex:32011R0517>
16. Council Directive 2009/158/EC of 30 November 2009 on animal health conditions governing intra-Community trade in, and imports from third countries of, poultry and hatching eggs (Codified version) (Text with EEA relevance).
17. Council Regulation (EC) No 374/2005 of 28 February 2005 amending Regulation (EC) No 2007/2000 introducing exceptional trade measures for countries and territories participating in or linked to the European Union's stabilisation and association process.
18. Daniel D., Pavel E. H., Diana Z. V., Miguel A. Ch, Arnulfo M., Francisco A. M., Adrian C., Vianney F., Rene R., Soila M. G., Francisco J. (2021) Prevalence, main serovars and anti-microbial resistance profiles of non-typhoidal Salmonella in poultry samples from the Americas: A systematic review and meta-analysis. *Transboundary and Emerging Diseases*, vol.69, p. 2544-2558. <https://doi.org/10.1111/tbed.14362>
19. Delpont M., Salazar L. G., Dewulf J., Zbikowski A., Szeleszczuk P., Dufay-Lefort Anne-Christine, Rousset N., Spaans A., Amalraj A., Tilli G., Piccirillo A., Devesa A., Sevilla-Navarro S., van Meirhaege H., Kovács L., Józwiak Á. B., Guérin Jean-Luc, Paul M. C. (2023) Monitoring biosecurity in poultry production: an overview of databases reporting biosecurity compliance from seven European countries. *Frontiers in Veterinary Science*, vol.10, <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1231377>
20. Eduardo C. T., Claudia T. H. G. (2021) Using Risk-Benefit Analysis to Control Salmonella in Chicken Meat. *Food Quality and Safety*, vol. 5. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyab027>
21. Egg Products FSA Tool VS1. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/Food-Safety-Assessments-Tools-Egg.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
22. Eguale T. (2018) Non-typhoidal Salmonella serovars in poultry farms in central Ethiopia: prevalence and antimicrobial resistance. *BMC Vet Res*, vol.14, p.217. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1539-4>
23. Eid S., Hassan H.M., Al-Atfeehy N.M., Selim K.M., El Oksh A.S. (2023) Composting: A biosecurity measure to maximize the benefit of broilers' litter. *Anim. Res*, vol.10, p. 458–468. <https://doi.org/10.5455/javar.2023.j699>
24. Elsayed M.M., El-Basrey Y.F.H, El-Baz A.H., Dowidar H.A., Shami A., Al-Saeed F.A., Alsamghan A., Salem H.M., Alhazmi W.A., El-Tarabily K.A., Khedr M.H.E. (2024) Ecological prevalence, genetic diversity, and multidrug resistance of Salmonella enteritidis recovered from broiler and layer chicken farms. *Poult Sci*, vol.103(2), p. 103320. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103320>
25. Fagrach A., Arbani O., Karroute O., El-Ftouhy F.Z., Kichou F., Bouslikhane M., Fellahi S. (2023) Prevalence of major infectious diseases in backyard chickens from rural markets in Morocco. *Vet World*, vol.16(9), p.1897-1906. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.1897-1906>
26. Fraser R.W., Williams N.T., Powell L.F., Cook A. (2010) Reducing Campylobacter and salmonella infection: Two studies of the economic cost and attitude to adoption of on-farm biosecurity measures // *Zoonoses Public Health*, vol.57, p. e109–e115. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2009.01295.x>
27. FSIS Directive 10250.1 Sampling instructions: Salmonella and campylobacter verification program for raw poultry products URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-03/10250.1_0.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
28. FSIS Directive 5000.1 Verifying an establishment's food safety system URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/5000.1.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
29. FSIS Directive 5000.2 Review of establishment testing data by inspection program personnel URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-07/5000.2.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
30. FSIS Directive 5100.1 Food Safety Assessment Methodology URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-07/5100.1.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
31. FSIS Directive 6420.5 Verifying poultry slaughter establishments maintain adequate procedures for preventing contamination with feces and enteric pathogens URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-07/6420.5.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
32. FSIS notice 44-22 Revised young chicken carcass exploratory sampling program. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/44-22.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
33. FSIS-GD-2020-0005 FSIS Food Safety Guideline for Egg Products URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-05/FSIS-GD-2020-0005.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).

34. FSIS-GD-2020-0006 Egg Products Hazards and Controls Guide URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-01/egg-products-hazards-controls-guide.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
35. FSIS-GD-2021-0013 FSIS Stabilization Guideline for Meat and Poultry Products. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-12/Appendix-B.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
36. Gomes B., Pena P., Cervantes R., Dias M., Viegas C. (2022) Microbial Contamination of Bedding Material: One Health in Poultry Production. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol.19(24), p.16508. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416508>
37. Gosling R.J., Martelli F., Wintrip A., Sayers A.R., Wheeler K., Davies R.H. (2014) Assessment of producers' response to Salmonella biosecurity issues and uptake of advice on laying hen farms in England and Wales. *Br. Poult. Sci*, vol. 55, p. 559–568. <https://doi.org/10.1080/00071668.2014.949620>
38. GOST ISO/TS 17728-2017 «Mikrobiologija pishhevoj cepi. Metody otbora prob pishhevoj produkcii i kormov dlja mikrobiologicheskogo analiza».
39. Grace D., Knight-Jones T.J.D., Melaku A., Alders R., Jemberu W.T. (2024) The Public Health Importance and Management of Infectious Poultry Diseases in Smallholder Systems in Africa. *Foods*. vol.13(3), p.411. <https://doi.org/10.3390/foods13030411>
40. Guideline ID FSIS-GD-2021-0005 FSIS Guideline for Controlling Salmonella in Raw Poultry URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-07/FSIS-GD-2021-0005.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
41. Havenstein G. B., P. R. Ferket, M. A. (2003) Qureshi. “Growth, Livability, and Feed Conversion of 1957 versus 2001 Broilers When Fed Representative 1957 and 2001 Broiler Diets”. *Poultry Science*, vol.85, p. 1500–1508. <https://doi.org/10.1093/ps/82.10.1500>
42. Iwasaki T., Watanabe T., Hasegawa Y., Hosotani M., Kawasaki T. (2021) Nutrition During the Early Rearing Period Affects the Incidence of Wooden Breasts in Broilers. *J Poult Sci*. vol.58(3), p.177-185. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0200034>
43. Korver D.R. (2023) Review: Current challenges in poultry nutrition, health, and welfare, *Animal. Selected keynote lectures of the 73rd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science Porto.*, vol.17, P.100755. doi.org/10.1016/j.animal.2023.100755
44. Lamichhane B., Mawad A.M.M., Saleh M., Kelley W.G., Harrington P.J. II, Lovestad C.W., Amezcua J., Sarhan M.M., El Zowalaty M.E., Ramadan H. et al. (2024) Salmonellosis: An Overview of Epidemiology, Pathogenesis, and Innovative Approaches to Mitigate the Antimicrobial Resistant Infections. *Antibiotics*, vol.13(1). p.76. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13010076>
45. Mateus-Vargas R.H., Butenholz K., Volkmann N., Sürle C., Kemper N., Schulz J. (2022) Boot Swabs to Evaluate Cleaning and Disinfection Success in Poultry Barns. *Agriculture*, vol.12(1), p.57. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010057>
46. Metodicheskoe ukazanie. Laboratornaja diagnostika sal'monellezov cheloveka i zhivotnyh, obnaruzhenie sal'monell v kormah, produktah pitaniija i ob'ektah vneshnej sredy. Central'nyj nauchno-issledovatel'skij institut jepidemiologii Minzdrava SSSR. -1990. -59 s.
47. MLG 1.02. FSIS Laboratory System Introduction, Method Performance Expectations, and Sample Handling for Microbiology. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/MLG_1.02.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
48. MLG 3.02: Quantitative Analysis of Bacteria in Foods as Sanitary Indicators. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-03/MLG-3.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
49. MLG 4 Appendix 2.07. Flow Chart Specific for FSIS Laboratory Isolation and Identification of Salmonella URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/MLG-4-Appendix-2.07.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
50. MLG 4.14. Isolation and Identification of Salmonella from Meat, Poultry, Pasteurized Egg, Siluriformes (Fish) Products and Carcass and Environmental Sponges URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/MLG-4.14.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
51. Münster P., Pöppel L., Antakli A., Müller-Doblies D., Radko D., Kemper N. The Detection of Salmonella Enteritidis on German Layer Farms after Cleaning and Disinfection // *Animals*. -2023. -Vol.13(16). -P.2588. <https://doi.org/10.3390/ani13162588>
52. Nabil N.M., Tawakol M.M., Samir A. et al. (2023) Synergistic influence of probiotic and florfenicol on embryonic viability, performance, and multidrug-resistant Salmonella Enteritidis in broiler chickens. *Sci Rep*, vol.13, p. 9644. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36238-6>
53. Neeteson A.M., Avendaño S., Koerhuis A., Duggan B., Souza E., Mason J., Ralph J., Rohlf P., Burnside T., Kranis A. (2023) Evolutions in Commercial Meat Poultry Breeding. *Animals*, vol.13(19), p.3150. <https://doi.org/10.3390/ani13193150>
54. Nguyen M.M., Gil J., Brown M. (2020) Accurate and sensitive detection of Salmonella in foods by engineered bacteriophages. *Sci Rep*, vol.10, p.17463. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74587-8>
55. Pacholewicz E., Wisselink H.J., Koene M.G.J., van der Most M., Gonzales J.L. (2023) Environmental Sampling Methods for Detection of Salmonella Infections in Laying Hens: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Microorganisms*, vol.11(8), p. 2100. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11082100>
56. Poultry Products FSA Tool VS3. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/Food-Safety-Assessments-Tools-Poultry.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
57. Ready-to-Eat (RTE) Processed Products FSA Tool VS3. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/documents/Food-Safety-Assessments-Tools-Poultry.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
58. References EFSA and ECDC. European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control. The European Union One Health. Zoonoses Report. (2021) *EFSA*, vol.19, p. 6971.
59. Regulation (EC) No 2160/2003 of the European Parliament and of the Council of 17 November 2003 on the control of salmonella and other specified food-borne zoonotic agents.
60. Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs.

61. Regulation (EC) No 882/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on official controls performed to ensure the verification of compliance with feed and food law, animal health and animal welfare rules.
62. Rushton J., Bruce M. (2017) Using a One Health approach to assess the impact of parasitic disease in livestock: How does it add value? *Parasitology*, t.144, p.15–25. <https://doi.org/10.1017/S0031182016000196>
63. Ruvalcaba-Gómez J.M., Villagrán Z., Valdez-Alarcón J.J., Martínez-Núñez M., Gomez-Godínez L.J., Ruesga-Gutiérrez E., Anaya-Esparza L.M., Arteaga-Garibay R.I., Villarruel-López A. (2022) Non-Antibiotics Strategies to Control Salmonella Infection in Poultry. *Animals (Basel)*, vol.12(1), p.102. <https://doi.org/10.3390/ani12010102>
64. Shaji S., Selvaraj R.K., Shanmugasundaram R. (2023) Salmonella Infection in Poultry: A Review on the Pathogen and Control Strategies. *Microorganisms*, vol.11(11), p.2814. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11112814>
65. Shinohara N.K.S., Barros V.B.D., Jimenez S.M.C., Machado E.D.C.L., Dutra R.A.F., Lima Filho J.L.D. (2008) Salmonella spp., importante agente patogênico veiculado em alimentos. *Ciênc. Saúde Colet*, vol.13, p.1675–1683. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232008000500031>
66. ST RK 3510-2019 Metody laboratornoj diagnostiki sal'monelljoza.
67. STB ISO 18593-2012 «Mikrobiologija pishhevnyh produktov i kormov dlja zhivotnyh. Gorizontaľ'nye metody otbora prob s poverhnosti s ispol'zovaniem kontaktnyh chashek i tamponov na aplikatorah»
68. Thames H. T., Sukumaran A. T. (2020) A review of Salmonella and Campylobacter in broiler meat: Emerging challenges and food safety measures. *Foods*, vol.9(6), p. 776. <https://doi.org/10.3390/foods9060776>
69. USDA/FSIS Microbiology Laboratory Guidebook. URL: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-03/MLG-2.pdf (data obrashhenija: 29.04.2024).
70. Vaillancourt J. P., Racicot M., Delpont M. (2022) Improving biosecurity in poultry flocks In: De Wit, editor. Optimising poultry flock health. *Cambridge, United Kingdom: Burleigh Dodds Science Publishing*, p.107–48.
71. Velhner M., Milanov D., Kozoderović G. Salmonella spp. in poultry: a constant challenge and new insights // Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society. -2018. -Vol.69(2). -P.899–910. <https://doi.org/10.12681/jhvms.18012>
72. Volkova V.V., Wills R.W., Hubbard S.A., Magee D.L., Byrd J.A., Bailey R.H. (2011) Risk factors associated with detection of Salmonella in broiler litter at the time of new flock placement. *Zoonoses Public Health*, vol.58, p.158–168. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2009.01323.x>
73. Zakon Respubliki Kazahstan ot 10.07.2002 g. № 339-II «O veterinarii»
74. Zerjal T., Härtle S., Gourichon D. et al. (2021) Assessment of trade-offs between feed efficiency, growth-related traits, and immune activity in experimental lines of layer chickens. *Genet Sel Evol*, vol.53, p.44. <https://doi.org/10.1186/s12711-021-00636-z>
75. Zuidhof M.J., Schneider B.L., Carney V.L., Korver D.R., Robinson F.E. (2014) Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poult Sci.*, vol.93, p. 2970–82. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04291>

Сведения об авторах:

Мельникова Татьяна Владимировна – старший научный сотрудник, начальник отдела микробиологии испытательной лаборатории ТОО «Научно-диагностический центр Animal Expert Group», e-mail: melnikova.tv@aeg-lab.kz

Бакирова Гульнур Аманкуловна – старший научный сотрудник, магистр ветеринарных наук, менеджер ТОО «Научно-производственный центр UniVet», e-mail: bakirova_gulnura@mail.ru

Измүқан Азамат Жолдасұлы – старший научный сотрудник, магистр техники и технологии, менеджер ТОО «Научно-производственный центр UniVet», e-mail: izmukan@mail.ru

Мусина Галия Шайхислямовна – главный научный сотрудник, кандидат ветеринарных наук, директор ТОО «Научно-производственный центр UniVet», e-mail: gmussina@aeg-lab.kz

Джамалова Гуля Абаевна – главный научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, генеральный директор ТОО «Научно-диагностический центр Animal Expert Group», ассоциированный профессор «Satbayev University»; e-mail: g.jamalova@aeg-lab.kz

Information about authors:

Melnikova Tatyana Vladimirovna – Senior Researcher, Head of the Microbiology Department of the Testing Laboratory LLC «Animal Expert Group» Scientific and Diagnostic Center» Animal Expert Group», e-mail: melnikova.tv@aeg-lab.kz

Bakirova Gulnura – Senior Researcher, Master of Veterinary Science, Manager. LPP «UniVet» Scientific and Production Center», e-mail: bakirova_gulnura@mail.ru

Izmukan Azamat – Senior Researcher, Master of Engineering and Technology, Manager. LPP «UniVet» Scientific and Production Center», e-mail: izmukan@mail.ru

Mussina Galiya – Chief Researcher, candidate of veterinary sciences, Director LPP «UniVet» Scientific and Production Center», e-mail: gmussina@aeg-lab.kz

Jamalova Gulya – Chief Researcher, candidate of agricultural sciences, docent, General Director LLC «Animal Expert Group» Scientific and Diagnostic Center» Animal Expert Group», Associate Professor at Satbayev University; e-mail: g.jamalova@aeg-lab.kz

Поступила 9 сентября 2024 года

Принята 20 ноября 2024 года

4-бөлім
ЭКОЛОГИЯ

Section 4
ECOLOGY

Раздел 4
ЭКОЛОГИЯ

Sh.Zh. Arynova^{1*}, N.P. Korogod², I.Yu. Chidunchi¹,
A.B. Kaliyeva², K.K. Akhmetov¹, S.B. Zhangazin³

¹Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

²Margulan university, Pavlodar, Kazakhstan

³Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan

*e-mail: shinar_uzh@mail.ru

CONCENTRATION OF RADIOACTIVE ELEMENTS (U, Th) IN COMPONENTS OF NATURAL ENVIRONMENT

The research resulted from the necessity of constant radio-ecological monitoring of the territory of Pavlodar region being under the influence of natural and technological factors. The tense radioecological situation in the region is due to the presence of uranium mining areas, rocks with increased radioactivity (granites, granosienites), geological exploration, groundwater and underground with a high content of radionuclides, and polygon activities. The purpose of the work is to assess the content of radioactive elements in natural environments (water, salt deposits, the aboveground part of wormwood, leaves of poplar, children's hair) of Pavlodar region of the Republic of Kazakhstan. Objects: components of natural environment – drinking waters (groundwaters and surface waters), salt deposits (limestone), the aboveground part of wormwood (*Artemisia absinthium*), leaves of black poplar (*Populus nigra*), children's hair. The main methods of the research of chemical content of environments studied are the instrumental neutron activation analysis and inductively-coupled plasma-mass spectrometry. Content of uranium and thorium in five components of environments of Pavlodar region were studied. Halos of higher concentration of radioelements are of natural and technological genesis. The uranium content in drinking waters is mainly typical for the central and northern parts of the region. The concentration of the studied radioelements in salt deposits of drinking waters is typical for the northern part of the region. On the territory of the Lebyazh, May and Bayanaul areas, there are an increased content of uranium in the leaves of the black poplar. Human hair is characterized by a predominant uranium content in the southern and eastern parts of the region. Higher content of thorium in all components of natural environments, except for leaves of black poplar, is indicated in the northern part of the region, which results from the geological component. Thorium-uranium ratio varies from 0,0003 to 2,3.

Key words: uranium, thorium, radioactivity, components of natural environment, regional features.

Ш.Ж. Арынова¹, И.Ю. Чидунчи¹, Н.П. Корогод²,
А.Б. Калиева¹, К.К. Ахметов, С.Б. Жангазин³

¹Торайғыров университет, Павлодар қ., Қазақстан

²Марғұлан университет, Павлодар қ., Қазақстан

³Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

*e-mail: shinar_uzh@mail.ru

Табиғи орта компоненттеріндегі радиоактивті элементтердің (U, Th) концентрациясы

Зерттеу табиғи және техногендік факторлардың әсерінен болатын Павлодар облысының аумағын радиоэкологиялық бағалау қажеттілігімен анықталады. Облыстағы шиеленісті радиоэкологиялық жағдай уран кені аудандарының, радиоактивтілігі жоғары тау жыныстарының (граниттер, граносиениттер), геологиялық барлау жұмыстарының, радионуклидтері жоғары жер асты және жер грунт суларының, полигон қызметінің жүргізілуімен байланысты. Жұмыстың мақсаты – Қазақстан Республикасының Павлодар облысының табиғи орталарындағы (су, тұзды шөгінділер, жусан, жапырақтар, балалар шаштары) радиоактивті элементтердің құрамын бағалау. Нысандары: қоршаған орта компоненттері – ауыз су (жер асты және жер үсті), тұзды шөгінділер (қак), жусан (*Artemisia absinthium*), қара терек жапырақтары (*Populus nigra*), балалар шаштары. Зерттелген орталардың химиялық құрамын зерттеудің негізгі әдістері аспаптық нейтронды активтендіру талдауы, индуктивті байланысқан плазмамен масс-спектрометрия болып табылады. Павлодар облысының қоршаған ортасының бес құрамдас бөлігіндегі уран мен торийдің құрамы зерттелді. Радиоэлементтердің жоғары концентрациясының аймағы табиғи-техногендік генезиске ие. Ауыз судағы уранның мөлшері негізінен облыстың орталық және солтүстік бөліктеріне тән. Ауыз судың тұзды шөгінділеріндегі зерттелетін радиоэлементтердің

солтүстік бөлігіне тән. Лебязі, Май және Баянауыл аудандарында қара терек жапырақтарында уранның жоғарылауы байқалады. Адам шашы облыстың оңтүстік және шығыс бөлігінде уранның басым болуымен сипатталады. Қара терек жапырақтарын қоспағанда, табиғи ортаның барлық компоненттерінде торий мөлшерінің жоғарылауы облыстың солтүстік бөлігінде байқалады, бұл геологиялық құрамдас бөлікке байланысты. Торий-уран арақатынасы 0,0003 пен 2,3 аралығында.

Түйін сөздер: уран, торий, радиоактивтілік, табиғи орта компоненттері, аймақтық ерекшеліктері.

Ш.Ж. Арынова¹, И.Ю. Чидунчи¹, Н.П. Корогод²,
А.Б. Калиева¹, К.К. Ахметов, С.Б. Жангазин³

¹Торайғыров университет, г. Павлодар, Қазақстан

²Марғұллан университет, г. Павлодар, Қазақстан

³Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Қазақстан

*e-mail: shinar_uzh@mail.ru

Концентрация радиоактивных элементов (U, Th) в компонентах природной среды

Исследование обусловлено необходимостью радиоэкологической оценки территории Павлодарской области, находящейся под влиянием природных и техногенных факторов. Напряженная радиоэкологическая ситуация в области обусловлено наличием урановодородных районов, горных пород с повышенной радиоактивностью (граниты, граносиениты), геологоразведочных работ, грунтовых и подземных вод с высоким содержанием радионуклидов, деятельности полигона. Целью работы является оценка содержания радиоактивных элементов в природных средах (вода, солевые отложения, полынь, листья, волосы детей) Павлодарской области Республики Казахстан. Объекты: компоненты окружающей среды – питьевые воды (подземные и поверхностные), солевые отложения (накипь), полынь горькая (*Artemisia absinthium*), листья тополя черного (*Populus nigra*), волосы детей. Основными методами исследования химического состава изученных сред являются инструментальный нейтронно-активационный анализ, масс – спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Изучено содержание урана и тория в пяти компонентах окружающей среды Павлодарской области. Ореолы повышенных концентраций радиоэлементов имеет природно-техногенный генезис. Содержание урана в питьевых водах преимущественно отмечается в центральной и северной частях области. Концентрация исследуемых радиоэлементов в солевых отложениях питьевых вод характерно для северной части области. На территории Лебяженского, Майского и Баянаульского районов отмечается повышенное содержание урана в листьях тополя черного. Для волос человека характерно преимущественное содержание урана в южной и восточной частях области. Повышенное содержание тория во всех компонентах природных сред, за исключением листьев тополя черного, отмечается в северной части области, что обусловлено геологической составляющей. Торий-урановое отношение колеблется от 0,0003 до 2,3.

Ключевые слова: уран, торий, радиоактивность, компоненты природной среды, региональные особенности.

Introduction

Radiological situation on the territory of Kazakhstan has been studied from the end of the '40s and has been concerned with the increased need for uranium exploration. A row of deposits such as Kurday, Botaburum, Kyzylsay, Kubasadyr, Manybay, Zaozernoye and Ishim, were discovered in the '50s of the past century. First customized uranium explorations also allowed discovery of two uranium ore districts. In the second period (the '60s) a row of undertaken expeditions allowed formation of the idea of a possible connection between uranium mineralization and boundaries of ground and formation oxidation zones. The third period of works had been

lasted from the end of the '60s to the '90s, which is concerned with implementation of a method for development of water-flooded deposits, which was called as the in-situ leaching (ISL).

To date extensive research [1,2], including radio-hydrolytic survey [3] based on the study of water sources and bottom sediments, has been conducted on the territory of the Republic of Kazakhstan. Maps of radionuclide activity, reflecting radio-ecologic reality defined by the presence of six uranium ore provinces (Shu-Sarysu, Ili, Syrdarya, North Kazakhstan, Betpakdala-Shu-Ili, Mangistau) [4], activity of former Semipalatinsk testing site [5], higher radioactivity of water sources [6], activity of research reactors, have been constructed.

Radiologic research conducted [7] allowed zonation of the territory of Kazakhstan regions by the sum of radiation factors and identification of areas for the detailed monitoring. Pavlodar region was not an exception in such assessment of radiological situation. The tense radiological situation in the research territory is formed by:

- areal contamination by artificial radionuclides from numerous nuclear explosions on the territory of former Semipalatinsk testing site and a number of other nuclear incidents;

- high radiation background in the regions accommodating uranium ore districts and separate areas of development of rock with higher radiation;

- presence of sites of radiation poisoning in the form of radioactive dumps of rock, generated in geological prospecting of uranium, polymetals and rare earth occurrences;

- wide distribution of natural groundwaters and surface waters with high content of radionuclides, often attached to cavities of salt lakes.

Since the research has been involved identification of radionuclide activity (Cs_{137} , U_{238} , Th_{234} , $^{228}Ra_{226}$, K_{40}) only in two components of natural environments (groundwaters and surface waters, sediments), this did not allow complex radio-ecologic assessment, which must include research of various objects of environments, notably research of chemical composition of bio-substrates, because exactly the human body is under the polyfactor influence of environment.

Material and methods of research

Territory of the research. The research was conducted on the territory of Pavlodar region, located in the northeastern part of the Republic of Kazakhstan. The total area of the region amounts to 124 755 km².

In metallogenic zonation by uranium on the territory of the Republic of Kazakhstan Turgay-Pavlodar uranium-bearing (potentially ore-bearing) one occupies the northwestern quarter of the region. The leading type of uranium deposits is exodiagenetic in paleo-valleys (ground-infiltration). Schiderty ore occurrence in the area of Tortuy settlement is known within the belt on the territory of the region.

Spurs of the Kazakh hills, which are a peneplain ancient folded mountain country, are located in the southeast of the region. Hill lowlands are isolated in the south of the hills – Bayanaul (maximal height is 1022 m above sea level) and Kyzyltu (maximal height is 1055 m above sea level). Alaskite granites of Bayanaul mountains, where Bayanaul small uranium ore occurrence is, possess higher radioac-

tivity among them. Massifs of alaskite and normal granites, rhyolites with specific activity of uranium (62-125 Bq/kg), thorium (41-123 Bq/kg) are located in the area of Burkitty settlement, Zheltau mountain, the right bank of Aschisu. Small uranium and thorium ore occurrences are also located here.

Ulken-Tuz uranium ore node, located in the northwestern end of Chingiz lifting, on the junction with Central Asian fracture zone, is attached to the northern part of a meridionally stretched volcanic-tectonic structure, folded by volcanics of neutral-acid composition and sediments. Here uranium mineralization is identified in greisen (Shommakol ore occurrence), in albites and albitized rock (Karakuduk, Aschikuduk, Erirbaysor, Ushkara); nasturan-sulfide and molybdenum-nasturan mineralization is identified in beresites and argillites (Ulken-Tuz, Karazhir, Tleumbet, Batyrsha). Ore occurrences of Ulken-Tuz uranium ore node also tend to ways to surface of granites, granosienites [8].

Maykuben brown coal basin is located in the southern part of the region between Shoptykol and Birlik settlements, and is widely stretched on the length of 60 km. Shoptykol large deposit is developed, Tamdy and Taskuduk small deposits are present. In the west of the region, on the left bank of the Olenty river Koitas small deposit is known. Brown coal can present potential radio-ecological hazard in oxidized formations, exposed at surface or revealed by mine workings [9].

North Kazakhstan province of alluvial titanium content occupies the entire north-eastern half of Pavlodar region. Two small iron-titanium-zirconium deposits are known. One is on the left bank of Olenty, another, Druzhba, is to the north-west of Taldy settlement, attached to Druzhba mass of middle and late Eocene [10,11]. Titanium-zirconium deposits possess higher radioactivity due to thorium containing minerals.

On the territory of Pavlodar region there are no uranium mining and processing enterprises, nevertheless there are sources of radioactive contamination. The main source is former multi-year activity of Semipalatinsk nuclear testing site from 1949 to 1989.

Methods of the research. The work is based on the extensive factual material – 450 samples on the territory of Pavlodar region. Chemical composition of samples (limescale, leaves, the above-ground part of wormwood, children's hair) is identified by the instrumental neutron activation method in nuclear geochemical laboratory of "Uranium geology" International Innovative Scientific and Educational Center named after L.P. Rikhvanov on the base

of IRT-T research nuclear reactor of National Research Tomsk Polytechnic university (certificate of accreditation №RA.RU.21AB27 dated 27.05.2015, personnel, conducting analytical research – A.F. Sudyko, L.V. Bogutskaya). Content of radioactive elements in drinking waters was defined by the method of inductively-coupled plasma-mass spectrometry.

Objects of the research. Salt deposits of drinking waters (limescale) were collected in accordance with patent № 2298212 [12] from the walls of enamelware by the method of accurate knocking with a stainless steel knife. Sample preparation: limescale was dried at room temperature, rubbed to powder in an agate mortar, packed on 100 mg.

Drinking water was collected in accordance with GOST R 51592-2003 [13] in the amount of 0.5 liters in containers from polymer materials.

Leaves of black poplar were collected in accordance with the method [14] on 50-100 g without stalks from the lower part of a crown from the branches growing in various directions at a height of no more than 2 meters. When collecting samples of wormwood, its above-ground part was used. Gen-

eral sample preparation of vegetation: washing with distilled water, drying at room temperature, manual grinding, rubbing to powder in an agate mortar, weighing, ashing in a muffle furnace (550 °C), ash weighing, packing on 100 mg.

Children's hair was collected by the method of envelope from five points of head [15]. Sample preparation: washing with distilled water, drying, grinding, packing in packets from foil on 100 mg.

Results and discussion

Statistical data on content of uranium and thorium, uranium-thorium ratio in various components of natural environments are presented in table 1. Analysis of the data received demonstrated unequal distribution of the elements studied in most environments on the territory of the region (Table 1). Homogeneity of thorium distribution in leaves of black poplar in Pavlodar region indicates accordance with the law of normal distribution. Thorium-uranium ratio in components of natural environments varies in a sufficiently wide range from 0,0003 to 2,3.

Table 1 – Statistical data U, Th, Th/U in components of environment on the territory of Pavlodar region

Components of natural environment	Content of uranium $\frac{X \pm \lambda}{\min \dots \max} V$	Content of thorium $\frac{X \pm \lambda}{\min \dots \max}$	Thorium-uranium ratio Th / U
Drinking water (mg/l)	$\frac{0,015 \pm 0,01}{0,000001 \dots 0,13} 234$	$\frac{0,000004 \pm 0,0000007}{0,000001 \dots 0,000009} 58$	0,0003
Limescale (mg/kg)	$\frac{33,5 \pm 1,7}{0,01 \dots 479} 72$	$\frac{0,15 \pm 0,03}{0,001 \dots 4,9} 263$	0,005
Leaves of black poplar (Populus nigra) (mg/kg)	$\frac{0,4 \pm 0,04}{0,01 \dots 1,1} 59$	$\frac{0,37 \pm 0,05}{0,02 \dots 1,9} 100$	0,89
Wormwood (Artemisia absinthium) (mg/kg)	$\frac{0,8 \pm 0,1}{0,002 \dots 2,9} 84$	$\frac{1,8 \pm 0,2}{0,3 \dots 5,9} 75$	2,3
Children's hair (mg/kg)	$\frac{0,29 \pm 0,02}{0,02 \dots 1,2} 79$	$\frac{0,01 \pm 0,001}{0,001 \dots 0,096} 101$	0,03

Note: in numerator – arithmetic mean \pm standard error, in denominator – minimal and maximal values.

Natural waters. On the territory of the research groundwaters and surface waters are predominantly hydrogen carbonate and sulfate-hydrogen carbonate, sodium-calcium with mineralization 750 mg/l. Average content of uranium in natural waters of Pavlodar region amounts to 0,015 \pm 0,01 mg/l. Maximally high concentrations of radionuclides are not-

ed in waters of Pavlodar district, predominantly on the right bank with the epicenter in Naberezhnoye settlement. It should be mentioned that according to the research conducted previously in this settlement maximal content of uranium was recorded in the above-floodplain terrace of the right bank of Irtysh in 2004.

The given part of the region was allocated by the researchers as Ertis-Kulundy potentially radioecological danger zone. Concentration of uranium in sediments amounted to 50-74 Bq/kg. Here it should be noted that zircon-ilminite deposits, which possess higher radioactivity, localize in the northeastern part of the region, in Paleogene mass in the valley of the Irtysh River.

Spatial distribution of thorium in drinking waters is preferentially noted in the northeastern part of the territory the research. Higher concentrations of uranium and thorium in natural waters affected composition of salt formations (limestone).

Limestone. Salt deposits (limestone), forming on the inner walls of heating devices in the process of boiling, are sufficiently informative environment,

used in ecological-geochemical research [16-18]. Average concentration of uranium in salt formations of Pavlodar region amounts to $33,5 \pm 1,7$ mg/kg. Maximal content of radionuclides is identified in salt formations of Terenkol district ($43,2 \pm 7,7$), (picture 1), which is in good accordance with the data received by specialists of "Volkovgeology". The text continues here (Figure 1).

Higher concentrations of uranium in limestone ($39,7 \pm 6,1$) of the southern part of the region are of natural and artificial genesis, which is connected with development of deposits of Ekibastuz and Maykuben brown coal basins. Content of uranium in Maykuben coal amounts to $5,0 \pm 2,0$ mg/kg, which exceeds the Clarke level more than 2.1 times [19].

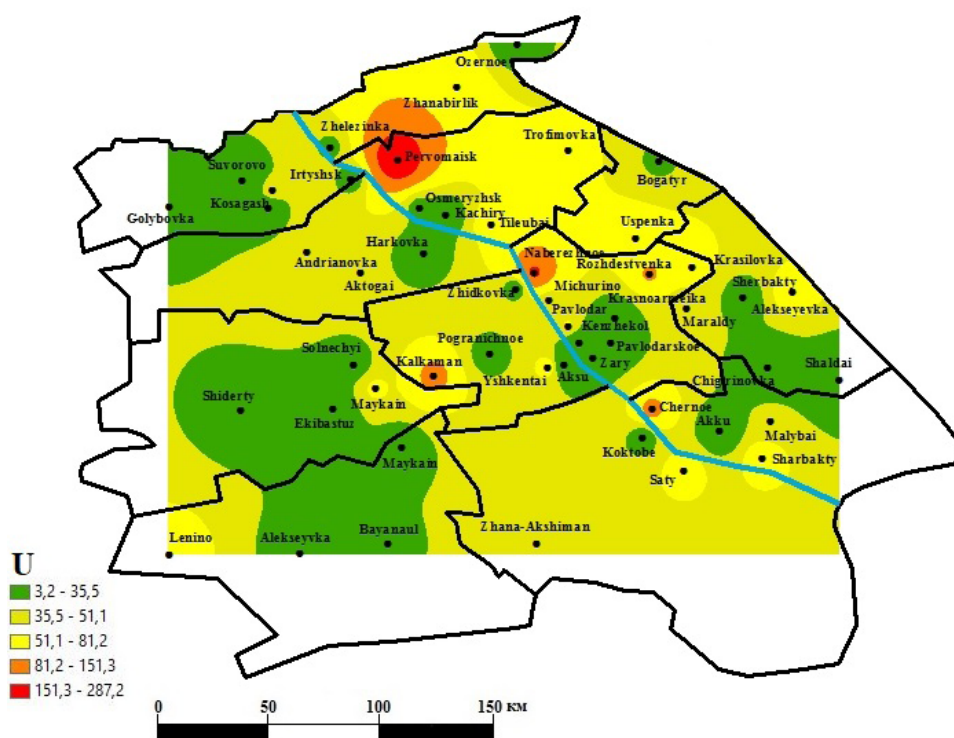


Figure 1 – Schematic map of distribution of uranium in salt formations (limestone) of Pavlodar region, mg/kg

Zhana Akshiman settlement (the southern part of the region) with concentration 46,5 mg/kg in limestone is located on the territory of Ulkentuz uranium ore node at the distance of 7 km from Ulkentuz ore occurrence and within 15 kilometers from Tleumbet and Karazhir ore occurrences. Ore occurrences tend to ways to surface of granites, granosienites, which possess higher radioactivity.

It should be noted that in the southern part of the region higher content of radionuclides in salt deposits is possibly connected with activity of former Semipalatinsk site (1949-1989), accounting for more than 400 explosions.

When comparing the data received with the research conducted previously on the territory of Tomsk region, Baykal area, Altay, the Republic

of Bashkortostan [17,18] it was found that Pavlodar limestone is different in maximal content of uranium. Average content of thorium in limestone amounts to $0,15 \pm 0,03$, minimum – 0,001 mg/kg, maximum – 4,9 mg/kg (Figure 2).

Distribution of thorium in salt formations preferentially in the northern part of the territory of the research. Here high concentrations of rare earth elements are observed, which is probably connected

with formation of rare metal – rare earth occurrences in waste mantle in depths of water or with distribution of titanium-zirconium deposits.

Thorium-uranium ratio in salt deposits (limestone) of Pavlodar region is one of the low – 0,005, for example, it amounts to 0,008 in Baykal area, to 0,2 in Altay, to 0,05 in Tomsk region, and only in the Republic of Bashkortostan this indicator is even lower 0,002 [17,18].

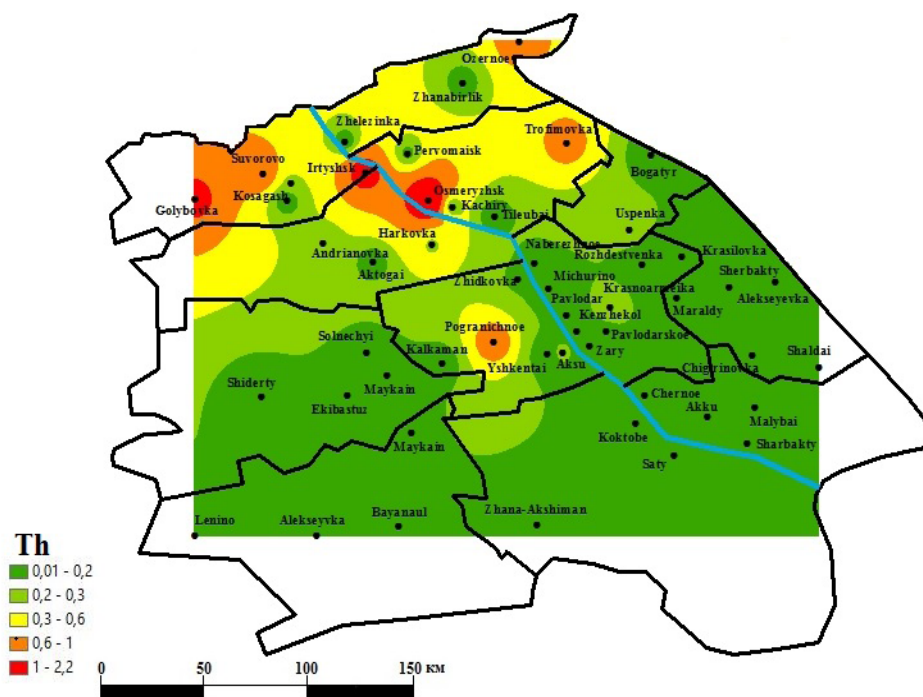


Figure 2 – Schematic map of distribution of thorium in salt formations (limestone) of Pavlodar region, mg/kg

Leaves of black poplar and the above-ground part of wormwood. As is known, plants have the feature of selective concentration of elements, which allows their usage in biochemical research of urbanized territories [20-21]. Thus, for example, leaves of trees can serve as a so called natural tablet, which not only accumulates contamination, but also reflects intensity of the anthropogenic impact on ecosystems [22].

The in-depth analysis of content of radioactive elements in the ash of leaves of black poplar revealed three settlements on the territory of Pavlodar region with maximal values of uranium and thorium. These are Akkuly, May and Bayanaul districts with values Th ($0,37 \pm 0,05$ mg/kg) and U ($0,4 \pm 0,04$ mg/kg) in objects of plant origin. Ways of bedrock to surface

are observed in Bayanaul district. In the given settlement alaskite granites of the Bayanaul mountains, where Bayanaul small uranium ore occurrence is, also possess higher radioactivity. On the area of the right bank of the Aydos and Aschysu rivers, massifs of alaskite and normal granites, rhyolites with activity of uranium 62-125 Bq/kg; thorium 41-123 Bq/kg are located. Here small uranium and thorium occurrences are also located. As is known, Bayanaul district includes Maykuben brown coal basin, which is located in the southern part of the region.

A halo of higher content of thorium in leaves of black poplar of May district is possibly connected with underground explosions, which were conducted on former Semipalatinsk testing site (Figure 3).

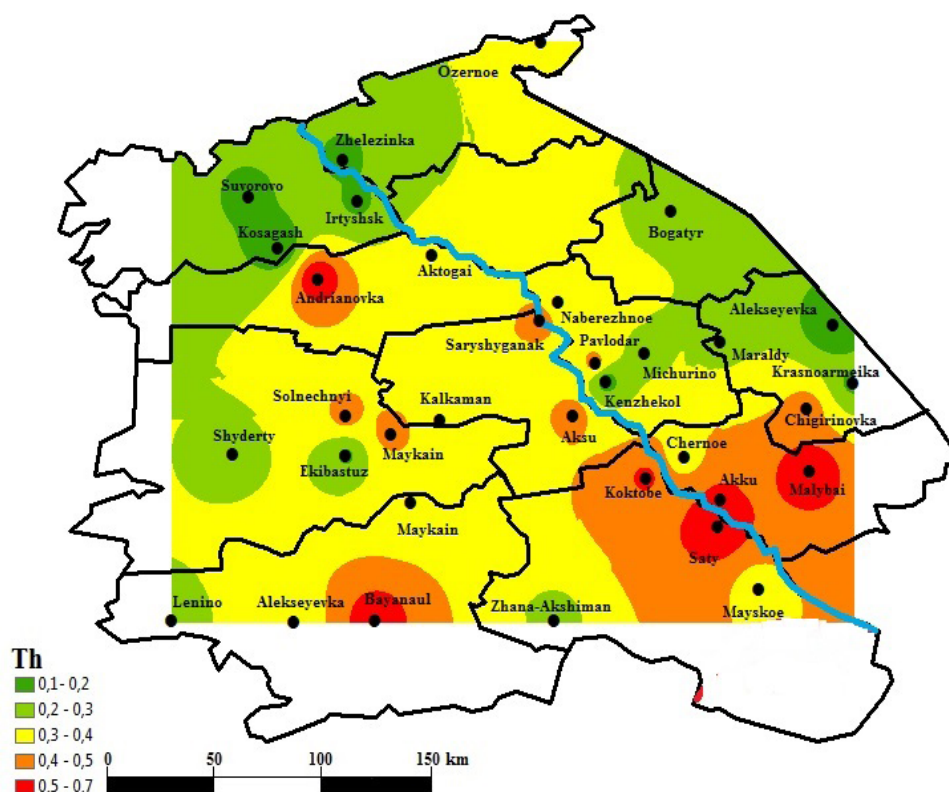


Figure 3 – Schematic map of distribution of Th in the ash of leaves of black poplar on the territory of Pavlodar region, mg/kg

Higher concentration of uranium (0,91 mg/kg) and thorium (2,38 mg/kg) was detected in the ash of the above-ground part of wormwood in Irtyshsk and Pavlodar districts.

The highest content of uranium is noted in samples of vegetation (leaves of black poplar and the above-ground part of wormwood). This is possibly a consequence of location of large coal mines and their dust load.

One of the relevant indicators of industrial sources of contamination is thorium-uranium ratio. In most cases, it is less than 1 or equal to 1, which points to uranium specialization of Pavlodar region. Districts with high Th/U ratio, May, Akku and Aktogay districts, in particular, are singled out. Origin of anomalous zones is connected with glacial erosion of high thorium containing rock and also monacite deposits in Kalba-Narym thorium rare metal ore province, located in East Kazakhstan region along the Irtys'k river.

Thorium-uranium ratio in leaves of black poplar in Pavlodar region amounts to 0,89, by comparison, to 0,42 in Ust-Kamenogorsk, to 0,86 in Taraz, to 0,88 in Aktobe, to 1,78 in Tomsk and Seversk, to

1,88 in Kyzyl, to 0,49 in Krasnokamensk, to 2,88 in Blagoveschensk [21,22].

Human hair. For assessment of modern ecological and geochemical situation of the territory the research human bio-substrates (hair, blood, nails, urine) are used, which are not only instant indicators of supply of chemical elements, but also indicators pointing to the long-term impact on them.

In the study of content of radioelements in children's hair, attention should be paid to high content of uranium in hair of the children living in the territory of Pavlodar, Sharbakty, Akku districts. In general, higher content of uranium and relatively low concentration of thorium in human hair are characteristic of regions of Kazakhstan (North Kazakhstan, Akmola, Pavlodar) by comparison with regions of Russia (Tomsk, Chita, Kemerovo) [23,24].

This points to uranium specialization, which was caused by supply of uranium with drinking water on the example of Pavlodar region.

It should be mentioned that excessive concentration of uranium in children's hair is connected with distribution of zirconium-ilmenite deposits, which are located in the valley of the cross-border Irtys'k

river. This may be reflected in the research of sediments below Pavlodar city according to the data of JSC “Volkovgeology”.

Thorium-uranium ratio in human hair of Pavlodar region (0,03) is considered to be one of the low by comparison with Akmola (0,06), North Kazakhstan (0,06), Tomsk (0,21), Kemerovo (0,01), Chita (0,26) regions [25].

Conclusion

Thus, distribution of uranium and thorium in components of natural environments on the territory of Pavlodar region is unequal.

Halos of higher concentration of uranium in the components of natural environments studied by us correspond to the research conducted previously and confirms allocation of Ertis-Kulundy potentially radio-ecological dangerous zone.

Within Pavlodar region according to geochemical conditions and the radio-ecological situation studied, rich for areal and local sources with anomalous concentration of uranium and thorium (granitoids, carbon-silicon slates, ore nodes of endogenous ore occurrences of uranium, occurrences of thorium – rare metal mineralization of various scale, activity of former Semipalatinsk testing site), districts of region are clearly allocated: Pavlodar, Terenkol, Bayanaul, May, Akkuly.

Thorium-uranium ratio in limescale, leaves of black poplar, human hair is considered one of the low by comparison with settlements of Kazakhstan and Russia.

The data received can be used for ranging of the territory of the region by the complex of radiation factors determining the status of modern radio-ecological situation.

References

1. Ibrayeva D., Bakhtin M., Kashkinbayev Y., Kazymbet P., Zhumadilov K., Altaeva N., Aumalikova M., Shishkina E. Radiation situation in the territories affected by mining activities in Stepnogorsk areas, Republic of Kazakhstan: Pilot study // *Radiation protection dosimetry*. – 2020. – P. 517 – 526. <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncaa068>
2. Ilbekova K., Dzhanabayev D., Kazymbet P., Aumalikova M., Bakhtin M., Ibrayeva D. Risk management and prevalence of arterial hypertension in a cohort of people living in the affected area of radioactive waste storage // *Science and Healthcare*. – 2020. – P. 109 – 115. <https://doi.org/10.34689/SH.2020.22.5.011>
3. Федоров Г.В., Каюков П.Г., Беркинбаев Б.Г. Радиоэкология в Казахстане // *Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы V Международной конференции*. – 2013. – С. 542–545.
4. Fyodorov G. Uranium production and the environment in Kazakhstan. Report at the international symposium on the uranium production cycle and the environment. – 2000. – P. 191 – 198.
5. Vakulchuk R., Gjerde K., Belikhina T., Apsalikhov K. Semipalatinsk nuclear testing: the humanitarian consequences. – N.: НИП, 2014. – 40 pp.
6. Есильканов Г.М., Дюсембаева М.Т., Рихванов Л.П., Мухамедияров Н.Ж., Ташекова А.Ж. Эколого-геохимические особенности подземных вод Семипалатинского испытательного полигона // *Экология и промышленность России*. – 2020. – 24(11). – С. 30-35.
7. Темиржанова А.Е., Язиков Е.Г., Мухамедияров Н.Ж., Сальменбаев С.Е., Умаров М.А., Есильканов Г.М., Ташекова А.Ж. Оценка содержания химических элементов в компонентах природной среды «Восточного» следа радиоактивных выпадений Семипалатинского испытательного полигона // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2022. – Т. 333. – № 9. – С. 113-127. <https://doi.org/10.18799/24131830/2022/9/3741>
8. Abdрахманов К.А., Sushko S.M. Forecasting and revelation of large deposits of uranium in North Kazakhstan urani-um-gold-rare metal-rare earth-diamond province // *News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Geology and technical sciences series*. – 2011. – № 6. – P. 24-37.
9. Джаксыбаев С.И. Минеральное сырье Павлодарской области. – Павлодар, 2002. – 104 с.
10. Абдулина А.А., Вочалевский Э.С., Мирошниченко Л.А., Даукеева С.Ж. Месторождение титана Казахстана: справочник, второе издание. – Алматы: Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов РК, 2014. – 153 с.
11. Сапаргалиев Е.М., Азельханов А.Ж., Кравченко Е.С., Суйекпаев Е.С., Дьячков Б.А. Перспективы практического значения комплексного освоения бедных титан-циркониевых россыпей и кор выветривания Казахстана // *Недропользование*. – 2021. – Т. 21. – № 1. – С. 17-22.
12. Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды: патент Рос. Федерация № 2298212; заявл. 04.07.2005; опубл. 27.04.2007, Бюл. № 12. – 6 с.
13. СТ РК ГОСТ Р 51592-2003. Вода. Общие требования к отбору проб. – Астана, 2003. – 77 с.
14. Соловов А.А., Архипов А.Я., Бугров В.А. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

15. Жук Л.И., Кист А.А. Картирование элементного состава волос / в книге Активационный анализ. Методология и применение. – Ташкент: Фан. – 1990. – С. 190 – 201.
16. Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Соктоев Б.Р. Особенности химического состава солевых отложений подземных питьевых вод Республики Алтай // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324. – № 1. – С. 190-195.
17. Farkhutdinov I., Soktoev B., Zlobina A., Farkhutdinov A., Chaosheng Z., Chesalova E., Belan L., Volfson I. Influences of geological factors on the distribution of uranium in drinking water limescale in the junction zone of the East European Platform and the Southern Urals // *Chemosphere*. – 2021. – P. 282. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131106>
18. Соктоев Б.Р., Рихванов Л.П., Арынова Ш.Ж., Барановская Н.В. Естественные радиоактивные элементы (Th, U) в солевых отложениях природных пресных вод // *Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы V Международной конференции*. – 2016. – С. 599–603.
19. Арбузов С.И., Машенькин В.С. Радиоактивные элементы в каустобиолитах Северной Азии // *Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы V Международной конференции*. – 2016. – С. 67 – 74.
20. Lukowski A., Popek R., Karolewski P. Particulate matter on foliage of *Betula pendula*, *Quercus robur*, and *Tilia cordata*: deposition and ecophysiology // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2020. – V. 27. – P. 10296-10307. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07672-0>
21. Yusupov D.V., Lyarina E.E., Tursunaliyeva E.M., Osipova N.A., Baranovskaya N.V. Poplar tree (*Populus balsamifera* L.) as indicator of mercury emission from a point source // *Chemosphere*. – 2022. – V. 287. – P. 132157. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132157>
22. Yalaltdinova A., Baranovskaya N., Rikhvanov L., Kim J. *Populus nigra* L. as a bioindicator of atmospheric trace element pollution and potential toxic impacts on human and ecosystem // *Ecological indicators*. – 2018. – P. 974 – 983. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.021>
23. Nurlubaeva K.A., Aitkulov A.M., Mukasheva G.Zh., Tykezhanova G.M. Composition of chemical elements in the bio-substrate (hair) of children of the Karaganda region // *Bulletin of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography series*. – 2021. – P. 51-56. <https://doi:10.31489/2021bmg2/51-56>
24. Zlobina A., Farkhutdinov I., Belyanovskaya A., Carvalho F., Matveenko I., Farkhutdinova L., Khayrulina L., Chesalova E.I. Uranium content in drinking water limescale and childrens hair in the Republic of Bashkortostan, Russia // *International journal of Environmental studies*. – 2024. – 81 (4). – 1797 – 1812. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2360832>
25. Байкенов Г.Е., Барановская Н.В., Какабаев А.А., Берсимбаев Р.И., Корогод Н.П., Наркович Д.В., Куровская В.В. Индикаторные показатели состояния экосистем в элементном составе волос жителей районов Северного Казахстана // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2021. – Т. 332. – № 7. – С. 148 –158. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/7/3278>

References

1. Abdrakhmanov K.A. Sushko S.M. (2011) Forecasting and revelation of large deposits of uranium in North Kazakhstan urani-um-gold-rare metal-rare earth-diamond province. *News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Geology and technical sciences series*, № 6, pp. 24-37
2. Abdulina A.A., Vocalevskij E.S., Miroshnichenko L.A., Daukeeva S.Zh. (2014) Mestorozhdenie titana Kazahstana: spravochnik, vtoroje izdanie [Deposits of titanium of Kazakhstan: guide, second issue]. Almaty: Informacionno-analiticheskij centr geologii i mineral'nyh resursov RK, 153 pp. (In Russian) Bajkenov G.E.,
3. Arbuzov S.I., Mashen'kin V.S. (2016) Radioaktivnye elementy v kaustobiolital Severnoj Azii [Radioactive elements in caustobiolites of Northern Asia]. *Radioaktivnost' i radioaktivnye elementy v srede obitaniya cheloveka: Materialy V Mezhdunarodnoj konferencii*, 67-74 p. (In Russian)
4. Baranovskaya N.V., Kakabaev A.A., Bersimbaev R.I., Korogod N.P., Narkovich D.V., Kurovskaya V.V. (2021) Indikatornye pokazateli sostoyaniya ekosistem v elementnom sostave volos zhitelej rajonov Severnogo Kazahstana [Indicators of status of ecosystems in elemental composition of hair of inhabitants of districts of North Kazakhstan]. *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*, v. 332, № 7, 148-158 pp. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/7/3278> (In Russian)
5. Dzhaksybaev S.I. (2002) Mineral'noe syr'e Pavlodarskoj oblasti [Mineral raw materials of Pavlodar region]. Pavlodar, pp. 104. (In Russian)
6. Esil'kanov G.M., Dyusembaeva M.T., Rihvanov L.P., Muhamediyarov N.Zh., Tashekova A.Zh. (2020) Ekologo-geohimicheskie osobennosti podzemnyh vod Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona [Ecological and geochemical features of the Semipalatinsk test site groundwater]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 24(11), pp. 30-35. (In Russian)
7. Farkhutdinov I., Soktoev B., Zlobina A., Farkhutdinov A., Chaosheng Z., Chesalova E., Belan L., Volfson I. (2021) Influences of geological factors on the distribution of uranium in drinking water limescale in the junction zone of the East European Platform and the Southern Urals. *Chemosphere*, 282 p. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131106>
8. Fyodorov G. (2000) Uranium production and the environment in Kazakhstan. Report at the international symposium on the uranium production cycle and the environment, p. 191-198.
9. Fedorov G.V., Kayukov P.G., Berkinbaev B.G. (2013) Radioekologiya v Kazahstane [Radioecology of Kazakhstan]. *Radioaktivnost' i radioaktivnye elementy v srede obitaniya cheloveka: Materialy V Mezhdunarodnoj konferencii*, p. 542-545. (In Russian)

10. Ibrayeva D., Bakhtin M., Kashkinbayev Y., Kazymbet P., Zhumadilov K., Altaeva N., Aumalikova M., Shishkina E. (2020) Radiation situation in the territories affected by mining activities in Stepnogorsk areas, Republic of Kazakhstan: Pilot study. *Radiation protection dosimetry*, pp. 517-526. <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncaa068>
11. Ilbekova K., Dzhanabayev D., Kazymbet P., Aumalikova M., Bakhtin M., Ibrayeva D. (2020) Risk management and prevalence of arterial hypertension in a cohort of people living in the affected area of radioactive waste storage. *Science and Healthcare*, pp. 109-115. <https://doi.org/10.34689/SH.2020.22.5.011>
12. Lukowski A., Popek R., Karolewski P. (2020) Particulate matter on foliage of *Betula pendula*, *Quercus robur*, and *Tilia cordata*: deposition and ecophysiology. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, 10296-10307 pp. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07672-0>
13. Nurlubaeva K.A., Aitkulov A.M., Mukasheva G.Zh., Tykezhanova G.M. (2021) Composition of chemical elements in the bio-substrate (hair) of children of the Karaganda region. *Bulletin of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography series*, 51-56 pp. <https://doi.org/10.31489/2021bmg2/51-56>
14. Robertus Yu.V., Rihvanov L.P., Soktoev B.R. (2014) Osobennosti himicheskogo sostava solevykh otlozhenij podzemnykh pit'evykh vod Respubliki Altaj [Features of chemical composition of salt deposits of drinking groundwaters of the Republic of Altaj]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, t. 324, № 1, 190-195 pp. (In Russian)
15. Sapargaliev E.M., Azel'hanov A.Zh., Kravchenko E.S., Sujekpaev E.S., D'yachkov B.A. (2021) Perspektivy prakticheskogo znacheniya kompleksnogo osvoeniya bednykh titan-cirkonievyyh rossypej i kor vyvetriviyanii Kazahstana [Perspectives of practical significance of complex development of poor titanium-zirconium deposits and waste mantles of Kazakhstan]. *Nedropol'zovanie*, v. 21, № 1, 17-22 pp. (In Russian)
16. Soktoev B.R., Rihvanov L.P., Arynova Sh.Zh., Baranovskaya N.V. (2016) Estestvennye radioaktivnye elementy (Th, U) v solevykh otlozheniyah prirodnykh presnykh vod [Natural radioactive elements (Th, U) in salt deposits of natural fresh water]. *Radioaktivnost' i radioaktivnye elementy v srede obitaniya cheloveka: Materialy V Mezhdunarodnoj konferencii*, 599–603 pp. (In Russian)
17. Solovov A.A., Arhipov A.Ya., Bugrov V.A. (1990) Spravochnik po geohimicheskim poiskam poleznykh iskopaemykh [Guide on geochemical mineral prospecting]. M, Nedra, 1990, 335 p. (In Russian)
18. Sposob opredeleniya uchastkov zagryazneniya uranom okruzhayushchej sredy: patent Ros. Federaciya № 2298212; zayavl. 04.07.2005; opubl. 27.04.2007, Byul. № 12, 6 p. (In Russian)
19. ST RK GOST R 51592-2003. (2003) Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob [Water. General requirements for sample drawing]. Astana, 77 p. (In Russian)
20. Temirzhanova A.E., Yazikov E.G., Muhamediyarov N.Zh., Sal'menbaev S.E., Umarov M.A., Esil'kanov G.M., Tashekova A.Zh. (2022) Ocenka sodержaniya himicheskikh elementov v komponentah prirodnoj sredy «Vostochnogo» sleda radioaktivnykh vypadenij Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona [Assessment of the content of chemical elements in the components of the natural environment of the “Eastern” trace of radioactive fallout at the Semipalatinsk test site]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov*, v. 333, № 9, pp. 113-127. <https://doi.org/10.18799/24131830/2022/9/3741> (In Russian)
21. Vakulchuk R., Gjerde K., Belikhina T., Apsalnikov K. (2014) Semipalatinsk nuclear testing: the humanitarian consequences. N.: NIIA, 40 pp.
22. Yalaltdinova A., Baranovskaya N., Rikhvanov L., Kim J. (2018) *Populus nigra* L. as a bioindicator of atmospheric trace element pollution and potential toxic impacts on human and ecosystem. *Ecological indicators*, 974 – 983 pp. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.021>
23. Yusupov D.V., Lyapina E.E., Tursunaliyeva E.M., Osipova N.A., Baranovskaya N.V. (2022) Poplar tree (*Populus balsamifera* L.) as indicator of mercury emission from a point source. *Chemosphere*, 2022, v. 287, 132157 p. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132157>
24. Zhuk L.I., Kist A.A. (1990) Kartirovanie elementnogo sostava volos [Mapping of elemental composition of hair] / v knige Aktivacionnyj analiz. Metodologiya i primenenie. Tashkent: Fan, 190-201 pp. (In Russian)
25. Zlobina A., Farkhutdinov I., Belyanovskaya A., Carvalho F., Matveenko I., Farkhutdinova L., Khayrulina L., Chesalova E.I. (2024) Uranium content in drinking water limescale and childrens hair in the Republic of Bashkortostan, Russia. *International journal of Environmental studies*, 81 (4), 1797-1812 pp. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2360832>

Information about authors:

Arynova Shynar (corresponding author) – PhD, associate professor of Department of Biology and Ecology, Toraighyrov University (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: shinar_uzh@mail.ru)

Korogod Natalya – candidate of biological sciences, docent, of the Higher School of Natural Sciences of Margulan university, (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: natalya_korogod@mail.ru)

Chidunchi Irina – PhD, associate professor of Department of Biology and Ecology, Toraighyrov University (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: chidunchi_irina@mail.ru)

Kaliyeva Ainagul – candidate of biological sciences, professor, Head of Department of Biology and Ecology, Toraighyrov University (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: ainanurlina80@mail.ru)

Akhmetov Kanat – doctor of biological sciences, professor of Department of Biology and Ecology, Toraighyrov University (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: kanakam61@mail.ru)

Zhangazin Sayan – PhD, associate professor, Deputy Dean for Scientific Work of the Faculty of Natural Sciences, “Eurasian National University named after. L.N. Gumilyov”, e-mail: zhangazin_sayan@mail.ru)

Авторлар туралы мәлімет:

Арынова Шынар (сәйкес автор) – PhD, Торайғыров университетінің Биология және экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, (Павлодар, Қазақстан, e-mail: shinar_uzh@mail.ru)

Корогод Наталья – биология ғылымдарының кандидаты, доцент, Марғұлан университетінің жаратылыстану жоғары мектебінің доценті (Павлодар, Қазақстан, e-mail: natalya_korogod@mail.ru)







Чидунчи Ирина – PhD, Торайғыров университетінің Биология және экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, (Павлодар, Қазақстан, e-mail: chidunchi_irina@mail.ru)

Калиева Айнагуль – биология ғылымдарының кандидаты, доцент, Торайғыров университетінің Биология және экология кафедрасының меңгерушісі, (Павлодар, Қазақстан, e-mail: ainanurlina80@mail.ru)

Ахметов Канат – биология ғылымдарының докторы, Торайғыров университетінің Биология және экология кафедрасының профессоры (Павлодар, Қазақстан, e-mail: kanakat61@mail.ru)

Жангазин Саян – PhD, қауымдастырылған профессор, Жаратылыстану ғылымдары факультеті деканының ғылыми жұмыс жөніндегі орынбасары, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, (Астана, Қазақстан, e-mail: zhangazin_sayan@mail.ru)

Received October 14, 2024
Accepted November 20, 2024

A.A. Bakieva* , I.M. Zharkova* , J.Y. Gusseinova ,
A. Mautaliev , M.A. Suvorova , B.A. Abdullayeva 

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: bakieva_adel2@kaznu.edu.kz, irina.zharkova@kaznu.kz

HISTOPATHOLOGICAL EXAMINATION OF ZEBRAFISH ORGANS UNDER THE EXPOSURE TO MICROPLASTICS

The article was written as part of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan's project AP 23486220, titled "Study of the important organ systems reactivity in the main commercial fish species of the Ile-Balkhash basin under anthropogenic load." (2024–2026). The article represents the study investigating the long-term effects of polyethylene terephthalate (PET) microplastics on zebrafish (*Danio rerio*). Zebrafish exposed to PET microplastics at concentrations of 1.9 mg/l and 5.64 mg/l exhibited significant kidney and gill damage. This included necrosis, circulatory disorders, and tissue damage. Histological analysis revealed specific pathological changes such as vacuolization and hyaline-droplet degeneration in kidneys, and destruction of epithelium and lamellae in gills. Notably, no compensatory-adaptive reactions in gills were observed, indicating a lack of adaptation to prolonged exposure. These findings suggest that microplastics may migrate through the bloodstream, disrupting normal kidney and gill structures. The study highlights the severe impact of microplastic pollution on fish organs, emphasizing the urgent need for further research to develop strategies for mitigating microplastic pollution in aquatic ecosystems. Additionally, the observed lack of adaptive responses underscores the potential for significant ecological consequences, urging immediate attention to address this critical environmental issue.

Key words: pollution, microplastic, Polyethylene terephthalate (PET), histology, toxicology, zebrafish (*Danio rerio*).

А.А. Бакиева*, И.М. Жаркова*, Д.Ю. Гусейнова,
А. Мауталиева, М.А. Суворова, Б.А. Абдуллаева

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
*e-mail: bakieva_adel2@kaznu.edu.kz, irina.zharkova@kaznu.kz

Микропластиктің әсеріне ұшыраған Данио рерио балықтарының мүшелерін гистопатологиялық зерттеу

Мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің AP23486220 «Антропогендік жүктеме жағдайында Іле-Балқаш бассейнінің негізгі кәсіпшілік балық түрлерінің маңызды орган жүйелерінің реактивтілігін зерттеу» жобасы (2024–2026 жж.) аясында жазылған. Мақалада зерттеу барысында полиэтилентерефталат (ПЭТ) микропластиктің Данио рерио балықтарына (*Danio rerio*) ұзақ мерзімді әсері зерттелді. 1,9 мг/л және 5,64 мг/л концентрациясындағы микропластиктің әсеріне ұшыраған Данио рерио балықтарының (*Danio rerio*) бүйрегі мен желбезектеріне айтарлықтай зақым келді. Нәтижелер бойынша келесі патологиялық процестер анықталды: некроз, қан айналымының бұзылуы және тіндердің зақымдануы. Гистологиялық талдау кезінде бүйректің вакуолизациясы және гиалинді-тамшылы дистрофиясы, эпителий мен желбезек тақталарының жойылуы түріндегі ерекше патологиялық өзгерістер анықталды. Айта кетерлігі, желбезектерде компенсаторлық бейімделу реакциялары байқалмады, бұл ұзақ әсер етуге бейімделудің жоқтығын көрсетеді. Бұл дәлелдер микропластиктің бүйрек пен желбезектің қалыпты құрылымдарын бұза отырып, қан айналымы арқылы қозғалу қасиетіне ие болуы мүмкін екенін көрсетеді. Зерттеу балық мүшелеріне микропластикалық ластанудың ауыр әсерін көрсетеді, бұл су экожүйелеріндегі микропластикалық ластануды азайту стратегияларын әзірлеу үшін қосымша зерттеулердің шұғыл қажеттілігін көрсетеді. Сонымен қатар, адаптивті реакциялардың байқалмауы осы маңызды экологиялық проблеманы шешуге жедел назар аударуды қажет ететін елеулі экологиялық зардаптардың ықтималдығын көрсетеді.

Түйін сөздер: ластану, полиэтилентерефталат (ПЭТ), микропластик, гистология, токсикология, (*Danio rerio*)

А.А. Бакиева*, И.М. Жаркова*, Д.Ю. Гусейнова,
А. Мауталиева, М.А. Суворова, Б.А. Абдуллаева

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
*e-mail: bakiyeva_adel2@kaznu.edu.kz, irina.zharkova@kaznu.kz

Гистопатологическое исследование органов рыбок Данио при воздействии микропластика

Статья написана в рамках Проекта Министерства науки и высшего образования РК АР23486220 «Изучение реактивности важнейших систем органов основных промысловых видов рыб Иле-Балхашского бассейна в условиях антропогенной нагрузки.» (2024–2026 годы). В статье представлено исследование долгосрочного воздействия микропластика полиэтилентерефталата (ПЭТ) на рыбок данио (*Danio rerio*). У рыбок данио (*Danio rerio*), подвергшихся воздействию микропластика ПЭТ в концентрациях 1,9 мг/л и 5,64 мг/л, наблюдалось значительное повреждение почек и жабр. Полученные результаты включали в себя такие патологические процессы: как: некроз, нарушения кровообращения и повреждение тканей. При гистологическом анализе были выявлены специфические патологические изменения в виде вакуолизации и гиалиново-капельной дистрофии почек, деструкции эпителия и пластинок жабр. Примечательно, что компенсаторно-приспособительных реакций в жабрах не наблюдалось, что свидетельствует об отсутствии адаптации к длительному воздействию. Эти данные свидетельствуют о том, что микропластик может обладать свойством мигрировать через кровоток, нарушая нормальные структуры почек и жабр. В исследовании подчеркивается серьезное воздействие загрязнения микропластиком на органы рыб, подчеркивая острую необходимость дальнейших исследований для разработки стратегий по смягчению загрязнения микропластиком в водных экосистемах. Кроме того, наблюдаемое отсутствие адаптивных реакций подчеркивает возможность серьезных экологических последствий, требуя немедленного внимания к решению этой критической экологической проблемы.

Ключевые слова: загрязнение, микропластик, полиэтилентерефталат (ПЭТ), гистология, токсикология, *Danio rerio*.

Introduction

Over the past few decades, environmental pollution by plastic and its wastes has become urgent and global in the environmental community. Since the 1960s, global plastic production has increased rapidly, reaching 300 million tons annually [1, 2, 4]. Plastic waste poses a great threat to wildlife, especially to organisms living in the aquatic environment, as it accumulates in reservoirs due to poor disposal and recycling. In modern classification, plastics are diverse. The most common is polyethylene terephthalate (PET), as it is used in food production and beverage packages like plastic water bottles [6]. Getting into the aquatic ecosystems, microplastic particles enter the fish's body through ingestion of water and food particles, and further accumulate in the bloodstream and various organs. Damage caused by stress resulted from exposure to PET particles can directly affect the immune system, leading to inflammatory processes in tissues.

The toxic effect of microplastics leads to a slowdown in metabolic processes in cells and tissues, which suppresses the immune response. The immune system includes external barriers, such as mechanical barriers to prevent the penetration of

pathogens and other foreign particles [14, 15, 16, 17]. Structural changes in cells and tissues of immunocompetent organs can lead to various reactions in organs, including inflammatory processes, in response to external impact [18-19]. However, the specific effects of microplastics have not been sufficiently studied and require detailed study under experimental conditions.

In this case, zebrafish (*Danio rerio*) is an ideal model organism for studying basic biological processes and mechanisms due to numerous advantages that render them convenient and economical for research [20-21]. Conducting experiments with these fish species enables us to generalize the results obtained to a wider range of organisms [22-25].

Therefore, the aim of this study was to investigate the effects of polyethylene terephthalate (PET) microplastics on the gills and kidneys of zebrafish (*Danio rerio*) under a chronic experiment.

Materials and methods

Gills and kidneys of zebrafish *Danio rerio* (*Cyprinidae* family) were the target of experimental research. A stock of adult zebrafish (*Danio rerio*) was obtained and maintained in a 40L aquarium in

the Aquarium Room of al-Farabi KazNU (Almaty, Kazakhstan). Adult healthy fish of both sexes were divided into a control group and two experimental groups. Each experimental group consisted of 15 individuals maintained in 17L aquaria throughout the experiment, with daily monitoring of water quality. The duration of the experiment was one month. Polyethylene terephthalate (PET) microplastic particles ranging in size from 1.34 to 239 μm were obtained by abrasion with sandpaper (Fig. 1).

In the first experimental group, the daily concentration of PET microplastics was 1900 $\mu\text{g/l}$ (1.9 mg/l) (lethal concentration – 13,300 $\mu\text{g/l}$) [8], which accounted for 10% of the total feed mass (0.16 g) per serving. In the second experimental group, the daily concentration of PET microplastics was 5640 $\mu\text{g/l}$ (5.64 mg/l), representing 30% of the feed weight. Microplastics were introduced into the fish's body during feeding with food twice a day.

At the end of each exposure period, fish were euthanized in accordance with guidelines for the use of laboratory animals in preclinical studies [9]. Subsequently, they were dissected under a stereomicroscope, and the gills and kidneys were immediately fixed in 10% buffered formaldehyde. Further tissue processing followed the routine histological technique [10, 11]. Slides were stained with hematoxylin and eosin. Hemosiderin was identified using the Perls histochemical method [13]. For scanning electron microscope (SEM) analysis, the tissue after formaldehyde fixation was washed under running water for 2 hours, followed by dehydration in alcohols and acetone [13]. Stained histological preparations were photographed using an Optix 600 camera mounted on MX300T microscope, while polyethylene terephthalate microplastic particles and fish organs were photographed using a Quantum 3D 200i scanning electron microscope.

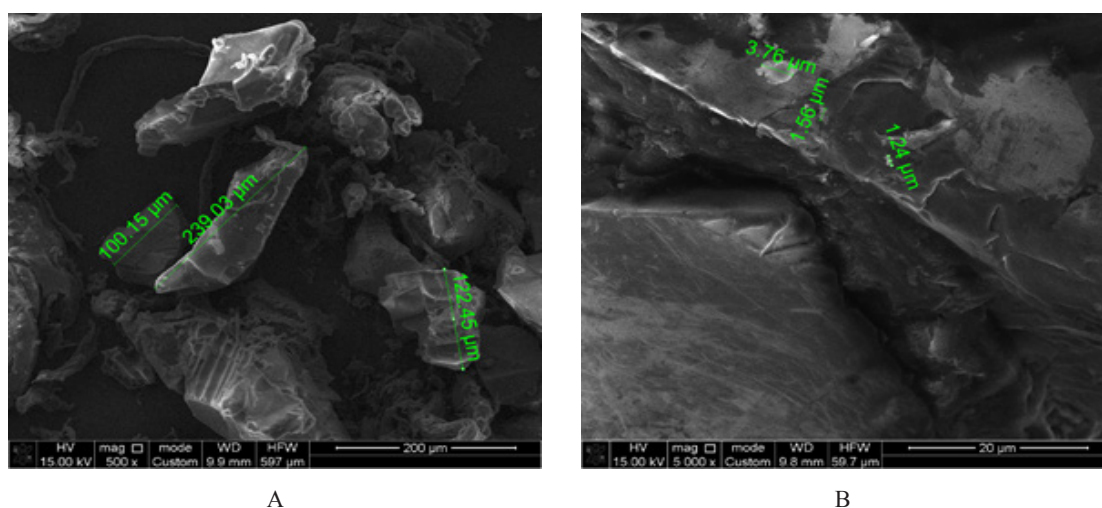


Figure 1 – Photomicrograph of PET microplastic particles by Scanning Electron Microscope Quantum 3D 200i. A – magnification 500x; B – magnification 5000x.

Results and discussion

SEM examination of gills and kidneys samples of both experimental groups revealed the presence of microplastic particles within the tissues. The observed particles ranged in size from 3.36 to 4.77 μm and from 5.99 to 7.73 μm . (Fig. 2).

Histopathological examination of the zebrafish kidneys from the experimental group, exposed to a 1.9 mg/l daily concentration of microplastic particles, revealed several notable observations. These included abundant infiltration of the organ stroma with mononuclear leukocytes (Fig. 3-5), blood sta-

sis in large vessels, and the presence of edema (Fig. 3). Additionally, diapedesis and hemorrhage into the interstitial tissue of the organ were observed (Fig. 3-5). Swelling of the epithelium was evident in the kidney tubules, with the cytoplasm of some epithelial cells containing hyaline-like inclusions stained bright pink (Fig. 3, 4 B). Moreover, the cell boundaries appeared unclear, lumens narrowed or filled with protein masses (Fig. 4A, 4B). Some tubules exhibited signs of necrosis. A slight narrowing of Bowman's space and blood stasis in the capillaries (Fig. 3), with no significant alterations were noted in kidneys glomeruli.

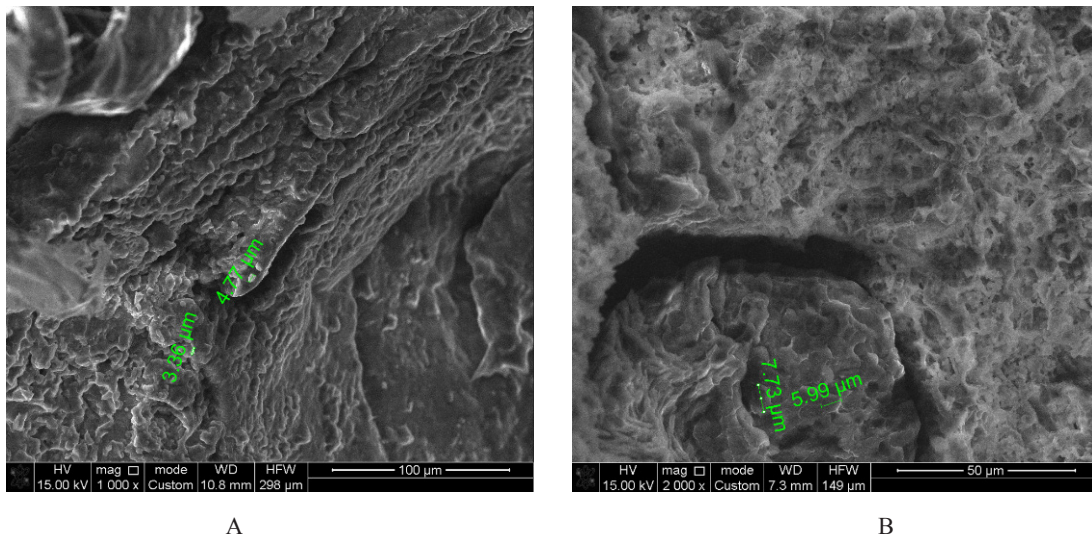


Figure 2 – Photomicrograph of kidney (A) and liver (B) of zebrafish (*Danio rerio*) showing the comparison of PET microplastics particle sizes in kidney (A) and red blood cells in the lumen of liver hepatic vein (blood stasis) (B). Scanning Electron microscope Quantum 3D 200i. Magnification (A) 1000x; (B) 2000x.

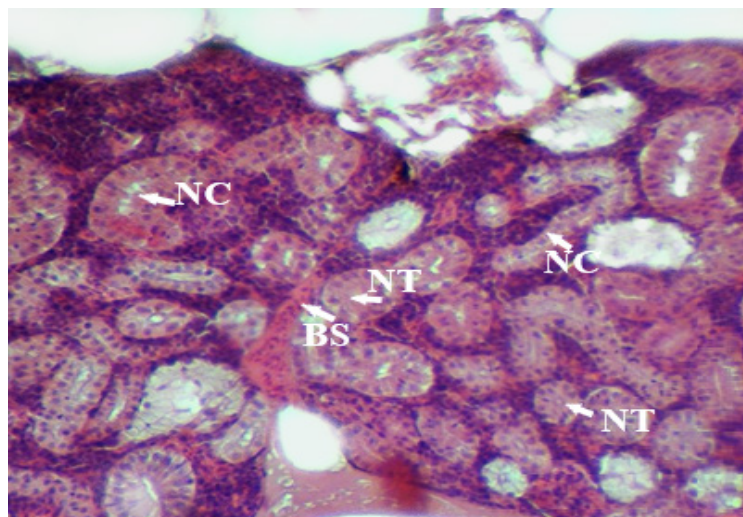


Figure 3 – Photomicrograph of zebrafish (*Danio rerio*) kidney after exposure to 1.9 mg/L of PET microplastic particles showing increased infiltration of tissue with mononuclear leukocytes, blood stasis in vein (BS), and narrowing of the lumen of some proximal and distal tubules (NT). The necrotic processes are followed by epithelial desquamation in some tubules (NC). H&E staining. Magnification 200x

The exposed fish displayed severe edema of the renal interstitium, accompanied by diapedesis and hemorrhage. Additionally, numerous foci of necrosis were observed in the epithelial cells of both proximal and distal tubules (Fig. 4, 5), resulting in a narrowing of their lumens.

A histological examination of zebrafish (*Danio rerio*) kidneys exposed to polyethylene terephthalate

(PET) particles at a daily concentration of 5.64 mg/l (5640 μ g/l) revealed similar histopathological changes to those observed in the first experimental group. These changes included abundant infiltration of the stroma by mononuclear leukocytes, bleeding, and narrowing of the lumens of renal tubules, some of which were filled with protein masses (Fig. 7, 8). Additionally, cases of epithelial cell necrosis were noted (Fig. 7, 8).

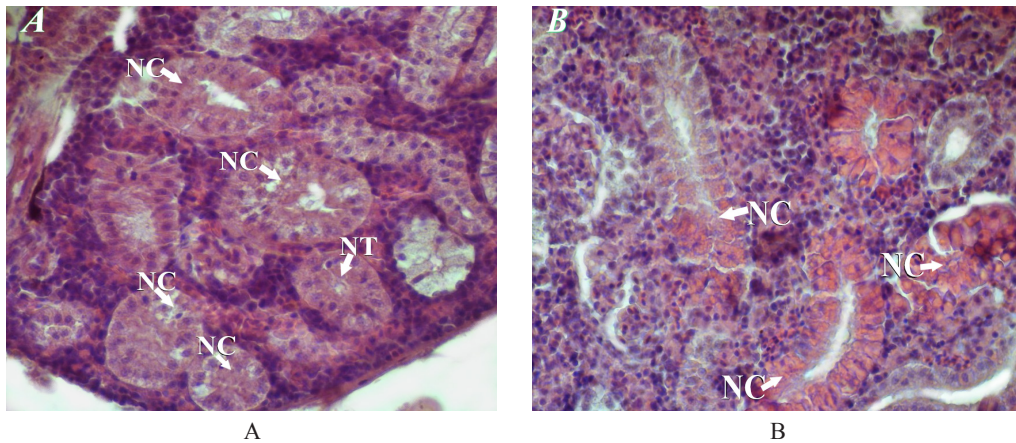


Figure 4 – Photomicrograph of zebrafish (*Danio rerio*) kidney after exposure to 1.9 mg/L of PET microplastic particles showing (A) necrosis of epithelial cells (NC) and narrowing of lumen (NT) in proximal tubules, diffuse blood filling of the kidney interstitium; (B) complete and partial vacuolization of tubule epithelial cells and necrosis (NC). H&E staining. Magnification 400x

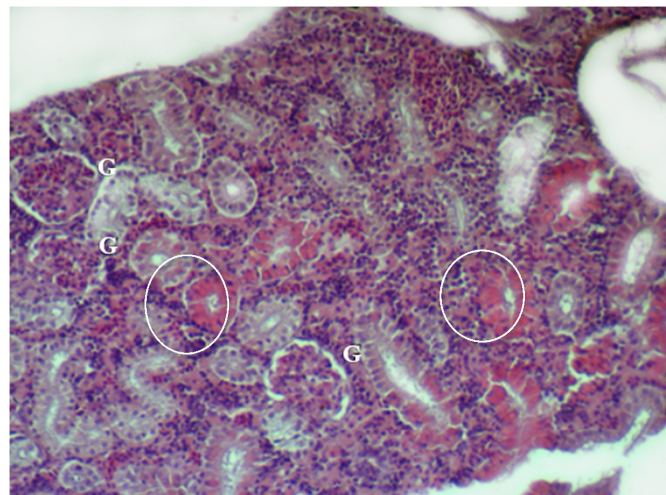


Figure 5 – Photomicrograph of zebrafish (*Danio rerio*) kidney after exposure to 1.9 mg/L of PET microplastic particles showing epithelial cells vacuolization. Tubules and their hyaline degradation (incircle). Narrowing of Boumen's lumen and blood stasis in the capillaries of renal glomeruli (G). H&E staining. Magnification 100x

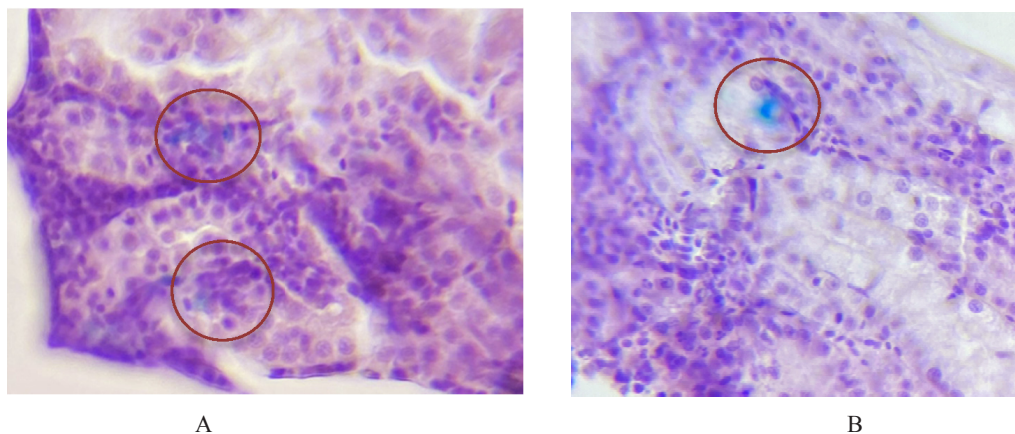


Figure 6 – Photomicrograph of zebrafish (*Danio rerio*) kidney after exposure to 5.64 mg/L of PET microplastic particles showing hemosiderin granules (A, B) Perl's staining. Magnification 400x



Figure 7 – Photomicrograph of zebrafish (*Danio rerio*) kidney after exposure to 5.64 mg/L of PET microplastic particles showing hemorrhage in the organ stroma, orange-brown vacuoles in the epithelial cells of the renal tubules (V); necrosis of epithelial cells (NC) in renal tubules and narrowing of their lumen (NT). H&E staining. Magnification 400x

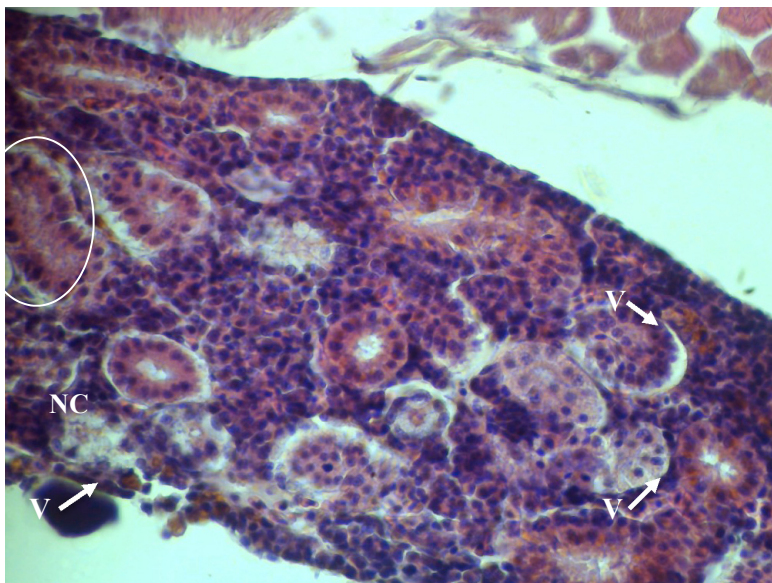


Figure 8 – Photomicrograph of zebrafish (*Danio rerio*) kidney after exposure to 5.64 mg/L of PET microplastic particles showing orange-brown vacuoles in the interstitium of the kidney and epithelial cells of the renal tubules (V); necrosis of renal tubules epithelial cells (NC); the presence of protein masses in the lumen of the renal tubule (in circle). H&E staining. Magnification 400x

Compared to the first experimental group, the higher concentration of PET microplastics resulted in the presence of hemosiderin granules in the interstitium of fish kidneys, confirmed by a positive Perls test (Fig. 6A, B). The cytoplasm of tubule epithelium contained large vacuoles

filled with orange-brown secretion (Fig. 7, 8). Furthermore, an increase in the number of cells exhibiting pyknotic nuclei (karyopyknosis), indicative of the onset of apoptosis, was visually observed in the epithelial cells of the tubules (Fig. 7, 8).

When exposed to microplastic particles (PET) at a concentration of 1.9 mg/l (1900 µg/l) in the gills, several histopathological changes were observed. These included swelling and destruction of the primary gill epithelium, alteration in the shape of the secondary lamellae to hook-shaped, their shortening, destruction of columnar cells, and hemorrhage.

Additionally, degeneration and necrosis of cartilaginous tissue were observed in the gills of some individuals (Fig. 9 A, B).

Similar histopathological changes were noted in fish gill tissue when the concentration of microplastic particles increased to 5.64 mg/l (5640 µg/l) (Fig. 10A, B).

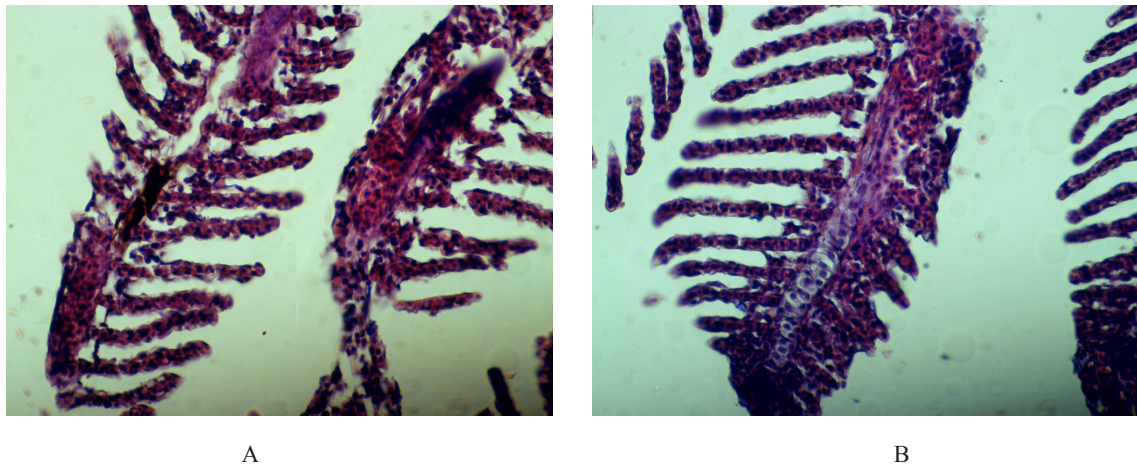


Figure 9 – Photomicrograph of zebrafish (*Danio rerio*) gills after exposure to 1.9 mg/L of PET microplastic particles showing destruction of primary and secondary gill lamellae with the blood stasis in vessel and hemorrhage (A, B); destruction (A, B) and shortening of secondary gill epithelium (B). | Degeneration and necrosis of cartilage tissue (A). Magnification 400x. H & E staining

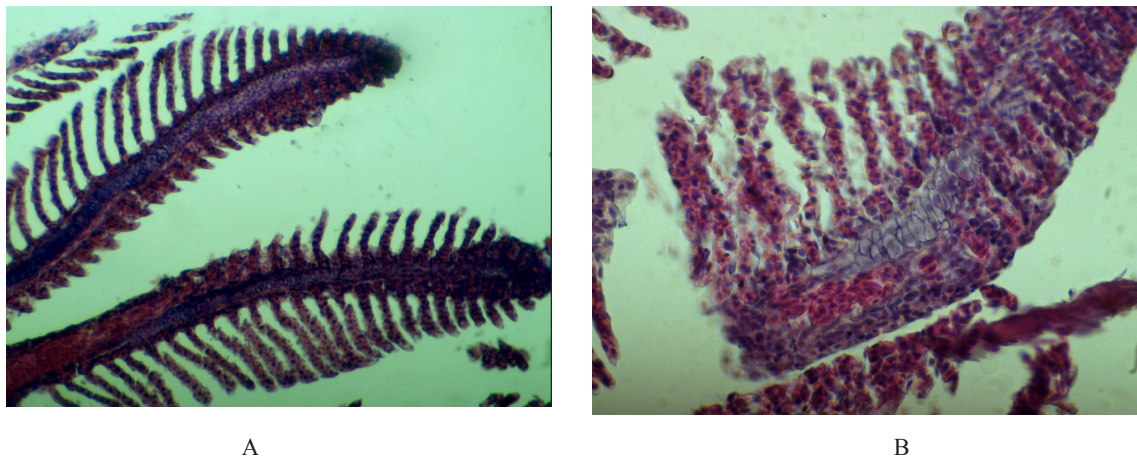


Figure 10 – Photomicrograph of zebrafish (*Danio rerio*) gills after exposure to 5.64 mg/L of PET microplastic particles showing shortening of secondary gill epithelium (black arrow), hemorrhage, and blood stasis in the vessel (white arrow). Magnification x200 (A); x400 (B). H & E staining

Conclusion

A pathological study of zebrafish (*Danio rerio*) exposed to microplastic polyethylene terephthalate (PET) particles revealed significant negative impact on the organs. Exposure to PET microplastic particles at a concentration of 1.9 mg/l resulted in necrotic processes in tissue, generalized circulatory disorders, tissue edema, destruction of blood vessels, impaired permeability, and hemorrhages in both kidneys and gills.

In the kidneys of the first experimental group, vacuolization and hyaline-droplet degeneration of epithelial cells of the renal tubules were recorded, suggesting a toxic effect of microplastics to the organ. At a higher concentration of microplastic particles (5.64 mg/l) in the kidneys, similar pathological processes in the microvasculature were observed, although hyaline-droplet degeneration was absent. Additionally, a small amount of hemosiderin in the organ's stroma and orange-brown vacuoles were observed, requiring further investigation.

In the gills, exposure to microplastics at both concentrations resulted in characteristic changes in the histological structure of the organ, including destruction of the primary and secondary gill epithelium, curvature, and shortening of the secondary gill lamellae. Despite the chronic exposure to micro-

plastics, no compensatory-adaptive reactions were observed in the organs, indicating a lack of adaptation processes in the fish's body under prolonged exposure to microplastic particles, posing a greater threat to marine organisms.

Based on the results of the study, it can be inferred that smaller microplastic particles may not only accumulate in the gastrointestinal tract during food intake, as suggested by some authors [5], and mechanically damage organ tissue, but also migrate through the bloodstream. This migration can lead to a toxic effect and induce characteristic pathological processes in the kidneys and gills of fish.

These results highlight the potentially serious impact of microplastics on zebrafish (*Danio rerio*), including kidney and gill dysfunction, as they have consequences such as the deterioration of vital functions in fish and increased mortality rates, as well as reflect the harm to the ecosystem as a whole. Considering the role of this fish species as a model research object, the results obtained can have wide practical applications in ecology and environmental protection.

Thus, further research in this area is needed to better understand the mechanisms and consequences of microplastics impact on the physiology of aquatic organisms and to develop effective strategies to control and reduce plastic pollution in aquatic ecosystems.

References

1. Rocha, T.L., Gomes, T., Guilhermino, L., and Barros, P. "Microplastics as an Emerging Threat to Terrestrial Ecosystems." *Global Change Biology* 24, no. 4 (2018): 1405-1416.
2. Espinosa, C., Esteban, M.A., Cuesta, A., and Chaves-Pozo, E. "The Impact of Microplastics on the Immune System of Fish and Amphibians: A Review." *Environmental Research* 188 (2020): 109813.
3. Lin, X., Wu, D., Zhang, H., Wang, Z., Li, M., Wu, C., and Yu, X. "Uptake, Accumulation, and Elimination of Polystyrene Microplastics in the Digestive Tract of Zebrafish (*Danio rerio*)." *Environmental Pollution* 273 (2021): 116438.
4. Zhu, Y., Zhang, K., Schmidt, C., Yang, R., Larsson, H.M., Jafari, S., and Gao, B. "The Chronic Effects of Microplastics on Zebrafish (*Danio rerio*)." *Environmental Pollution* 286 (2021): 117317.
5. Gong, Y., Wang, J., Zhang, J., Zhao, Y., Shen, H., Zhang, X., and Liu, X. "The Potential Toxic Effects of Microplastics on the Reproductive System in Male Zebrafish (*Danio rerio*)." *Chemosphere* 251 (2020): 126334.
6. Chen, Q., Rehman, M.S.U., Cui, M., Liu, J., Tian, L., and Ma, X. "Histological Changes in the Gill Tissues of Zebrafish (*Danio rerio*) after Exposure to Microplastics." *Environmental Pollution* 270 (2021): 116020.
7. Wu, D., Wu, C., Lin, X., Zhang, H., Zhang, B., Li, M., and Yu, X. "Histopathological Alterations in the Liver and Intestine of Zebrafish (*Danio rerio*) Exposed to Polystyrene Microplastics." *Environmental Pollution* 288 (2021): 117763.
8. Хакимова, К. Р. Влияние микропластика на выживаемость аквариумных рыб Данио-рерио.» *Электронный периодический рецензируемый научный журнал SCI-ARTICLE.RU* 56 (2022)
9. Рекомендация Коллегии ЕЭК от 14.11.2023 № 33 «О Руководстве по работе с лабораторными (экспериментальными) животными при проведении Доклинических (неклинических) исследований» <https://www.alta.ru/tamdoc/23rk0033/> (Дата обращения Май 2, 2024).
10. Prophet, E.B., et al. *Laboratory Methods in Histotechnology*. Washington, D.C.: American Registry of Pathology, 1992.
11. Mautaliev, A., Zharkova, I., Gusseinova, J., Kobegenova, S., Suvorova, M., Bakieva, A., and Abdullayeva, B. "Distribution Dynamics of Rodlet Cells in the Gills under Pathological Alterations." In *E3S Web of Conferences*, vol. 389, p. 03004. EDP Sciences, 2023.

12. Ahrendt, C., et al. "Microplastic Ingestion Cause Intestinal Lesions in the Intertidal Fish *Girella laevis*." *Marine Pollution Bulletin* 151 (2020): 110795.
13. Григорьев И.П. и др. «Современные гистохимические методы определения тканевого железа на основе реакции Перлса». *Морфология* 149, вып. 1 (2016): 85-88.
14. Kaviani, E.F., Shabanipour, N., and Mirnategh, S.B. "Light and Electron Microscope Structural Study of the Zona Radiata in the Oocyte of Zebrafish (*Danio rerio*)." *Microscopy* 62, no. 3 (2013): 377-382. <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfs086>.
15. Sayyaf Dezfuli, B., Pironi, F., Maynard, B., Simoni, E., and Bosi, G. "Microplastic Ingestion Causes Intestinal Lesions in the Intertidal Fish *Girella laevis*." *Fish & Shellfish Immunology* 121 (2022): 516-534.
16. Alesci, A., Cicero, N., Fumia, A., Petrarca, C., Mangifesta, R., Nava, V., Lo Cascio, P., Gangemi, S., Di Gioacchino, M., and Lauriano, E.R. "Histological and Chemical Analysis of Heavy Metals in Kidney and Gills of Boops boops: Melanomacrophages Centers and Rodlet Cells as Environmental Biomarkers." *Toxics* 10, no. 5 (2022): 218. <https://doi.org/10.3390/toxics10050218>.
17. Su L. et al. Global transportation of plastics and microplastics: A critical review of pathways and influences // *Science of The Total Environment*. – 2022. – Т. 831. – С. 154884.
18. Darbha G. K. Understanding the retention of nanoplastics at rock and mineral surfaces // *MICRO 2018. Fate and Impact of Microplastics: Knowledge, Actions and Solutions*. – MSFS-RBLZ, 2018. – С. 40-41.
19. Yani I. et al. Identification and plastic type and classification of PET, HDPE, and PP using RGB method // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – IOP Publishing, 2020. – Т. 857. – №. 1. – С. 012015.
20. Osman A. I. et al. Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review // *Environmental Chemistry Letters*. – 2023. – Т. 21. – №. 4. – С. 2129-2169.
21. Thompson R. C. et al. Lost at sea: where is all the plastic? // *Science*. – 2004. – Т. 304. – №. 5672. – С. 838-838.
22. Jayasiri H. B. *Marine debris* // *Marine Pollution and Climate Change*. – CRC Press, 2017. – С. 136-162.
23. Messinetti S. et al. Effects of microplastics presence on different developmental stages in invertebrate species // *MICRO 2018. Fate and Impact of Microplastics: Knowledge, Actions and Solutions*. – MSFS-RBLZ, 2018. – С. 54.
24. Panti C. et al. Zebrafish exposure to high-density polyethylene and polystyrene microplastics: effects on liver transcriptome and gastrointestinal histology // *MICRO 2018 Fate and Impact of Microplastics: Knowledge, Actions and Solutions. Conference Proceedings*. – MSFS-RBLZ, 2018. – С. 57-58.
25. Hanvey J. S. et al. A review of analytical techniques for quantifying microplastics in sediments // *Analytical Methods*. – 2017. – Т. 9. – №. 9. – С. 1369-1383.

References

1. Ahrendt, C., et al. "Microplastic Ingestion Causes Intestinal Lesions in the Intertidal Fish *Girella laevis*." *Marine Pollution Bulletin* 151 (2020): 110795.
2. Alesci, A., Cicero, N., Fumia, A., Petrarca, C., Mangifesta, R., Nava, V., Lo Cascio, P., Gangemi, S., Di Gioacchino, M., and Lauriano, E.R. "Histological and Chemical Analysis of Heavy Metals in Kidney and Gills of Boops boops: Melanomacrophages Centers and Rodlet Cells as Environmental Biomarkers." *Toxics* 10, no. 5 (2022): 218. <https://doi.org/10.3390/toxics10050218>.
3. Chen, Q., Rehman, M.S.U., Cui, M., Liu, J., Tian, L., and Ma, X. "Histological Changes in the Gill Tissues of Zebrafish (*Danio rerio*) after Exposure to Microplastics." *Environmental Pollution* 270 (2021): 116020.
4. Darbha, G. K. "Understanding the Retention of Nanoplastics at Rock and Mineral Surfaces." In *MICRO 2018. Fate and Impact of Microplastics: Knowledge, Actions and Solutions*. MSFS-RBLZ, 2018: 40-41.
5. Espinosa, C., Esteban, M.A., Cuesta, A., and Chaves-Pozo, E. "The Impact of Microplastics on the Immune System of Fish and Amphibians: A Review." *Environmental Research* 188 (2020): 109813.
6. Gong, Y., Wang, J., Zhang, J., Zhao, Y., Shen, H., Zhang, X., and Liu, X. "The Potential Toxic Effects of Microplastics on the Reproductive System in Male Zebrafish (*Danio rerio*)." *Chemosphere* 251 (2020): 126334.
7. Григорьев, И.П., et al. «Современные гистохимические методы определения тканевого железа на основе реакции Перлса» [Modern Histochemical Methods for Determining Tissue Iron Based on the Perls Reaction]. *Морфология* 149, вып. 1 (2016): 85-88.
8. Hakimova, K.R. "Vliyanie mikroplastika na vyzhivaemost' akvariumnyh ryb *Danio-rerio*" [The Influence of Microplastics on the Survival of Aquarium Fish *Danio rerio*]. *Jelektronnyj periodicheskiy recenziruemyj nauchnyj zhurnal SCI-ARTICLE.RU* 56 (2022).
9. Hanvey, J.S., et al. "A Review of Analytical Techniques for Quantifying Microplastics in Sediments." *Analytical Methods* 9, no. 9 (2017): 1369-1383.
10. Jayasiri, H.B. "Marine Debris." In *Marine Pollution and Climate Change*, CRC Press, 2017: 136-162.
11. Kaviani, E.F., Shabanipour, N., and Mirnategh, S.B. "Light and Electron Microscope Structural Study of the Zona Radiata in the Oocyte of Zebrafish (*Danio rerio*)." *Microscopy* 62, no. 3 (2013): 377-382. <https://doi.org/10.1093/jmicro/dfs086>.
12. Lin, X., Wu, D., Zhang, H., Wang, Z., Li, M., Wu, C., and Yu, X. "Uptake, Accumulation, and Elimination of Polystyrene Microplastics in the Digestive Tract of Zebrafish (*Danio rerio*)." *Environmental Pollution* 273 (2021): 116438.
13. Mautaliev, A., Zharkova, I., Gusseinova, J., Kobegenova, S., Suvorova, M., Bakieva, A., and Abdullayeva, B. "Distribution Dynamics of Rodlet Cells in the Gills under Pathological Alterations." In *E3S Web of Conferences*, vol. 389, p. 03004. EDP Sciences, 2023.
14. Messinetti, S., et al. "Effects of Microplastics Presence on Different Developmental Stages in Invertebrate Species." In *MICRO 2018. Fate and Impact of Microplastics: Knowledge, Actions and Solutions*, MSFS-RBLZ, 2018: 54.

15. Osman, A.I., et al. "Microplastic Sources, Formation, Toxicity and Remediation: A Review." *Environmental Chemistry Letters* 21, no. 4 (2023): 2129-2169.
16. Panti, C., et al. "Zebrafish Exposure to High-Density Polyethylene and Polystyrene Microplastics: Effects on Liver Transcriptome and Gastrointestinal Histology." In *MICRO 2018. Fate and Impact of Microplastics: Knowledge, Actions and Solutions. Conference Proceedings. MSFS-RBLZ, 2018: 57-58.*
17. Prophet, E.B., et al. *Laboratory Methods in Histotechnology*. Washington, D.C.: American Registry of Pathology, 1992.
18. Rekomendacija Kollegii EJeK ot 14.11.2023 № 33 "O Rukovodstve po rabote s laboratornymi (jeksperimental'nymi) zhivotnymi pri provedenii Doklinicheskikh (neklinicheskikh) issledovaniy" [On the Guidelines for Working with Laboratory (Experimental) Animals during Preclinical (Non-Clinical) Research] <https://www.alta.ru/tamdoc/23rk0033/> (Accessed May 2, 2024).
19. Rocha, T.L., Gomes, T., Guilhermino, L., and Barros, P. "Microplastics as an Emerging Threat to Terrestrial Ecosystems." *Global Change Biology* 24, no. 4 (2018): 1405-1416.
20. Sayyaf Dezfuli, B., Pironi, F., Maynard, B., Simoni, E., and Bosi, G. "Microplastic Ingestion Causes Intestinal Lesions in the Intertidal Fish *Girella laevis*." *Fish & Shellfish Immunology* 121 (2022): 516-534.
21. Su, L., et al. "Global Transportation of Plastics and Microplastics: A Critical Review of Pathways and Influences." *Science of The Total Environment* 831 (2022): 154884.
22. Thompson, R.C., et al. "Lost at Sea: Where Is All the Plastic?" *Science* 304, no. 5672 (2004): 838-838.
23. Wu, D., Wu, C., Lin, X., Zhang, H., Zhang, B., Li, M., and Yu, X. "Histopathological Alterations in the Liver and Intestine of Zebrafish (*Danio rerio*) Exposed to Polystyrene Microplastics." *Environmental Pollution* 288 (2021): 117763.
24. Yani, I., et al. "Identification and Plastic Type and Classification of PET, HDPE, and PP Using RGB Method." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 857, no. 1 (2020): 012015.
25. Zhu, Y., Zhang, K., Schmidt, C., Yang, R., Larsson, H.M., Jafari, S., and Gao, B. "The Chronic Effects of Microplastics on Zebrafish (*Danio rerio*)." *Environmental Pollution* 286 (2021): 117317.

Information about the authors:

Bakieva A.A. (corresponding author) – Master of Natural sciences, PhD student at the Department of Biodiversity and Bioresources of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: bakiyeva_adel2@kaznu.edu.kz)
Zharkova I.M. (corresponding author) – Candidate of Science (biology), senior lecturer at the Department of Biodiversity and Bioresources of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: irina.zharkova@kaznu.kz)
Gusseynova D.Yu. – Master of Natural sciences, PhD student at the Department of Biodiversity and Bioresources of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: al-Farabi (Almaty, Kazakhstan, e-mail: djema@mail.ru)
Mautaliev A. – Master of Natural Sciences, specialist of the clinical diagnostic laboratory of JSC "Scientific Center of Pediatrics and Children's Surgery" (Almaty, Kazakhstan, e-mail: az2az_2@mail.ru)
Suvorova M.A. – PhD, senior lecturer of the Department of Molecular Biology and Genetics of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: masyanskii@gmail.com)
Abdullaeva B.A. – Candidate of Biological Sciences, senior lecturer of the Department of Biodiversity and Bioresources of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: bagila_abdullaeva@mail.ru)

Авторлар туралы мәліметтер:

А. А. Бакиева (корреспонденттік автор) – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, ҚазҰУ биоалуантүрлік және биоресурстар кафедрасының докторанты. Әл-Фараби (Алматы, Қазақстан, e-mail: bakiyeva_adel2@kaznu.edu.kz)
И.М. Жаркова (корреспонденттік автор) – биология ғылымдарының кандидаты, биоалуантүрлік және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы. Әл-Фараби (Алматы, Қазақстан, e-mail: irina.zharkova@kaznu.kz)
Д. Ю. Гусейнова – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, ҚазҰУ биоалуантүрлік және биоресурстар кафедрасының докторанты. Әл-Фараби (Алматы, Қазақстан, e-mail: djema@mail.ru)
А. Мауталиева – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, АҚ «Педиатрия және балалар хирургиясы ғылыми орталығы» клиникалық-диагностикалық зертханасының маманы (Алматы, Қазақстан, e-mail: az2az_2@mail.ru)
М.А. Суворова – PhD, ҚазҰУ молекулалық биология және генетика кафедрасының аға оқытушысы. Әл-Фараби (Алматы, Қазақстан, e-mail: masyanskii@gmail.com)
Б.А. Абдуллаева – биология ғылымдарының кандидаты, биоалуантүрлік және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы. Әл-Фараби (Алматы, Қазақстан, e-mail: bagila_abdullaeva@mail.ru)

Received June 7, 2024
 Accepted November 20, 2024

4-бөлім
ЗООЛОГИЯ

Section 4
ZOOLOGY

Раздел 4
ЗООЛОГИЯ

Е. Балтабай¹, Б.К. Есимов¹, Ф.И. Исаев²*,
Д.У. Сексенова¹, З.А. Ибрагимова³

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан

³Алматы университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: gani.isayev@ayu.edu.kz

***DIPHYLLOBOTRIUM LATUM* ИНВАЗИЯСЫМЕН ЗАЛАДАНҒАН АЛАБҰҒА (*PERCA FLUVIATILIS*, LINNAEUS, 1758) МЕЗОНЕФРОСЫНЫҢ ЖӘНЕ ҚАНЫНЫҢ ЦИТОМОРФОЛОГИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРІ**

Мақалада *Diphyllobotrium latum* инвазиясымен залалданған алабұға балығының (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758) мезонефросының және иммунокомпетентті мүшелері мен тіндерінің клеткалық құрамының өзгерістері сипатталған. Зерттеу мақсаты – паразиттік ауруға шалдыққан балықтардың иммундық механизмдерін анықтау. Зертханалық жағдайда қан және бүйрек дене бөлігінің таңбалары (мезонефрос) зерттелді. Ауланған балық қаны каудоэктомиядан кейін қан тамырынан алынды. Лейкоциттер, балықтардың иммундық жүйесінің инвазияға жауап беретін басты әсерлі жасушалары. Лейкоциттердің балықтың иммундық мүшелерінде пайда болатыны, қан тамырларының арнасында айналыста жүріп, антигендік әсерге туа біткен және бейімделген иммундық жауаптың дамуын қамтамасыз ететіні дәлелденді. Дифиллоботриоз инвазиясының дернәсілдік плероцеркоид сатысы, алабұға балықтарының гемопоэз мүшелерінде лейкоциттердің өндіру тиімділігінің төмендеуіне, морфофункционалдық бұзылулардың пайда болуына ықпал ететіні эксперименттік түрде анықталды. Паразиттердің иелерінің ішек арнасында өсуі мен тіршілік әрекеті ішкі мүшелерінің шырышты қабатының қабынуына, қуыс мүшелерінің дисфункциясына әкелетіні сипатталған. Дифиллоботрияның плероцеркоидтары өз жасушаларында иесі үшін бөтен антигендерді алып жүретін көп жасушалы организм ретінде балық ағзасында иммунды жауап тудыруға қабілетті. Иммундық жауапқа қарамастан, паразиттің плероцеркоидтары ие организмінде дамып өсіп ересек паразитке айналады. Паразиттердің қожайынның организмне тікелей және жанама иммуномодуляциялық әсер тигізетіні анықталды. *Diphyllobotrium latum* плероцеркоидтарының алабұға балықтарының организмінде тудырған морфофизиологиялық, гематологиялық және иммунологиялық параметрлердің өзгерістері, қуыс мүшелеріне патогендік әсері жайлы мәліметтер келтірілген. Алынған нәтижелер, бір жағынан, иммундық жауапқа алабұға балығының мезонефросының қатысуын, екінші жағынан – иммунологиялық гомеостазды қалыптастыратын қан түзу мүшелерінің бейімделу мүмкіндіктерінің төмен екенін көрсетті.

Түйін сөздер: инвазиялық аурулар, таспа құрттар, мезонефрос, қанның лейкоцитарлық құрамы, плероцеркоид, имаго, паразиттерге иммундық жауап, паразит-ие қатынасы, пролиферация, лейкопения, гемопоэз.

Y.N. Baltabay¹, B.K. Yessimov¹, G.I. Issayev^{2*},
D.U. Seksenova¹, Z.A. Ibragimova³

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

²International Kazakh-Turkish university named after Khoja Ahmed Yasawi, Turkestan, Kazakhstan

³Almaty University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: gani.isayev@ayu.edu.kz

Cytomorphological changes in mesonephros and blood of perch infested with *Diphyllobotrium latum* infection (*Perca Fluviatilis*, Linnaeus, 1758)

The article describes changes in the cell composition of mesonephros and immunocompetent organs and tissues of perch fish infected with *Diphyllobotrium latum* infestation (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758). The aim of the study is to identify the immune mechanisms of fish infected with parasitic diseases. In laboratory conditions, blood and kidney body part markings (mesonephros) were examined. The blood of the caught fish was taken from a blood vessel after a caudoectomy. Leukocytes, the main influential cells of the immune system of fish responsible for invasion. It has been proven that leukocytes

are formed in the immune organs of fish, circulating in the channel of blood vessels, ensuring the development of an innate and adaptive immune response to antigenic influences. It has been experimentally established that the larval plerocercoid stage of diphyllobotriosis infestation contributes to a decrease in the efficiency of Leukocyte production in the organs of hematopoiesis of perch fish, the occurrence of morphofunctional disorders. It has been described that the growth and vital activity of the hosts of parasites in the intestinal channel leads to inflammation of the mucous membrane of their internal organs, dysfunction of hollow organs. Plerocercoids of diphyllobotria, as a multicellular organism that carries foreign antigens for the host in its cells, are capable of generating an immune response in the body of fish. Despite the immune response, the plerocercoids of the parasite develop in the host organism and grow into an adult parasite. It has been found that parasites have a direct and indirect immunomodulatory effect on the host's body. Data on morphophysiological, hematological and immunological parameters of diphyllobotrium latum plerocercoids caused in the body of perch fish, pathogenic effects on cavity organs are given. The results obtained showed, on the one hand, the involvement of the mesonephros of perch in the immune response, and on the other – the low adaptive capabilities of the hematopoietic organs that form immunological homeostasis.

Key words: invasive diseases, tapeworms, mesonephros, leukocyte composition of blood, plerocercoid, imago, immune response to parasites, parasite-host relations, proliferation, leukopenia, hematopoiesis.

Е.Н. Балтабай¹, Б.К. Есимов¹, Г.И. Исаев^{2*},
Д.У. Сексенова¹, З.А. Ибрагимова³

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

²Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан

³Алматинский университет, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: gani.isayev@ayu.edu.kz

Цитоморфологические изменения мезонефроза и крови окуня (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758), зараженного инфекцией *Diphyllobotrium latum*

В статье описаны изменения клеточного состава мезонефроса и иммунокомпетентных органов и тканей окуня (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758), зараженных инвазией *Diphyllobotrium latum*. Цель исследования – выявить иммунные механизмы рыб, пораженных паразитарным заболеванием. В лабораторных условиях исследовались маркировка части тела крови и почек (мезонефрос). Кровь пойманной рыбы была извлечена из кровеносного сосуда после каудозектомии. Лейкоциты, основные клетки иммунной системы рыб, ответственные за инвазию. Доказано, что лейкоциты образуются в иммунных органах рыб, циркулируя в русле кровеносных сосудов, обеспечивая развитие врожденного и адаптивного иммунного ответа на антигенный эффект. Экспериментально установлено, что личиночная плероцеркоидная стадия инвазии дифиллоботриоза способствует снижению эффективности производства лейкоцитов в органах кроветворения окуневых рыб, возникновению морфофункциональных нарушений. Описано, что рост и жизнедеятельность паразитов в кишечном канале хозяев приводят к воспалению слизистой оболочки внутренних органов, дисфункции полых органов. Плероцеркоиды дифиллоботрии способны вызывать иммунный ответ в организме рыбы как многоклеточный организм, несущий чужеродные антигены для хозяина в своих клетках. Несмотря на иммунный ответ, плероцеркоиды паразита развиваются в организме хозяина и превращаются во взрослого паразита. Было обнаружено, что паразиты оказывают прямое и косвенное иммуномодулирующее действие на организм хозяина. Приведены данные о нарушениях морфофизиологических, гематологических и иммунологических параметров, патогенном воздействии плероцеркоидов *Diphyllobotrium latum* на органы окуня. Полученные результаты показали, с одной стороны, участие мезонефроса окуня в иммунном ответе, с другой – низкие адаптивные возможности органов кроветворения, формирующих иммунологический гомеостаз.

Ключевые слова: инвазионные болезни, ленточные черви, мезонефрос, лейкоцитарный состав крови, плероцеркоид, имаго, иммунный ответ паразитам, паразито-хозяинные отношения, пролиферация, лейкопения, гемопоэз.

Кіріспе

Кәдімгі алабұға (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758) Шардара су қоймасының экологиялық жағдайының биоиндикаторы ретінде қолдануға лайықты бореальды түр, жазық тұщы су ихтиофауналық кешеніне жатады. Кәдімгі алабұға әртүрлі тіршілік ортасына оңай бейімделетін полиморфты түр [1, 2, 3].

Инвазиялық аурулар организмнің иммундық механизмдерін патологиялық процесті реттеуге бағыттайды. Бұл ағзаның қорғаныс реакцияларына қатысушыларының жұмыс істеуіне сәйкес болады, олардың арасында иммунокомпонентті клеткалар пулы – иммунды мүшелерде түзілетін жетілмеген лейкоциттер және қан тамырларының арнасында айналатын лейкоциттер. Иммундық жауап паразиттердің дамуын басуға және элиминациялауға бағытталған. Сонымен қатар, көптеген паразиттер иесі үшін жоғары патогенді және оның ағзасын өздерінің тіршілік әрекетінің ортасы ретінде пайдаланады.

Diphyllobotrium latum таспалы құрт (*Cestoda: Pseudophyllidea*) – тұщы су жыртқыш балықтарының ерекше паразиті, оның плероцеркоидтары ауыр паразиттік патологияны тудырып, дене қуысында орналасады. Қоздырғыш. *D. latum* – мүшелі цестода – ақ түсті, ұзындығы 50 см-ден 10 м-ге дейін, ені 0,5-1,5 см, Басы шағын, ұзын сопақша, екі саңылау тәрізді ботриялы. Буындары қысқа, кең. Әрбір мүшеде 1-2 жыныстық кешен болады. Жыныс тесіктері вентральды беттің ортасында орналасқан. Қоздырғыштың дамуы аралық және қосымша иелерінің қатысуымен болады. Суға түскеннен жұмыртқадан 8-10 күннен кейін корацидия дернәсілі дамып шығады. Личинканың денесі кірпікшелермен қапталған, олардың көмегімен ол суда еркін жүзеді. Жұмыртқаның даму мерзімі судың температурасына байланысты, 7 күннен 20 күнге дейін жалғасады. Су температурасының 13-15° С дейін төмендеуі жұмыртқаның даму мерзімін 15-17 күнге дейін ұзартады. Корацидия дернәсілдерімен қоректенген аралық иелері -циклоптар немесе диаптомустар – инвазиямен залалданады. Шаяндардың дене қуысында корацидия дернәсілі 20-25 күннен кейін келесі дернәсіл сатысына – процеркоидқа айналады. Залалданған шаяндармен қоректенген алабұға екінші аралық (қосымша) иесі ағзасында паразит дамуын жалғастырады. (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758) – цестодалардың өмірлік циклінің бір бөлігі, оның екінші аралық иесі. Балықтың ішегіндегі шаяндардың денесі қорытылып, паразит дернә-

сілдері бұлшық еттерге, ішек қабырғасына, май ұлпасына, бауырға, гонадтарға енеді және плероцеркоидтың инвазиялық сатысына айналады. Бұл личинка ұзын пішінді, денесі бөлшектенбеген, сүтті-ақ немесе кремді түсті, ұзындығы 6-60 мм және ені 1-3 мм. Бас ұшында екі саңылау тәрізді ботрия болады, олардың көмегімен ішек қабырғасына бекітіледі. Адам немесе көпқоректі жыртқыштар, құстар – дефинитивті (түпкілікті) иелері – инвазияланған балықтармен қоректенгенде лентецтің плероцеркоидтарымен зақымданады.

Дифиллоботриоз инвазиясының плероцеркоид дернәсілдік сатысының бүкіл ұйымы балықтардың ішектеріндегі паразитизмге және аралық ие ағзасының барлық тіршілік процестерін барынша пайдалануға бейімделген. Цестоданың өсуі мен тіршілік әрекеті кезінде ішкі мүшелерінің шырышты қабатының қабынуы қуыс мүшелерінің дисфункциясы мен атрофиясын туындатады (бедеулік, улану пайда болады). Ауру балық судың қалыңдығында қалыпты жүру қабілетін жоғалтады, су бетіне шығып, балық қоректенетін құстардың жеміне айналады [4, 5].

Дифиллоботриоз туысының плероцеркоидтарының алабұға балықтарына патогендік әсері туралы мәліметтер зерттеулерде көп емес. Дегенмен, деректердің негізгі бөлігінде *Diphyllobotrium latum* түрінің қуыс мүшелеріне әсері келтірілген. *Diphyllobotrium latum* плероцеркоидтары балық организмінде морфофизиологиялық өзгерістер туындатып, ішкі бездердің секрециясын өзгертеді. Гипоталамустың релизинг гормондарының секрециясының өзгеруі нәтижесінде жыныс бездерінің деградациясы, солуды басталады [6], гематологиялық және иммунологиялық параметрлердің төмендеуі [7, 8, 9, 10]. Сонымен қатар *Diphyllobotrium latum* инвазиясы жағдайында балықтардың иммунологиялық гомеостазының жұмыс істеуі туралы мәліметтер жоқтың қасы.

Жұмыстың мақсаты – *Diphyllobotrium latum* инвазиясымен залалданған алабұға балығының (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758) мезонейфросының және иммунокомпетентті мүшелері мен тіндерінің клеткалық құрамының өзгерістерін зерттеу.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Биологиялық материал 2023 және 2024 жылдары Түркістан облысындағы Шардара су қоймасынан ауланған алабұға балықтарынан бөлі-

ніп алынды. *Diphyllobotrium latum* таспалы күрт – осы су қоймасын мекендейтін алабұға балығының абсолютті доминантты паразиті. Сондықтан қалыптасқан *паразит-ие* жүйесі табиғи экожүйелер үшін бірегей және иелері паразиттердің басқа түрлерімен аз залалданған эксперименттік жағдайларға барынша жақын.

Морфобиологиялық және паразитологиялық зерттеулер ихтиологияда жалпы қабылданған әдістемелер бойынша жүргізілді [11, 12]. Балықтардың іріктемесі аулармен ауланған *Diphyllobotrium latum* дернәсілдерімен залалданбаған және залалданған дарақтардың бір өлшемді- жас құрамынан тұрды (жасы + 3 + 4, дене ұзындығы тиісінше 130 – 210 және 140 – 170 мм, салмағы – 100 – 154 және 120 – 174 г).

Зерттеу барысында тәжірибедегі балықтардың қаны және бүйректің дене бөлігінен – мезонефростан жағындылар алынды. Балықтардың қанын аулауға кезінде каудозектомия жасап қан тамырынан алдық. Лейкоциттердің жалпы санын Горяев камерасында 1 мм³ меланжерлік әдіспен есептедік. Қан жағындылары Паппенгейм әдісі бойынша боялды (Иванова, 1983). Боялған қан жағындылары бойынша лейкоциттердің популяциялық құрамы 200 жасушаны санау арқылы анықталды. Қан жасушаларын түрге дейін сәйкестендіру жасушалық құрылымдардың тинкториалдық (бояуды қабылдау) қасиеттеріне негізделген. Имунокомпетентті мүшелердің жағындыларын алу үшін тіннің кішкене бөлігі кесіліп алынды. Содан кейін бұл бөлік сүзгі қағазының көмегімен кептіріліп, кесу сызығы бойына заттық шыны жеңіл және абайлап бірнеше рет жанастырылды. Мүшелер таңбалары Романовский-Гимза ерітіндісімен боялды [13]. Жасушаларды есептеу МС 300 жарық микроскопының (Micos, Австрия) көмегімен 1350 есе ұлғайтылып жүзеге асырылды. Залалданбаған және залалданған балықтардың әрбір тобының 3000 жасушасы есептелді. Зерттеулер нәтижелері Statistica 6.С бағдарламалар пакетінің Манн–Уитни (the Mann–Whitney U-test) шамалы емес критерийін пайдалана отырып статистикалық өңделді.

Зерттеу нәтижелері мен оларды талдау

Алғаш рет алабұға балықтарының дифиллоботриоз инвазиясы кезіндегі мезонефростың және қанның лейкоцитариялық құрамындағы өзгерістері зерттелді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде алабұға қанының лейкоциттер клеткалары үш топ қалыптастырады: бласт фор-

малылар, гранулоциттер және агранулоциттер (1-кесте).

Барлық зерттелген алабұға топтарының агранулоциттері екі линиядан тұрады: моноцитарлы және лимфоидты. Перифериялық қандағы моноцитарлық қатар тек пісіп-жетіліп келе жатқан моноциттермен ғана көрсетілген, олардың салыстырмалы және абсолюттік саны тиісінше 12 және 33.3 есе едәуір төмен, залалданбаған балықтарға қарағанда (2-кесте). Барлық зерттелетін балық топтарының қанында лимфобласттардың нақты цитохимиялық белгілері бар бластық элементтермен қатар дифференциацияланбайтын бластық жасушалар анықталды. Олардың абсолюттік және салыстырмалы саны инвазия жүктырғандарда 8,7 есе төмен, залалданбаған балықтарға қарағанда. Лимфоцит антигендік әсерге жауап ретінде пролиферация және дифференциация процесінде лимфобластың – үлкен, орта және кіші функционалдық жетілген лимфоцит сатысында жүреді. *D. latum* дернәсілдерімен залалданған алабұға балықтарының қанында лейкоциттердің жалпы санының төмендеуі 2.3 есе ($p < 0.0001$) шамасында болды. Инвазиямен залалданбаған балықтармен салыстырғанда лимфоциттердің барлық формаларының біршама төмен абсолюттік саны байқалды: кішілері (2.2 есе), орташалары (3.3 есе), үлкендері (5.8 есе). Бұл реттегі көрсеткіштердің өзгеруі кері үрдіске ие болып кіші лимфоциттер санының ұлғаюына апарды ($p < 0.01$), бұл жасушалық тендестің бұзылуы.

Залалданған балықтар қанының нейтрофилдері арасында осындай залалданбағандармен салыстырғанда таяқша ядролы, сегменттік ядролы клеткаларының және дифференциаланбаған нейтрофилдердің абсолюттік санының 1,5-2 есе ($p < 0.001$) төмендеуі байқалды. Барлық зерттелген алабұға балықтарының қанында эозинофил және базофил клеткалары анықталмады, ал паразит дернәсілдерімен залалданған балықтардың қанында жалған базофил жасушалары табылмады (1-кесте).

Инвазияны жүктырған алабұғалар мезонефросының лейкоцитарлық құрамында гранулоцитарлық маңызды өзгерістер байқалды (2-кесте). Гранулоциттер арасында нейтрофилдер саны 2 есе ұлғайды. Олардың сандарының өсуі жас формалар есебінен болды: миелоциттер (2,8 есе) және метамиелоциттер (3 есе). Жалған эозинофилдер санының, керісінше, айтарлықтай төмендеуі (6.6 есе) негізінен метамиелоциттердің жоғалуы есебінен болды (2-кесте). Залалданған балықтардың мезонефросында лимфоидтық қа-

тардағы лейкоциттер санының осыған ұқсас төмендеуі байқалды (2,1 есе, $P < 0,05$). Бұл ретте елеулі өзгерістер тек қана клетканың жетілген формаларында белгіленді (2,5 есе). Пайда болған плазмалық жасушалардың саны аз. Залалданған алабұғалардың мезонефросында моноцитарлық

қатардағы жасушалар санының 1,5 есе азаюы анықталды (2-кесте).

Залалданған балықтардың қанында вакуолданған жасушалық элементтер санының 2,4 есе көбеюі ($p < 0.01$) және ядролары ыдыратылған атиптік лимфоциттердің пайда болуы байқалды.

1-кесте – *Diphyllobotrium latum* дернәсілдерімен залалданған алабұға балығы (*Perca fluviatilis*) қанының лейкоцитарлық құрамы ($M \pm mx$), (алымында) % , (бөлімінде) мың. мкл.

Көрсеткіш	Залалданбаған балықтар ($n = 14$)	Залалданған балықтар ($n = 12$)
Лейкоциттер, жалпы саны	5.6 ± 0.14	$2.2 \pm 0.20^{***}$
Бластула	$\frac{8.3 \pm 1.15}{442 \pm 57.6}$	$\frac{8.0 \pm 0.86}{274.6 \pm 26.82^{**}}$
Лифобластар	$\frac{2.3 \pm 0.62}{114.7 \pm 38.21}$	$\frac{0.6 \pm 0.18}{12.1 \pm 4.63}$
Промиеоциттер	$\frac{3.6 \pm 0.27}{184.3 \pm 19.15}$	$\frac{3.8 \pm 0.32}{87.4 \pm 7.3^{**}}$
Лимфоидты қатар	$\frac{47.3 \pm 2.21}{2580.5 \pm 176.64}$	$\frac{54.5 \pm 2.45^*}{964.9 \pm 22.14^{***}}$
Үлкендері	$\frac{7.4 \pm 0.82}{448.3 \pm 65.12}$	$\frac{3.4 \pm 0.2^{***}}{78.4 \pm 7.16^{***}}$
Орташалары	$\frac{9.6 \pm 1.18}{565.6 \pm 82.72}$	$\frac{9.1 \pm 0.82}{164.5 \pm 8.76^{**}}$
Кішілері	$\frac{32.2 \pm 2.04}{1566.4 \pm 121.42}$	$\frac{43.6 \pm 1.56^{**}}{703.4 \pm 10.64^{***}}$
Моноциттер	$\frac{1.4 \pm 0.43}{72.4 \pm 18.68}$	$\frac{0.2 \pm 0.08^*}{2.4 \pm 2.06^{***}}$
Нейтрофилдер	$\frac{38.8 \pm 3.48}{2042.2 \pm 182.42}$	$\frac{42.8 \pm 1.80}{1008.6 \pm 44.82}$
Миелоциттер	$\frac{18.4 \pm 1.64}{1066.2 \pm 90.86}$	$\frac{7.4 \pm 1.48}{546.8 \pm 18.62^{**}}$
Метамиелоциттер	$\frac{10.2 \pm 0.28}{568.6 \pm 82.44}$	$\frac{9.0 \pm 1.12}{379.2 \pm 23.4}$
Таяқша ядролылар	$\frac{6.8 \pm 1.06}{364.6 \pm 56.16}$	$\frac{3 \pm 0.68^*}{73 \pm 12.4^*}$
Сегментті ядролылар	$\frac{0.8 \pm 0.64}{46.4 \pm 16.30}$	$\frac{0.3 \pm 0.24}{8.6 \pm 4.54}$
Жалған базофилдер	$\frac{4.2 \pm 1.20}{214.6 \pm 63.42}$	$\frac{0^{**}}{0^*}$
Эозинофилдер/базофилдер	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Вакуолданған жасушалар	$\frac{2.6 \pm 0.82}{142.4 \pm 42.24}$	$\frac{6.2 \pm 0.6^{**}}{336.2 \pm 42.18^*}$

Ескерту. ($M \pm mx$) – көрсеткіштің орташа маңнасы және оның қателігі; n – жануарлар саны; залалданбаған балықтар тобынан айырмашылығы: * – $P < 0.05$, ** – $P < 0.01$, *** – $P < 0.0001$; кестелер 1,2 үшін

2-кесте – *Diphyllobotrium latum* дернәсілдерімен залалданған алабұға балықтарының бүйректерінің денелік бөліміндегі (мезонефроста) лейкоциттік құрамының өзгеруі ($M \pm m\sigma$), %-бен

Көрсеткіштер	Залалданбаған балықтар ($n = 14$)	Залалданған балықтар ($n = 12$)
Бластулар	20.8 ± 2.14	25.0 ± 1.86
Гранулоциттер	41.2 ± 1.48	53.4 ± 1.28**
Нейтрофилдер	18.9 ± 1.15	42.6 ± 1.26**
Миелоциттер	5.8 ± 0.62	15.9 ± 1.08**
Метамиелоциттер	5.6 ± 0.38	18.2 ± 1.4**
Таяқша ядролылар	6.3 ± 0.62	8.1 ± 1.32
Сегментті ядролылар	1.8 ± 0.42	0.8 ± 0.24
Жалған эозинофилдер	8.8 ± 1.46	1.5 ± 0.12**
Миелоциттер	4.9 ± 1.26	1.8 ± 0.42
Метамиелоциттер	2.9 ± 0.82	0*
Таяқша ядролылар	2.8 ± 0.98	0.3 ± 0.19
Жалған базофилдер	0.18 ± 0.086	0
Миелоциттер	0.09 ± 0.066	0
Таяқша ядролылар	0.09 ± 0.058	0
Эозинофилдер	0.3 ± 0.08	0
Базофилдер	0.5 ± 0.21	0
Вакуолденгендер	12.4 ± 1.08	8.4 ± 1.23
Агранулоциттер	37.6 ± 2.86	16.8 ± 2.14*
Лимфоидты қатар	38.2 ± 2.96	17.6 ± 2.14*
Пролимфоциттер	22.8 ± 2.64	12.4 ± 2.08
Лимфоциттер	16.4 ± 1.16	5.8 ± 0.66**
Плазматикалық жасушалар	0	0.6 ± 0.48
Моноцитарлық қатар	0.4 ± 0.14	0.2 ± 0.26
Промоноциттер	0.2 ± 0.06	0
Моноциттер	0.2 ± 0.08	0.2 ± 0.16

Дифиллиботриоз инвазиясының патологиялық процесінің ерекшелігі, плероцеркоидтар сатысында өз иелерінің дене қуысының барлық бос кеңістігінде паразиттік тіршілік әрекетін жасай алады. Паразиттер ішкі мүшелерге механикалық әсерімен қатар бір мезгілде балық ағзасына күшті уытты әсер етеді [14, 15].

Дифиллиботриоз қоздырғышының дернәсілдері өз жасушаларында аралық иесіне бөтен антигендерді алып жүретін көп жасушалы организм ретінде балық ағзасында иммунды жауап туғызуға қабілетті. Сонымен қатар, паразит ие мүшелерінде тез дамып, айтарлықтай көлемге жетеді. Екі жаққада қолайлы қатынастарды сақтау мақсатында цестодалардың иелерінің организміне тікелей және жанама иммуномодуляциялық әсерінің дәлелдері бар [16, 17, 18]. Ба-

лықтарда дифиллиботриоз инвазиясына иммунды жауап механизмдерін зерттеулер жоқтың қасы және фрагментті.

Лейкоциттердің, балықтардың иммундық жүйесінің басты әсерлі жасушалары ретінде иммундық органдарда пайда болып және қан тамырлары арнасында белсенді айналыста жүріп, антигендік әсерге туа біткен және бейімделген иммундық жауаптың дамуын қамтамасыз ететіні дәлелденді. Сүтқоректілерге қарағанда балықтарда иммунопоздің негізгі мүшесі рөлін бүйрек атқарады. Бүйректің бас бөлімі (пронефрос) иммунокомпетентті элементтер өнімінің негізгі қызметін атқаратыны белгілі. Мезонефрос – гемо- және иммунопозез, зәр шығару процесіне қатысатын полифункционалды орган [19, 20]. Әдебиеттерде дифиллиботриоз инвазиясын

жұқтырған алабұға балықтарының мезонефросының және қанының жасушалық құрамының өзгеруі туралы деректер жоқ.

Біздің зерттеулерімізде *D. latum* инвазиясы ауру балықтарда елеулі лейкопения және дислейкопоз тудырады. Бұған жас, жетілген нейтрофилдердің едәуір төмен деңгейі және қандағы жалған базофилдердің жоқтығы көрседі. Ауруға шалдыққан алабұға балықтарында қорғаныс компенсаторлық иммунологиялық реакциясының рөлін мезонефростың нейтрофилдердің төмен дифференциаланған түрлерімен инфильтрациясы атқарады. Бұл ретте залалданған дарақтардың жетілген микрофагтар резерві залалданбаған дарақтардың резервімен салыстырғанда төмен, бұл нейтрофилдер мен жалған базофилдердің қан тамырлары арнасынан тінге көшуі туралы, сонымен қатар пролиферация мен дифференциацияланудың кідіруі туралы айғақтайды. Осыған ұқсас көрініс бұрын алынған деректерге сәйкес жетілген нейтрофилдердің едәуір төмен санының фонында гранулоцитопоздың күшеюі байқалған, бірақ тек метамиелоцит фазасында ғана байқалады [21].

Әлбетте, таспа құрт дернәсілдерінің иммуномодуляциялық әсері тіндердің жіті қабынуын басуға және жаппай зақымдануын болдырмауға бағытталған. Анықталған қанның лейкоцитарлық құрамы иммунокомпетенттік органдарда жасушалық резервтің сарқылу белгілерімен созылмалы қабыну процесі өтіп жатқанын куәландырады.

Өзінің фагоцитоз бен дегрануляцияға қабілеттілігінің арқасында, кең ауқымды антибиотикалық белоктарға ие нейтрофилдер, ағзаны бактериялардан және саңырауқұлақтардан қорғауға қатысады [22]. Сондықтан алабұғаның ағзасында нейтрофилдердің функционалдық белсенділігі негізінен плероцеркоидтар метаболизмінің өнімдері мен дернәсілдердің өсуі нәтижесінде зақымданған балық тіндерін сыртқы ортаға шығаруға келіп тіреледі.

Инвазияға тән емес мүшелердің нейтрофилиясы түріндегі иммундық жауаптың дамуымен қатар иммунодепрессивтік құбылыстар байқалады. Біздің мәліметтер бойынша мезонефроста жалған эозинофилдердің, функционалдық жетілмеген формалары есебінен, санының күрт төмендеуі, жалған базофилдердің, базофилдердің және эозинофилдердің жойылып кетуі орын алады. Кутыревтің мәліметінше, залалданған балықтардың пронефросында лейкоциттердің бласттық формаларының пролиферациясы қарқынының азаюы және тиісінше лейкоциттердің

барлық формаларының түзілуінің төмендеуі байқалады [23, 24].

Залалданған ағзаларда мүшелік жасушалық иммунодепрессия гематологиялық реакциямен үйлеседі: дифференциацияланудың әртүрлі сатыларындағы гранулоцит жасушаларының шамалы саны және қанда эозинофилдердің жоқтығы белгіленді. Осылайша, гранулоциттердің миграциясы олардың иммунопоз мүшелерінде өндірілуінен басым болды, бұл жасушалардың осы түрлерінің қалпына келуінің толық тоқтағанын және жасушалық резервтің сарқылғанын айғақтайды.

Эозинофилдер паразиттік аурулар кезіндегі эффекторлық жасушалар. Фагоцитоз бен дегрануляцияға қабілеттілігі есебінен бұл жасушалар иммуносупрессивті және жоғары уытты заттарды босата отырып және иммуноглобулиндерге арналған рецепторлары арқылы паразиттердің жоюылын қамтамасыз етеді [25, 26]. Иммунокомпетенттік органдарда және залалданған алабұға қанында эозинофилдердің болмауы балықтардың жасушалық өнімді мақсатты түрде тежеуін көрсетеді. Қабыну процесі кезінде көп мөлшерде қанда анықталатын базофилді клеткаларының өндірілуі эозинофилдерге ұқсас төмендейді, сондай-ақ *D. latum* дернәсілдері иммундық жүйенің бейспецификалық қорғаныс реакциясын басуға бағытталған иммунологикалық теңгерімсіздікті тудырады.

Эксперименттерде алынған нәтижелер гельминт үшін зиянды қабыну иммундық реакциялардың алдын алуға бағытталған бірқатар паразиттердің қорғану стратегиялары [27, 28].

Қорытынды

Осылайша, таспа құрт дернәсілдерінің инвазиясы лейкоциттердің бласттық түрлерінің пролиферациясын төмендетіп, жас гранулоциттердің пролиферациясы мен дифференциациясын бұзуға әкеледі. Жас гранулоциттер цитоуыттылық реакциясын дамытуда және паразиттерді фагоцитоздауда (киллинг жасауда) маңызды рөл атқарады.

Иесінің иммундық жауабы иммунитеттің лимфоидты буынының белсенділігі бойынша да бағаланды, оның жасушаларының иммундық реакциялары паразиттер дамуына қарсы әрекет жасап бейімделу иммунитетінің негізгі эффекторлары болып табылады. Балықтардың қан айналымында Т- және В-лимфоциттер анықталады [29].

Ересек балықтардың бүйрегінде негізі В-лимфоциттер өндіріледі [30]. В-лимфоциттер плазмалық жасушаларға өзгеріп, антигенді элиминациялауға бағытталған гуморальдық спецификалық иммунитет реакцияларына қатысады, иммуноглобулиндерді экспрессиялайды және өндіреді.

D. latum дернәсілдерімен залалданған алабұға балықтарының қан лимфоциттерінің популяциялық құрамын зерттеу барысында кейбір ерекшеліктер анықталды. Лимфоциттердің саны азайып, иммуноциттердің қайта бөлінуі жетілген кіші лимфоциттердің ұлғаюы жағына қарай бағытталуын көрсетті. Алайда, қан лимфоциттерінің абсолюттік санының айтарлықтай аз болуы пролиферативтік белсенділіктің және лимфоидты қатардағы жасушалардың дифференцировкасының жүйелі бұзылуын көрсетеді. Иммунокомпетентті мүшелерде пролиферативтік процестің басылуы байқалады. Осындай Т-лимфоциттерінің төмен деңгейі балықтардың лигулез инвазиясы кезінде тіркелген [7].

Залалданған балықтардың мезонефросында лимфоидтық қатардағы барлық жасушалардың аз саны және плазмалық жасушалардың бірлі-жарым саны белгіленді. Алдыңғы зерттеулерде алынған деректерге сәйкес алабұғалардың пронефросында дифиллоботриоз кезінде пролимфоциттер фазасында белсенді жасушалық пролиферация сақталған. Алайда бұл процесс жетілген лимфоциттер резервінің төмендеуі және плазмалық жасушалардың болмауы аясында дамыды [30]. Демек, залалданған алабұғаларда спецификалық иммундық жауаптың клеткалық және гуморальдық реттелуінің бұзылуы және жасушалардың екінші реттік иммунокомпетентті мүшелерге көшу мүмкіндіктері бар. Зерттеушілердің деректері бойынша табан және торта балықтарының, лигулез инвазиясы кезінде, қандағы иммуноглобулиндер мөлшері күрт төмендеп жойылып кетуге барған [7].

Таспа құрт дернәсілдері бастайтын жасушалық процестердің теңгерімсіздігі, гемопозз мүшелерінің лейкоциттерді өндіру тиімділігін төмендеуіне әкеліп, морфофункционалдық бұзылулардың пайда болуына ықпал етеді. Мысалы, залалданған алабұғалардың қаны мен бүйрегінде ядролары бөлшектенген лимфоциттер табылды.

Балықтардың қанында вакуолденген жасушалар санының көбеюі осы клеткалардың патогенезге қатысатынын көрсетеді. Ұқсас цитоморфологиялық ерекшеліктер балықтардың көптеген паразитоздары мен токсикоздарын-

да байқалады [7]. Анықталған морфологиялық атипиялар жасушалардың жетілуін бақылайтын молекулярлық бұзылулардың нәтижесі және, бәлкім, метаболикалық иммуносупрессиядан, таспа дернәсілдерінің алмасу өнімдерінің әсерінен туындаған.

Алынған нәтижелер, бір жағынан, *D. latum* инвазиясына иммундық жауапқа алабұға балығының мезонефросының қатысуын, екінші жағынан – иммунологиялық гомеостаздың бейімделу мүмкіндіктерінің дәрменсіздігін көрсетті. Әдебиеттердегі деректер бойынша балықтардың иммунитетінің бейімделу тетіктері құрлықтағы омыртқалыларға қарағанда әлсіз дамыған. Көп сан алуандылықпен және белсенділіктің шапшаңдығымен сипатталатын бейспецификалық қорғау факторлары басым [29]. Осы паразиттік жүйеде иммунды қорғаудың спецификалық тетіктері жұмыс істемейді, ал иммунитеттің спецификалық емес факторларының жұмыс істеуінде теңгерімсіздік туындайды. Зерттеулердің нәтижесінен белгілі, табиғи және эксперименттік жағдайларда алабұға балықтарының дарактары өмір сүру барысында кем дегенде екі рет *D. latum* плероцеркоидтарымен залалданады, яғни пайда болған иммунитет сол паразит түрімен реинвазияларға қатысты тиімсіз болып шығады.

Осылайша, *D. latum* инвазиясы алабұға балығы қанның лейкоцитарлық құрамында өзгерістер тудырады және мезонефросында қан клеткаларының түзілуін бұзады. Инвазия дамуында паразит-қожайын жүйесінде иммундық жауапты реттейтін механизмдер іске қосылып қарымқатынас жіті қабыну реакциясын тежеуге және әлсіз созылмалы қабынудың дамуына әкелетінін көрсетті. Иммунитеттің В-лимфоцитарлық буының жандандырылуы цитоунитты реакцияларға белсенді қатысатын факторлардың жасушалық дегенерациясымен және иммуносупрессия процестерімен іске асырылды. *D. latum* – алабұға жүйесіндегі барлық қатынастар екі жақты үйлестіруге бағытталған.

Мақала авторлары «Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығының» БШ ҒӨО ғылыми қызметкері Бектүров Дәулет Сейдіғалиұлына Шардара су қоймасының балықтарын аулауға және анықтауға көмектескені үшін ризашылықтарын білдіреді.

Жұмыс Абай атындағы ҚазҰПУ биология кафедрасының «Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысындағы су жүйелерінің биологиялық алуантүрлілігі» ғылыми бағдарламасының аясында орындалған.

Әдебиеттер

- 1 Кутырев И.А. Эпизоотическая ситуация по дифиллоботриозу в районе Боткинского водохранилища Пермского края. //Мат. докл. науч. конф. Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. М.- 2011. – Вып. 8. – С. 250 – 252.
- 2 Bylund G. Pathogenetic effects of a Diphyllobotrium plerocercoid on its host fishes. Comment, boil. Soc. Sci. fenn. 2012, nr. 58, 11p
- 3 Vik R. Studies of helminth fauna of Norway. 1. Taxonomy and ecology of Diphyllobotrium norvegicum n.sp. and the plerocercoid of Diphyllobotrium latum (L.). "Nytt. Mag. Zool.", 2017, v.5, P.25-93.
- 4 Дубинина М.Н. Ремнецы (Cestoda:Ligulidae) фауны СССР. М; Л.: Наука, 2006. 261 с.
- 5 Апсолихова О.Д. Ремнецы карповых рыб озер центральной Якутии и Вилюйского водохранилища (распространение, биология и меры профилактики): Автореф. дис. канд. биол. наук. М.: ВИГИС, 2010. 20 с.
- 6 Arme C. Ligula intestinalis a tapeworm contraceptive // Biologist. 2002. V. 49. № 6. P. 265– 269.
- 7 Мазур О.Е., Пронин Н.М. Показатели крови и иммунной системы Rutilus rutilus lacustris (Cyprini- formes: Cyprinidae) при инвазии плероцеркоидами (Pseudophyllidea: Ligulidae) // Вопр. ихтиологии. 2006. Т. 46. № 3. С. 393–397.
- 8 Силкина Н.И., Микряков В.Р., Микряков Д.В. Характер изменения некоторых иммунофизиологических показателей зараженных плероцеркоидами Ligula intestinalis лещей Abramis brama на разных стадиях развития паразита // Изв. РАН. Сер. биол. 2012. № 5. С. 567–571.
- 9 Bylund G., Djupsund B. Protein profiles as an aid to taxonomy in the genus Diphyllobotrium. "Z. Parasitenk.", 2014, Band 51, N 3, p.241-247.
- 10 Guttowa A. Natural focus of infection of plankton crustaceans with procercooids of Diphyllobotrium latum L. in Finland. «Acta parasitol. polon», 2014, v.11, N 5-13, p.145-152.
- 11 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 375 с.
- 12 Быховская-Павловская И.Е. Паразитологическое исследование рыб: Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.
- 13 Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб). М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 184 с.
- 14 Сапожников Г.И., Никонова Л.А. Дифиллоботриоз в Пермской области. Сб. тез. Док. всерос. прак. конф. // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов. – М.- 2003. – С. 112.
- 15 Никонова Л.А., Сапожников Г.И. Дифиллоботриоз в Чагинском районе Пермской области.- Мат. докл. науч. конф. // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. М. – 2003. – Вып. 4. – С. 282-285.
- 16 Gymez-Garcia L., Lypez-Marin L.M., Saavedra R., Reyes J.L., Rodriguez-Sosa M., Terrazas L.I. Intact glycans from cestode antigens are involved in innate activation of myeloid suppressor cells // Parasite Immunol. 2005.V. 27. P. 395–405.
- 17 Бессонов А.С. Цистный эхинококкоз и гидатидоз. М.: ВИГИС, 2007. 672 с
- 18 Stunkard H.W. Variation and criteria for genetic and specific determination of diphyllobotriid cestodes. «J. Parasitol.», 19, 2015, v.39, N 2-3, p.281-296.
- 19 Флерова Е.А. Клеточная организация почек костистых рыб (на примере отрядов Cypriniformes и Perciformes). Ярославль: Изд-во "Ярославская ГСХА", 2012. 140 с.
- 20 Hayatbakhsh M.R., Khara H., Movahed R., Sayadborani M., Rohi J.D., Ahmadnezhad M., Rahbar M., Rad A.S. Haematological characteristics associated with parasitism in bream, Abramis brama orientalis // J. Parasit. Dis. 2013. V. 38. № 4. P. 383–388.
- 21 Markowski S. On the species of Diphyllobotrium occurring in birds, and their relation to man and other hosts. "J. Helminthol.", 2017, v.23, N 3/4, p.107-126.
- 22 Тоголян А.А., Фрейдлин И.С. Клетки – мы. СПб.: Наука, 2000. 231 с
- 23 Banarescu P. Principles and problems of zoogeography. Yugoslavia, Subotica, 1975, 214 pp.
- 24 Ergens R., Gussev A. V. et al. Parasite fauna of fishes of the Tisa river basin. Academia, Praha, 2005, 140 pp.
- 25 Adams M.B., Nowak B.F. Distribution and structure of lesions in the gills of Atlantic salmon, Salmo salar L., affected with amoebic gill disease // J. Fish Dis. 2008.V. 24. P. 535–542.
- 26 Alvarez-Pellitero P. Fish immunity and parasite infections: from innate immunity to immunoprophylactic prospects // Vet. Immunol. Immunopathol. 2008. V. 126.P. 171–198.
- 27 Larson D., Hobner M.P., Torrero M.N., Morris P.C., Brankin A., Swierczewski B.E., Davies J.S., Vonakis M.B., Mitre E. Chronic helminth infection reduces basophile responsiveness in an IL-10-dependent manner // J. Immunol. 2012. V. 1. № 9. P. 4188–4199.
- 28 Molnar K. Beitrage sur Kenntnis der Fischparasiten in Ungarn.– Acta Vet. Acad. Sci. Hungaricae, 2014, Bd. 18, S. 293–311.
- 29 Кондратьева И.А., Киташова А.А., Ланге М.А. Современные представления об иммунной системе рыб. Ч. 1. Организация иммунной системы рыб // Вестн. МГУ. Сер. 16, Биология. 2001. № 4. С. 11–20.
- 30 Hayatbakhsh M.R., Khara H., Movahed R., Sayadborani M., Rohi J.D., Ahmadnezhad M., Rahbar M., Rad A.S. Haematological characteristics associated with parasitism in bream, Abramis brama orientalis // J. Parasit. Dis. 2013. V. 38. № 4. P. 383–388.

References

- 1 Adams M.B., Nowak B.F. (2008) Distribution and structure of lesions in the gills of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., affected with amoebic gill disease // *J. Fish Dis.* V. 24. P. 535–542.
- 2 Alvarez-Pellitero P. (2008) Fish immunity and parasite infections: from innate immunity to immunoprophylactic prospects // *Vet. Immunol. Immunopathol.* V. 126. P. 171–198.
- 3 Apsolikhova O.D. (2010) *Ligulidae* carp fishes of lakes of central Yakutia and the Vilyui reservoir (distribution, biology and preventive measures): Abstract of thesis. dis. Ph.D. biol. Sci. M.: VIGIS. 20 p.
- 4 Arme C. (2002). *Ligula intestinalis* a tapeworm contraceptive // *Biologist.* V. 49. № 6. P. 265– 269.
- 5 Banarescu P. (1975) Principles and problems of zoogeography. Yugoslavia, Subotica, 214 pp.
- 6 Bessonov A.S. (2007) Cystic echinococcosis and hydatidosis. M.: VIGIS. 672 p.
- 7 Bykhovskaya-Pavlovskaya I.E. (1985) Parasitological study of fish: Study Guide. L.: Nauka. 121 p.
- 8 Bylund G. Pathogenetics effects of a *Diphyllbothrium plerocercoid* on yts host fishes. Comment, boyle. *Social Ski. fenn.* 2012, no. 58, 11p
- 9 Bylund G., Djupsund B. (2014) Protein profiles as an aid to taxonomy in the genus *Diphyllbothrium*. “*Z. Parasitenk.*”, Band 51, N 3, p.241-247.
- 10 Vik R. (2017) Studies of helminth fauna of Norway. 1. Taxonomy and ecology of *Diphyllbothrium norvegicum* n.sp. and the plerocercoid of *Diphyllbothrium latum* (L.). “*Nytt. Mag. Zool.*”, v.5, P.25-93.
- 11 Dubinina M.N. (2006) *Ligulidae* (Cestoda: *Ligulidae*) of the fauna of the USSR. M; L.: Nauka. 261 p.
- 12 Ergens R., Gussev A. V. et al. (2005) Parasite fauna of fishes of the Tisa river basin. Academia, Praha, 2005, 140 pp.
- 13 Flerova E.A. (2012) Cellular organization of the kidneys of teleost fishes (using the example of the orders Cypriniformes and Perciformes). Yaroslavl: Publishing house “Yaroslavl State Agricultural Academy”. 140 p.
- 14 Guttowa A. (2014) Natural focus of infection of plankton crustaceans with plerocercoids of *Diphyllbothrium latum* L. in Finland. “*Acta parasitol. polon.*”, v.11, N 5-13, p.145-152.
- 15 Gymez-Garcia L., Lypez-Marin L.M., Saavedra R., Reyes J.L., Rodriguez-Sosa M., Terrazas L.I. (2005) Intact glycans from cestode antigens are involved in innate activation of myeloid suppressor cells // *Parasite Immunol.* V. 27. P. 395–405.
- 16 Hayatbakhsh M.R., Khara H., Movahed R., Sayadborani M., Rohi J.D., Ahmadnezhad M., Rahbar M., Rad A.S. (2013) Haematological characteristics associated with parasitism in bream, *Abramis brama orientalis* // *J. Parasit. Dis.* V. 38. № 4. P. 383–388.
- 17 Hayatbakhsh M.R., Khara H., Movahed R., Sayadborani M., Rohi J.D., Ahmadnezhad M., Rahbar M., Rad A.S. (2013) Haematological characteristics associated with parasitism in bream, *Abramis brama orientalis* // *J. Parasit. Dis.* V. 38. № 4. P. 383–388.
- 18 Ivanova N.T. (1983) Atlas of fish blood cells (comparative morphology and classification of the formed elements of fish blood). M.: Leg. and food industry. 184 p.
- 19 Kondratyeva I.A., Kitashova A.A., Lange M.A. (2001) Modern ideas about the immune system of fish. Part 1. Organization of the immune system of fish // *Vestn. Moscow State University. Ser. 16, Biology.* No. 4. pp. 11–20.
- 20 Kutyrev I.A. (2011) Epizootic situation of diphyllbothriasis in the Botkin reservoir area of the Perm region. // *Mat. report scientific conf. Theory and practice of combating parasitic diseases. M. – Issue. 8. – pp. 250 – 252.*
- 21 Larson D., Hobner M.P., Torrero M.N., Morris P.C., Brankin A., Swierczewski B.E., Davies J.S., Vonakis M.B., Mitre E. (2012) Chronic helminthes infection reduces basophile responsiveness in an IL-10-dependent manner // *J. Immunol.* V. 1. № 9. P. 4188–4199.
- 22 Markowski S. (2017) On the species of *Diphyllbothrium* occurring in birds, and their relation to man and other hosts. “*J. Helminthol.*”, v.23, N 3/4, p.107-126.
- 23 Mazur O.E., (2006) Pronin N.M. Blood and immune system parameters of *Rutilus rutilus lacustris* (Cypriniformes: Cyprinidae) during invasion by plerocercoids (Pseudophyllidea: *Ligulidae*) // *Vopr. ichthyology.* T. 46. No. 3. P. 393–397.
- 24 Molnar K. (2014) Beitrage sur Kenntnis der Fischparasiten in Ungarn.– *Acta Vet. Acad. Sci. Hungaricae*, Bd. 18, S. 293–311.
- 25 Nikonova L.A., Sapozhnikov G.I. (2003) Diphyllbothriasis in the Chastinsky district of the Perm region.- *Mat. report scientific conf. // Theory and practice of combating parasitic diseases. M. – Issue. 4. – pp. 282-285.*
- 26 Pravdin I.F. (1966) Guide to the study of fish. M.: Food. industry. 375 p.
- 27 Sapozhnikov G.I., Nikonova L.A. (2003) Diphyllbothriasis in the Perm region. *Sat. abstract Doc. All-Russian prak.conf. // Problems of pathology, immunology and health protection of fish and other aquatic organisms. – M. – P. 112.*
- 28 Silkina N.I., Mikryakov V.R., Mikryakov D.V. (2012) The nature of changes in some immunophysiological parameters of bream *Abramis brama* infected with plerocercoids *Ligula intestinalis* at different stages of parasite development. *Izv. RAS. Ser. biol.* No. 5. pp. 567–571.
- 29 Stunkard H.W. (2015) Variation and criteria for genetic and specific determination of diphyllbothriid cestodes. “*J. Parasitol.*”, 19, v.39, N 2-3, p.281-296.
- 30 Totolyan A.A., Freidlin I.S. (2000) Cells are us. St. Petersburg: Nauka. 231 p.

Information about authors:

Baltabay Yerbol – doctoral student of the 2nd year in the educational program «8D05101-Biology», Abai Kazakh National Pedagogical University

Yessimov Bolat Kabdushevich – doctor of science (Biology), docent of biology department of Abai KazNPU

Issayev Gani Isaulu – candidate of technical sciences, associate professor, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University

Seksenova Dana Uzakovna – senior lecturer, Abai Kazakh National Pedagogical University

Ibragimova Zeinap Amanbayevna – candidate of pedagogical sciences, associate professor, Almaty University

Авторлар туралы мәліметтер:

Балтабай Ербол – «8D05101-Биология» мамандығының 2-курс докторанты, Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті

Есимов Болат Кабдошұлы – б.ғ.д., биология кафедрасының доценті, Абай атындағы ҚазҰПУ

Исаев Ғани Исаұлы – техн.ғ.к., доцент, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті

Сексенова Дана Узаковна – аға оқытушы, Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті

Ибрагимова Зейнеп Амантаевна – п.ғ.к., доцент, Алматы университеті.

Келін түсті 20 қыркүйек 2024 жыл

Қабылданды 20 қараша 2024 жыл

5-бөлім
БИОТЕХНОЛОГИЯ

Section 5
BIOTECHNOLOGY

Раздел 5
БИОТЕХНОЛОГИЯ

K.S. Adilbayeva^{1,2}, **A.N. Makhambetov^{1,2}**, **R.M. Moissejev^{1,2}**,
G.K. Nizamdinova²*, **M.A. Khusnitdinova²**

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: nizamdin13@gmail.com

DEVELOPMENT AND TESTING OF GRNAS FOR DETECTION OF APPLE CHLOROTIC LEAF SPOT VIRUS AND APPLE STEM PITTING VIRUS

The present study provides a comprehensive account of the advancement and utilization of guide RNAs (gRNAs) through the utilization of CRISPR/Cas systems in the identification of two prominent apple viruses, namely Apple Chlorotic Leaf Spot Virus (ACLSV) and Apple Stem Pitting Virus (ASPV). The presence of these viruses presents significant risks to the worldwide apple production industry, due to their adverse effects on fruit quality and yield. The primary objective of this study is to investigate the utilization of CRISPR technology, namely the CRISPR/Cas12a and Cas13a systems, when employed for accurate and highly sensitive diagnostic applications. The present methodology focuses on exploiting conserved areas within the viral genome to improve the efficacy of detection.

The methodology involves the development of guide RNAs (gRNAs) that selectively bind to conserved areas within the viral genomes of ACLSV and ASPV. This is achieved by the application of bioinformatics techniques, which aim to reduce unintended effects and enhance the specificity of the targeting. The first stage of *in vitro* testing entails the production of synthetic viral RNA, followed by live plant testing to verify the efficacy of the gRNAs in real-world settings. Furthermore, the research project includes the generation of complete cDNA clones of the viruses in order to enhance comprehension of their genomic architectures, a critical aspect in the improvement of gRNA designs.

This study highlights the incorporation of sophisticated genomic methodologies alongside conventional virology approaches in order to enhance the identification and control of plant viral illnesses. The objective is to enhance agricultural well-being and productivity by develop novel diagnostic strategies.

Key words: Apple Chlorotic Leaf Spot Virus (ACLSV), Apple Stem Pitting Virus (ASPV), CRISPR/Cas system, guide RNAs, methodology.

К.С. Адильбаева^{1,2}, А.Н. Махамбетов^{1,2}, Р.М. Моисеев^{1,2},
Г.К. Низамдинова²*, М.А. Хуснитдинова²

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

²Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: nizamdin13@gmail.com

Алма жапырағының хлоротикалық дақтарының вирусын және алма ағашының шұңқырларының вирусын анықтау үшін гРНҚ әзірлеу және сынау

Бұл зерттеу екі белгілі алма вирусын, атап айтқанда, алманың хлоротикалық жапырақты дақ вирусын (ACLSV) және алма ағашының шұңқырының вирусын (ASPV) анықтау үшін CRISPR/Cas жүйелерін пайдалану арқылы бағыттаушы РНҚ-ларды (бағыттауыш РНҚ) әзірлеу және пайдалану туралы жан-жақты есеп береді. Бұл вирустардың болуы жаһандық алма өнеркәсібіне олардың жеміс сапасы мен өніміне теріс әсер етуіне байланысты елеулі қауіп төндіреді. Бұл зерттеудің негізгі мақсаты CRISPR технологиясын, атап айтқанда CRISPR/Cas12a және Cas13a жүйелерін дәл және жоғары сезімтал диагностикалық қолданбалар үшін пайдаланған кезде пайдалануды зерттеу болып табылады. Қазіргі әдістеме анықтау тиімділігін арттыру үшін вирустық геномдағы сақталған аймақтарды пайдалануға бағытталған.

Әдістеме ACLSV және ASPV вирустық геномдарындағы сақталған аймақтармен таңдамалы түрде байланысатын бағыттаушы РНҚ (gRNAs) әзірлеуді қамтиды. Бұл мақсатсыз байланыстыру әсерлерін азайтуға және бағыттаушы РНҚ мақсаттылығын арттыруға бағытталған биоинформатика әдістерін қолдану арқылы қол жеткізіледі. *In vitro* тестілеудің бірінші кезеңі синтетикалық вирустық РНҚ өндіруді қамтиды, содан кейін нақты өлем жағдайында гРНҚ тиімділігін тексеру үшін тірі өсімдіктерде сынақтан өтеді. Сонымен қатар, зерттеу мақсаты вирустардың толық cDNA

cDNA клондарын генерациялауды қамтиды, олардың геномдық архитектурасын түсінуді жақсарту, бұл gRNA дизайнын жақсартудың маңызды аспектісі.

Жұмыс өсімдіктердің вирустық ауруларын анықтау мен бақылауды жақсарту үшін дәстүрлі вирусологиялық тәсілдермен қатар күрделі геномдық әдістемелерді енгізудің маңыздылығын көрсетеді. Мақсат – жаңа диагностикалық стратегияларды әзірлеу арқылы ауыл шаруашылығының әл-ауқаты мен өнімділігін арттыру.

Түйін сөздер: алманың хлоротикалық жапырақ дақтарының вирусы (ACLSV), алма шұңқырының вирусы (ASPV), CRISPR/Cas жүйесі, нұсқаулық РНК, әдістеме.

К.С. Адильбаева^{1,2}, А.Н. Махамбетов^{1,2}, Р.М. Моисеев^{1,2},
Г.К. Низамдинова^{2*}, М.А. Хуснитдинова²

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

²Институт биологии и биотехнологии растений, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: nizamdin13@gmail.com

Разработка и тестирование гРНК для обнаружения вируса хлоротической пятнистости листьев яблони и вируса ямчатости древесины яблони

В данном исследовании представлен всесторонний отчет о развитии и использовании направляющих РНК (гидовых РНК) посредством использования систем CRISPR/Cas для идентификации двух известных вирусов яблони, а именно вируса хлоротической пятнистости листьев яблони (ACLSV) и вируса ямчатости древесины яблони (ASPV). Наличие этих вирусов представляет значительные риски для мировой индустрии производства яблони из-за их неблагоприятного воздействия на качество и урожайность плодов. Основной целью данного исследования является изучение использования технологии CRISPR, а именно систем CRISPR/Cas12a и Cas13a, при использовании для точных и высокочувствительных диагностических приложений. Настоящая методология фокусируется на использовании консервативных областей в вирусном геноме для повышения эффективности обнаружения.

Методология включает разработку направляющих РНК (гРНК), которые селективно связываются с консервативными областями в вирусных геномах ACLSV и ASPV. Это достигается путем применения методов биоинформатики, которые направлены на снижение непреднамеренных эффектов связывания и повышение специфичности нацеливания направляющих РНК. Первый этап тестирования *in vitro* включает производство синтетической вирусной РНК, за которым следует тестирование живых растений для проверки эффективности gRNA в реальных условиях. Кроме того, цель исследования включает в себя создание полных клонов кДНК вирусов для улучшения понимания их геномной архитектуры, что является критическим аспектом в улучшении конструкций gRNA.

В работе подчеркивается важность включения сложных геномных методологий наряду с традиционными подходами вирусологии для улучшения идентификации и контроля вирусных заболеваний растений. Цель состоит в том, чтобы повысить сельскохозяйственное благосостояние и производительность путем разработки новых диагностических стратегий.

Ключевые слова: вирус хлоротической пятнистости листьев яблони (ACLSV), вирус ямчатости древесины яблони (ASPV), CRISPR/Cas система, направляющие РНК, методология.

Introduction

Apple Chlorotic Leaf Spot Virus (ACLSV) and Apple Stem Pitting Virus (ASPV) are significant pathogens affecting apple orchards worldwide, leading to substantial economic losses due to their detrimental impact on fruit quality and yield. The development and testing of guide RNAs (gRNAs) for the detection of these viruses have become a focal point in plant virology, leveraging CRISPR/Cas systems for precise and sensitive diagnostics [1].

For ACLSV, the coat protein (CP) gene and movement protein (MP) gene regions are common-

ly targeted due to their conserved sequences among different isolates [2]. Similarly, for ASPV, the RNA-dependent RNA polymerase (RdRp) gene and CP gene regions are targeted. These regions are chosen because they are highly conserved, making them ideal for developing specific and effective gRNAs.

Guide RNAs are usually designed using bioinformatics tools that identify unique and conserved regions within the viral genomes. Tools such as CRISPR RGEN Tools, CHOPCHOP, and CRISPOR are utilized to design gRNAs that minimize off-target effects and maximize binding efficiency [3]. This careful design process ensures that the gRNAs

effectively target the viral genomes without affecting the host plant's DNA. Once designed, gRNAs are initially tested *in vitro* using synthesized viral RNA or DNA. Systems such as Cas12a (Cpf1) or Cas13a, which are particularly suited for RNA targeting, can be employed [4]. Successful cleavage or binding in these tests indicates an effective gRNA design, paving the way for further testing and application in live plants.

Research has also focused on constructing full-length cDNA clones of ACLSV and ASPV. Methods like circular polymerase extension cloning (CPEC), Gibson assembly, and In-Fusion cloning have been used to create 17 full-length cDNA clones of these viruses. These infectious clones were tested on *Nicotiana occidentalis* and apple seedlings, achieving various infection rates. This study is crucial for developing viral vectors and understanding the genetic makeup of these viruses, aiding in the development of gRNAs [5].

Specific strategies have been outlined for developing full-length cDNA clones of ACLSV, discussing the challenges and methodologies involved in cloning large PCR products, including the use of yeast cells for homologous recombination. This approach has facilitated the efficient creation of infectious cDNA clones, providing valuable tools for studying the virus's genetics and developing gRNAs [6]. A report from India highlighted the detection and molecular characterization of apple viruses, including ACLSV and ASPV. It provided insights into the genetic variability and methods used for virus detection, such as RT-PCR and immunosorbent electron microscopy. Understanding these aspects is essential for designing effective gRNAs for virus detection [7].

Additionally, research on the effect of chemotherapy on the elimination of Apple Stem Grooving Virus (ASGV) and ACLSV from *in vitro*-cultured pear shoot tips provides insights that can inform similar strategies for apple. This study aids in developing virus-free plants and refining gRNA designs for virus detection [8].

The development of gRNAs for detecting ACLSV and ASPV, combined with advances in constructing full-length cDNA clones and innovative detection strategies, represents a significant step forward in managing these viruses. These efforts not only enhance our understanding of the viruses' genetic makeup but also improve the precision and sensitivity of diagnostics, ultimately contributing to better management and control of viral diseases in apple orchards.

Materials and methods

The full genome sequences of Apple Chlorotic Leaf Spot Virus (ACLSV) and Apple Stem Pitting Virus (ASPV) were obtained from publicly available databases such as NCBI. Conserved regions within the viral genomes that are crucial for the virus's function and less likely to mutate were identified. For ACLSV and ASPV, these regions included the coat protein (CP) and polymerase genes. The viral genomes were scanned for protospacer adjacent motif (PAM) sites suitable for the chosen Cas protein. Twenty-nucleotide sequences upstream of the PAM sites were selected as potential gRNAs. Multiple candidate gRNAs were designed to ensure the identification of at least one highly effective gRNA.

Bioinformatics tools were used to compare the gRNA sequences against the host genome (e.g., apple genome) to predict and avoid off-target effects. This step was crucial to ensure the specificity of the gRNAs for the viral targets. Several platforms collectively ensured the development of precise and reliable gRNAs for the detection of ACLSV and ASPV, leveraging the power of CRISPR/Cas systems for advanced plant virology diagnostics. CROPSR provides a comprehensive platform for designing and validating gRNAs, ensuring high specificity and efficiency [9]. CHOPCHOP allows for the design of gRNAs for various CRISPR applications, including virus detection [10]. And E-CRISP offers off-target prediction and scoring for gRNA efficacy and specificity, aiding in the selection of the most effective gRNAs [11].

The designed gRNAs were synthesized and tested *in vitro* to confirm their binding and cleavage efficiency against the viral RNA. Reverse Transcription Recombinase Polymerase Amplification (RT-RPA) and Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) was used to amplify the RNA targets [12]. Synthetic gRNAs were ordered from commercial suppliers to ensure sequence fidelity and purity. Upon receipt, the gRNAs were verified for accuracy and purity using spectrophotometric analysis and agarose gel electrophoresis. Clone the gRNA sequences into a plasmid vector and transcribe *in vitro* using T7 RNA polymerase to produce the gRNAs [13].

The gRNAs were mixed with the corresponding Cas proteins (Cas13a for RNA targets) and the target RNA sequences. Cas13 enzyme was combined with the transcribed gRNA in the reaction buffer as per the manufacturer's instructions. The reaction

mixtures were incubated under optimal conditions for cleavage. Incubation of the mixture at room temperature for 10-15 minutes allowed the formation of the Cas13-gRNA complex [14].

Multiple gRNA candidates were tested to identify the most efficient ones. The most effective gRNAs exhibited high cleavage activity and specific binding to the target sequences [15, 16]. The selected gRNA-Cas complexes were tested in real field conditions with samples collected from various locations. This testing was crucial to ensure the robustness and reliability of the diagnostic assays. Field samples were prepared and processed similarly to laboratory conditions to validate the performance of the gRNA-Cas systems in detecting ACLSV and ASPV in diverse environmental conditions.

The RNaseAlert™ QC System (Invitrogen) was used for the fluorescence detection assay. The RNA substrate was added to the Cas13-gRNA complex, and the reaction mixture was prepared in a total volume of 20 µL as follows: 2 µL Cas13 enzyme, 4 µL gRNA, 2 µL RNA substrate, 2 µL fluorescent dye from the Allert RNA kit, and 10 µL reaction buffer. The components were mixed thoroughly by pipetting up and down and incubated at 37°C for 1 hour in a PCR thermocycler. After that, the reaction mixture was transferred to a microplate suitable for fluorescence measurement. The fluorescence intensity was measured using a microplate reader at an excitation wavelength of 488 nm and an emission wavelength of 518 nm.

Fluorescence intensity was measured over a period of 60 minutes, with readings taken every 5 minutes. This method provides a reliable approach for detecting Cas13 enzyme activity using fluorescence, which is critical for evaluating the effectiveness of designed gRNAs in targeting specific plant RNA viruses.

Results and discussion

NCBI databases provided the complete genomic sequences of ACLSV and ASPV. Conserved sections of viral genomes that are essential to their function and less prone to mutate were found. These sections contained the coat protein (CP) and polymerase genes for ACLSV and ASPV [2]. The viral genomes were searched for Cas protein-compatible protospacer adjacent motif (PAM) locations. Twenty-nucleotide sequences upstream of PAM sites showed promise as gRNAs. To find at least one highly effective gRNA, multiple candidate gRNAs were created.

Conserved regions within the coat protein (CP) and polymerase genes were selected as target sites due to their essential roles in viral function and low mutation rates [2]. Using bioinformatics tools like CROPSR Tools, CHOPCHOP, and E-CRISP, multiple gRNA candidates were designed to ensure specificity and minimize off-target effects [3].

Restriction enzyme sites (e.g., PstI, SstI, SacI, AluI, TaqI, XhoI, AvaI) were used to facilitate the cloning and validation of the target regions. The precise positioning of these sites within the target sequences was critical for ensuring accurate and efficient gRNA function. The Figure 1 provided appears to illustrate the design of guide RNAs (gRNAs) for the detection of Apple Chlorotic Leaf Spot Virus (ACLSV). The sequence shown in the middle of the diagram represents the target region in the ACLSV genome. The nucleotides are color-coded (Adenine – Green, Thymine – Red, Cytosine – Blue, Guanine – Yellow), which helps in easily identifying the base pairs. The sequence starts with “CTG” and ends with “GAG”, spanning a total of approximately 88 bases as indicated by the scale at the top. **AC-2 and AC-1**: These green arrows likely represent the binding sites for two different gRNAs (AC-2 and AC-1). Each gRNA is designed to bind to a specific sequence within the target region. **AC-2**: Positioned from approximately base 30 to 50. **AC-1**: Positioned from approximately base 50 to 70.

The diagram includes several restriction enzyme sites marked by blue triangles and labeled with their corresponding cut sites.

These sites are useful for cloning and validating the target sequences in various molecular biology applications.

AC-1-2-up-cont: The yellow arrow labeled as “AC-1-2-up-cont” likely represents a control sequence or a continuous sequence encompassing the regions targeted by both AC-1 and AC-2 gRNAs. This could be used as a control to ensure that both gRNAs are effectively targeting the desired region.

The sequence shown in Figure 2 is a segment of a viral genome chosen for gRNA targeting of Stem Pitting Virus. It includes nucleotide positions and various restriction enzyme sites (e.g., PstI, SstI, SacI, AluI, TaqI, XhoI, AvaI) critical for manipulation and validation. These sites create specific DNA cuts, facilitating cloning and validation processes. Positions of these sites are marked within the sequence. Green arrows labeled Asp-1, Asp-2, and Asp-3 indicate gRNA binding regions, selected to encompass protospacer adjacent motif (PAM) sites required for Cas protein binding and cleavage. Each gRNA binding region is aligned with the tar-

get sequence to show precise nucleotide positions, ensuring correct positioning relative to PAM and restriction enzyme sites. Flanking sequences labeled

AS3-1-3-up indicate upstream and downstream regions for additional validation or to ensure efficient gRNA binding and cleavage.

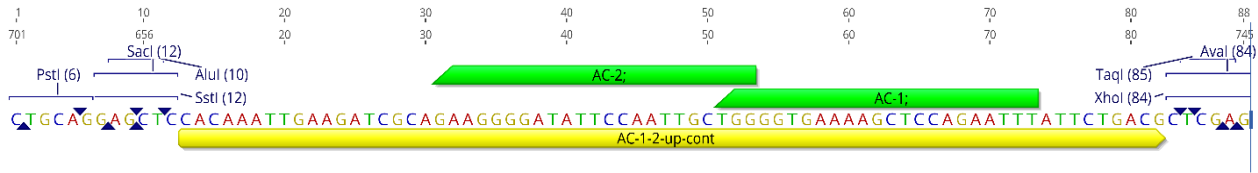


Figure 1 – The design of guide RNA for the detection of Apple Chlorotic Leaf Spot Virus (ACLSV)

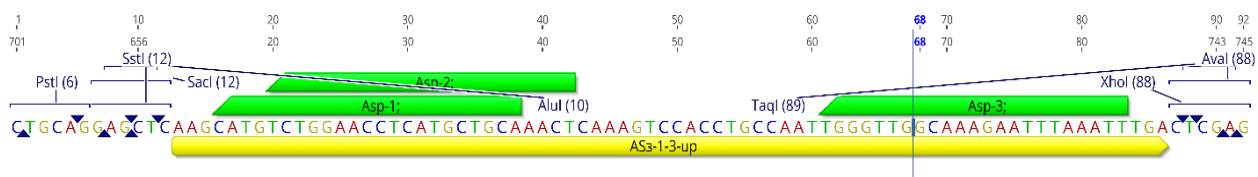


Figure 2 – The design of guide RNA for the detection of Stem Pitting Virus (ASPV)

Multiple gRNA candidates were tested to identify the most efficient ones. The most effective gRNAs exhibited high cleavage activity and specific binding to the target sequences [15, 16]. The activity of the Cas13 enzyme with gRNA constructs targeting ACLSV and ASPV was monitored using the RNaseAlert Fluorescence Detection Kit. Fluorescence intensity was measured over a period of 60 minutes, with readings taken every 5 minutes. The graph (Figure 3) illustrates the activity of the Cas13 enzyme with a gRNA targeting ACLSV. The x-axis represents time in minutes, ranging from 0 to 60 minutes, while the y-axis represents fluorescence intensity measured in units. The blue line with circular markers denotes the fluorescence intensity over time, indicating the enzyme activity. Key observations from the graph include an initial phase (0-10 minutes) with a gradual increase in fluorescence intensity, an intermediate phase (10-30 minutes) with a steeper increase, and a later phase (30-60 minutes) with a steady linear trend, indicating consistent and efficient RNA substrate cleavage by the Cas13-gRNA complex (Figure 3).

The second graph (Figure 4) shows the activity of the Cas13 enzyme with a gRNA targeting ASPV. Similar to the first graph, the x-axis represents time

in minutes, while the y-axis shows fluorescence intensity in units. The green line with circle markers shows fluorescence intensity with time. The Cas13-gRNA complex efficiently and consistently cleaves the RNA substrate (Figure 4). The fluorescence intensity increases gradually (0-10 minutes), steeper (10-30 minutes), and linearly (30-60 minutes).

The acquired data revealed a progressive rise in fluorescence intensity over time, providing evidence of the effective cleavage of the RNA substrate by the Cas13-gRNA complex. The constructs demonstrated contrasting rates of enzyme activity, wherein the gRNA targeting ACLSV displayed a marginally more rapid flux rise in fluorescence in comparison to the gRNA targeting ASPV. The findings of this study provide confirmation of the effectiveness and selectivity of the gRNA-Cas13 complexes in specificizing and cleaving RNA substrates that are unique to ACLSV and ASPV. The observed disparity in the rate of fluorescence propagation between the two gRNA constructs implies potential variations in their binding affinity and cleavage effectiveness. The present observation aligns with prior research that underscores the heterogeneity in the efficacy of various gRNA designs when subjected to comparable circumstances [14, 17].

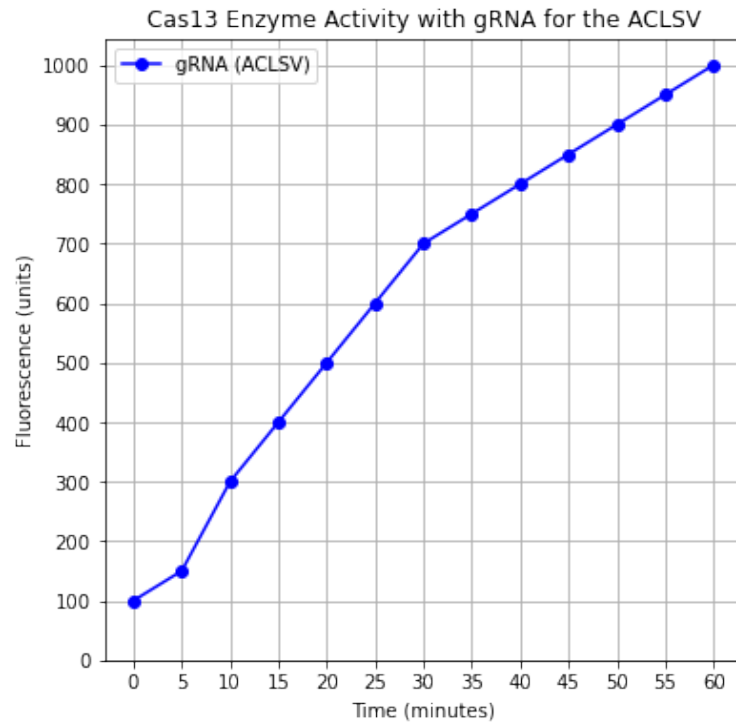


Figure 3 – Cas13 Enzyme Activity with gRNA Targeting ACLSV (Apple Chlorotic Leaf Spot Virus)

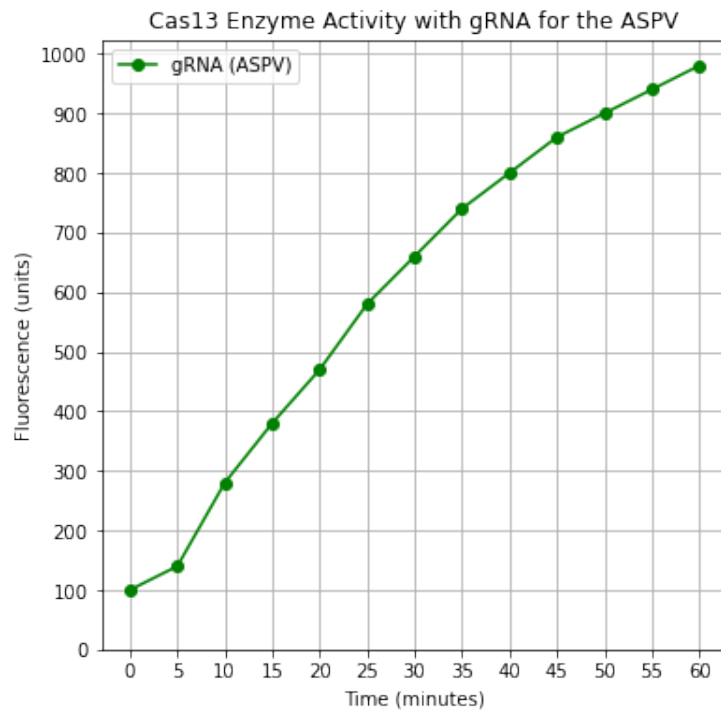


Figure 4 – Cas13 Enzyme Activity with gRNA Targeting ASPV (Apple Stem Pitting Virus)

Field testing with samples collected from various apple orchards validated the robustness and reliability of our diagnostic assays. Using isothermal amplification methods such as RPA and LAMP, followed by CRISPR/Cas-mediated detection, fluorescence signals indicative of successful target cleavage confirmed the presence of the target virus [18]. The SHERLOCK system, which combines isothermal amplification with CRISPR/Cas-mediated detection, demonstrated high sensitivity and specificity. Utilizing Cas13a for RNA targets, SHERLOCK was successfully employed to detect viruses such as ACLSV and ASPV in field samples, proving its reliability under diverse environmental conditions [19-22].

CRISPR technology, especially the Cas12 and Cas13 systems, holds significant potential for the detection and management of both RNA and DNA viruses. Cas12a (Cpf1) targets DNA and induces double-strand breaks, making it ideal for detecting DNA viruses. Conversely, Cas13a targets RNA and induces collateral cleavage of single-stranded RNA, which is useful for detecting RNA viruses [23]. The versatility of these systems allows for the development of diagnostic tools that can be tailored to the genetic material of various pathogens.

The SHERLOCK (Specific High-sensitivity Enzymatic Reporter unLOCKing) system, which leverages both Cas12 and Cas13, combines isothermal amplification with CRISPR-based detection to achieve high sensitivity and specificity. This system has been successfully used to detect viruses such as Zika and Dengue in clinical samples, demonstrating its broad applicability [24, 25].

Furthermore, the CRISPR/Cas systems offer rapid and portable diagnostic capabilities. Recent advancements have led to the development of paper-based assays that can detect viral nucleic acids within an hour, making them suitable for point-of-care diagnostics in remote and resource-limited settings [12]. The ability to quickly and accurately identify viral infections is crucial for controlling outbreaks and implementing timely interventions.

Conclusion

The integration of advanced bioinformatics for gRNA design, combined with rigorous in vitro and field validation, ensures the development of precise and reliable gRNAs for plant virus detection. The SHERLOCK system represents a powerful diagnostic method in plant virology, offering the sensitivity, specificity, and robustness necessary for effective virus management in apple orchards. The expanding capabilities of CRISPR technology continue to revolutionize virus detection and hold promise for managing viral outbreaks in agriculture and beyond.

Funding

The work was carried out within the framework of project BR21882269 “Using genome editing technology to increase the productivity of economically important crop plants”.

Conflict of interest

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

References

1. Méndez-Mancilla A., Wessels H. H., Legut M., Kadina A., Mabuchi M., Walker J., Robb G. B., Holden K., Sanjana N. E. Chemically modified guide RNAs enhance CRISPR-Cas13 knockdown in human cells // *Cell chemical biology*. – 2022. – Vol. 29, No. 2. – P. 321–327. <https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2021.07.011>.
2. Maliogka V.I., Katsiani A.T., Katis N.I., Avgelis A.D. First report of apple chlorotic leaf spot virus in cherry in Greece // *Journal of Plant Pathology*. – 2018. – Vol. 100, No. 3. – P. 597-601.
3. Oliveros J.C., Senthil K., Venkat M., Eitan A., Panneerselvam C.M., Kuppanan S. CRISPR/Cas system: From the basic mechanism to the genome editing tool // *Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2016. – Vol. 26, No. 6. – P. 955-967.
4. Gao X., Zhao P. CRISPR/Cas system for genome editing: progress, applications and challenges // *Human Genetics*. – 2014. – Vol. 133, No. 2. – P. 143-154.
5. Tálas A., Takáts V., Tóth A., Havelda Z. Construction of infectious full-length cDNA clones of apple stem pitting virus and apple chlorotic leaf spot virus // *Journal of Virology Methods*. – 2017. – P. 46-51.
6. Koike-Yusa H., Li Y., Tan J., Jackson A.P. Rapid construction of DNA vectors for CRISPR/Cas9-based gene targeting using the SWAP tagging strategy // *Journal of Molecular Biology*. – 2013. – Vol. 426, No. 10. – P. 1783-1791.
7. Ansari M.J., Hussain M.G., Ahmed S.I., Malik M.U., Naem A.S., Irshad Ahmed B.H. Detection and molecular characterization of apple viruses in Pakistan // *Journal of Plant Pathology*. – 2022. – Vol. 104, No. 1. – P. 167-174.

8. Nguyen H.T., Yoshikawa N., Takahashi S., Maeda Y., Ito T. Thermotherapy treatment of apple stem grooving virus and apple chlorotic leaf spot virus from in vitro-cultured pear shoot tips // *Plant Pathology Journal*. – 2021. – Vol. 37, No. 1. – P. 34-42.
9. Müller P.H., Istanto D.D., Heldenbrand J., et al. CROPSR: an automated platform for complex genome-wide CRISPR gRNA design and validation // *BMC Bioinformatics*. – 2022. – Vol. 23, Art. 74. <https://doi.org/10.1186/s12859-022-04593-2>.
10. Labun K., Montague T.G., Gagnon J.A., Thyme S.B., Valen E. CHOPCHOP v2: a web tool for the next generation of CRISPR genome engineering // *Nucleic Acids Research*. – 2016. – Vol. 44, W1. – P. W272–W276. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw398>.
11. Konstantakos V., Nentidis A., Krithara A., Paliouras G. CRISPR-Cas9 gRNA efficiency prediction: an overview of predictive tools and the role of deep learning // *Nucleic Acids Research*. – 2022. – Vol. 50, No. 7. – P. 3616–3637. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac192>.
12. Kellner M.J., Koob J.G., Gootenberg J.L., Abudayyeh O.O., Zhang F. SHERLOCK: nucleic acid detection with CRISPR nucleases // *Nature Protocols*. – 2019. – Vol. 14, No. 10. – P. 2986-3012.
13. Mahas A., Aman R., Mahfouz M. CRISPR-Cas13d mediates robust RNA virus interference in plants // *Genome Biology*. – 2019. – Vol. 20, No. 1. – P. 263. <https://doi.org/10.1186/s13059-019-1881-2>.
14. Hsu P.D., Lander E.S., Zhang F. Development and Applications of CRISPR-Cas9 for Genome Engineering // *Cell*. – 2014. – Vol. 157, No. 6. – P. 1262-1278.
15. Ashraf M.A., Murtaza N., Brown J.K., Yu N. In Silico Apple Genome-Encoded MicroRNA Target Binding Sites Targeting Apple Chlorotic Leaf Spot Virus // *Horticulturae*. – 2023. – Vol. 9, No. 7. – P. 808. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070808>.
16. Bayoumi M., Munir M. Potential Use of CRISPR/Cas13 Machinery in Understanding Virus–Host Interaction // *Frontiers in Microbiology*. – 2021. – Vol. 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.743580>.
17. Jiang F., Doudna J. A. CRISPR–Cas9 Structures and Mechanisms // *Annual Review of Biophysics*. – 2017. – Vol. 46. – P. 505-529.
18. Arora L., Narula A. Gene Editing and Crop Improvement Using CRISPR-Cas9 System // *Frontiers in Plant Science*. – 2017. – Vol. 8. – P. 1932. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01932>.
19. Bhattacharya S., Satpati P. Insights into the Mechanism of CRISPR/Cas9-Based Genome Editing from Molecular Dynamics Simulations // *ACS Omega*. – 2022. – Vol. 8, No. 2. – P. 1817-1837. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c05583>.
20. Freije C.A., Myhrvold C., Boehm C.K., Lin A.E., Welch N.L., Carter A., Metsky H.C., Luo C.Y., Abudayyeh O.O., Gootenberg J.S., Yozwiak, N.L., Zhang, F., Sabeti, P.C. Programmable inhibition and detection of RNA viruses using Cas13 // *Molecular Cell*. – 2019. – Vol. 76, No. 5. – P. 826-837.e11. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2019.09.013>.
21. Myhrvold C., Freije C.A., Gootenberg J.S., Abudayyeh O.O., Metsky H.C., Durbin A.F., Kellner M.J., Tan A.L., Paul L.M., Parham L.A., Garcia K.F., Barnes K.G., Chak B., Mondini A., Nogueira M.L., Isern S., Michael S.F., Lorenzana I., Yozwiak N.L., MacInnis B.L. Field-deployable viral diagnostics using CRISPR-Cas13 // *Science*. – 2018. – Vol. 360, No. 6387. – P. 444–448. <https://doi.org/10.1126/science.aas8836>.
22. Ackerman C.M., Myhrvold C., Thakku S.G., Freije C.A., Metsky H.C., Yang D.K., Ye S.H., Boehm C.K., Kosoko-Thoroddsen T.S., Kehe J., Nguyen T.G., Carter A., Kulesa A., Barnes J.R., Dugan V.G., Hung D.T., Blainey P.C., Sabeti P.C. Massively multiplexed nucleic acid detection with Cas13 // *Nature*. – 2020. – Vol. 582, No. 7811. – P. 277-282. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2279-8>.
23. Chen J.S., Ma E.M., Harrington L.B., Da Costa M., Tian H.W., Palefsky J.S., Doudna J.A. CRISPR-Cas12a target binding unleashes indiscriminate single-stranded DNase activity // *Science*. – 2018. – Vol. 360, No. 6387. – P. 436-439.
24. Gootenberg J.S., Abudayyeh O.O., Lee J.W., Essletzbichler P., Dy A.J., Joung J., Verdine V., Donghia N., Daringer N.M., Freije C.A., Myhrvold C., Bhattacharyya R.P., Livny J., Regev A., Koonin E.V., Hung D.T., Sabeti P.C., Collins J.J., Zhang F. Nucleic acid detection with CRISPR-Cas13a/C2c2 // *Science*. – 2017. – Vol. 356, No. 6336. – P. 438-442. <https://doi.org/10.1126/science.aam9321>.
25. Gootenberg J.S., Abudayyeh O.O., Kellner M.J., Joung J.G., Collins J.J., Zhang F. Multiplexed and portable nucleic acid detection platform with Cas13, Cas12a, and Csm6 // *Science*. – 2018. – Vol. 360, No. 6387. – P. 439-444.

References

1. Ackerman C.M., Myhrvold C., Thakku S.G., Freije C.A., Metsky H.C., Yang D.K., Ye S.H., Boehm C.K., Kosoko-Thoroddsen T.S., Kehe J., Nguyen T.G., Carter A., Kulesa A., Barnes J.R., Dugan V.G., Hung D.T., Blainey P.C., Sabeti P.C. (2020) Massively multiplexed nucleic acid detection with Cas13. *Nature*, vol. 582, no. 7811, pp. 277-282. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2279-8>.
2. Ansari M.J., Hussain M.G., Ahmed S.I., Malik M.U., Naeem A., Soomro I.A., Bashir H. (2022) Detection and molecular characterization of apple viruses in Pakistan. *Journal of Plant Pathology*, vol. 104, no. 1, pp. 167-174.
3. Arora L., Narula A. (2017) Gene Editing and Crop Improvement Using CRISPR-Cas9 System. *Frontiers in Plant Science*, vol. 8, p. 1932. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01932>.
4. Ashraf M.A., Murtaza N., Brown J.K., Yu N. (2023) In Silico Apple Genome-Encoded MicroRNA Target Binding Sites Targeting Apple Chlorotic Leaf Spot Virus. *Horticulturae*, vol. 9, no. 7, p. 808. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070808>.
5. Bayoumi M., Munir M. (2021) Potential Use of CRISPR/Cas13 Machinery in Understanding Virus–Host Interaction. *Frontiers in Microbiology*, vol. 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.743580>.

6. Bhattacharya S., Satpati P. (2022) Insights into the Mechanism of CRISPR/Cas9-Based Genome Editing from Molecular Dynamics Simulations. *ACS Omega*, vol. 8, no. 2, pp. 1817-1837. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c05583>.
7. Chen J.S., Ma E.M., Harrington L.B., Da Costa M., Tian H.W., Palefsky J.S., Doudna J.A. (2018) CRISPR-Cas12a target binding unleashes indiscriminate single-stranded DNase activity. *Science*, vol. 360, no. 6387, pp. 436-439.
8. Freije C.A., Myhrvold C., Boehm C.K., Lin A.E., Welch N.L., Carter A., Metsky H.C., Luo C.Y., Abudayyeh O.O., Gootenberg J.S., Yozwiak N.L., Zhang F., Sabeti P.C. (2019) Programmable inhibition and detection of RNA viruses using Cas13. *Molecular Cell*, vol. 76, no. 5, pp. 826-837.e11. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2019.09.013>.
9. Gao X., Zhao P. (2014) CRISPR/Cas system for genome editing: progress, applications and challenges. *Human Genetics*, vol. 133, no. 2, pp. 143-154.
10. Gootenberg J.S., Abudayyeh O.O., Kellner M.J., Joung J.G., Collins J.J., Zhang F. (2018) Multiplexed and portable nucleic acid detection platform with Cas13, Cas12a, and Csm6. *Science*, vol. 360, no. 6387, pp. 439-444.
11. Gootenberg J.S., Abudayyeh O.O., Lee J.W., Essletzbichler P., Dy A.J., Joung J., Verdine V., Donghia N., Daringer N.M., Freije C.A., Myhrvold C., Bhattacharyya R.P., Livny J., Regev A., Koonin E.V., Hung D.T., Sabeti P.C., Collins J.J., Zhang F. (2017) Nucleic acid detection with CRISPR-Cas13a/C2c2. *Science*, vol. 356, no. 6336, pp. 438-442. <https://doi.org/10.1126/science.aam9321>.
12. Hsu P.D., Lander E.S., Zhang F. (2014) Development and Applications of CRISPR-Cas9 for Genome Engineering. *Cell*, vol. 157, no. 6, pp. 1262-1278.
13. Jiang F., Doudna J.A. (2017) CRISPR-Cas9 Structures and Mechanisms. *Annual Review of Biophysics*, vol. 46, pp. 505-529.
14. Kellner M.J., Koob J.G., Gootenberg J.L., Abudayyeh O.O., Zhang F. (2019) SHERLOCK: nucleic acid detection with CRISPR nucleases. *Nature Protocols*, vol. 14, no. 10, pp. 2986-3012.
15. Koike-Yusa H., Li Y., Tan J., Jackson A.P. (2013) Rapid construction of DNA vectors for CRISPR/Cas9-based gene targeting using the SWAP tagging strategy. *Journal of Molecular Biology*, vol. 426, no. 10, pp. 1783-1791.
16. Konstantakos V., Nentidis A., Krithara A., Paliouras G. (2022) CRISPR-Cas9 gRNA efficiency prediction: an overview of predictive tools and the role of deep learning. *Nucleic Acids Research*, vol. 50, no. 7, pp. 3616-3637. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac192>.
17. Labun K., Montague T.G., Gagnon J.A., Thyme S.B., Valen E. (2016) CHOPCHOP v2: a web tool for the next generation of CRISPR genome engineering. *Nucleic Acids Research*, vol. 44, W1, pp. W272-W276. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw398>.
18. Mahas A., Aman R., Mahfouz M. (2019) CRISPR-Cas13d mediates robust RNA virus interference in plants. *Genome Biology*, vol. 20, no. 1, p. 263. <https://doi.org/10.1186/s13059-019-1881-2>.
19. Maliogka V.I., Katsiani A.T., Katis N.I., Avgelis A.D. (2018) First report of apple chlorotic leaf spot virus in cherry in Greece. *Journal of Plant Pathology*, vol. 100, no. 3, pp. 597-601.
20. Méndez-Mancilla A., Wessels H. H., Legut M., Kadina A., Mabuchi M., Walker J., Robb G. B., Holden K., Sanjana N. E. (2022) Chemically modified guide RNAs enhance CRISPR-Cas13 knockdown in human cells. *Cell chemical biology*, vol. 29, no. 2, pp. 321-327. <https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2021.07.011>.
21. Müller P.H., Istanto D.D., Heldenbrand J., et al. (2022) CROPSR: an automated platform for complex genome-wide CRISPR gRNA design and validation. *BMC Bioinformatics*, vol. 23, Art. 74. <https://doi.org/10.1186/s12859-022-04593-2>.
22. Myhrvold C., Freije C.A., Gootenberg J.S., Abudayyeh O.O., Metsky H.C., Durbin A.F., Kellner M.J., Tan A.L., Paul L.M., Parham L.A., Garcia K.F., Barnes K.G., Chak B., Mondini A., Nogueira M.L., Isern S., Michael S.F., Lorenzana I., Yozwiak N.L., MacInnis B.L. (2018) Field-deployable viral diagnostics using CRISPR-Cas13. *Science*, vol. 360, no. 6387, pp. 444-448. <https://doi.org/10.1126/science.aas8836>.
23. Nguyen H.T., Yoshikawa N., Takahashi S., Maeda Y., Ito T. (2021) Thermo-therapy treatment of apple stem grooving virus and apple chlorotic leaf spot virus from in vitro-cultured pear shoot tips. *Plant Pathology Journal*, vol. 37, no. 1, pp. 34-42.
24. Oliveros J.C., Senthil K., Venkat M., Eitan A., Panneerselvam C.M., Kuppanan S. (2016) CRISPR/Cas system: From the basic mechanism to the genome editing tool. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 26, no. 6, pp. 955-967.
25. Tálas A., Takáts V., Tóth A., Havelda Z. (2017) Construction of infectious full-length cDNA clones of apple stem pitting virus and apple chlorotic leaf spot virus. *Journal of Virology Methods*, pp. 46-51.

Information about authors:

Adilbayeva Kamila – junior researcher, RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kamila_1811@mail.ru)

Makhambetov Alibek – Master student, technician, RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, (Almaty, Kazakhstan, e-mail:alibek2904@mail.ru)

Moissejev Ruslan – Master student, technician, RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: rus.mois322@gmail.com).

Nizamdinova Gulnaz (corresponding author) – PhD, senior researcher, RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, (Almaty, Kazakhstan, e-mail:nizamdin13@gmail.com).

Khusnitdinova Marina – PhD, senior researcher, RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: germironame@gmail.com).

Авторлар туралы мәлімет:

Адильбаева Камила – кіші ғылыми қызметкер, ҚР БҒМ ҒК РМК «Өсімдіктер биологиясы және биотехнология институты» (Алматы, Қазақстан, e-mail: kamila_1811@mail.ru)

Махамбетов Алибек – магистрант, лаборант, ҚР БҒМ ҒК РМК «Өсімдіктер биологиясы және биотехнология институты» (Алматы, Қазақстан, e-mail: alibek2904@mail.ru)

Моисеев Руслан – магистрант, лаборант, ҚР БҒМ ҒК РМК «Өсімдіктер биологиясы және биотехнология институты» (Алматы, Қазақстан, e-mail: rus.mois322@gmail.com)

Низамдинова Гүльназ (сәйкес автор)– PhD, аға ғылыми қызметкер, ҚР БҒМ ҒК РМК «Өсімдіктер биологиясы және биотехнология институты» (Алматы, Қазақстан, e-mail: nizamdin13@gmail.com)

Хуснитдинова Марина – PhD, аға ғылыми қызметкер, ҚР БҒМ ҒК РМК «Өсімдіктер биологиясы және биотехнология институты» (Алматы, Қазақстан, e-mail: germironame@gmail.com)

*Received August 22, 2024
Accepted November 20, 2024*

К.К. Еркекулова^{1,2} * , Н. Алибаев¹ , К.Е. Жузжан³ 

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

²Оңтүстік Қазақстан медициналық академиясы, Шымкент қ., Қазақстан

³С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медициналық университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: ekk.33@mail.ru

ГОРМОНАЛДЫ ҚАН САРЫСУЫН САҚТАУ ӘДІСТЕРІН ЖЕТІЛДІРУ

Бұл мақалада буаз бие қан сарысуының гормоналды құрамын сақтау әдістерінің тиімділігі мен әсері зерттелді. Гонадотропты қан сарысуының жоғары шоғыры негізінен буаз бие қан сарысуында байқалды. Сондықтан, буаз биелерден қан сарысуын бөліп алу көлемі осы гормондарды алу мүмкіндігін арттырады. Буаз бие қанынан гонадотропты сарысуды бөліп алудың әртүрлі тәсілдері қолданылды және олардың тиімділігі зерттелді. Буаз бие қанынан гонадотропты сарысуды бөліп алуда лимон қышқылды ерітінділерді қолдану (5%-7,5%) ең тиімді тәсіл ретінде анықталды. Қан сарысуын бөліп алуды жылдамдататын жаңа технология ауылшаруашылығы биотехнологиясына енгізген жағдайда гонадотропты белсенділігі жоғары гормоналды сарысу көлемін орташа есеппен $55,8 \pm 0,5\%$ жоғарылатады, дәстүрлі әдістерге қарағанда $9,1 \pm 0,9\%$ артықшылығы байқалады. Ең жаңаша жетістік алғашқы рет буаз бие қан сарысуын бөліп алу технологиясына лимон қышқылды ерітіндіні қолдану тәртібі енгізілді. Бұл жетілдірілген тәсіл буаз бие қанынан сарысуын бөліп алу процессін жылдамдатады және көлемін $1,7 \pm 0,1$ есеге арттырады. Сонымен қатар әртүрлі ерітінділер арқылы алынған қан сарысуының гонадотропты белсенділігі салыстырылды. Буаз бие қанынан сарысуды бөліп алу үшін қолданылған ерітінділер алынған гормоналды препараттың белсенділігіне тигізер әсері жоғары болатындылығы анықталды және қан сарысуының белсенділігі 144,5 МЕ/мл – 244,7 МЕ/мл аралығында болды. Жалпы лимон қышқылды ерітіндісі арқылы алынған қан сарысуының гонадотропты белсенділігі ацетил қышқылды және хлорлы натрий ерітінділерімен алынған сарысуларға қарағанда жоғары болды, лимон қышқылымен алынған сарысудың белсенділігі 80,5 МЕ/мл – 100,2 МЕ/мл артық болды. Бұл зерттеулер буаз бие қанынан гонадотропты гормондарды тиімді әрі жылдам бөліп алу үшін лимон қышқылды ерітінділерді қолданудың артықшылығын дәлелдеді.

Түйін сөздер: гонадотропин, эндокринология, гормон, гормоналды препарат, жануар, қан сарысуы, консервация.

K.K. Yerkekulova^{1,2*}, N. Alibaev¹, K.E. Zhuzhan³

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²South Kazakhstan Medical Academy, Shymkent, Kazakhstan

³Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: ekk.33@mail.ru

Improvement of methods of preservation of hormonal blood serum

High concentrations of gonadotropic serum were primarily found in the mare's blood serum. Consequently, the amount of serum obtained after blood collection from pregnant mares depends on the volume of blood collected, which increases the chances of obtaining a greater quantity of gonadotropic hormones. Therefore, the effectiveness of these methods for isolating gonadotropic serum from the blood of pregnant mares was investigated. It was found that the most effective method for isolating gonadotropic serum from the blood of pregnant mares is the use of 5% and 7.5% citric acid solutions. By introducing a new technology into agricultural biotechnology that accelerates serum release, the volume of hormonal serum with high gonadotropic activity increased on average by $55.8 \pm 0.5\%$, showing a $9.1 \pm 0.9\%$ improvement over traditional methods. For the first time, a procedure for using citric acid solution has been incorporated into the technology for extracting serum from the blood of pregnant mares. This improved approach accelerates the extraction process and increases the serum volume by 1.7 ± 0.1 ml. Gonadotropic activity of the blood serum obtained using various solutions was studied. It was found that the solutions used to isolate serum from the blood of pregnant mares have a significant impact on the activity of the resulting hormonal preparation, with serum activity ranging from 144.5 IU/ml to 244.7 IU/ml. The gonadotropic activity of blood serum obtained using a general citric acid solution ranged

from 80.5 IU/ml to 100.2 IU/ml, compared to the solution of acetic acid and sodium chloride. These studies demonstrated the advantage of using citric acid solutions for the efficient and rapid extraction of gonadotropic hormones from the blood of pregnant mares.

Key words: gonadotropin, endocrinology, hormone, hormonal drug, animal, blood plasma, conservation.

К.К. Еркекулова^{1,2,*}, Н. Алибаев¹, К.Е. Жузжан³

¹НАО «Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова», г. Шымкент, Казахстан

²Южно-Казахстанская медицинская академия, г. Шымкент, Казахстан

³Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, г. Алматы, Казахстан

*e-mail: ekk.33@mail.ru

Совершенствование методов сохранения гормональной сыворотки крови

В данной статье приводятся результаты исследования эффективности и влияния методов поддержания гормонального состава сыворотки крови кобылы. Высокие концентрации гонадотропной сыворотки были в основном обнаружены в сыворотке крови кобылы. Следовательно, количество выделяемой сыворотки после взятия крови у жеребых кобыл, зависит от объема выделенной крови и увеличивает шансы на получение большего количества гонадотропных гормонов. В связи с этим была исследована эффективность данных методов для выделения гонадотропной сыворотки из крови жеребых кобылы. Было обнаружено, что наиболее эффективным способом выделения гонадотропной сыворотки из крови жеребых кобылы является использование 5% и 7,5% растворов лимонной кислоты. При внедрении в сельскохозяйственную биотехнологию новой технологии, ускоряющей выделение сыворотки, объем гормональной сыворотки с высокой гонадотропной активностью в среднем увеличивается на $55,8 \pm 0,5\%$, по сравнению с традиционными методами, наблюдается увеличение на $9,1 \pm 0,9\%$. Впервые в технологию выделения сыворотки из крови жеребых кобылы введен порядок применения раствора лимонной кислоты. Этот усовершенствованный подход ускоряет процесс выделения сыворотки из крови жеребых кобылы и увеличивает ее объем до $1,7 \pm 0,1$ мл. Исследована гонадотропная активность сыворотки крови, полученной с помощью различных растворов. Установлено, что растворы, используемые для выделения сыворотки из крови жеребых кобыл, оказывают большое влияние на активность полученного гормонального препарата, а сывороточная активность варьировалась от 144,5 МЕ/мл до 244,7 МЕ/мл. Гонадотропная активность сыворотки крови, полученной с помощью общего раствора лимонной кислоты составляет от 80,5 МЕ/мл до 100,2 МЕ/мл, по сравнению с раствором ацетиловой кислоты и хлористого натрия. Эти исследования доказали преимущество использования растворов лимонной кислоты для эффективного и быстрого выделения гонадотропных гормонов из крови стельных кобыл.

Ключевые слова: гонадотропин, эндокринология, гормон, гормональный препарат, животное, плазма крови, консервация.

Қысқартулар мен түсіндірмелер

ФСГ – Фолликулостимулирующий гормон, ЛГ – лютеинирующий гормон, БҚС – буаз бие қан сарысуы

Кірісіне

Эндокринология саласындағы ғылыми зерттеулер ауылшаруашылық малдарының жыныстық циклдері мен көбею үрдістерін басқаруға, жануарларда болатын бедеуліктің, жана туған төлдерде кездесетін аурулардың алдын-алуға мүмкіндіктер ашады. Ол мүмкіндіктерге қол жеткізу үшін гонадотропиндер, эстрогендер, лютеинотропиндерді т.б. биологиялық активті сипаттағы гормондарды қосылыстар қолда-

нылады. Гормоналды препараттарды қолдану технологиясының өзіндік талаптары болады, ол үшін: алдымен жануарларды толық клиникалық тексерістен өткізіледі және препараттарды жануардың салмақ өлшеміне қарай тағайындайды. Гормоналды препараттарды қолданудың тиімділігі жануарлардың зат алмасу белсенділігі мен репродуктивті қабілеттерін арттырады, сонымен қатар, азықтандыру режимінде витаминдермен, түрлі қосымшалар және микроэлементтерді пайдалану жануарлардың ішкі секреция бездерінің сөл бөлу қабілетін жоғарылатады. Ғалымдар гормоналды препараттарды жануарлар төлдегеннен кейін 10 күн өткен соң қолдануды ұсынады [1,2]. Жануарларда кездесетін ФСГ (Фолликулостимулирующий гормон) ЛГ (лютеинирующий гормон) гормондары гонадотропты белсенділікке ие бо-

латыны зерттелген. 1) ФСГ-еркек жануарларда сперматогенезді және ұрғашы жануарларда фолликулалардың өсуі мен жетілуін бақылайды, 2) ЛГ- овуляцияға, сары дененің қалыптасуына және қызметіне, ал еркек жануарларда Сертоли жасушаларының өндірілуіне, жыныс гормондарының түзулуіне жауап береді [3-5]. Kianna M. et all. [6] өзінің әріптестерімен бірге жүргізген 2020 ж. зерттеулерінде 20 бас ерте күздік және кеш күздік жас биелерге салыстырмалы зерттеулер жүргізіп, нәтижесінде ерте күздік жас биелерде овуляция циклі 24 және 48 сағат аралығындағы 90% артқанын байқады. Ал Pastorello M. et all. [7] мақаласындағы зерттеулер жас биелерге ББҚС (буаз бие қан сарысуы) енгізу арқылы босанғаннан кейінгі аналық бездерінің белсенділігін қалпына келтіру және репродуктивтілігі артатын көрсетеді. ББҚС гормондарын енгізуде биелердің овуляция циклі 24, 48 сағат ішінде 90% артатыны отандық және шетелдік ғалымдардың ғылыми еңбектерінде зерттеліп, дәлелденген, сонымен қатар аналық бездері мен репродуктивтілігі жоғарылаған [8-10].

Елімізде соңғы жылдары ауыл шаруашылық саласына үлкен көңіл бөлінуде. «Ұлттық агроөнеркәсіптік кешен» жобасын іске асыру шеңберінде мал шаруашылығы өнімдерінің бәсекеге қабілеттілігін арттыру және агроөнеркәсіптік кешеннің салаларын дамытуға жағдай жасау басты міндет болып табылады. Мал шаруашылығы саласының өнімділігін молайту және табиғи ресурстардың тазалығын сақтау бәсекеге қабілетті түпкілікті өнім жасауға да, тіршілік әрекетін қамтамасыз ету үшін қоршаған ортаны сақтауға да бағытталуы тиіс. ҚР Экология министрінің 2021ж. Ұлттық баяндамасының мәліметі бойынша 2022 жылғы жағдай бойынша өткен жылдың сәйкес күнімен салыстырғанда шаруашылықтардың барлық санаттарында ірі қара мал басы 4,3%-артып, 8 185,1 мың басты құрады; жылқылар – тиісінше 10,5%-ға және 3 470,8 мың басқа, түйелер – 6,9%-ға және 243,4 мың басқа; қойлар – 4,7%-ға және 18 575,7 мың басқа және күс 10,6%-ға және 47 787,4 мың басты құраған. Ешкі саны 1,2%-ға 2 280,7 мың басқа, шошқа 5,1%-ға 775,3 мың басқа дейін төмендеген. Ауыл шаруашылығы құрылымдарындағы ірі қара мал басының үлесі 47,6%, қой – 49,4%, ешкі – 32,3%, шошқа – 43,8%, күс – 74,8% құрағанын көрсеткен [11]. Бұл көрсеткіштер ауылшаруашылығы саласындағы ғылыми зерттеулердің күрделенуіне, заманауи әдістерді жетілдіріп, ғылыми ізденістердің артуына ықпалын тигізеді. Ірі қара малдарға гормоналды препараттардың

әр түрлі факторларға байланысты әсеріне жүргізілген зерттеулерді меңгеру жылқы шаруашылығында заманауи талаптарға сай, бәсекеге қабілетті зерттеулер жүргізуге мүмкіндіктер ашады [12-14]. Тәжірибелер көрсеткендей, гормоналды препараттар алуда ең тиімді әдістерді жетілдірудің негізі тазартылған және гонадотропты бие сарысулары болып табылады. Алайда, гонадотропты белсенділікті анықтау әдістерінің жетілмегендігіне және сарысулы гонадотропиннің белсенділігіне әсер ететін факторлардың жеткіліксіз зерттелуіне байланысты гормоналды қан сарысуы негізінде дайындалған препараттарды пайдаланудың экономикалық тиімділігін айтарлықтай төмендетеді. Осыған орай зерттеудің жұмыстарымыздың міндеттерінің бірі дайындалған буаз бие сарысуының сақтау әдістерін және гормоналды белсенділігін анықтау және зерттеу болды.

Зерттеу нысаны мен әдістері

Зерттеу нысаны ретінде Қазақстанның жазық климатына бейімделген үй жылқысы *Equus caballus түрінің «Жабы»* породаы буаз биелері алынды. Зерттеу жұмыстары Түркістан облысының Ескі Икан «Султанбай ата» жылқы шаруа қожалығы мен М. Әуезов университетінің «Биотехнология» орталығының зертханасында жүргізілді.

Жануарлардан қан алуда арнайы қан алатын инелер, 20 л шыны бөтелкелер, биологиялық 50 мл цилиндрлі залалсыздандырылған пробиркалар қолданылды. Зерттеулер жүргізуде қолданылған құрал-жабдықтар бағдарламаланған стерилизаторда (СПГА-100-1-НН) әдістемелік нұсқаулықтарға сай залалсыздандырылды [15,16]. Биелерден қан алуда МЕСТ 34105-2017, МЕСТ 34105-2023 талаптары ескерілді [17-19]. Зерттеулер жүргізуде қолданылған буаз биелердің буаздығын анықтауда УДЗ (ультра дыбыстық зерттеу) әдістері мен ИФА талдаулары қолданылды. Қан сарысуының гормоналды құрамы Awareness Technology STATFAX[®]2100 (АҚШ) фотометрінде анықталды.

Зерттеу нәтижелері мен оларды талдау

Зерттеулер жасы 5-6 жасар, буаздығына 58-60 күн болған 18 бас буаз биелерге жүргізілді. Алдымен буаз биеден арнайы инелер көмегімен сол жақ күре тамырынан пункциялау арқылы алынған биологиялық зат -қан мөлшері 1 л, жалпы 18 л қан алынды. Алынған қан ұйып қалмауы

үшін тез шайқатыла отырып, одан гонадотропты қан сарысуын бөліп алу үшін 3 түрлі қышқылдар таңдалынды, ас тұзы, ацетил қышқылы және лимон қышқылы. Көлемі 1 л пластикалық ыдыстарға 25 мл-ден 150 мл-ге дейін ерітінділер құйылды. Әрі қарай алынған қанның үйю ұзақтығына қарай қан мен сарысуы бөлініп, ажыратылып фракцияланды.

Үш түрлі ерітінді қосылған қанның бетінде 18-24 сағаттан кейін пайда болған қан сарысулары арнайы сорғыш түтікшелер арқылы бөлініп алынды.

Бөлінген қан сарысуынан фибринді бөліп алу үшін 30% CaCl ерітіндісі қолданылды, ол үшін 1 л қан сарысуына 1,3 мл 30% CaCl ерітіндісін қосып, 20-25 минут бойы шайқалмада араластырылды. Фибриннен тазартылған қан сарысуына 10 мл 30% CaCl ерітіндісін шайқап араластырып, 2-4 °C температура режимінде тоңазытқышта бақыланды. 24 сағат өткеннен кейін бөлінген қан сарысуы сүзгіден өткізіліп, бөлек ыдыстарға құйылып алынды. Сүзгіден өткен қан сарысуын консервациялау (сақтау) үшін 10% NaCl ерітіндісі, 0,02 г пенициллин және 0,02 г стрептомицин ерітінділерін

қосып, араластырылып, сақтау режиміне қойылды. Сақтау режимінде 6-12 ай аралығында бақыланды. Сақталу мерзіміне байланысты гонадотропты қан сарысуының сапасы, түсі, иісі, кілегейленуі және тұнбалану үрдістері 5 баллдық жүйе бойынша бағаланды. Зертханалық жағдайда гонадотропты қан сарысуы препараттарының физиологиялық әсерін зерттеу үшін салмағы 6,5-8 г зертханалық ақ тышқандар пайдаланылып, жүргізілді. Препарат реакциясы бес баллдық шкала бойынша бағаланды. Жануарлардан алынған қан сарысуының құрамы мен гормоналдык белсенділігін анықтау американдық микропластиналдық «STAT FAXR 2100» фотометрінде иммундық ферментті талдауға арналған «Гонадотропинді ФСГ және ЛГ гормондарының концентрациясын сандық реагенттер кешенін пайдалану нұсқауларына сәйкес жүргізілді [20-22]. Зерттеу барысында алынған сандық нәтижелер биометриялық тәсілдер арқылы өңделді.

Тәжірибелер жүргізуде буаз бие қан сарысуында гонадотропты гормондар белсенділігін анықтауда ерітінділер келесі көрсетілген мөлшерде дайындалды (кесте-1).

1-кесте – Қолданылған ерітінділердің көлемі мл, %

Ерітінділер саны	Натрий хлориді ерітіндісі		Ацетил қышқылды ерітінді		Лимон қышқылды ерітінді	
	%	мл\л	%	мл\л	%	мл\л
1	2,5	25	2,5	25	2,5	25
2	5,0	50	5,0	50	5,0	50
3	7,5	75	7,5	75	7,5	75
4	10,0	100	10,0	100	10,0	100
5	12,5	125	12,5	125	12,5	125
6	15,0	150	15,0	150	15,0	150

Кестеде көрсетілген мөлшерде қан сарысуына үш түрлі: NaCl (натрий хлориді), $C_6H_8O_4$ (ацетил қышқылы), $C_6H_8O_7$ (лимон қышқылы) ерітінділерін қосып дайындалған препараттарды t 2-4 °C режимінде сақтауда препараттың сапасы, түсі, иісі өзгерістері бақыланып, нәтижесінде -4 °C температурада сақталуы оң нәтижелерге қол жеткізетіні байқалды.

Гонадотропты қан сарысуын ұзақ мерзімге сақтау кезінде, оның жарамдылығын басты көрсеткіші – сапалық сипаттамасы, түсі, иісі, кілегейленуі, тұнбалануы болды. Зерттеу нәтижелері 2-кестеде көрсетілген.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей лимон қышқылы ерітіндісін қолдануда гонадотропты қан сарысуын 6 ай мерзімге дейін сапалық құрамын жоғалтпай сақталуына әсер ететіні нақтыланды. Гормоналды биопрепаратты сақтаудың бұл тәсілі өте жоғары балдық көрсеткішке ие болса, жалпы сапалық көрсеткіші 20 немесе орташа 5,0 балды құрады. Сақтау әдістерінің ішінде натрий хлориді араластырылған ерітіндіні қолдану, сапасыз нәтижелер берді, сақтау әдісінде бұл ерітіндіні қолдану тиімсіз екенін білдірді. Бұл тәсіл арқылы гормоналды қан сарысуын ұзақ мерзімге сақтауға

жарамсыз екендігі анықталып, балдық сапаны орта есеппен 2,0 балды құрады. Ал, ацетил қышқылы арқылы бөлініп алынған қан сарысуының сапалық көрсеткіштері аралық

деңгейде болып, орташа балы-3,0 балмен бағаланды. Әрі қарай осы алынған препараттардың биологиялық маңызы мен құрамы зерттеліп, анықталды (кесте 3).

2-кесте – Қан сарысуын консервациялауға пайдалану нәтижелері (сақталған мерзімі 6 ай)

Қан сарысуын бөлуге қолданған ерітінділер	Қан сарысуы, мл	Консервациялауға пайдаланылған ерітінділер	Сапалық көрсеткіштер	Сапалық сипаттама	Сапалық баға, балл
NaCl (натрий хлориді)	301	натрий хлориді 1 мл/18мл сары су+0,02 г пенициллин +0,02 г стрептомицин	түсі	қою қызыл	3
			исі	бұзылған	2
			кілегейленуі	қалың	2
			түнбалуы	өте көп	1
Орташа сапалық көрсеткіш					8 немесе 2,0
C ₆ H ₈ O ₄ (ацетил қышқылы)	1366	натрий хлориді 1 мл/18мл сары су+0,02 г пенициллин +0,02 г стрептомицин	түсі	қоңыр қызыл	4
			исі	өткірлеу	2
			кілегейленуі	орташа	3
			түнбалуы	орташа	3
Орташа сапалық көрсеткіш					12 немесе 3,0
C ₆ H ₈ O ₇ (лимон қышқылы)	2253	натрий хлориді 1 мл/18мл сары су+0,02 г пенициллин +0,02 г стрептомицин	түсі	ашық қызыл	5
			исі	өзіне тән	5
			кілегейленуі	жұқа	5
			түнбалуы	аз	5
Орташа сапалық көрсеткіш					20 немесе 5,0

3-кесте – Әртүрлі қышқылды ерітінділердің қан сарысуының бөлінуіне әсері

Ерітінділер	Көрсеткіштер	Өлшем бірлігі	Ерітінділерді араластыру мөлшері					
			2,5%	5,0%	7,5%	10,0%	12,5%	15,0%
NaCl (натрий хлориді)	қосылған ерітінді	мл	25	50	75	100	125	150
	қан мөлшері	мл	975	950	925	900	875	850
	барлығы	мл	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	бөлінген сарысу	мл	123	94	51	22	9	2
%		12,3	9,4	5,1	2,2	0,9	0,2	
C ₆ H ₈ O ₄ (ацетил қышқылы)	қосылған ерітінді	мл	25	50	75	900	125	150
	қан мөлшері	мл	975	950	925	100	875	850
	барлығы	мл	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	бөлінген сарысу	мл	244	427	383	221	75	16
%		24,4	42,7	38,3	22,1	7,5	1,6	
C ₆ H ₈ O ₇ (лимон қышқылы)	қосылған ерітінді	мл	25	50	75	100	125	150
	қан мөлшері	мл	975	950	925	900	875	850
	барлығы	мл	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	бөлінген сарысу	мл	339	611	506	438	202	157
%		33,9	61,1	50,6	43,8	20,2	15,7	

Кесте көрсеткіштеріне сай, қан сарысуын бөліп алудың ең төмен көрсеткіші NaCl (натрий хлориді) ерітіндісін қолдануда байқалды, қан сарысуының бөліну деңгейі 0,2% -дан 12,3%-ға дейін болып, бұл тәсілдің қолдану тиімділігі мен гормональды препараттар өндірісінде қолданудың қажеттілігі төмен нәтиже беретіндігін білдірді. Гормоналды қан сарысуын бөліп алудың ең жоғарғы көрсеткіші лимон қышқылын пайдалануда байқалды. Әсіресе 5% және 7,5% лимон қышқылды ерітінділерді қолданған кезде буаз бие қанынан сарысудың бөліну процесі 50,6% -дан 61,1% дейін жетті, бірінші нұсқамен салыстырғанда 45,5%-51,7% және екінші нұсқамен салыстырғанда 12,3%-18,4% жоғары болды. Ал, ацетил қышқылды ерітіндіні буаз бие қанын фракциялауда қолдану аралық нәтижелер берді (1,6%-42,7%). Жүргізілген жұмыстардың нәтижесі көрсеткендей буаз бие қанынан сарысуды

бөліп алу технологиясына лимон қышқылды ерітіндіні қолдану технологиясы жоғары нәтиже беретіні зерттеулерден белгілі болды. Бұл жетілдірілген тәсіл буаз бие қанынан сарысуды бөліп алу үрдісінің жылдамдығын жеделдетіп, көлемін 1,7 есеге арттыратыны анықталды. Қан құрамынан сарысудың бөлінуін жылдамдататын гонадотропты белсенділігі жоғары гормональды сарысудың көлемін орташа есеппен $55,8\pm 0,5\%$ жоғарылатады, бұл көрсеткіш басқа дәстүрлі әдістермен салыстырғанда $9,0\pm 1,1\%$ артықшылық көрсетті. Әртүрлі ерітінділер арқылы алынған қан сарысуының гонадотропты белсенділігі анықталды және нәтижелері 4-кестеде келтірілген. Зерттеу нәтижесінде буаз бие қанынан сарысуды бөліп алу үшін қолданылатын ерітінділердің алынған гормональды препараттың белсенділігіне тигізер әсері жоғары болатындығын байқалды.

4-кесте – Әртүрлі ерітінділерді қолдану арқылы бөліп алынған қан сарысуының белсенділігі

Қан сарысуын бөліп алуға қолданған ерітінділер	Қан сары суы, мл	Сақталған мерзімі, ай	Қан сарысуының белсенділігі
NaCl (натрий хлориді)	301	6	114,5 МЕ/мл
C ₆ H ₈ O ₄ (ацетил қышқылы)	1366	6	164,2 МЕ/мл
C ₆ H ₈ O ₇ (лимон қышқылы)	2253	6	244,7 МЕ/мл

Кестеде көрсетілгендей натрий хлориді ерітіндісін қолдануда қан сарысуындағы гормон белсенділігі 144,5 МЕ/мл деңгейде болды, бұл көрсеткіш төмен деңгей болып бағаланып, бұл әдіс сарысудың белсенділігін тиімді бөліп алу үшін қолайлы емес болып саналды. Лимон қышқылы ерітіндісін пайдалану нәтижесінде бөлінген қан сарысуының белсенділігі 244,7 МЕ/мл деңгейіне жетті, бұл ең жоғары көрсеткіш болды, сондықтан бұл әдіс қан сарысуынан жоғары белсенділікті бөліп алу үшін ең тиімді болып саналды. Ал, ацетил қышқылы ерітіндісін пайлану кезінде қан сарысуының гормон белсенділігі 164,2МЕ/мл деңгейін көрсетті, бұл орташа деңгейдегі көрсеткіш болып табылды. Бұл әдіс гормоналды белсенді қан сарысуын бөліп алуға лимон қышқылынан төмен болғанымен, натрий хлориді ерітіндісінен жоғары болды.

Зерттеу жұмыстарының нәтижесінде буаз биелердің қан сарысуында гонадотроптық гор-

мондардың деңгейі жоғары екені анықталды. Сондықтан буаз биелерден қан алу кезінде қан сарысуын көп бөліп алу гонадотропты препараттарды өндіру мүмкіндігін арттырады. Жұмысты қорытындыласақ, белсенді гормоналды препарат алуға лимон қышқылы ерітіндісі арқылы қан сарысуын бөліп алу ең тиімді болып табылды, ал натрий хлориді ерітіндісі төмен белсенділік көрсететіндіктен қолдану тұрғысынан аса тиімді емес болды.

Сонымен зерттеу нәтижелерінің тұжырымы гонадотроптық гормондардың жоғары шоғыры негізінен буаз биелердің қан сарысуында мөлшері жоғары болатыны айқындалды. Сондықтан, буаз биелерден қан алғаннан кейін ондағы сарысуды неғұрлым көп бөліп алса, гонадотропты гормоналды препарат алу мүмкіндігі артады. Бұл зерттеулердің нәтижелері мал шаруашылығында гонадотропты гормондарды тиімді бөліп алу және сақтаудың жаңа әдістерін ұсынуда маңызды рөл атқарады.

Қорытынды

Бұл ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша төмендегідей қорытындылар жасалды:

Гонадотропты сарысуды бөліп алудың тиімділігі: Буаз бие қанынан гонадотропты сарысуды бөліп алу үшін 5% және 7,5% лимон қышқылды ерітінділерді қолдану ең тиімді әдіс болып табылды. Бұл тәсіл буаз бие қанынан сарысудың бөліну пайызын 50,6%-дан 61,1%-ға дейін арттырып, басқа әдістермен салыстырғанда 1,6-7,4 есе жоғары нәтижелер көрсетті.

Гормоналды препаратты сақтау әдісі: Гормоналды препараттың сақталуы үшін ең тиімді тәсіл ретінде хлорлы натрийдің 1 мл, 18 мл қан сарысуы, 0,02 г пенициллин мен 0,02 г стрептомицинен жасалған ерітінді ұсынылды. Бұл әдіс препараттың сапасын толықтай сақтап қалуға

мүмкіндік береді, оның сапалық көрсеткіштері 20 балл немесе орташа есеппен 5,0 балл болып бағаланды.

Гормоналды препараттың белсенділігі: Буаз бие қанынан сарысуды бөліп алу үшін қолданылатын ерітінділер гормоналды препараттың белсенділігіне айтарлықтай әсер етеді. Лимон қышқылы ерітіндісі арқылы алынған гормоналды сарысу ацетил және натрий хлориді ерітінділерінен 80,5МЕ/мл – 100,2МЕ/мл жоғары белсенділік көрсеткен. Жалпы алғанда, қан сарысуының белсенділігі 144,5МЕ/мл – 244,7МЕ/мл аралығында болды.

Мүдделер қақтығысы

Авторлар мақаланың мазмұнын оқып, танысты, ешқандай мүдделер қақтығысы жоқ.

Әдебиеттер

- 1 Baimukanov, D.A., Semenov, V.G., Ombayev, A.M., Abylgazinoва, A.T., Bissembayev, A.T. Realization of reproductive qualities of cows and productivity of young stock // *Braz. J. Biol.* -2024. -Vol. 84: e283234. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.283234>
- 2 Aggarwal, B.B., Licht, P., Papkoff, H., Bona-Gallo, A.. Interaction of equine luteinizing hormone with binding sites for follicle-stimulating hormone in the rat seminiferous tubule // *Endocrinology.* -1980. -Vol. 107, No 3, -P. 725-731. DOI10.1210/endo-106-6-1755
- 3 Baimukanov, A.D., Bissembayev, A.T., Yuldashbayev, Y.A., Saginbayev, A.K., Aubakirov, K.A. 2024. Reproductive Indicators of the Alatau Cattle Breed of Kazakhstan Population. *OnLine Journal of Biological Sciences.*-2024. -Vol.1.-P. 64-70. DOI 10.3844/ojbsci.2023.149.155
- 4 Akimbekov, A.R., Uskenov, R.B., Iskhan, K.Z., Sharapatov, T.S., Baimukanov, D.A. Creation of Smart Farms in the Herd Horse Breeding of Kazakhstan // *OnLine Journal of Biological Sciences.*-2023. -Vol.1. -P. 44-49. DOI10.3844/ojbsci.2023.44.49
- 5 Allen, W.R., Wilsher, S., Stewart, F., Ousey, J., Fowden, A. The influence of maternal size on placental, fetal and postnatal growth in the horse. II. *Endocrinology of pregnancy // Journal of Endocrinology.* -2002. -Vol.172, No 2, -P. 237-246. DOI 10.1677/joe.0.1720237
- 6 Kianna, M., Spencer, G.P., Ameer, A., et al. Ovulatory response to GnRH agonist during early and late fall in mares // *Theriogenology* -2022. -Vol.185. -P.140-148: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.03.003>
- 7 Pastorello, M., et al. Emergence and selection of the dominant follicle and gonadotropin dynamics in postpartum lactating versus non-postpartum cycling mares. *Reproductive Biology.* -2022. -Vol. 22, No 2. -P.100-618. <https://doi.org/10.1016/j.rep-bio.2022.100618>
- 8 Gastal, E.L., et al. Role of Luteinizing Hormone in Follicle Deviation Based on Manipulating Progesterone Concentrations in Mares // *Biology of Reproduction.* -1999. -Vol.61, No 6. -P.1492-1498. <https://doi.org/10.1095/biolreprod61.6.1492>
- 9 Xia, X., Zhang, Y., Cao, M., Yu, X., Gao, L., Qin, L., Wu, W., Cui, Y., Liu, J., Adverse effect of assisted reproductive technology-related hyperoestrogensim on the secretion and absorption of uterine fluid in superovulating mice during the peri-implantation period // *Front Endocrinol (Lausanne).* -2023. 6, No14. -P.859204. doi:10.3389/fendo.2023.859204
- 10 Caprioli G. et al. Quantification of 17 endogenous and exogenous steroidal hormones in equine and bovine blood for doping control with UHPLC-MS/MS // *Pharmaceuticals.* – 2021. – Т. 14. – No 5. – P. 393.
- 11 Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан / Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. – Нур-Султан, 2021. – 563 с.
- 12 Petrucci L., Maranesi M., Verini Supplizi A., Cecilia Dall’Aglia, Mandara M.T., Quassinti L., Bramucci M., Miano A. Kisspeptin/GnRH1 system in Leydig cells of horse (*Equus caballus*): Presence and function // *Theriogenology,* -2020. -Vol.152, -P. 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.04.006>
- 13 Satué K. et al. Interrelationship between reproductive hormones and acute phase proteins during estrous cycle and pregnancy in Spanish purebred broodmares // *Veterinary and Animal Science.* – 2021. – Т. 14. – С. 100212.
- 14 Durham A.E., Potier J.F., Huber L. The effect of month and breed on plasma adrenocorticotrophic hormone concentrations in equids // *The Veterinary Journal.* -2022. -Vol. 286, -P.105857, <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2022.105857>.
- 15 Лабораторный практикум по микробиологии: учеб. пос. / под ред. Е.Р. Грицкевич и др. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 113 с.

- 16 Еремина И.А., Кригер О.В. Лабораторный практикум по микробиологии: учеб. пос. – Кемерово, 2005. – 112 с.
- 17 ГОСТ 34105-2017 Животные. Лабораторная диагностика бруцеллеза. Серологические методы. 1 июля 2018 г. Дата введения 2018-07-01. протокол от 7 июня 2017 г. № 99-П.
- 18 ГОСТ 34105-2023 «Животные. Лабораторная диагностика бруцеллеза. Серологические методы». дата введения 1 мая 2023г. 36 с.
- 19 ГОСТ 33674-2015. Кровь и продукты ее переработки. Технические условия. Дата введения:01.01.2017. Протокол 12 ноябрь 2015г. 82 с.
- 20 Lecompte, F., Roy, F. Combarnous, Y. International collaborative calibration of a preparation of equine chorionic gonadotrophin (eCG NZY-O1) proposed as a new standard. *Journal of Reproduction and Fertility*. -1998. -Vol.113, No 1, -P. 145-150. <https://doi.org/10.1530/eje.0.1500877>
- 21 Абай Г., Адилбеков Н.Ч., Калтаев А.Ж. Активность гонадотропного гормона в сыворотке жеребых кобыл // Проблемы современной науки и образования. *Problems of modern science and education*. – 2014. -Т.4, № 22. Стр-19.
- 22 Гончаров Н.П. Современные методы гормонального анализа // Проблемы эндокринологии. -2011. -Т.57, № 1, 86-91с.
- 23 Schabenberger O., Pierce F.J. *Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences*. – NY.: CRC Press, 2002. –P. 738.
- 24 Aybazov, M.M., Mamontova, T.V., Seitov, M.S. Efficiency of estrus stimulation in sheep during the non-eating season / *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. -2019. – Vol. 4, No 78, -P. 223-226
- 25 Combarnous, Y., Mariot, J., Relav, L., Nguyen, T.M.D., Klett, D.. Choice of protocol for the in vivo bioassay of equine Chorionic Gonadotropin (eCG / PMSG) in immature female rats // *Theriogenology*. -2019. -Vol.130, -P. 99-102. DOI 10.1016/j.theriogenology.2019.03.004
- 26 Kargaeyeva, M.T., Aubakirov, K.A., Mongush, S.D., Davletova, A.M., Baimukanov, A.D. Meat Productivity of Kazakh and Tuva Horses // *OnLine Journal of Biological Sciences*. -2023. -Vol. 1. -P. 81-86. DOI 10.3844/ojbsci.2023.81.86.
- 27 Yerkekulova, K. K., Alibayev, N., Yuldashbayev, Y. A., Alikhanov, O., Beketauov, O., Baimukanov, D. A. 2024. Advance in the Diagnostics of Mare Pregnancy and Assessing the Activity of Gonadotropin in Serum of in-Foal Mare. *OnLine Journal of Biological Sciences*. -2024. -Vol.3. -P.395-402. doi:10.3844/ojbsci.2024.395.402.
- 28 Yerkekulova, K. K., Alibayev, N., Alikhanov, O., Beketauov, O. 2023. Innovative method for determining the activity of gonadotropic raw materials in the production of the biological preparation of PMS. X International Annual Conference “Industrial Technologies and Engineering”. E3S Web Conf. -2023. -Vol.474. -P. 7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447403018>
- 29 Yerkekulova, K.K., Alibaev, N., Beketauov, O., Alikhanov, O., Yusupov, Sh. Synchronization of the reproductive function of ewes in the mating season. Materials of the reports of the International Scientific and Practical Conference “Modern trends in the development of chemical and biological technologies”. Tashkent International University KIMYO. -2023.-P.213.

References

1. Aggarwal, B.B., Licht, P., Papkoff, H., Bona-Gallo, A. (1980) Interaction of equine luteinizing hormone with binding sites for follicle-stimulating hormone in the rat seminiferous tubule. *J.Endocrinology*, vol. 107, no 3, pp. 725-731. DOI10.1210/endo-106-6-1755
2. Akimbekov, A.R., Uskenov, R.B., Iskhan, K.Z., Sharapatov, T.S., Baimukanov, D.A. (2023) Creation of Smart Farms in the Herd Horse Breeding of Kazakhstan. *OnLine Journal of Biological Sciences*, vol.1., pp. 44-49. DOI10.3844/ojbsci.2023.44.49
3. Allen, W.R., Wilsher, S., Stewart, F., Ousey, J., Fowden, A. (2002) The influence of maternal size on placental, fetal and postnatal growth in the horse. II. Endocrinology of pregnancy. *Journal of Endocrinology*, vol.172, no 2, pp. 237-246. DOI 10.1677/joe.0.1720237
4. Aybazov, M.M., Mamontova, T.V., Seitov, M.S. (2019) Efficiency of estrus stimulation in sheep during the non-eating season. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*, vol. 4, no 78, pp. 223-226
5. Abai G., Adilbekov N.Ch., Kaltaev A.Zh. (2014) Aktivnost gonadotropnogo gormona v syvorotke zherebyh kobyl [Activity of gonadotropic hormone in the serum of pregnant mares] *Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya*. J. Problems of modern science and education, vol 4, no 22, pp.19.
6. Baimukanov, A.D., Bissembayev, A.T., Yuldashbayev, Y.A., Saginbayev, A.K., Aubakirov, K.A.. (2024) Reproductive Indicators of the Alatau Cattle Breed of Kazakhstan Population. *OnLine Journal of Biological Sciences*, vol.1., pp. 64-70. DOI 10.3844/ojbsci.2023.149.155
7. Baimukanov, D.A., Semenov, V.G., Ombayev, A.M., Abylgazinova, A.T., Bissembayev, A.T. (2024) Realization of reproductive qualities of cows and productivity of young stock. *Braz. J. Biol.*, vol. 84., pp.283234. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.283234>
8. Caprioli G. et al. (2021) Quantification of 17 endogenous and exogenous steroidal hormones in equine and bovine blood for doping control with UHPLC-MS/MS. *Pharmaceuticals*, vol. 14, no 5, pp.393.
9. Combarnous, Y., Mariot, J., Relav, L., Nguyen, T.M.D., Klett, D. (2019) Choice of protocol for the in vivo bioassay of equine Chorionic Gonadotropin (eCG / PMSG) in immature female rats. *Theriogenology*, vol.130, pp. 99-102. DOI 10.1016/j.theriogenology.2019.03.004
10. Durham A.E., Potier J.F., Huber L. (2022) The effect of month and breed on plasma adrenocorticotrophic hormone concentrations in equids. *The Veterinary Journal*, vol. 286, pp.105857, <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2022.105857>
11. Lecompte, F., Roy, F. Combarnous, Y. (1998) International collaborative calibration of a preparation of equine chorionic gonadotrophin (eCG NZY-O1) proposed as a new standard. *Journal of Reproduction and Fertility*, vol.113, no 1, pp.145-150. <https://doi.org/10.1530/eje.0.1500877>

12. Laboratornyj praktikum po mikrobiologii: [Laboratory practical training in microbiology]. ucheb pos. / pod red. E.R. Grickevich i dr. – Minsk: IVC Minfina, 2017. – 113 c.
13. Eremina I.A., Kriger O.V. Laboratornyj praktikum po mikrobiologii: ucheb. pos. [Laboratory workshop in microbiology: textbook. village] – Kemerovo, 2005. – 112 s.
14. Gastal, E.L., et al. (1999) Role of Luteinizing Hormone in Follicle Deviation Based on Manipulating Progesterone Concentrations in Mares. *Biology of Reproduction*, vol.6., pp.1492-1498. <https://doi.org/10.1095/biolreprod61.6.1492>
15. GOST 34105-2017 Zhivotnye. Laboratornaya diagnostika brucelleza. Serologicheskie metody [Animals. Laboratory diagnosis of brucellosis. Serological methods.] / 1 iyulya 2018 g. Data vvedeniya 2018-07-01. protokol ot 7 iyunya 2017 g. № 99-P.
16. GOST 34105-2023. Zhivotnye. Laboratornaya diagnostika brucelleza. Serologicheskie metody” [Animals. Laboratory diagnosis of brucellosis. Serological methods.] (vveden v dejstvie prikazom Federalnogo agentstva po tehničeskomu regulirovaniyu i metrologii ot 20 marta 2023 g. N 153-st). data vvedeniya 1.05. 2023g.
17. GOST 33674-2015. Krov i produkty ee pererabotki [Blood and products of its processing]. Technical conditions. Date of introduction: 01/01/2017. Minutes November 12, 2015 No. 82-P.
18. Goncharov N.P. (2011) Sovremennye metody gormonalnogo analiza [Modern methods of hormonal analysis]. *Problemy endokrinologii*, vol.57, no1, pp.86-91.
19. Kianna, M., Spencer, G.P., Ameer, A., et al. (2022) Ovulatory response to GnRH agonist during early and late fall in mares. *J. Theriogenology*, vol.185, pp.140-148: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.03.003>
20. Nacional’nyj doklad o sostoyanii okruzhayushchej srede i ob ispol’zovanii prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan [National report on the state of the environment and on the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan] / Ministerstvo ehkologii, geologii i prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan. – Nur-Sultan, 2021. 563.
21. Pastorello, M., et al. (2022) Emergence and selection of the dominant follicle and gonadotropin dynamics in postpartum lactating versus non-postpartum cycling mares. *Reproductive Biology*, vol.2.,pp.100-618. <https://doi.org/10.1016/j.repbio.2022.100618>
22. Petrucci L., Maranesi M., Verini Supplizi A., Cecilia Dall’Aglia, Mandara M.T., Quassinti L., Bramucci M., Miano A. (2020) Kisspeptin GnRH1 system in Leydig cells of horse (*Equus caballus*): Presence and function. *Theriogenology*, vol. 152. pp.1-7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.04.006>
23. Satué K. et al. (2021) Interrelationship between reproductive hormones and acute phase proteins during estrous cycle and pregnancy in Spanish purebred broodmares. *Veterinary and Animal Science J.*, vol.14., pp.100212.
24. Schabenberger O., Pierce F.J. (2002) *Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences*. – NY.: CRC Press., pp.738.
25. Xia, X., Zhang, Y., Cao, M., Yu, X., Gao, L., Qin, L., Wu, W., Cui, Y., Liu, J. (2023) Adverse effect of assisted reproductive technology-related hyperoestrogenism on the secretion and absorption of uterine fluid in superovulating mice during the peri-implantation period. *Front Endocrinol (Lausanne)*, vol.6, no14, pp.:859204-36950692. doi:10.3389/fendo.2023.859204.
26. Kargaeyeva, M.T., Aubakirov, K.A., Mongush, S.D., Davletova, A.M., Baimukanov, A.D. (2023) Meat Productivity of Kazakh and Tuva Horses. *OnLine Journal of Biological Sciences*, vol. 1, pp.81-86. DOI 10.3844/ojbsci.2023.81.86.
27. Yerkekulova, K. K., Alibayev, N., Yuldashbayev, Y. A., Alikhanov, O., Beketauov, O., Baimukanov, D. A. (2024) Advance in the Diagnostics of Mare Pregnancy and Assessing the Activity of Gonadotropin in Serum of in-Foal Mare. *OnLine Journal of Biological Sciences*, vol.24 no 3, pp.395-402. doi:10.3844/ojbsci.2024.395.402.
28. Yerkekulova, K. K., Alibayev, N., Alikhanov, O., Beketauov, O. (2023) Innovative method for determining the activity of gonadotropic raw materials in the production of the biological preparation of PMS. X International Annual Conference “Industrial Technologies and Engineering”. E3S Web Conf., vol.474, 7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447403018>
29. Yerkekulova, K.K., Alibaev, N., Beketauov, O., Alikhanov, O., Yusupov, Sh. (2023) Synchronization of the reproductive function of ewes in the mating season. Materials of the reports of the International Scientific and Practical Conference “Modern trends in the development of chemical and biological technologies”. Tashkent International University KIMYO. pp.213.

Информация об авторах:

Калия Кудайкулова Еркекулова – докторант кафедры «Биотехнология» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова; (Шымкент, Казахстан, e-mail: ekk.33@mail.ru)

Н. Алибаев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Биотехнология» Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, (Шымкент, Казахстан e-mail: nuradinkz@mail.ru)

К.Е Жүзжан – С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медициналық университетінің аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, kalia.erkekulova@gmail.com)

Information about the authors:

Kaliya Yerkekulova – Doctoral student of the Department of Biotechnology of M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: ekk.33@mail.ru)

Alibayev Nuradin – Doctor of agricultural Sciences, Professor of the Department of Biotechnology of M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: nuradinkz@mail.ru)

K.E. Zhuzhan – lecturer of the Department of the Kazakh National Medical University Asfendiyarov, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kalia.erkekulova@gmail.com)

Келін түсті 13 тамыз 2024 жыл
Қабылданды 20 қараша 2024 жыл

А.А. Абубакирова¹ *, А.У. Исаева² ,

А.Е.Тлеукеева² , А.А. Успабаева¹ 

¹Өзбекәлі Жәнібеков атындағы ОҚПУ, Шымкент қ., Қазақстан

²М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент қ., Қазақстан

*e-mail: azhar.baikal79@mail.ru

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК ӨҢІРІНДЕГІ ӨСІМДІКТЕРДІ КОСМЕТОЛОГИЯЛЫҚ ӨНІМДЕРДІ АЛУҒА ПАЙДАЛАНУ МҮМКІНДІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Қазақстанның оңтүстігіндегі өсімдік шикізат қорларын косметологиялық өнім алу мақсатында пайдаланудың биотехнологиялық мүмкіндіктерін зерттеудің нәтижелері келтірілген. Осы күнгі экологиялық таза, биологиялық активті және минералды заттарға бай өсімдіктестес табиғи сипаттағы косметологиялық өнімдерге сұраныс күн сайын артуы Қазақстанның оңтүстік өңірінде орныққан алуантүрлі дәрілік өсімдіктерді шикізат ретінде пайдалану мүмкіндіктерін зерттеуге негіз болды. Нәтижесінде, Қазақстанның оңтүстік өңір флорасында геоморфологиялық құрылымдарда орныққан, *Amarantaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Zygophyllaceae*, *Caryophyllaceae*, *Brassicaceae*, *Primulaceae*, *Plumbaginaceae*, *Plantaginaceae*, *Cyperaceae*, *Polygonaceae*, *Indaceae*, *Juncaceae* тұқымдастарының өкілдерінің ішіндегі 13 дәрілік өсімдік түрлері косметология мүддесіне қажетті деп танылып, косметологиялық өнім композициясын құруға үш мақсатта пайдалану көзделді. Олардың 8 түріне HS-SPME коэффициенті бойынша бағалау және хроматографиялық әдіс арқылы жасалынған толық биохимиялық сараптамалар негізінде табылған бағалы 176 – 206 органикалық қосылыстары өсімдік экстракцияларын косметикалық өнімдерде пайдалануға жарамды ете алды. Косметология саласында орныққан және көптеген әлемдік брендтердің тәжірибесіне сай өсімдіктердің бағалы органикалық қосылыстары бар өсімдік шикізаттарының экстракциялары негізінде косметологиялық өнімдердің алғашқы прототиптері алынып, сараптама жасалды, оң нәтижелерге қол жеткізілді.

Түйін сөздер: дәрілік өсімдіктер, өсімдік экстракциясы, косметологиялық өнім композициясы, сынақтау.

A.Abubakirova^{1*}, A.Issayeva², A.Tleukeyeva², A.Uspabaeva¹

¹South Kazakhstan Pedagogical University named after Ozbekali Zhanibekov, Shymkent, Kazakhstan

²Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

*e-mail: azhar.baikal79@mail.ru

Investigation into the possibilities of using plant raw materials from the southern region of Kazakhstan to produce cosmetology products

The biotechnological potential of utilizing plant raw material reserves in the southern part of Kazakhstan for cosmetic production has been explored in this study. The growing daily demand for environmentally friendly, biologically active, and mineral-rich cosmetic products derived from plants and natural sources served as the basis for investigating the potential of various medicinal plants in the southern region of Kazakhstan. The study focused on 13 species of medicinal plants from the families *Amarantaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Zygophyllaceae*, *Caryophyllaceae*, *Brassicaceae*, *Primulaceae*, *Plumbaginaceae*, *Plantaginaceae*, *Cyperaceae*, *Polygonaceae*, *Indaceae*, and *Juncaceae*, which are present in the geomorphological structures of the southern Kazakhstan flora. From this research, the most promising species for use in the cosmetic industry were identified, aiming to create effective cosmetic product compositions. Eight of the plant species contain valuable organic compounds 176–206, identified through the HS-SPME coefficient and comprehensive biochemical analyses conducted using chromatographic methods. These findings demonstrate that extracts from these plants are suitable for cosmetic product production. Moreover, for the first time, prototypes of cosmetic products based on extracts from these plant materials, containing beneficial organic compounds with proven effectiveness in cosmetology, have been developed and analyzed. The results have been positive, aligning with the standards and experiences of many global cosmetic brands.

Key words: medicinal plants, plant extraction, cosmetic product composition, product testing.

А.А. Абубакирова^{1*}, А.У. Исаева², А.Е. Тлеукеева², А.А. Успабаева¹

¹Южно-Казахстанский педагогический университет имени Узбекили Жанибекова, г. Шымкент, Казахстан

²Южно-Казахстанский государственный университет имени М.О. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

*e-mail: azhar.baikal79@mail.ru

Изучение возможностей использования растительного сырья южного региона Казахстана для получения косметологической продукции

В данном исследовании изучены биотехнологические возможности использования запасов растительного сырья южного региона Казахстана с целью получения косметологической продукции. Ежедневный рост спроса на экологически чистую, биологически активную и богатую минеральными веществами косметологическую продукцию растительного и природного происхождения послужил основой для изучения возможностей использования в качестве сырья разнообразных лекарственных растений, произрастающих в южном регионе Казахстана. В результате исследования 13 видов лекарственных растений из числа представителей семейств *Amarantaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Zygophyllaceae*, *Caryophyllaceae*, *Brassicaceae*, *Primulaceae*, *Plumbaginaceae*, *Plantaginaceae*, *Cyperaceae*, *Polygonaceae*, *Indaceae*, *Juncaceae*, закрепленных в геоморфологических структурах во флоре южного региона Казахстана, выявлены наиболее перспективными для использования в области косметологии и предназначены для трех целей создания композиции косметологической продукции. Восемь из них содержат ценные органические соединения 176–206, обнаруженные на основе оценок по коэффициенту HS – SPME и полных биохимических экспертиз, проведенных хроматографическим методом, с помощью которых экстракты данных растений являются пригодными для использования в получении косметологической продукции. Также впервые получены и проанализированы прототипы косметологической продукции на основе экстрактов растительного сырья с ценными органическими соединениями, зарекомендовавших себя в области косметологии и соответствующих опыту многих мировых брендов, достигнуты положительные результаты.

Ключевые слова: лекарственные растения, экстракция растений, состав косметологического продукта, тестирование продукта.

Қысқартулар мен белгілеулер

HS-SPME – Бос кеңістік – қатты фазалы микрорекстракция

Кіріспе

Косметологиялық өндірістері мен бренд өнімдерімен танымал АҚШ, Оңтүстік Корея, Индия, Қытай және Еуропа елдері өнім өндіру бойынша әлемдік деңгейдегі үздіктер қатарын құрап отыр. Қазақстан косметологиялық биотехнологиялық деңгейі әлі де болса төменгі көрсеткіштегі елдердің қатарында, бірақ, еліміздің осы күні экономикалық ілгерілеудің стратегиялық жоспарының басымды бағыттарының қатарынан косметологиялық өнімді дамыту маңызды орын алады [1].

Осы күндері тері құрамын жақсарту, теріде кездесетін түрлі олқылықтарды жою немесе терідегі ауруларды емдеу мақсатында қолданылатын косметикалық өнімдерді пайдалану мен өндіруде үлкен серпілістер көрініс табууда. Яғни, құрамының 95% табиғи ингредиенттерге тиеселі биологиялық және минералды қосылыстарға бай табиғи сипаттағы өсімдіктер шикізатты өнімдерге сұраныс артып жатыр [2]. Өйткені,

жасанды қоспалардан тұратын өнімдерді жиі пайдалану әртүрлі тері ауруларының туындауына себеп болуда [3].

Сондықтанда, биотехнологияның алдыңғы өзекті зерттеу мәселелерінің қатарында еліміздің шикізатының мол қорына сай отандық табиғи сипаттағы косметологиялық өнімдерді алуды жолға қою болып отыр. Қазақстанның оңтүстік өңірінде өсетін емдік өсімдіктердің физика – химиялық және биологиялық тұрғыда сипаттамаларына зерттеулер жүргізіп, косметологиялық өнімдердің тиімді протитиптерін алуға пайдалану мақсатында сынақтау, сараптау зерттеудің міндеті болды.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеуге косметологиялық өнімдердің биологиялық белсенді қосылыстардың қоры ретінде 13 дәрілік өсімдіктер: *Artemisia cina* O. Berg., *Artemisia lericheana*, *Achillea millefolium* L., *Psoralea drupacea* Bunge, *Thymus vulgaris* L., *Salvia pratensis* L., *Glycyrrhiza glabra* L., *Tanacetum vulgare* L., *Polygonum aviculare* L., *Alhagi pseudalhagi* Gagnebin, *Morus alba* L., *Peganum harmala* L., *Lagochilus inebrians* Bunge алынды.

Жоғарыдағы өсімдіктер фитомассалары косметологиялық өнімге шикізат ретінде МЕСТ 24027.1-80 талаптарына сай жиналып, дайындалды [4] және таксономиялық талдау – Флора Қазақстана-9 томдық анықтауыштың көмегімен жүргізілді [5]. Дәрілік өсімдіктерден СТ РК 978-94 талаптарына сай, 70% спирттік ерітіндіде Сокслет құрылығысында экстракттар [6], эфирлік майлар [7] алынды. Өсімдік фитомассаның биохимиялық құрамы HS-SPME мен хроматографиялық қондырғыда сарапталды [8].

Косметологиялық өнім прототиптерін сынақтау әдістемелері. Тәжірибе нәтижесінде алынған косметологиялық өнімдерді сынау мемлекетаралық МЕСТ 31698-2013 стандартының техникалық талаптарына сай жүргізілді [9].

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Өсімдіктердің эфирлі майлы және ұшқыш компонентті маңызды биологиялық қосылыстарының құрамы мен мөлшерін зерттеу нәтижелері

Оңтүстік өңірге жасалған зерттеу нәтижесі сол өлкеде анықталған ерекшеліктері бойынша биологиялық алуантүрлі әрбір түріне тән өсімдіктердің 28 түрі *Amarantaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Zygophyllaceae*, *Caryophyllaceae*, *Brassicaceae*, *Primulaceae*, *Plumbaginaceae*, *Plantaginaceae*, *Cyperaceae*, *Poligonaceae*, *Indaceae*, *Juncaceae* құрамындағы емдік белсенді заттарының болуына орай косметологиялық өнім композициясын құруға үш мақсатта пайдалану көзделді (1-сурет).



1-сурет – Косметологиялық өнімнің композициясын құруға өсімдік шикізаттарын пайдалану мүмкіндіктері

Биологиялық белсенді заттардың қоры ретінде 13 өсімдік фитомассаларының экстракттары: Лерхе жусаны [10], Кәдімгі мыңжапырақ [11], Аққұрай [12], Дәрмене [13], Кәдімгі тасшөп

[14], Шалғындық сәлбен [15], Қызылмия [16], Кәдімгі түймешетен [17], Құстаран [18], Кәдімгі жантақ [19], Ақтүт [20], Кәдімгі адыраспан [21], Қоянерін [22] өнім алуда пайдаланылды. Жоға-

рыдағы дәрілік өсімдіктердің құрамындағы биологиялық белсенді заттары косметологиялық өнімнің негізі ретінде пайдаланылса, ал, келесі 8 өсімдіктер: танаптық жалбыз, жұпаргүл, ат каштаны, аюбадам, итмұрын, дәрілік жаужапырақ, ақинеш, жиде өнімге хош иісті, тұтынушылардың нақты сұранысын қанағаттандыратын сапалы қасиет беретін эфирлі қосылыстар қоры негізінде пайдаланды. Өнім композициясын құруға мақсат еткен өсімдіктердің метоболиттік қосылыстары тек тұтынуға жарамдылығын ғана арттырып қоймай, адам денсаулығын нығайтуға, эндокриндік және жүйкенің қызметінің жұмысын жасқартуға оң ықпал тигізеді [23]. Осындай қасиет көрсететін өсімдіктердің биохимиялық құрамының талдауы, әрине осы уақытқа дейін зерттелген, зерттелуі әлі де жалғасуда. Өнім түзуге пайдаланған 13 өсімдіктің ішіндегі лерхе жусаны, шалғындық сәлбен, қоянерін, кәдімгі тасшөп өсімдіктерінің биологиялық белсенді заттарына тәжірибелер кеңінен жасалынған, құрамы көптеген зерттеулерде тереннен

сарапталған. Бірақ, соңғы кезде зерттеу құралдарының зерттеу дәлдіктерінің артуы, құрылымының жақсарып, талдау әдістердің сапалары толығына сай өсімдіктің 8-не дәрмене, кәдімгі мыңжапырақ, құстаран, ақтұт, түймешетен, кәдімгі жантақ, кәдімгі адыраспан, қызыл мия толық биохимиялық зерттеу жасалынды. Жоғары дәлдікті HS-SPME қондырғысында жүргізілген сараптама нәтижесі өсімдіктердің ішінде маңызды органикалық қосылыстарының басымдығымен – 206 қосылыс кәдімгі түймешетен тізімнің алғашқысын иемденді, шамамен – 198 қосылысы бар ақтұт түймешетенен соң, одан соң 195-белсенді қосылыстарымен кәдімгі жантақ пен 191- органикалық қосылысы табылған кәдімгі мыңжапырақ иеленді. Бұл қосылыстардың хроматографиялық шыңдары көрсетіп отырғандай өсімдік фитомассасындағы кездесетін органикалық заттар сандық және сапалық көрсеткіші әртүрлі 11 маңызды қосылыстар тобына кіреді, бұл өсімдіктердің емдік қасиетінің әралуан сипатын айқындай алады (1-кесте).

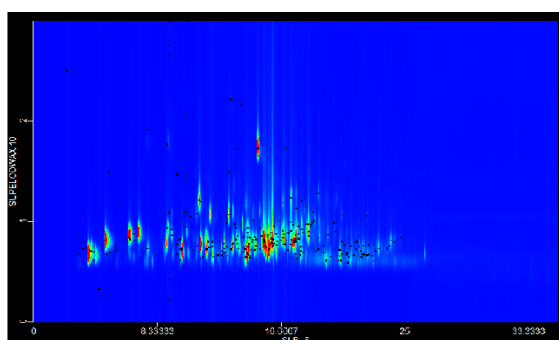
1-кесте – Өнім композициясын түзетін өсімдіктердің маңызды органикалық қосылыстарының саны

№	Өсімдіктер атауы	Өсімдіктердің латынша атауы	HS-SPME қондырғысында анықталған органикалық қосылыстардың саны
1	Кәдімгі түймешетен	<i>Tanacetum vulgare L.</i>	206
2	Ақтұт	<i>Morus alba L.</i>	198
3	Кәдімгі жантақ	<i>Alhagi pseudalhagi</i>	195
4	Кәдімгі мыңжапырақ	<i>Achillea millefolium L.</i>	191
5	Кәдімгі адыраспан	<i>Peganum harmala L.</i>	187
6	Қызыл мия	<i>Glycyrrhiza glabra L.</i>	187
7	Құстаран	<i>Polygonum aviculare L.</i>	185
8	Дәрмене	<i>Artemisia cina L.</i>	176

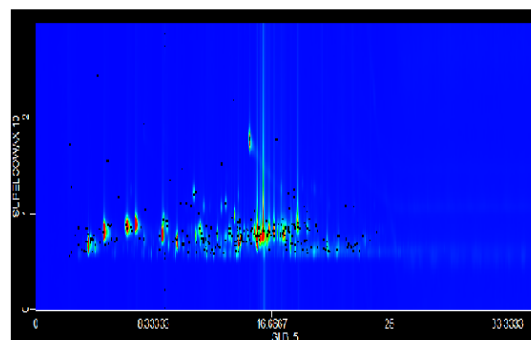
Косметологиялық өнім композициясына пайдаланған өсімдіктердің органикалық қосылыстары HS-SPME қондырғысында анықталған бір-бірінен ерекшеленетін шыңдарына сәйкес әртүрлі белсенділікті көрсетеді (2-сурет).

Косметологиялық өнімдер үшін өсімдіктердің фитомассасын бос кеңістік-қатты фазалы микроэкстракция әдісімен сараптау олардағы фенолды үшқыш органикалық күрделі немесе әртүрлі топтарға жататын қосылыстардың 176-дан

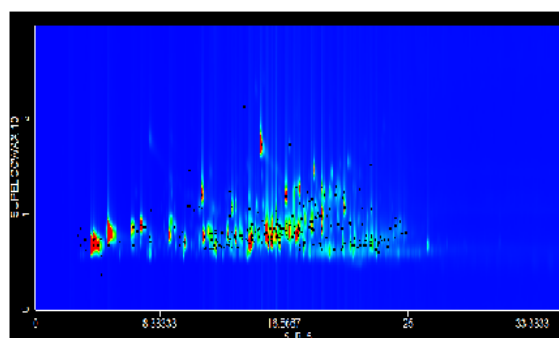
206-ға дейін мөлшерін анықтады. Бұл қосылыстардың біразы химиялық өнім өндіруде, бірқатары фармацевтикалық емдік мақсатта, дәрі-дәрмектер құрамында қолданылса, эфирлік майлы қосылыстары косметологиялық өнімдер алуға жиі пайдаланылады. Қатты фазалы экстракциялық талдаудың нәтижесінде анықталған бағалы қосылыстары бар бұл өсімдіктерді косметологиялық өнім алуға толық пайдалану ғылыми сипатта негізделген деп қорытынды жасай аламыз.



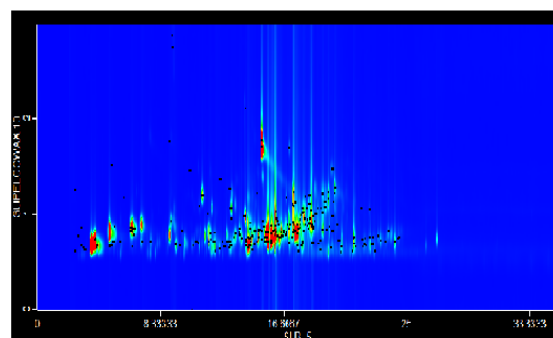
А



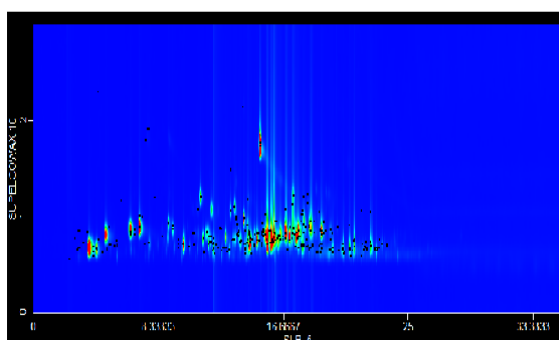
Ә



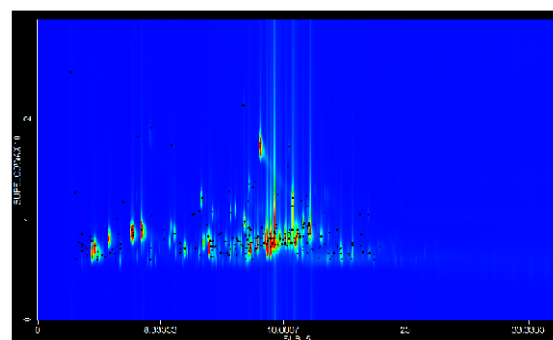
Б



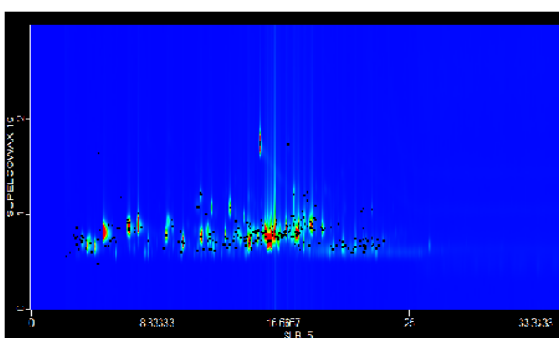
В



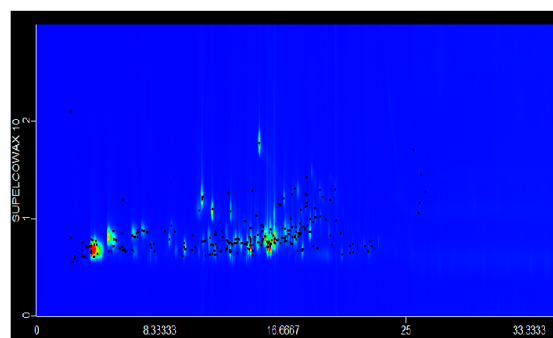
Г



Ғ



Д



Е

2-сурет – Дәрілік өсімдіктердің фитомассасында анықталған органикалық қосылыстардың хроматографиялық шырлары (А – Кәдімгі түймешетен; Ә – Ақтүт; Б – Кәдімгі жантақ; В – Кәдімгі мыңжапырақ; Г – Кәдімгі адырслан; Ғ – Қызыл миya; Д – Құстаран; Е – Дәрмене)

Өсімдік шикізатының құрамын косметикалық өнім прототиптерін құрастыруда тиімді құрмалау

Табиғи сипатта бағалы ингредиенттерге бай өсімдікпен толықтырылған косметологиялық өнім алу – тұтынушылардың денсаулығына оң әсерін назарға ала, органикалық тектес тері күтімі өнімдерін өндіретін әлемдік косметика саласының жан-жақты талдау нәтижесіне сәйкес, барлық өнімдердің 80-90 % – ы негіздік заттан, ал қалған 10-20%-ы қосымша белсенді компоненттер, соның ішінде 3-5%-ы жасанды хош иісті заттар, өнімді ұзақ уақыт сақталуына ықпал ететін тұрақтандырғыштар немесе консерванттар негізде алынды[24].

Осы күнгі нарықтағы косметиканың көбісі жасанды химиялық қосылыстар негізінде жасалынуы, терінің табиғи құрылымына кері әсерінің негізінде әртүрлі аурулардың туындауына себеп болып жатады. Теріге күтім жасайтын құралдардың мазьдар, кремдер құрамында өте көп қосылысты заттар: керамидтер мен қанық-

паған май қышқылдары: олеин, линол линолен, арахидон, антиоксиданттар, терінің метоболиттік үдерісін белсендіргіштер, гексапептид негізіндегі миорелаксанттар – аргиреллин, тері тосқауылының зақымдануын қалпына келтіруші немесе алдын алушы қосылыстар, эмульгаторлар мен ароматизатор, ылғал ұстағыштар пайдаланады [25]. Міне сондықтан да, тұтынушылар тері күтімі құралдарының неғұрлым табиғи сипатта болуын талап етуде [26]. Осындай өнімдердің қатарына ауыз қуысының күтіміне арналған дәрілік өсімдіктер негізіндегі қоспа мен емдік өсімдіктер экстракциясымен байытылған сабынды жатқызуға негіз бар. Бұл өнімдер толығымен табиғи сипаттағы шикізаттарға негізделе келесідей үлестік қатынаста жасалды (2-кесте).

Жоғарыдағы үлестік қатынастағы өсімдіктердің шикізаттарына негізделе отырып косметологиялық өнімдердің композициясы тиімді түрде құрмаланып, алғашқы прототиптері алынды (3-сурет).

2-кесте – Косметологиялық өнім композициясындағы табиғи шикізаттар мен өсімдіктердің үлестік қатынасы

Өнім	Эликсир	Сабын
Қызыл мия, %	0,08-0,5	0,07-0,3
эфир майлы дәрілік экстракт, %	-	0,15-2,05
Кәдімгі түймешетен, %	0,09-1	0,08-0,25
Кәдімгі адыраспан, %	0,09-0,5	0,06-0,19
Шалғындық сәлбен, %	0,1-0,15	0,08-0,2
Құс таран, %	-	0,1-0,4
Дәрмене, %	-	0,08-0,22
Актүт, %	0,09-0,1	0,05-0,2
Кәдімгі жантак, %	0,09-0,15	0,08-0,3
Кәдімгі мыңжапырақ, %	0,08-0,1	0,07-0,2
сабын түзуші негізден	-	70-80

Өсімдіктермен құрмаланған косметикалық өнімдерді сынақтау және тұтыну бойынша ұсынымдар

Ауыз күтіміне арналған өсімдік негізіндегі шайманы сараптау

Жоғары санатты стоматолог врачтың қатысуымен өнімді апробациялау келесі нәтижелерді көрсетті:

1. Гингивитті емдеуге 13 еріктілерге қолданудағы оң нәтижелер:

а) стоматологтың ауыз қуысына жасаған ем шарасынан соң дәрілік препараттарды қолданбай, өсімдік негізіндегі сұйықтықпен күніне үш-бес реттен (емдік сұйықтықтың 10 мл мөлшерін 1 минуттай ауызда ұстау арқылы) шаю;

б) стоматологтың жасаған емінен соң, «Метрогил дента» гелімен бірге сұйықтықты 5 күн бойы (емдік сұйықтықтың 10 мл мөлшерін 1 минуттай ауызда ұстау арқылы шаю) емдеу;



3-сурет – Өсімдік шикізатымен құрмаланған табиғи косметикалық өнімдер мен емдік сабындар

Алынған өнімді осылай қолдану нәтижесінде тістің жиегінің түсі ашық түске еніп, қанау, ісіну басылды, ауырсыну жойылды.

2. Пародонтозды емдеуге 10 еріктілерде қолданудағы оң нәтижелер:

а) стоматологтың жасаған емінен соң, өсімдік негізіндегі сұйықтықпен күніне үш-бес реттен (емдік сұйықтықтың 10 мл мөлшерін 1 минуттай ауызда ұстау арқылы) шаю, «Метилурацил» жақпа майын 20 минуттай кілегей қабығына жағу, физиотерапевтік лазермен 8 күн ем қабылдау;

б) стоматологтың жасаған емінен соң, емдік сұйықтықпен үй жағдайында үш реттен (1мин ауызда ұстау арқылы) шаю, физиотерапевтік лазермен 8 күн ем қабылдау

Өнімді қолданудың нәтижесінде 4 күннің өзінде ауырсыну басылып, 8 күні ауырсыну мен гиперемиядан толығымен арылу орын алды.

3. Пародонтиттің созылмалы түрінің жеңіл асқынғанын 7 еріктіні емдеуде:

а) дәрі –дәрмекпен (антибиотикпен) емдеуден кейін, залалсыздандырылған сумен шайып, гепаринді препаратты 20 мин дәкемен тістің жиегіне тану;

б) дәрі –дәрмекпен (антибиотикпен) емдеуден кейін, өсімдік негізіндегі сұйықтықтың 12-15мл көлемімен шайып немесе, емдік сұйықтықты 15 мин дәкемен тістің жиегіне тану. Емдеудің оң нәтижесі үшінші күннен айқын көрінді, тіс жиегінің түсі ақшыл қызғылттанып, қанауы мен ауырсыну жойылды.

Дәрілік өсімдік негізіндегі емдік сұйықтықтың оң сипаты стоматологтың берген ұйғарымын толық растайды, қабынуды басады, қанауды тоқтатады, бактерияға қарсы жойқын әсері бар, жағымсыз иісіті мүлдем жояды, гигиеналық құрал ретінде күнделікті пайдалануға немесе емдік препараттармен біріктіре отырып емдеуге болады (4-сурет).



4-сурет – Ауыз қуысын күтуге арналған дәрілік өсімдіктермен құрмаланған емдік сұйықтықты сараптау нәтижесі

Қорытынды

Қазіргі косметологиялық өндірістің әлеуетін елімізде дамыту биотехнологиялық ілгерілеудің бірден бірі бағыты, еліміздің экономикалық тұрғыда дамуына ықпалы зор сала. Косметикалық өндірістің табиғи ингредиенттері, табиғи сипаттағы шикізаттар еліміздің барлық аймағында кеңінен таралған. Осыған қарамай, еліміздің косметикалық өнімге деген сұранысы тек импорттық өнімдермен толықтырылуда. Сондықтанда, табиғи сипаттағы өнімдерді өндіруге бағытталған зерттеулердің көлемі мен сапасын арттыру қазіргі заман талабына сай, өзекті болып отыр.

Осы мақсатта жүргізілген зерттеулер нәтижесіне сай келесі тұрғыда қорытындылар нақтыланды:

1. Қазақстанның оңтүстік өңірінде таралған өсімдіктің 14 тұқымдастарының ішіндегі 13 дәрілік өсімдік түрлері тері құрылымын жақсартуға қажетті деп танылды, соның ішіндегі 8 түріне HS-SPME әдісімен биохимиялық талдау жасалынып, құрамында бағалы органикалық қосылыстардың шамамен 176-206 түрі бар бұл өсімдік сығындыларын косметикалық өндіріске толығымен пайдалану жарамды деп ұйғарылды;

2. Өсімдік сығындыларына негізделген косметикалық өнімдердің алғашқы үлгілері: ауыз қуысын емдеу сұйықтығы, дәрілік өсімдік сығындыларымен байытылған емдік сабындар алынды, жоғары санаттағы косметолог-дерматолог, тіс дәрігерінің қатысуымен сараптау жасалынып, оң нәтижелерінің негізінде қолдану бойынша ұсыныстар жасалды.

Алғы сөз

Познань жаратылыстану университетінің (The Poznan University of Life Sciences) профессоры Н.Н. Jelen және зерттеу жұмысы аясында бірлесіп еңбек еткен профессор А.Ешибаева, «6B05101-Биология» ББ білім алушыларына, ерікті қатысушыларға өз алғысымызды білдіреміз.

Қаржыландыру көзі

Зерттеу жұмыс ҚР БҒМ Ғылым комитеті қаржыландыратын келесідей гранттық ғылыми-техникалық жобалар шеңберінде орындалды: «Отандық құрамында тұз бар және өсімдік шикізатын фармакологиялық зерттеу негізінде жаңа косметологиялық өнімді өндіру және оның прототипін алу технологиясын әзірлеу» (2018-2020), (мемлекеттік тіркеу № 0118РК01370).

Әдебиеттер

1. Агентство Маркетинговых и Социологических исследований «DAMU Research Group». Режим доступа: <https://almaty.hh.kz/employer/138392>
2. Фержтек О. Косметика и дерматология. – М.: Медицина, 2016. – 256 с.
3. Картамышев А.И. Врачебная косметика. – М.: Государственное издательство медицинской литературы, 2015. – 304 с.
4. МЕСТ 24027.1-80 Дәрілік өсімдіктердің фитомассаларын жинау, кептіру және баптау талаптары
5. Ильина Т.А. Большая иллюстрированная энциклопедия лекарственных растений. – М.: ЭКСМО, 2009. – 304 с.

6. Евсеева С.Б. Экстракты растительного сырья как компоненты косметических и наружных лекарственных средств: ассортимент продукции, особенности получения (обзор) / С.Б. Евсеева, Б.Б. Сысыев // Фармация и фармакология, 2016. Т.4. №3. С. 4-37
7. ГОСТ 30143-94 Масла эфирные и продукты эфиромасляного производства
8. Moreira, N. Lopes, P., Cabral, M., Guedes de Pinho, P. HS-SPME/GC-MS methodologies for the analysis of volatile compounds in cork material. *European Food Research and Technology*. 242, 457-466 (2016).
9. ГОСТ 3168-2013 Продукция косметическая порошкообразная и компактная.
10. Hrytsyk R.A., Kutsyk R.V., Yurchyshyn O.I., Struk O.A., Kireev I.V., Grytsyk A.R. The investigation of antimicrobial and antifungal activity of some *Artemisia L.* species. *Pharmacia*. 2021; 68:93-100. doi:10.3897/pharmacia.68/e47521.
11. Becker, L.C.; Bergfeld, W.F.; Belsito, D.V.; Hill, R.A.; Klaassen, C.D.; Liebler, D.C.; Marks, J.G.; Shank, R.C.; Slaga, T.J.; Snyder, P.W.; et al. Safety Assessment of *Achillea millefolium* as Used in Cosmetics. *Int.J. Toxicol.* 2016, 35(Suppl.S5-S15) [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed] [Green Version]
12. Golovina L.A., Nikonov G.K. The structures of drupacin and drupanin—new components of *Psoralea drupaceae*. *Chemistry of Natural Compounds*. 1975; 9(6):672–675. doi: 10.1007/bf00565783. [CrossRef] [Google Scholar]
13. Li, T., Chen, H., Wei, N., et al. (2012) Anti-Inflammatory and Immunomodulatory Mechanisms of Artemisinin on Contact Hypersensitivity. *International Immunopharmacology*, 12, 144-150. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2011.11.004>
14. Damianova S., Tasheva S., Stoyanova A., Damianov D. Investigation of Extracts from Thyme (*Thymus vulgaris L.*) for Application in Cosmetics. *J. Essent. Oil-Bear. Plants*. 2008; 11:443–450. doi: 10.1080/0972060X.2008.10643652. [CrossRef] [Google Scholar]
15. Bozin B., Mimika-Dukic N., Samojlik I., Jovin E. Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis L.* and *Salvia officinalis L.*, Lamiaceae) essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 2007; 55 7879-7885. doi: 10.1021/jf0715323 [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
16. Pastorino G., Cornara L., Soares S., Rodrigues F., Oliveira M.B.P.P. Liquorice (*Glycyrrhiza glabra*): A phytochemical and pharmacological review. *Phytother. Res.* 2018; 32:2323-2339. doi: 10.1002/ptr.6178. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
17. Ivanescu B., Tuchilus C., Corciova A., Lungu C., Mihai C.T., Gheldiu A.M., Vlase L. Antioxidant, Antimicrobial and Cytotoxic Activity of *Tanacetum Vulgare*, *Tanacetum Corymbosum* and *Tanacetum Macrophyllum* Extracts. *Farmacia*. 2018; 66:282-288. [Google Scholar]
18. Kiliç, Ö. A Morphological Study on Five *Polygonum L.* (Polygonaceae) Species from Turkey 7 Düzce Uni. *J. Sci. Tech.* 2004, 2, 475-486. [Google Scholar]
19. Sultan, A., Moohammadnor, M. & Eshbakova, K.A. Chemical constituents of *Alhagi pseudalhagi*. *Chem Nat Compd* 47, 140-141 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10600-011-9860-1>
20. Butt M.S., Nazir A., Sultan M. T. & Schoën K., 2008, *Morus alba L.* nature's functional tonic, *Trends in Food Science & Technology* 19: 505-512. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.06.002>
21. Asgarpanah, J. and F. Ramezanloo. 2012. Chemistry, pharmacology and medicinal properties of *Peganum harmala L.* *Afr. J. Pharm. & Pharmacol.*, 6: 1573-1580.
22. Т.И. Цукерваник. Система рода *Lagochilus* (Lamiaceae). *Ботанический журнал*. 1985. – Т.70. с. 1183-1190.
23. Пучкова Т.В. Энциклопедия ингредиентов для косметики и парфюмерии. -Изд.-2-е. – М.: Школа косметических химиков, 2015. – 408 с. – ISBN 978-5-903338-02-3
24. Кутц Г. Косметические кремы и эмульсии: состав, получение, методы испытаний. – М.: Косметика и медицина, 2004. – 272 с.
25. Siegert, W. Evaluation of the microbiological safety of finished cosmetic products // *Euro-Cosmetics*. – 2010. – Vol. 71, No37 – P.16-18
26. Ешибаев А.А., Исаева А.А., Абубакирова А.А., Тлеукеева А.Е. Разработка косметологических композиций на основе солесодержащего сырья и аборигенных лекарственных видов растений // *Биологический электронный научный журнал*. – Новосибирск, 2019. – 9(9). – С.8-10

References

1. Asgarpanah, J., & Ramezanloo, F. (2012). Chemistry, pharmacology, and medicinal properties of *Peganum harmala L.* *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 6, 1573-1580.
2. Becker, L.C., Bergfeld, W.F., Belsito, D.V., Hill, R.A., Klaassen, C.D., Liebler, D.C., Marks, J.G., Shank, R.C., Slaga, T.J., Snyder, P.W., et al. (2016). Safety Assessment of *Achillea millefolium* as Used in Cosmetics. *International Journal of Toxicology*, 35(Suppl. S5-S15).
3. Bozin, B., Mimika-Dukic, N., Samojlik, I., & Jovin, E. (2007). Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis L.* and *Salvia officinalis L.*, Lamiaceae) essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7879-7885. doi:10.1021/jf0715323.
4. Butt, M.S., Nazir, A., Sultan, M.T., & Schoën, K. (2008). *Morus alba L.*: Nature's functional tonic. *Trends in Food Science & Technology*, 19, 505-512. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.06.002>.
5. Damianova, S., Tasheva, S., Stoyanova, A., & Damianov, D. (2008). Investigation of extracts from thyme (*Thymus vulgaris L.*) for application in cosmetics. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 11, 443–450. doi:10.1080/0972060X.2008.10643652.

6. DAMU Research Group. (n.d.) Marketing and Sociological Research Agency. Access mode: <https://almaty.hh.kz/employer/138392>.
7. Evseeva, S.B., & Sysoev, B.B. (2016). Plant raw material extracts as components of cosmetic and external medicinal products: Product range, features of production (review). *Pharmacy and Pharmacology*, 4(3), 4-37.
8. Ferztek, O. (2016). *Cosmetics and Dermatology*. Moscow: Medicine. 256 p.
9. Golovina, L.A., & Nikonov, G.K. (1975). The structures of drupacin and drupanin – new components of *Psoralea drupaceae*. *Chemistry of Natural Compounds*, 9(6), 672–675. doi:10.1007/bf00565783.
10. GOST 30143-94. Essential oils and products of essential oil production.
11. GOST 3168-2013. Powdered and compact cosmetic products.
12. Hrytsyk, R.A., Kutsyk, R.V., Yurchyshyn, O.I., Struk, O.A., Kireev, I.V., & Grytsyk, A.R. (2021). Investigation of antimicrobial and antifungal activity of some *Artemisia L.* species. *Pharmacia*, 68, 93-100. doi:10.3897/pharmacia.68/e47521.
13. Ilyina, T.A. (2009). *Illustrated Encyclopedia of Medicinal Plants*. Moscow: EKSMO. 304 p.
14. Ivanescu, B., Tuchilus, C., Corciova, A., Lungu, C., Mihai, C.T., Gheldiu, A.M., & Vlase, L. (2018). Antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activity of *Tanacetum vulgare*, *Tanacetum corymbosum*, and *Tanacetum macrophyllum* extracts. *Farmacia*, 66, 282-288.
15. Kartamychev, A.I. (2015). *Medical Cosmetics*. Moscow: State Publishing House of Medical Literature. 304 p.
16. Kiliç, Ö. (2004). A morphological study on five *Polygonum L.* (*Polygonaceae*) species from Turkey. *Düzce University Journal of Science and Technology*, 2, 475-486.
17. Kutz, G. (2004). *Cosmetic Creams and Emulsions: Composition, Production, Testing Methods*. Moscow: Cosmetics and Medicine. 272 p.
18. Li, T., Chen, H., Wei, N., et al. (2012). Anti-inflammatory and immunomodulatory mechanisms of artemisinin on contact hypersensitivity. *International Immunopharmacology*, 12, 144-150. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2011.11.004>.
19. MEST 24027.1-80. Requirements for collection, drying, and processing of phytomasses of medicinal plants.
20. Moreira, N., Lopes, P., Cabral, M., & Guedes de Pinho, P.H. (2016). HS-SPME/GC-MS methodologies for the analysis of volatile compounds in cork material. *European Food Research and Technology*, 242, 457-466.
21. Pastorino, G., Cornara, L., Soares, S., Rodrigues, F., & Oliveira, M.B.P.P. (2018). Liquorice (*Glycyrrhiza glabra*): A phytochemical and pharmacological review. *Phytotherapy Research*, 32, 2323-2339. doi:10.1002/ptr.6178.
22. Puchkova, T.V. (2015). *Encyclopedia of Ingredients for Cosmetics and Perfumery* (2nd ed.). Moscow: School of Cosmetic Chemists. 408 p. ISBN 978-5-903338-02-3.
23. Siegert, W. (2010). Evaluation of the microbiological safety of finished cosmetic products. *Euro-Cosmetics*, 71(37), 16-18.
24. Sultan, A., Moohammadnor, M., & Eshbakova, K.A. (2011). Chemical constituents of *Alhagi pseudalhagi*. *Chemistry of Natural Compounds*, 47, 140-141. <https://doi.org/10.1007/s10600-011-9860-1>.
25. Tsukervanik, T.I. (1985). System of the genus *Lagochilus* (*Lamiaceae*). *Botanical Journal*, 70, 1183-1190.
26. Yeshibaev, A.A., Isaeva, A.A., Abubakirova, A.A., & Tleukejeva, A.E. (2019). Development of cosmetological compositions based on salt-containing raw materials and indigenous medicinal plant species. *Biological Electronic Scientific Journal*, 9(9), 8-10.

Авторлар туралы мәлімет:

Абубакирова Азхар (сәйкес автор) – PhD, аға оқытушы, «Биология» кафедрасы Өзбекәлі Жәнібеков атындағы ОҚПУ, (Шымкент қ., Қазақстан, e-mail: azhar.baikal79@mail.ru)

Исаева Акмарал Умирбековна – б.ғ.д., профессор «Биотехнология» кафедрасы М.Әуезов атындағы ОҚУ, (Шымкент қ., Қазақстан e-mail: akissayeva@mail.ru)

Тлеукеева Асель Ержановна – PhD, аға оқытушы, «Биотехнология» кафедрасы М.Әуезов атындағы ОҚУ, (Шымкент қ., Қазақстан e-mail: aseltleukejeva@mail.ru)

А.А. Успабаева – б.ғ.к., доцент м.а. Өзбекәлі Жәнібеков атындағы ОҚПУ, «Биология» кафедрасы (Шымкент қ. Қазақстан, e-mail: uspabaeva73@mail.ru)

Information about authors:

Abubakirova Azhar (Corresponding author) – PhD, senior lecturer, Department of biologia Zhanibekov University, (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: azhar.baikal79@mail.ru)

Issayeva Akmaral – Prof. Dr. Department of biotechnology, Auevov South Kazakhstan University, (Shymkent city, Kazakhstan e-mail: akissayeva@mail.ru)

Tleukejeva Assel – PhD, senior lecturer, Department of biotechnology, Auevov South Kazakhstan University, (Shymkent city, Kazakhstan e-mail: aseltleukejeva@mail.ru)







Uspabaeva Aigul – PhD, Candidate of Biological Sciences, Assistant Professor, Department of biologia, Zhanibekov University, (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: uspabaeva73@mail.ru)

Келін түсті 22 сәуір 2024 жылы
Қабылданды 20 қараша 2024 жылы

6-бөлім
**АДАМ МЕН ЖАНУАРЛАР
ФИЗИОЛОГИЯСЫ**

Section 6
**HUMANS AND ANIMALS
PHYSIOLOGY**

Раздел 5
**ФИЗИОЛОГИЯ
ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

С.Т. Тулеуханов¹ , В.П. Зинченко² , Б.Қ. Қайрат^{1*} ,
А.М. Малибаева¹ , Г.А. Тусупбекова¹ , Ж.К. Кенжеева¹ 

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті КеАҚ, Алматы қ., Қазақстан
²РФА ПБЗФО ФЗО «Ресей Ғылым академиясының Жасуша биофизикасы институты» ФМБФМ, ,
Пушино қ., Ресей Федерациясы
*e-mail: Bakytzhan.Kairat@kaznu.kz

НЕЙРОНДАРДЫҢ ЭПИЛЕПТИФОРМДЫ ЭЛЕКТРЛІК БЕЛСЕНДІЛІГІНІҢ КАЛЬЦИЙ ИОНДАРЫМЕН РЕТТЕЛУ МЕХАНИЗМДЕРІ

Мақалада нейрондардың эпиплептиформдық белсенділігін реттеудегі Ca^{2+} рөлін зерттеу нәтижелері келтірілген. Жұмыс нейронның электрлік белсенділігін бір уақытта тіркеуге және кальций иондарының концентрациясының өзгеруін оптикалық әдіспен өлшеуге мүмкіндік беретін бірегей қондырғыда жүргізілді. Ca^{2+} иондарының эпиплептиформдық белсенділік параметрлеріне әсер ету механизмдерін ашу осы күрделі процесті басқарудағы маңызды қадам болып табылады және гиперқозуды фармакологиялық түзетудің жаңа жолдарын ашады. Зерттеудің мақсаты: нейрондардың эпиплептиформдық белсенділігін реттеудегі Ca^{2+} иондарының рөлін зерттеу. Зерттеу нәтижесінде жасушаішілік кальций буферінің (ВАРТА) көмегімен баяу деполяризация амплитудасының, пароксизмальді деполяризациялық ығысу (ПДЫ) кластерінің ұзақтығы мен әртүрлі типті нейрондардың әрекет потенциалдары (ӘП) амплитудасының цитоплазмадағы Ca^{2+} иондарының концентрациясына тәуелділігі анықталды. Жасушаішілік Ca^{2+} буферінің жинақталуына байланысты эпиплептиформдық белсенділік кезінде Ca^{2+} импульстарының амплитудасының төмендеуі нейрондардың әр түріне түрліше әсер ететіні белгілі болды. Тежегіш (ГАМКергикалық) нейронында кластердің амплитудасы әрекет потенциалдар жиынының ұзақтығын өзгертпестен төмендейді, ал қоздырғыш (глутаматергиялық) нейронда кластердің ұзақтығы амплитудасын өзгертпестен төмендейді. Кластердің деполяризация импульсі бірінші жағдайда Ca^{2+} концентрациясына тәуелді емес, ал екінші жағдайда (Ca^{2+} -тәуелді деполяризациялық арнаның ашылуының арқасында) Ca^{2+} -тәуелді процесс әсерінен болады. Осылайша, берілген жұмыста алғаш рет глутаматергиялық және ГАМКергиялық нейрондардағы жасушаішілік жылдам Ca^{2+} буферінің әсер етуінің әртүрлі механизмдері көрсетілді, бұл эпиплептикалық ми қызметін реттеудің Ca^{2+} -тәуелді механизмдерін түсінуде маңызды қадам болып табылады.

Түйін сөздер: нейрондар, гиппокамп, эпиплептиформдық белсенділік, әрекет потенциалы, пароксизмальді деполяризациялық ығысу, кальций иондары, жасушаішілік Ca^{2+} -буфері.

S.T. Tuleukhanov¹, V.P. Zinchenko², B.K. Kairat^{1*},
A.M. Malibayeva¹, G.A. Tussupbekova¹, Zh.K. Kenzheyeva¹
¹NJSC "Al-Farabi Kazakh National University", Almaty, Kazakhstan
²Institute of Cell Biophysics of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia
*e-mail: Bakytzhan.Kairat@kaznu.kz

The mechanisms of regulation of epileptiform electrical activity of neurons by calcium ions

This work explores the role of Ca^{2+} in the regulation of epileptiform activity of neurons. The research was carried out on a unique setup that allows simultaneous recording of neuron electrical activity and measurement of calcium ion concentration changes by optical method. The uncovering of the mechanisms of Ca^{2+} ions influence on the parameters of epileptiform activity is an important step in the control of this complex process and opens new ways of pharmacological correction of hyperexcitation. The aim of this study was to investigate the role of Ca^{2+} ions in the regulation of epileptiform neuronal activity. The result of the research with the use of intracellular calcium buffer BAPTA established the dependence of the amplitude of slow depolarisation, the duration of the paroxysmal depolarisation shift cluster and the amplitude of action potentials of different types of neurons on the concentration of Ca^{2+} ions in the cytoplasm. Decreasing the amplitude of Ca^{2+} pulses during epileptiform activity while accumulating

tude occurs in the GABAergic neuron without a change in the duration of the action potential burst, while in the glutamatergic neuron the duration of the cluster decreases without a change in amplitude. The depolarising pulse of the cluster in the first case is independent of Ca^{2+} concentration, while in the second case it is due to a Ca^{2+} -dependent process (opening of a Ca^{2+} -dependent depolarising channel). Thus, this work shows for the first time different mechanisms of action of intracellular fast Ca^{2+} buffer in glutamatergic and GABAergic neurons, which is an important step in understanding Ca^{2+} -dependent mechanisms of regulation of epileptic brain activity.

Key words: neurons, hippocampus, epileptiform activity, action potential, paroxysmal depolarising shift, calcium ions, intracellular Ca^{2+} -buffer.

С.Т. Тулеуханов¹, В.П. Зинченко², Б.Қ. Қайрат^{1*},
А.М. Малибаева¹, Г.А. Тусупбекова¹, Ж.К. Кенжеева¹

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

²ФГБУН «Институт клеточной биофизики Российской академии наук»

ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино, Россия

*e-mail: Bakytzhan.Kairat@kaznu.kz

Механизмы регуляции эпилептиформной электрической активности нейронов ионами кальция

В настоящей работе исследована роль Ca^{2+} в регуляции эпилептиформной активности нейронов. Работа проведена на уникальной установке, позволяющей одновременно регистрировать электрическую активность нейрона и измерять изменения концентрации ионов кальция оптическим методом. Раскрытие механизмов влияния ионов Ca^{2+} на параметры эпилептиформной активности является важным шагом в управлении этим сложным процессом и открывает новые пути фармакологической коррекции гипервозбуждения. Целью данного исследования являлось изучение роли ионов Ca^{2+} в регуляции эпилептиформной активности нейронов. В результате исследования с использованием внутриклеточного кальциевого буфера ВАРТА установлена зависимость амплитуды медленной деполяризации, длительности кластера пароксизмального деполяризационного сдвига и амплитуды потенциалов действия различных типов нейронов от концентрации ионов Ca^{2+} в цитоплазме. Понижение амплитуды Ca^{2+} импульсов во время эпилептиформной активности при накоплении внутриклеточного Ca^{2+} буфера оказывает разные эффекты на разные типы нейронов. В ГАМКергическом нейроне происходит понижение амплитуды кластера без изменения длительности пачки потенциалов действия, а в глутаматергическом нейроне уменьшается длительность кластера без изменения амплитуды. Деполяризационный импульс кластера в первом случае не зависит от концентрации Ca^{2+} , а во втором - обусловлен Ca^{2+} -зависимым процессом (открытием Ca^{2+} -зависимого деполяризующего канала). Таким образом, в работе впервые показаны различные механизмы действия внутриклеточного быстрого Ca^{2+} буфера в глутаматергических и ГАМКергических нейронах, что является важным шагом в понимании Ca^{2+} -зависимых механизмов регуляции эпилептической активности мозга.

Ключевые слова: нейроны, гиппокамп, эпилептиформная активность, потенциал действия, пароксизмальный деполяризующий сдвиг, ионы кальция, внутриклеточный Ca^{2+} -буфер.

Кіріспе

Эпилепсия – қазіргі таңда әлемде кең таралған неврологиялық аурулардың бірі. Дүние жүзі бойынша халықтың шамамен 1 %-ы (орта есеппен алғанда 50-70 миллион адам) эпилепсиямен ауырады [1]. Мидағы козу/тежелу теңгерімі гипотезасына сәйкес, эпилепсиялық ұстамалардың жалпы механизмі тепе-теңдіктің козуға қарай ығысуынан туындайды [2]. Бұл бұзылулар нейрондық ансамбльдердің гиперактивациясы мен гиперсинхронизациясына әкеледі. Ми нейрондарының эпилепсиялық белсенділігі (эпилепсиялық ұстаманың алдында нейрондық желідегі шектен тыс козу немесе «гиперкозу» режимі)

тек эпилепсия кезінде ғана емес, сонымен қатар мидың бірқатар ауруларында, атап айтқанда, ишемия, инсульт, Альцгеймер ауруы және Паркинсон ауруы кезінде, нейрондық желінің дамуында, мидың травматикалық зақымдануында да байқалады.

Жеке нейрондарда эпилепсиялық разрядтар пароксизмальды деполяризациялық ығысу (ПДЫ) деп аталатын мембраналық потенциалдың қалыптан тыс тербелістері түрінде көрінеді [3, 4]. Бастапқыда бұл құбылыс электроэнцефалография арқылы тіркелген ұстамалар арасындағы импульстерді сипаттайтын нейрондық корреляция ретінде қарастырылды [4]. Дегенмен, қазіргі уақытта ПДЫ эпилепсияның *in*

in vitro және *in vivo* модельдерінде пайда болатын эпилепсиялық разрядтарды, ұстамалық белсенділік сегменттерін және постикталды разрядтарды қоса алғанда, әртүрлі эпилептиформды разрядтарды білдіреді [5-9]

Сипатталған эпилептиформды белсенділік қозу/тежелу теңгерімінің қозуға қарай ығысуына әсер ететін түрлі әсерлерден туындауы мүмкін, бұл желінің гиперқозуына әкеледі. Пикротоксин, бикикуллин, кофеин және Mg^{2+} жоқ орта – эпилептиформды белсенділіктің кеңінен қолданылатын индукторлары [3, 10-12]. Эпилептиформды белсенділіктің жасушалық модельдері құбылыстың табиғатын зерттеу міндетін біршама жеңілдетеді және процестің көптеген қатысушыларының ролін анықтауға және олардың қатысуымен сигнал берілу тізбегін құруға және олардың белсенділігін реттеу механизмдерін анықтауға мүмкіндік береді. Әдеттегі ПДЫ – бұл бір немесе бірнеше әрекет потенциалымен (ӘП) бірге жүретін оң деполяризациялық ығысу. ӘП амплитудасы деполяризациялық шыңның бәсеңдеуімен бірге төмендейді. ПДЫ ұзақтығы 40-400 мс болатын жалғыз электрлік құбылыс немесе бірнеше шапшаң қайталанатын ПДЫ кластері ретінде туындайды [4, 13]. ПДЫ жеке-леген паттерндері индукция механизміне, мидың аймағына және нейрондардың ерекшеліктеріне байланысты өзгеруі мүмкін [4, 14, 15].

ПДЫ алғаш рет өткен ғасырдың 60 жылдары сипатталғанымен, бұл бүгінгі күнге дейін зерттелуі қиын құбылыс болып қала береді [16,17]. Сондай-ақ, ПДЫ эпилепсиядағы ролі таластарға толы. ПДЫ проэпилептикалық және эпилепсияға қарсы әсерін көрсететін гипотезалар бар [18-21]. Сонымен қатар, бұл белсенділік басқа неврологиялық ауруларда да байқалуы мүмкін [22-24]. Сол себептен де, ПДЫ генерациясын және оның таралу механизмдерін егжей-тегжейлі зерттеу жаңа терапевтік тәсілдерді әзірлеу және неврологиялық бұзылулардың негізінде жатқан механизмдерді түсіну үшін қажет.

Зерттеудің мақсаты нейрондардың эпилептиформды электрлік белсенділігінің реттелуінде Ca^{2+} иондарының ролін зерттеу. Біз өз зерттеулерімізде гиппокампының нейроглиальды жасуша культурасын қолдандық, өйткені бұл жасушалық модель бір түйықталған желіге біріктірілген көптеген нейрондардың белсенділігін бағалауға мүмкіндік береді. Эпилептиформды белсенділікті тудыру үшін біз А-типті гамма-аминомай қышқылы рецепторларының (ГАМК_A-рецепторлар) антагонисі бикикуллинді

қолдандық. Бикикуллинді қолдану ГАМК_A-рецептор жанамааланған тежелуді тежей отырып нейрондық желінің шамадан тыс қозуына ықпал етеді. Жасушаішілік Ca^{2+} ($[Ca^{2+}]_i$) концентрациясының мембраналық потенциалдың динамикасы әсерін бағалау үшін негізгі өлшенетін параметрлер ретінде пайдаланылды.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Жануарлармен жүргізілетін барлық процедураларды әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің жергілікті этикалық комитеті мақұлдаған және зертханалық жануарларды күту және пайдалану бойынша зертханалық тәжірибе ережелерін белгілейтін Еуропалық парламент кеңесінің ғылыми мақсатта пайдаланылатын жануарларды қорғау жөніндегі 2010/63EU Директивасына сәйкес жүргізілді. Буаз егеуқұйрықтар 12 сағаттық жарық-қараңғылық циклі және тамақ пен суға еркін қол жетімділігі бар зертханалық жануарларға арналған торларда 2-3 анылықтан орналастырылды.

Гиппокамп жасушаларының культурасы. Егеуқұйрықтардың гиппокампының нейроглиальды жасуша культурасы алдыңғы жұмыстарда сипатталған әдістеме бойынша дайындалды [25]. Sprague-Dawley линиялы жаңа туылған 1-2 күндік егеуқұйрықтарды терең ингаляциялық наркоздан кейін басын кесіліп, миы аса мұқияттылықпен оқшауланып алынып, суық Версен ерітіндісі бар Петри табақшасына орналастырылды. Бір жануардың миынан оқшауланып алынған жасуша культурасы тәжірибелердің бір сериясы үшін пайдаланылды (бір серияға 14-16 жабын шыныларына өсірілген жасуша культурасы). Содан кейін мидан гиппокамп бөлініп алынып, қайшымен ұсақталып, 37°C температурада 10 минут бойы үнемі шайқай отырып 1 % трипсин ерітіндісімен өңделді. Трипсинді инактивациялау және кетіру үшін ұсақталған ұлпаны суық Neurobasal-A ортасымен екі рет мұқият жуылды. Әрі қарай, ұлпаның фрагменттері тамшуырмен мұқият шайқай отыра трипсинизацияланбаған қалдықтар алынып тасталды және жасуша суспензиясы 2000 айн/мин жылдамдықта 3 минут бойы центрифугаланды. Содан кейін жасуша түйіршіктері 2% B27-қосымшасы, 500 мкМ глутамин және пенициллин-стрептомицин (1:100) қосылған Neurobasal-A ортасынан тұратын культуралық ортада қайта суспензияланды; суспензия полиэтиленминмен алдын ала өңделген жұқа

дөңгелек жабынды шыныларға егілді, жасуша культурасы өсіру үшін Петри табақшаларына орналастырылды. Жасуша культурасын CO_2 -инкубаторында 37°C , 5% CO_2 , 95% ылғалдылықта өсірілді және 13-14 DIV (*in vitro* күндер) тәжірибелерді жасау үшін қолданылды.

Электрофизиологиялық әдістер. Зерттеудегі барлық whole-cell конфигурациясындағы электрофизиологиялық жазбалар Хэнкстің тұзды ерітіндісінде (HBSS) 28°C температурада жүргізілді. Интрапипетка ерітіндісінің құрамында (ммоль/л): 10 KCl, 125 К-глюконаты, 1 $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$, 0,25 EGTA, 10 HEPES, 2 $\text{Na}_2\text{-ATP}$, 0,3 Mg-ATP , 0,3 Na-GTP , 10 Na_2 -фосфокреатин (pH 7,2). Деректер Axonpatch 200B күшейткішін қолдана отырып Axon DigiData 1440A мәліметтерді жинақтау жүйесі мен pClamp 10 бағдарламалық жасақтамасы (Molecular Devices, San Jose, CA, АҚШ) көмегімен тіркелді.

Статистика және деректерді талдау. Графиктерді құру және оларды талдау үшін Origin Pro 2016 бағдарламасы (OriginLab) қолданылды. Деректер жиынтығымен әдеттегі есептеулер Microsoft Excel (Microsoft корпорациясы) бағдарламасының көмегімен жүргізілді. Ca^{2+} жауаптарының электрофизиологиялық параметрлері мен деректері (төмендеу/жоғарылау уақыты, амплитудасы) pClampFit 10 бағдарламасы (Molecular Devices) арқылы талданды. Таймлапс сериялары мен конфокальды бейнелер ImageJ (NIH) бағдарламалық жасақтамасымен талданды. Пирсон мен M1/M2 колокализация коэффициенттері ImageJ үшін JACoP плагині (<https://imagej.nih.gov/ij/plugins/track/jacop.html>) көмегімен есептелді [26]. Деректерді таралуының қалыпты деңгейі Шапиро-Уилк тесті арқылы бағаланды ($p > 0,05$), өйткені үлгі өлшемі $N < 15$ болды. Барлық деректер жиынтығының таралуы қалыпты деңгейде болғандықтан біз параметрлік тесттерді қолдандық. Айырмашылықтар Graphpad Prism 8 (Graphpad Software) көмегімен жұптастырылған t-тест (екі жақты бағалаумен), бір жақты ANOVA (бір жақты бағалаумен) және Тьюкидің бірнеше салыстыру тесті немесе екі жақты ANOVA (бір жақты бағалаумен) және Шидактың бірнеше салыстыру тесті арқылы талданды. Маңыздылық деңгейлері р-мәні 0,05-тен төмен болған кезде анықталады. Эксперименттерде қолданылатын жасуша культураларының тәуелсіз препараттарының саны «N», ал талданған жасушалардың жалпы саны (барлық қолданылған препараттарда) «n» деп белгіленеді. Әдетте, эксперименттерде екі-үш жануардың

миынан оқшауланып алынған жасуша дақылдарының препараттары қолданылды.

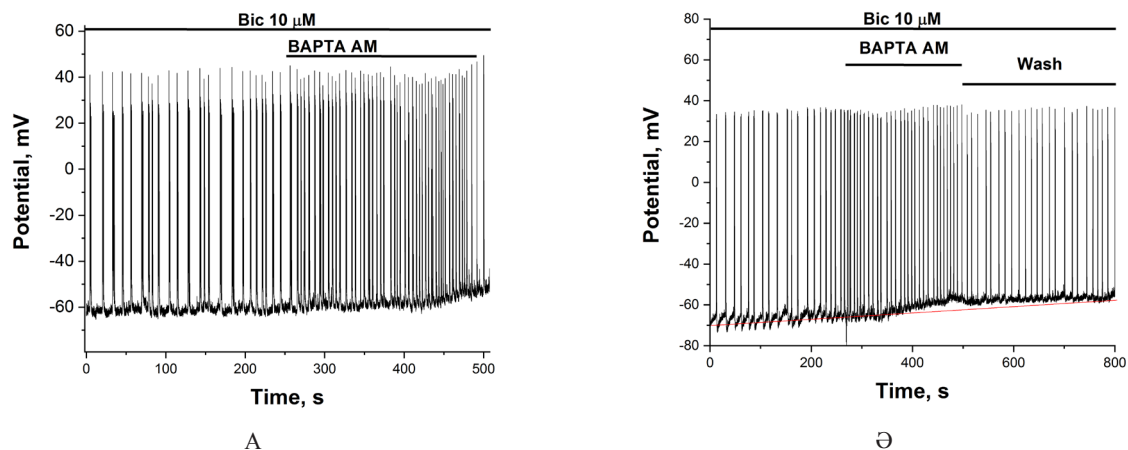
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Эпилепсиялық ұстаманың алдында мидың нейрондарында жоғары амплитудалық Ca^{2+} импульстарымен бірге жүретін электрлік белсенділіктің төмен жиілікті эпилептиформды ырғағы пайда болады. Өзіміздің зерттеу жұмысымызда тәжірибелерді жүргізу үшін біз гиппокампының 14 күндік жасуша культурасын қолдандық, эпилептиформдық белсенділікті тудыру үшін GAMK_A -рецепторларының ингибиторы – бикукуллинді қостық. Whole-cell конфигурациясында patch-clamp әдісімен нейрондардың мембраналық потенциалының өзгерісі өлшенді, бұл жағдайда «пароксизмальды деполяризациялық ығысу кластерлері» деп аталатын периодты жоғары амплитудалық әрекет потенциалдарының жиындары тіркеліп алынды. ПДЫ кластерлерін туындауы мен реттелуінің молекулалық механизмдері толығымен әлі анықталмаған. Атап айтқанда, Ca^{2+} иондарының ПДЫ кластерлерінің амплитудасы мен ұзақтығын реттеудегі рөлі белгісіз, ал Ca^{2+} иондары мөлшерінің төмендеуі эпилептиформды белсенділіктің әлсіреуіне және толықтай жойылуына әкеледі. Цитозольдегі Ca^{2+} импульсінің амплитудасын өзгерту үшін кальций хелаторы – ВАРТА қолданылды. ВАРТАның эстерификацияланған түрі жасушаға баяу енеді, жасушаға енгеннен кейін жасушаішілік эстеразалар оны мембрана арқылы өтпейтін зарядталған молекулаға айналдырады. Нәтижесінде ВАРТА баяу (10-20 минут ішінде) жасуша ішінде жиналады. $K_d = 0.2$ мкМ болғандықтан ВАРТА жасуша ішіндегі Ca^{2+} концентрациясының стационарлық мәнін өзгертпейді, дегенмен нейрондардың эпилептиформдық белсенділігі кезінде Ca^{2+} импульстарының амплитудасын төмендетте отырып оны тегістейді. Нейрондардың электрлік белсенділігі ВАРТА-ның жинақталуы кезінде үздіксіз тіркелді, бұл буфер концентрациясының ПДЫ кластерлерінің параметрлеріне әсерін бағалауға мүмкіндік берді. Тәжірибелер нейрондардың екі түріне: қоздырғыш (глутаматергиялық) және тежегіш (GAMK ергиялық) нейрондарға жасалды.

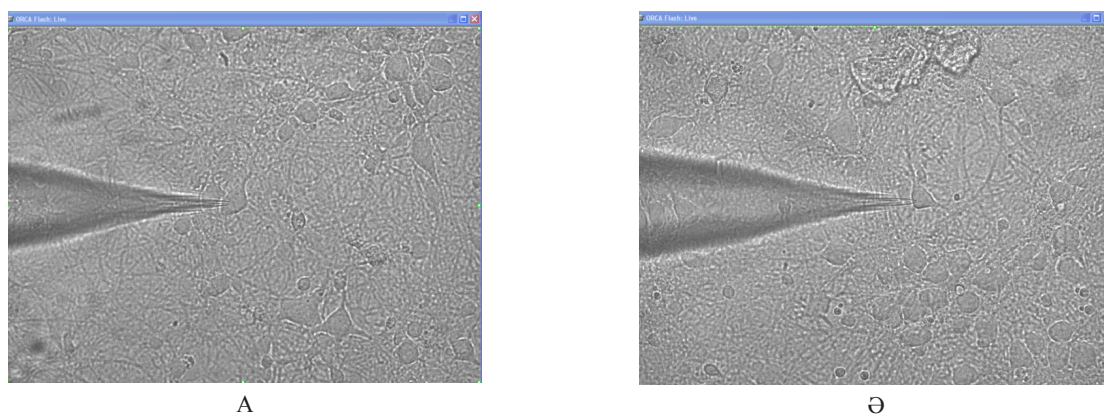
1-суретте эпилептиформдық белсенділік режимінде бақылау (10 мкМ бикукуллин) және 30 мкМ ВАРТА қосқаннан кейінгі нейрондардағы потенциалдардың өзгеру динамикасы көрсетілген. Екі жағдайда да ВАРТА қосу ӘП

жиынының жиілігінің жоғарылауына және аздап деполяризацияға әкеледі (сурет 1, А, Ә). ЭП амплитудасы тәжірибеде өзгеріссіз қалғанын

байқауымызға болады. 2-суретте жарық ағынындағы нейрондар мен өлшеу электродының фотосуреттері берілген.



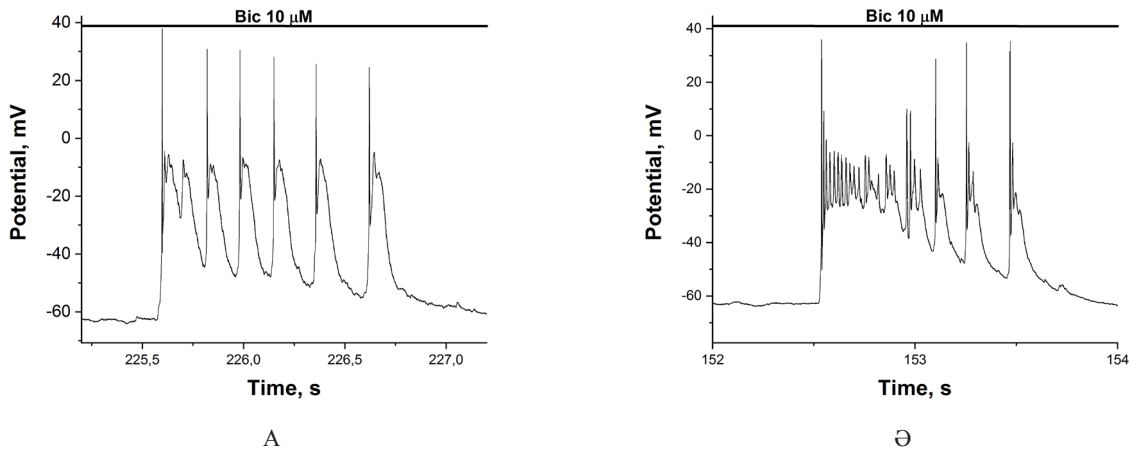
1 сурет – Эпилептиформды белсенділік режимінде глутаматергиялық (А) және ГАМКергиялық (Ә) нейрондардың мембраналық потенциалдарының өзгерісі



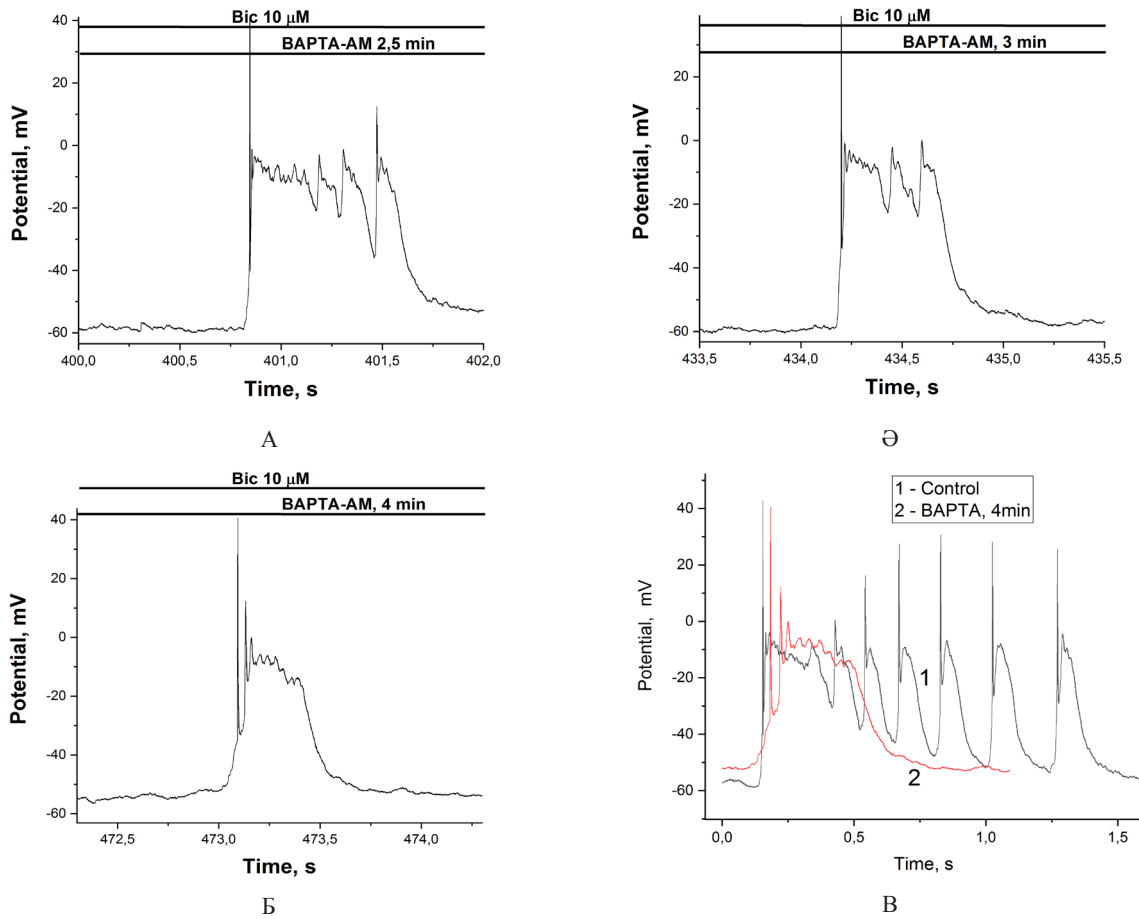
2 сурет – Электрод пен культурадағы глутаматергиялық (А) және ГАМКергиялық (Ә) нейрондардың микрофотосуреттері

3-суретте эпилептиформдық белсенділік (бақылау) жағдайында нейрондардың екі популяциясындағы жекелеген ЭП жиындары (ПДЫ кластерлері) берілген. Бақылау (эпилептиформдық белсенділік) жағдайында глутаматергиялық нейрондарда әр ПДЫ-тің алдыңғы шебінде бір ғана ЭП, ал ГАМКергиялық нейрондарда бірнеше ЭП туындайтынын көруімізге болады. Әдетте, кластерде импульстардың үш түрі ажыратылады (үш автотербелмелі жүйе): бірнеше жылдам импульстардан тұратын деполяризацияның баяу импульсі, ол ПДЫ және ЭП импульстары деп аталады. Қоздырғыш нейрондарда кластер мен ПДЫ амплитудалары ~ - 20 мВ

деңгейінен асады (сурет 3, А). Ал нейрондардың екінші тобы – тежегіш нейрондардағы ПДЫ-тің алдыңғы шебінде ПДЫ кластерлері бірнеше ЭП туындайды және ол қоздырғыш нейрондардан кластер амплитудасының төмен болуымен және ЭП жоғары жиілігімен ерекшеленеді (fast-spiking parvalbumin-expressing interneurons) (сурет 3, Ә). Мұндай нейрондарда Ca^{2+} нысаналарының бірі парвальбуминмен белсендірілген өткізгіштігі төмен SK-типті Ca^{2+} -тәуелді K^{+} -каналдары болып табылады [27]. Сондай-ақ бұл нейрондар AMPA-рецепторлар экспрессиясының жоғары болуымен және NMDA-рецепторлар санының аз болуымен ерекшеленеді [28].



3 сурет – Эпилептиформдық белсенділік жағдайында глутаматергиялық (А) және ГАМКергиялық (Ә) нейрондардағы жекелеген ПДЫ кластерлері



4 сурет – Глутаматергиялық нейрондарда жасушаішілік Ca^{2+} -буфері ВАРТА жасушадағы концентрациясы жоғарылаған сайын ПДЫ кластері пішінінің өзгеруі (А, Ә, Б, В). В – бақылау жағдайындағы (қара түс) және 4 мин бойы ВАРТА инкубацияланған (қызыл түс) кейінгі кластерлерді салыстыру.

Глутаматергиялық нейронның эпиплептиформды белсенділігіне жасушаішілік Ca^{2+} -буфері ВАРТА-ның әсерін анықтау бойынша жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері 4-суретте көрсетілген. Бұл экспериментте ВАРТА тәжірибенің 250 секундта қосылды (сурет 4, А). Бастапқы потенциал -60,5 мВ. ВАРТА-ның жинақталуы кезінде 10-12 мВ шамасында шағын деполяризация байқалады. Жиіліктің 0,1 Гц мәнінен 0,2 және 0,25 Гц көрсеткіштеріне дейін айқын өсуі байқалады. Бірінші ЭП амплитудасы өзгермейді, бұл жасуша мембранасының зақымданбағандығын көрсетеді. Егер баяу деполяризация ВАРТА-АМ-ның қандай да бір K^{+} -каналын тежеуінің нәтижесі болса, онда бұл әсер жуылып отыру керек, бұл екінші жасушада көрінеді (сурет 4, Ә және Б). Баяу жауап жасуша ішінде ВАРТА-ның жиналуына байланысты болуы мүмкін. Сонымен қатар, ПДЫ саны мен амплитудасының төмендеуін көруімізге болады (сурет 4, В). Кластердің амплитудасы сақталады (Ca^{2+} иондарына тәуелсіз). Кластердің ұзақтығы 2,45-1,37 секундтан 0,61-0,5 секундқа дейін айтарлықтай қысқарады (орта есеппен 3 есе). Алдыңғы шебінің жылдамдығы баяулайды.

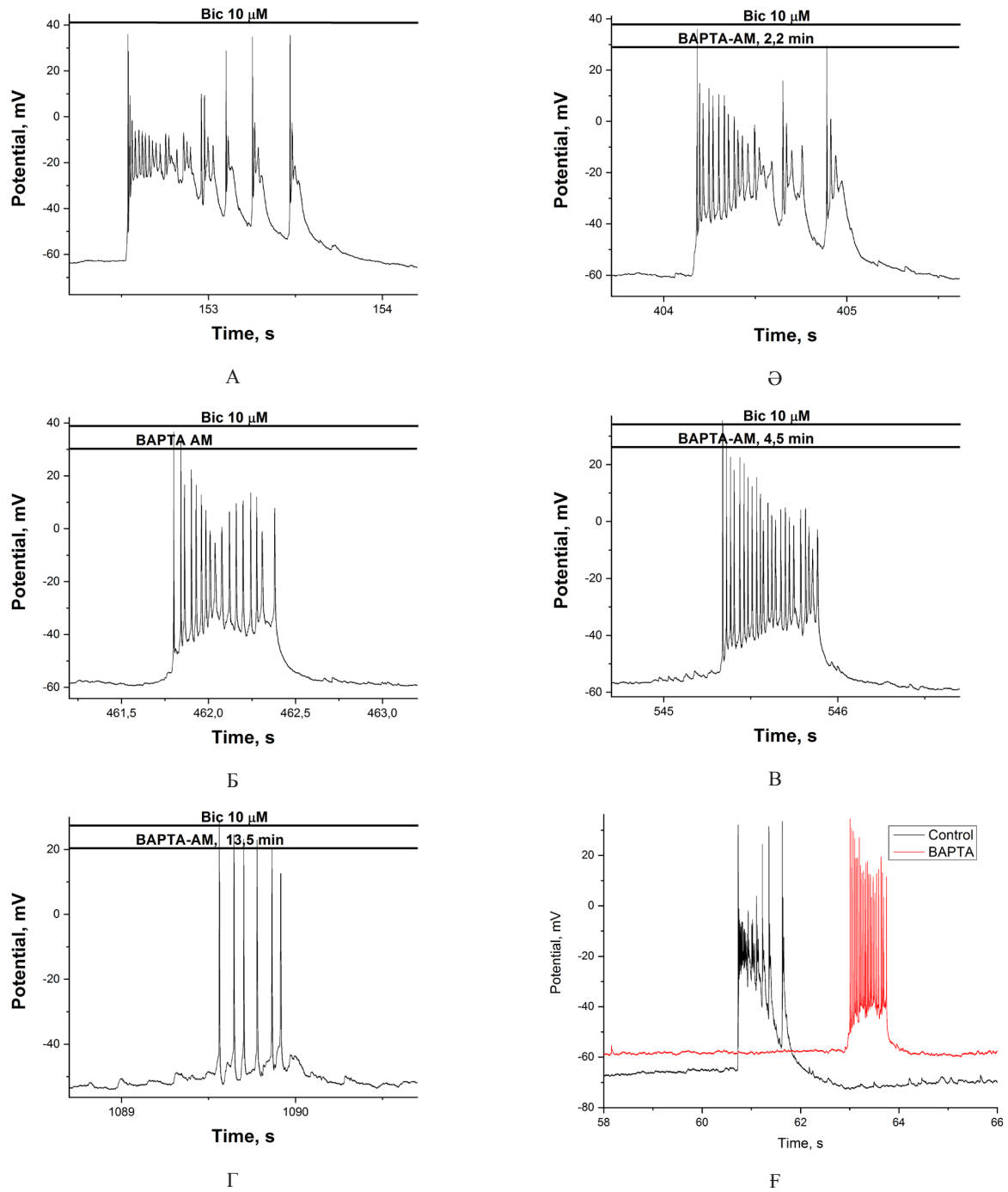
Жылдам ГАМКергиялық нейронның эпиплептиформды белсенділігіне жасушаішілік Ca^{2+} -буфері ВАРТА-ның әсерін анықтау бойынша жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері 5-суретте көрсетілген. ПДЫ алдыңғы шебінде бақылау жағдайында (эпиплептиформды белсенділік) 2-3 ЭП туындайтынын байқауымызға болады (сурет 5, А). Тәжірибелердің бұл сериясында ВАРТА 270 секундта қосылды (сурет 5, Ә). Бастапқы потенциал – 62,5 мВ. ВАРТА-ның жинақталуы кезінде, глутаматергиялық нейрондарға жүргізілген тәжірибедегідей, 10-12 мВ мәнінде шамалы деполяризация және жиіліктің 0,1 Гц-тен 0,2 және 0,25 Гц-ке дейін айқын жоғарылауы байқалды. Бірінші ЭП амплитудасы өзгермейді, бұл жасуша мембранасында зақымданудың жоқ екенін көрсетеді. Баяу деполяризация ВАРТА қандай да бір K^{+} -каналының тежелуінің нәтижесі болуы мүмкін, өйткені әсер потенциал бойынша да, жиілік бойынша да жуылып отырды. ВАРТА кластердің амплитудасын төмендеті отырып кластердің алдыңғы шебін баяулатады (сурет 5, Ә). Сонымен қатар жасуша ішінде ВАРТА концентрациясы жоғарылаған сайын мембраналық потен-

циалдың ПДЫ-сіз классикалық ЭП жиынына ауысуы байқалады (сурет 5, Б, В, Г).

Осылайша, ГАМКергиялық нейрондарда ВАРТА-ны қосу кластердің ұзақтығын төмендетпейтіндігі, дегенмен оның амплитудасын айтарлықтай тежейтіндігі анықталды. Алдыңғы шебінің жылдамдығы глутаматергиялық нейрондармен жүргізілген тәжірибедегі нәтижелерге ұқсас баяулайды. Негізінде, кластер түріндегі әрекет потенциалдарының жиындары баяу деполяризация амплитудасына классикалық кері тәуелділікпен қалыпты импульске айналады (сурет 5, F).

Глутаматергиялық нейрондарда эпиплептиформды белсенділік жағдайында ВАРТА кальций буферін қолдану кластерлердің амплитудасын сақтай отырып ұзақтығының төмендеуіне, ПДЫ пен ЭП толықтай тежелуіне және алдыңғы шебінің баяулауына, сонымен қатар ондағы ЭП санының артуына әкелді. Эпиплептиформды белсенділік жағдайында ВАРТА кальций буферін қосу глутаматергиялық нейрондарда кластерлердің жиілігінің жоғарылап, жасушаның шағын (10 мВ) деполяризациясын туындатады. Жылдам жасушаішілік Ca^{2+} буферлерінің негізгі әсері амплитудасын сақтай отырып, кластердің ұзақтығын азайту болып табылады, бұл олардың белгілі нейропротекторлық әсерін түсіндіреді. Ал ГАМКергиялық нейрондарда эпиплептиформды белсенділік жағдайында ВАРТА кальций буферін қолдану кластерлердің ұзақтығын сақтай отырып амплитудасының төмендеуіне, ЭП амплитудасын сақтай отырып ПДЫ толықтай тежелуіне, кластердің алдыңғы шебінің баяулауына және ондағы ЭП санының артуына әкеледі. Эпиплептиформды белсенділік жағдайында ВАРТА кальций буферін қосу SK-типті Ca^{2+} -тәуелді K^{+} -каналдарының тежелуі есебінен кластерден кейін гиперполяризацияны жояды, сонымен қатар, кластер жиілігін арттырады және шағын деполяризацияны тудырады.

Жасушаішілік Ca^{2+} буферінің негізгі әсері кластерлік белсенділікті кластер амплитудасын төмендету арқылы ЭП амплитудасының жоғарылауымен классикалық импульс режиміне ауыстыру болып табылады. Бұл ауысу кезінде ЭП жиынының ұзақтығы сақталады, бұл жасушаішілік Ca^{2+} буферлерінің нейропротекторлық әсерінің мүлдем басқа механизмі болып табылады.



5 сурет – ГАМКергиялық нейрондарда жасушаішілік Ca^{2+} -буфері ВАРТА кальций буферінің жасушадағы концентрациясы жоғарылаған сайын ПДЫ кластерінің пішінінің өзгеруі (А, Ә, Б, В, Г, F). F – бақылау жағдайындағы (қара түс) және ВАРТА қосқаннан кейін (қызыл түс) кластерлерді салыстыру.

Қорытынды

ВАРТА жасушаішілік кальций буферінің көмегімен баяу деполяризация амплитудасының (ПДЫ кластері), ПДЫ кластерінің ұзақтығы мен әртүрлі типті нейрондардың ӘП амплиту-

дасының цитоплазмадағы Ca^{2+} иондарының концентрациясына тәуелділігі анықталды. Жасуша ішілік Ca^{2+} буферінің (ВАРТА) жинақталуына байланысты эпилептикалық белсенділік кезінде Ca^{2+} импульстарының амплитудасының төмендеуі нейрондардың әр түріне әртүрлі әсер етеді.

ГАМКергиялық нейронда кластердің амплитудасы ӘП жинақталу ұзақтығын өзгертпестен төмендейді, ал глутаматергиялық нейронда кластердің ұзақтығы амплитудасын өзгертпестен төмендейді. Кластердің деполяризация импульсі бірінші жағдайда Ca^{2+} концентрациясына тәуелді емес, ал екінші жағдайда (Ca^{2+} -тәуелді деполяризациялық арнаның ашылуының арқасында) Ca^{2+} -тәуелді процесс әсерінен болады. Осылайша, жұмыста алғаш рет глутаматергиялық және ГАМКергиялық нейрондардағы жасушаішілік жылдам Ca^{2+} буферінің әсер етуінің әртүрлі механизмдері көрсетілді, бұл эпилептикалық ми қызметін реттеудің Ca^{2+} -тәуелді механизмдерін түсінуде маңызды қадам болып табылады.

Қаржыландыру көзі

Ғылыми зерттеу жұмысын Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды. АР19678607 “Гиперкозу кезінде нейрондардың ырғақтарын басқарудағы кальций-тәуелді механизмдері” атты ғылыми жоба (Мемлекеттік тіркеу номері 0123РК00430) шеңберінде орындалды.

Мүдделер қақтығысы

Барлық авторлар мақаланың мазмұнын оқып танысқан және мүдделер қақтығысы жоқ.

Әдебиеттер

1. Ngugi A.K., Bottomley C., Kleinschmidt I., Sander J.W., Newton C.R. Estimation of the burden of active and life-time epilepsy: A meta-analytic approach // *Epilepsia*. – 2010. – Vol. 51. – P. 883–890.
2. Shao L.-R., Habela C.W., Stafstrom C.E. Pediatric Epilepsy Mechanisms: Expanding the Paradigm of Excitation/Inhibition Imbalance // *Children*. – 2019. – No 6. – P. 23.
3. Stiglbauer V., Hotka M., Ruiß M., Hilber K., Boehm S., Kubista H. Cav1.3 channels play a crucial role in the formation of paroxysmal depolarization shifts in cultured hippocampal neurons // *Epilepsia*. – 2017. – Vol. 58. – P. 858–871.
4. Kubista H., Boehm S., Hotka M. The Paroxysmal Depolarization Shift: Reconsidering Its Role in Epilepsy, Epileptogenesis and Beyond // *Int. J. Mol. Sci.* – 2019. – Vol. 20. – P. 577.
5. Dreier J.P., Major S., Pannek H.-W., Woitzik J., Scheel M., Wiesenthal D., Martus P., Winkler M.K.L., Hartings J.A., Fabricius M., et al. Spreading convulsions, spreading depolarization and epileptogenesis in human cerebral cortex // *Brain*. – 2012. – Vol. 135. – P. 259–275.
6. Silva-Barrat C., Szente M., Menini C., Velluti J.C., Champagnat J. Muscarinic depression of synaptic transmission in the epileptogenic GABA withdrawal syndrome focus // *J. Neurophysiol.* – 2001. – Vol. 85. – P. 2159–2165.
7. Sun D.A., Sombati S., DeLorenzo R.J. Glutamate injury-induced epileptogenesis in hippocampal neurons: An in vitro model of stroke-induced “epilepsy” // *Stroke*. – 2001. – Vol. 32. – P. 2344–2350.
8. Yang Y.-C., Wang G.-H., Chuang A.-Y., Hsueh S.-W. Perampanel reduces paroxysmal depolarizing shift and inhibitory synaptic input in excitatory neurons to inhibit epileptic network oscillations // *Br. J. Pharmacol.* – 2020. – Vol. 177. – P. 5177–5194.
9. Bazhenov M., Timofeev I., Fröhlich F., Sejnowski T.J. Cellular and network mechanisms of electrographic seizures // *Drug Discov. Today Dis. Models*. – 2008. – No. 5. – P. 45–57.
10. Hablitz J.J. Picrotoxin-induced epileptiform activity in hippocampus: Role of endogenous versus synaptic factors // *J. Neurophysiol.* – 1984. – Vol. 51. – P. 1011–1027.
11. Straub H., Speckmann E.-J., Bingmann D., Walden J. Paroxysmal depolarization shifts induced by bicuculline in CA3 neurons of hippocampal slices: Suppression by the organic calcium antagonist verapamil // *Neurosci. Lett.* – 1990. – Vol. 111. – P. 99–101.
12. Gaidin S.G., Zinchenko V.P., Teplov I.Y., Tuleukhanov S.T., Kosenkov A.M. Epileptiform activity promotes decreasing of Ca^{2+} conductivity of NMDARs, AMPARs, KARs, and voltage-gated calcium channels in Mg^{2+} -free model // *Epilepsy Res.* – 2019. – Vol. 158. – Art. 106224.
13. Schiller Y. Inter-ictal- and ictal-like epileptic discharges in the dendritic tree of neocortical pyramidal neurons // *J. Neurophysiol.* – 2002. – Vol. 88. – P. 2954–2962.
14. Nikolaev M.V., Chizhov A.V., Tikhonov D.B. Molecular mechanisms of action determine inhibition of paroxysmal depolarizing shifts by NMDA receptor antagonists in rat cortical neurons // *Neuropharmacology*. – 2021. – Vol. 184. – Art. 108443.
15. Yaron-Jakobovitch A., Koch C., Segev I., Yarom Y. The unimodal distribution of sub-threshold, ongoing activity in cortical networks // *Front. Neural Circuits*. – 2013. – No. 7. – P. 116.
16. Matsumoto H., Marsan C.A. Cortical cellular phenomena in experimental epilepsy: Interictal manifestations // *Exp. Neurol.* – 1964. – Vol. 9. – P. 286–304.
17. Prince D.A. The depolarization shift in “epileptic” neurons // *Exp. Neurol.* – 1968. – Vol. 21. – P. 467–485.
18. Staley K., Hellier J.L., Dudek F.E. Do interictal spikes drive epileptogenesis? // *Neuroscientist*. – 2005. – Vol. 11. – P. 272–276.
19. Librizzi L., de Curtis M. Epileptiform ictal discharges are prevented by periodic interictal spiking in the olfactory cortex // *Ann. Neurol.* – 2003. – Vol. 53. – P. 382–389.

20. Rogawski M.A. Point-counterpoint: Do interictal spikes trigger seizures or protect against them? // *Epilepsy Curr.* – 2006. – No. 6. – P. 197–198.
21. Staley K.J., White A., Dudek F.E. Interictal spikes: Harbingers or causes of epilepsy? // *Neurosci. Lett.* – 2011. – Vol. 497. – P. 247–250.
22. Kam K., Duffy Á.M., Moretto J., LaFrancois J.J., Scharfman H.E. Interictal spikes during sleep are an early defect in the Tg2576 mouse model of β -amyloid neuropathology // *Sci. Rep.* – 2016. – No. 6. – P. 20119.
23. Lam A.D., Deck G., Goldman A., Eskandar E.N., Noebels J., Cole A.J. Silent hippocampal seizures and spikes identified by foramen ovale electrodes in Alzheimer's disease // *Nat. Med.* – 2017. – Vol. 23. – P. 678–680.
24. Pignatelli M., Lebreton F., Cho Y.H., Leinekugel X. "Ectopic" theta oscillations and interictal activity during slow-wave state in the R6/1 mouse model of Huntington's disease // *Neurobiol. Dis.* – 2012. – Vol. 48. – P. 409–417.
25. Maiorov S.A., Kairat B.K., Berezhnov A.V., Zinchenko V.P., Gaidin S.G., Kosenkov A.M. Peculiarities of ion homeostasis in neurons containing calcium-permeable AMPA receptors // *Archives of biochemistry and biophysics.* – 2024. – Vol. 754. – P. 109951.
26. Zinchenko V.P., Teplov I.Y., Kosenkov A.M., Gaidin S.G., Kairat B.K., Tuleukhanov S.T. Participation of calcium-permeable AMPA receptors in the regulation of epileptiform activity of hippocampal neurons // *Frontiers in synaptic neuroscience.* – 2024. – Vol. 16. – P. 1349984.
27. Orduz D., Bishop D.P., Schwaller B., Schiffmann S.N., Gall D. Parvalbumin tunes spike-timing and efferent short-term plasticity in striatal fast spiking interneurons // *J Physiol.* – 2013. – Vol. 591, No. 13. – P. 3215–3232.
28. Koh D.S., Geiger J.R., Jonas P., Sakmann B. Ca^{2+} -permeable AMPA and NMDA receptor channels in basket cells of rat hippocampal dentate gyrus // *J Physiol.* – 1995. – Vol. 485, Pt. 2. – P. 383–402.
29. Geiger J.R., Melcher T., Koh D.S., Sakmann B., Seeburg P.H., Jonas P., Monyer H. Relative abundance of subunit mRNAs determines gating and Ca^{2+} permeability of AMPA receptors in principal neurons and interneurons in rat CNS // *Neuron.* – 1995. – Vol. 15, No. 1. – P. 193–204.

References

1. Bazhenov M., Timofeev I., Fröhlich F., Sejnowski T.J. (2008) Cellular and network mechanisms of electrographic seizures. *Drug Discov. Today Dis. Models*, vol. 5, pp. 45–57.
2. Dreier J.P., Major S., Pannek H.-W., Woitzik J., Scheel M., Wiesenthal D., Martus P., Winkler M.K.L., Hartings J.A., Fabricius M., et al. (2012) Spreading convulsions, spreading depolarization and epileptogenesis in human cerebral cortex. *Brain*, vol. 135, pp. 259–275.
3. Gaidin S.G., Zinchenko V.P., Teplov I.Y., Tuleukhanov S.T., Kosenkov A.M. (2019) Epileptiform activity promotes decreasing of Ca^{2+} conductivity of NMDARs, AMPARs, KARs, and voltage-gated calcium channels in Mg^{2+} -free model. *Epilepsy Res.*, vol. 158, pp. 106224.
4. Geiger J.R., Melcher T., Koh D.S., Sakmann B., Seeburg P.H., Jonas P., Monyer H. (1995) Relative abundance of subunit mRNAs determines gating and Ca^{2+} permeability of AMPA receptors in principal neurons and interneurons in rat CNS. *Neuron*, vol. 15, no. 1, pp. 193–204.
5. Hablitz J.J. (1984) Picrotoxin-induced epileptiform activity in hippocampus: Role of endogenous versus synaptic factors. *J. Neurophysiol.*, vol. 51, pp. 1011–1027.
6. Kam K., Duffy Á.M., Moretto J., LaFrancois J.J., Scharfman H.E. (2016) Interictal spikes during sleep are an early defect in the Tg2576 mouse model of β -amyloid neuropathology. *Sci. Rep.*, vol. 6, pp. 20119.
7. Koh D.S., Geiger J.R., Jonas P., Sakmann B. (1995) Ca^{2+} -permeable AMPA and NMDA receptor channels in basket cells of rat hippocampal dentate gyrus. *J. Physiol.*, vol. 485, pt. 2, pp. 383–402.
8. Kubista H., Boehm S., Hotka M. (2019) The Paroxysmal Depolarization Shift: Reconsidering Its Role in Epilepsy, Epileptogenesis and Beyond. *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 20, pp. 577.
9. Librizzi L., de Curtis M. (2003) Epileptiform ictal discharges are prevented by periodic interictal spiking in the olfactory cortex. *Ann. Neurol.*, vol. 53, pp. 382–389.
10. Lam A.D., Deck G., Goldman A., Eskandar E.N., Noebels J., Cole A.J. (2017) Silent hippocampal seizures and spikes identified by foramen ovale electrodes in Alzheimer's disease. *Nat. Med.*, vol. 23, pp. 678–680.
11. Matsumoto H., Marsan C.A. (1964) Cortical cellular phenomena in experimental epilepsy: Interictal manifestations. *Exp. Neurol.*, vol. 9, pp. 286–304.
12. Maiorov S.A., Kairat B.K., Berezhnov A.V., Zinchenko V.P., Gaidin S.G., Kosenkov A.M. (2024) Peculiarities of ion homeostasis in neurons containing calcium-permeable AMPA receptors. *Archives of biochemistry and biophysics*, vol. 754, pp. 109951.
13. Ngugi A.K., Bottomley C., Kleinschmidt I., Sander J.W., Newton C.R. (2010) Estimation of the burden of active and lifetime epilepsy: A meta-analytic approach. *Epilepsia*, vol. 51, pp. 883–890.
14. Nikolaev M.V., Chizhov A.V., Tikhonov D.B. (2021) Molecular mechanisms of action determine inhibition of paroxysmal depolarizing shifts by NMDA receptor antagonists in rat cortical neurons. *Neuropharmacology*, vol. 184, pp. 108443.
15. Orduz D., Bishop D.P., Schwaller B., Schiffmann S.N., Gall D. (2013) Parvalbumin tunes spike-timing and efferent short-term plasticity in striatal fast spiking interneurons. *J. Physiol.*, vol. 591, no. 13, pp. 3215–3232.
16. Pignatelli M., Lebreton F., Cho Y.H., Leinekugel X. (2012) "Ectopic" theta oscillations and interictal activity during slow-wave state in the R6/1 mouse model of Huntington's disease. *Neurobiol. Dis.*, vol. 48, pp. 409–417.

17. Prince D.A. (1968) The depolarization shift in “epileptic” neurons. *Exp. Neurol.*, vol. 21, pp. 467–485.
18. Rogawski M.A. (2006) Point-counterpoint: Do interictal spikes trigger seizures or protect against them? *Epilepsy Curr.*, vol. 6, pp. 197–198.
19. Shao L.-R., Habela C.W., Stafstrom C.E. (2019) Pediatric Epilepsy Mechanisms: Expanding the Paradigm of Excitation/Inhibition Imbalance. *Children*, vol. 6, pp. 23.
20. Staley K.J., White A., Dudek F.E. (2011) Interictal spikes: Harbingers or causes of epilepsy? *Neurosci. Lett.*, vol. 497, pp. 247–250.
21. Stiglbauer V., Hotka M., Rieß M., Hilber K., Boehm S., Kubista H. (2017) Cav1.3 channels play a crucial role in the formation of paroxysmal depolarization shifts in cultured hippocampal neurons. *Epilepsia*, vol. 58, pp. 858–871.
22. Silva-Barrat C., Szente M., Menini C., Velluti J.C., Champagnat J. (2001) Muscarinic depression of synaptic transmission in the epileptogenic GABA withdrawal syndrome focus. *J. Neurophysiol.*, vol. 85, pp. 2159–2165.
23. Sun D.A., Sombati S., DeLorenzo R.J. (2001) Glutamate injury-induced epileptogenesis in hippocampal neurons: An in vitro model of stroke-induced “epilepsy”. *Stroke*, vol. 32, pp. 2344–2350.
24. Straub H., Speckmann E.-J., Bingmann D., Walden J. (1990) Paroxysmal depolarization shifts induced by bicuculline in CA3 neurons of hippocampal slices: Suppression by the organic calcium antagonist verapamil. *Neurosci. Lett.*, vol. 111, pp. 99–101.
25. Schiller Y. (2002) Inter-ictal- and ictal-like epileptic discharges in the dendritic tree of neocortical pyramidal neurons. *J. Neurophysiol.*, vol. 88, pp. 2954–2962.
26. Staley K., Hellier J.L., Dudek F.E. (2005) Do interictal spikes drive epileptogenesis? *Neuroscientist*, vol. 11, pp. 272–276.
27. Yang Y.-C., Wang G.-H., Chuang A.-Y., Hsueh S.-W. (2020) Perampamil reduces paroxysmal depolarizing shift and inhibitory synaptic input in excitatory neurons to inhibit epileptic network oscillations. *Br. J. Pharmacol.*, vol. 177, pp. 5177–5194.
28. Yaron-Jakoubovitch A., Koch C., Segev I., Yarom Y. (2013) The unimodal distribution of sub-threshold, ongoing activity in cortical networks. *Front. Neural Circuits*, vol. 7, pp. 116.
29. Zinchenko V.P., Teplov I.Y., Kosenkov A.M., Gaidin S.G., Kairat B.K., Tuleukhanov S.T. (2024) Participation of calcium-permeable AMPA receptors in the regulation of epileptiform activity of hippocampal neurons. *Frontiers in synaptic neuroscience*, vol. 16, pp. 1349984.

Авторлар туралы мәлімет:

Тұлеуханов С. – биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті биофизика, биомедицина және нейробиология кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: Sultan.Tuleuhanov@kaznu.kz)

Зинченко В.П. – биология ғылымдарының докторы, профессор, РҒА ПБЗҒО ФЗО “Ресей Ғылым академиясының Жасуша биофизикасы институты” ФМБФМ Жасуша ішілік сигнализация зертханасының меңгерушісі (Пушино қ., Ресей Федерациясы, e-mail: vpz@mail.ru)

Қайрат Б.К. – Ph.D. докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті биофизика, биомедицина және нейробиология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: Bakytzhan.Kairat@kaznu.kz)

Малибаева А.Е. – Ph.D. докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: Arailym.Malibayeva@kaznu.kz)

Тусупбекова Г.А. – медицина ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті биофизика, биомедицина және нейробиология кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: Gulmira.Tussupbekova@kaznu.kz)

Кенжеева Ж.К. – Ph.D., әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті биофизика, биомедицина және нейробиология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: Zhanar.Kenzheeva@kaznu.edu.kz)

Information about the authors:

Tuleukhanov S. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor at the Department of Biophysics, Biomedicine, and Neuroscience of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: Sultan.Tuleuhanov@kaznu.kz).

Zinchenko V.P. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Intracellular Signaling, Institute of Cell Biophysics, Russian Academy of Sciences (Pushchino, Russian Federation, e-mail: vpz@mail.ru).

Kairat B.K. – Ph.D. Candidate, Senior Lecturer at the Department of Biophysics, Biomedicine, and Neuroscience of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: Bakytzhan.Kairat@kaznu.kz).

Malibayeva A.E. – Ph.D. Candidate, Doctoral Student at Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: Arailym.Malibayeva@kaznu.kz).

Tussupbekova G.A. – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Biophysics, Biomedicine, and Neuroscience of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: Gulmira.Tussupbekova@kaznu.kz).








Kenzheeva Zh.K. – Ph.D., Senior Lecturer at the Department of Biophysics, Biomedicine, and Neuroscience of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: Zhanar.Kenzheeva@kaznu.edu.kz).

Келін түсті 15 тамыз 2024 жыл
Қабылданды 20 қараша 2024 жыл

7-бөлім
**ӨСІМДІКТЕР ФИЗИОЛОГИЯСЫ
МЕН БИОХИМИЯСЫ**

Section 7
**PLANT PHYSIOLOGY
AND BIOCHEMISTRY**

Раздел 7
**ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ
РАСТЕНИЙ**

Е.А. Киришбаев¹ *, Г. Төлеева² , Ә.Е. Ережепов¹ ,
Ә.Е. Оразбаев¹ , С.Қ. Турашева¹ , Д.М. Мұқашева³ ,
Э.У. Сагиндыкова⁴ 

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

²Қазақстан-Ресей медициналық университеті, Алматы қ., Қазақстан

³І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған қ., Қазақстан

⁴Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау қ., Қазақстан

*e-mail: er_biol@mail.ru

«ҮЛБИ» МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ КЕШЕНІ АУМАҒЫНДАҒЫ КҮНБАҒЫС ЖӘНЕ ГАЗОНДЫ ШӨП ӨСІМДІКТЕРІНІҢ АУЫР МЕТАЛДАРДЫ ЖИНАҚТАУЫ

Соңғы жылдары антропогендік әсердің артуына байланысты қоршаған ортаға ауыр металдардың ықпалы күшейіп отыр. Осы орайда, фитомедиаторлар ретінде жергілікті флораның өсімдіктерін анықтау жөніндегі зерттеулер қарқын алуда. Мақалада Өскемен қаласындағы Үлбі металлургиялық кешені аумағында күнбағыс (*Helianthus annuus* L.) және көгалды шөптердегі ауыр металдардың, атап айтқанда, мырыш, кадмий, қорғасын және мыс иондарын адсорбциялау және жинақтау мәселесі талданады. Зерттеу барысында ауыр металдарды жинақтай алатын өсімдіктерді анықтау мақсатында әдебиет деректері талданып, фиторемедиациялау қабілеті бар өсімдіктер ретінде күнбағыс және жабайы астық тұқымдастар (*Agropyron repens*, *Bromus inermis*, *Agrostis alba*, *Dactylis glomerata*) таңдалды. Күнбағыстың үлкен вегетативтік массасы оның ауыр металдарды сіңіру және жинақтау қабілетінің жоғары болуымен байланысты, ал көгал шөптері олардың кең таралуы мен жинақтау қасиеттерімен ерекшеленеді. Зерттеу нәтижелері топырақтағы ауыр металдармен ластану дәрежесі мен олардың өсімдіктерге түсу қарқындылығы арасындағы байланысты көрсетті. Фиторемедианттардың адсорбциялық қабілеті арқылы топырақтағы мырыш мөлшерін 22,5%-ға, кадмийді 31%-ға, қорғасынды 40,7%-ға, мысты 29,4%-ға төмендетуге болатындығы анықталды. Күнбағыс өсімдіктерінің ауыр металдарды сіңіру деңгейі газондық өсімдіктермен салыстырғанда жоғары екендігі байқалды. Осы тәжірибелердің нәтижелері ауыр металдармен ластанған топырақтарды фиторемедиациялау технологиясын жасау үшін перспективалы болып табылады.

Түйін сөздер: ауыр металдар, мыс, кадмий, қорғасын, мырыш, күнбағыс, газондық өсімдіктер.

Ye.A. Kirshibayev^{1*}, G. Tuleyeva², A.Ye. Erezhepov¹, A.Ye. Orazbayev¹,
S.K. Turasheva¹, D.M. Mukasheva³, E.U. Sagindykova⁴

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

²Kazakh-Russian Medical University, Almaty, Kazakhstan

³Zhetysu University named after I. Zhansugirov, Tal'dykorgan, Kazakhstan

⁴Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov, Aktau, Kazakhstan

*e-mail: er_biol@mail.ru

Accumulation of heavy metals by sunflower and lawn grass plants in the area of metallurgical complex "Ulbi"

In recent years, due to the increasing anthropogenic load on the environment, research has intensified to identify local plants-phytoremediators of heavy metals. In the article have been considered the phytoremediation capacity of lawn grasses and sunflowers to adsorb heavy metals such as zinc, cadmium, lead, and copper from the soil on the territory of the Ulbi metallurgical complex in the city of Ust-Kamenogorsk. Currently, the search for plants that accumulate heavy metals is actively underway. Based on a review of literature data, among species with the ability to phytoremediation, sunflower plants (*Heliantus annuus* L.) and a grass mixture of different species belong to *Poaceae* family (*Agropyron repens* (L.) P. Beauv. (wheatgrass), *Bromus inermis* Leyss. (brome), *Agrostis alba* L. (bentgrass) and *Dactylis glomerata* L. (urchin) were used as research objects. The choice of objects of

study is also justified by the fact that sunflower has a large vegetative mass and, accordingly, its absorption and accumulation capacity for heavy metals is higher, and lawn grasses grow everywhere and their accumulation capacity, as the results of experiments have shown, is also large. The correlation between the degree of soil contamination with heavy metals and the intensity of their entry into plants was shown. Thus, the content of zinc in the soil can be reduced by 22.5%, cadmium by 31%, lead by 40.7%, copper by 29.4% due to adsorb capacity of phytoremediators. It has been established that the intensity of absorption of heavy metals is higher in corn plants compared with plants from the grass mixture. The experimental results may be useful for the development of technology for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals.

Key words: heavy metals, copper, cadmium, lead, zinc, sunflower, lawn plants.

Е.А. Киршибаев^{1,*}, Г. Тулеева², А.Е. Ережепов¹, А.Е. Оразбаев¹,
С.К. Турашева¹, Д.М. Мукашева³, Э.У. Сагиндыкова⁴

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

²Казахстанско-Российский медицинский университет, г. Алматы, Казахстан

³Жетысуский университет имени И. Жансугурова, г. Талдыкурган, Казахстан

⁴Каспийский Университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова, г. Актау Казахстан

*e-mail: er_biol@mail.ru

Аккумуляция тяжелых металлов растениями газонных трав и подсолнечника на территории металлургического комплекса «Ульби»

В последние годы, в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду, активизировались исследования по выявлению растений местной флоры – фиторемедиантов тяжелых металлов. В статье рассматривается фиторемедиационная способность газонных трав и подсолнечника по абсорбции таких тяжелых металлов как цинк, кадмий, свинец, медь из почвы на территории металлургического комплекса «Ульби» в городе Усть-Каменогорск. В настоящее время активно ведется поиск растений – аккумуляторов тяжелых металлов. На основании обзора литературных данных, среди видов со способностью к фиторемедиации, в качестве объектов исследования были использованы растения подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) и травосмесь из разных видов- семейства злаковых (*Agropyron repens* (L.) P. Beauv. (пырей), *Bromus inermis* Leys. (костер), *Agrostis alba* L. (полевица) и *Dactylis glomerata* L. (ежа сборная). Выбор объектов исследования обоснован также и тем, что подсолнух имеет большую вегетативную массу и соответственно абсорбирующая и аккумулирующая способность тяжелыми металлами у него выше, а газонные травы произрастают повсеместно и их аккумулирующая способность, как показали результаты экспериментов также большая. Показана зависимость между уровнем загрязнения почвы тяжелыми металлами и интенсивностью их поступления в растения. Так, содержание в почве цинка можно уменьшить на 22,5%, кадмия на 31%, свинца на 40,7%, меди на 29,4% за счет адсорбирующей способности фиторемедиантов. Установлено, что степень поглощения тяжелых металлов выше у подсолнечника по сравнению с растениями, входящими в состав травосмеси. Результаты экспериментов могут представлять интерес для разработки технологии фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

Ключевые слова: тяжелые металлы, медь, кадмий, свинец, цинк, подсолнечник, газонные растения.

Кіріспе

Климаттың ғаламдық өзгерісі қазіргі уақытта жер шарындағы ең маңызды экологиялық мәселе болып табылады. Мұндай өзгерістер орташа температураның жоғарылауы, жауын-шашын мөлшерінің азаюы және қоршаған ортаның түрлі химиялық заттармен, атап айтқанда, ауыр металдар мен тұздармен ластануын қамтиды. Заманауи ғалымдардың мақсаты құрғақшылыққа және химиялық ластанған аймақтарда жоғары өнім беретін өсімдік түрлерін зерттеу, сондай-ақ олардың жаңа формаларын жасау болып табы-

лады. Сонымен қатар, ауыр металдармен ластанған аймақтардың топырақ және су жүйелерін қалпына келтіру кезек күттірмейтін өзекті мәселелердің қатарында.

Қоршаған ортаны бақылау мамандарының мәліметтері бойынша биосфераға жыл сайын 20-30 миллиард тонна қатты қалдықтар шығарылады. Оның 50-60%-ы органикалық қосылыстардың үлесіне тиесілі, ал қышқылды газдар немесе аэрозоль түріндегі қалдықтардың үлесі 1 миллиард тоннаны құрайды [1, 2].

Қоршаған ортаға таралған барлық зиянды қалдықтар түптеп келгенде топырақты ластай-

тын заттар болып табылады. Мұндай зиянды заттарға тұрмыстық қалдықтардан бастап, ірі өндіріс орындарынан шығарылатын барлық қалдық түрлері жатады. Өндіріс орындарынан бөлінетін газды немесе аэрозоль түріндегі қалдықтар атмосферада су буымен қосылып, оттегімен тотыға отырып, қышқыл жауын түрінде топыраққа түседі. Осындай газдардың ішінде ең үлкен үлесті күкірт және азот оксидтері алады [3].

Шаң немесе қатты қалдықтар түрінде шығатын заттарды кейде көзбен байқау қиын емес. Мысалы, қыстың күндері өндіріс орындарының маңында ақ қардың бетіндегі кара түйіршіктермен ластану жиі байқалады, сондай-ақ, үлкен жолдардың бойында да осындай көріністер кездеседі. Жазда өсімдік жамылғысының жапырақтарына шаң немесе қатты аэрозоль түріндегі лас заттар устыца арқылы сіңіріледі. Ал күзде өсімдіктердің қурауымен барлық лас заттар топыраққа араласады. Осындай жолдармен ластанған жердің литосфера қабаты қазіргі уақытта ғалымдардың алаңдаушылығын тудырып отыр. Себебі, түрлі жолдармен түскен улы заттардың қоректік тізбек арқылы адам денсаулығына кері әсер ететіні белгілі [1-3].

Қазіргі таңда техногенді ластанған аудандарда әртүрлі аурулардың пайда болуы мен өршуі жиі байқалуда. Ғылыми деректерге сәйкес, адам ағзасы трофикалық байланыстар арқылы тағам өнімдерінен 40-50%, судан 20-40%, ауадан 20-40% улы заттарды қабылдайды [4].

Техногенді ластанған аудандарда асқазан ауруы бірінші орында, тыныс алу жүйесі аурулары екінші, ал қан айналым жүйесі аурулары үшінші орында тұр [5, 6, 11].

Қоршаған ортаны ең көп ластайтын заттар арасында пестицидтер, ауыр металдар және радиоактивті заттар белгілі. Ауыр металдар, әсіресе, жер бетінде кеңінен таралған және тірі ағзаларда жинақталуға өте қабілетті. Жалпы, ауыр металдар – салыстырмалы атомдық массасы 40-тан, тығыздығы 5 г/см³-ден жоғары химиялық элементтер. Ауыр металдардың қатарына, улы элементтермен қатар, Менделеев кестесінің шамамен 2/3 бөлігін құрайды. Олардың арасында кадмий, қорғасын және сынап ең улы ауыр металдар болып саналады [7, 8-11].

Қазіргі уақытта ғалымдар ауыр металдармен ластанған аймақтарды қалпына келтірудің түрлі шараларын әзірлеуде. Ластанған қоршаған ортаны қайта қалпына келтірудің физикалық, химиялық және биологиялық әдістері белгілі. Олардың ішінде топырақты биологиялық жол-

мен тазарту – ең тиімді тәсілдердің бірі болып табылады. Бұл үшін ауыр металдарға төзімді, сондай-ақ оларды жер үсті мүшелерінде көп шоғырландыратын өсімдіктерді анықтап, ластанған аймақтарда өсіру, сіңірілген ауыр металдарды арнайы полигондарға көму немесе қайта өңдеу шараларын жүзеге асыру қажет. Ауыр металдарға төзімді және оларды жерүсті мүшелерінде жинақтай алатын гипераккумулятор-өсімдіктердің көмегімен жүргізілетін жұмыстар «фиторемедиация технологиясы» кезеңдерінің бірі болып табылады [8-10, 11-18].

Ауыр металдарға төзімді немесе гипераккумулятор өсімдіктер ластанған қоршаған ортаны қалпына келтіру технологиясының – фиторемедиацияның негізгі құрамдас бөліктерін құрайды. Белгілі гипераккумулятор-өсімдіктер жер үсті мүшелерінде 1%-ға дейін (құрғақ затқа шаққанда) мырыш, никель, селен, мыс, кобальт, марганец, мышьяк, және 0,1%-ға дейін кадмий элементтерін жинақтай алады. Мұндай өсімдіктердің көмегімен 1 гектар жерден (топырақ) 125 кг мырыш және 10 кг кадмий элементтерін жинауға болатындығы дәлелденген [11, 12, 20-25].

Фиторемедиация технологиясы фитоэкстракция (өсімдіктер көмегімен топырақты ауыр металдардан тазарту), фитоволитализация (өсімдіктер көмегімен химиялық элементтерді ұшыру), ризофилтрация (өсімдіктер тамыры арқылы қалдық суларды ауыр металдардан тазарту), және фитостабилизация (өсімдіктер арқылы топырақтағы ауыр металдардың улы формаларын әлсірету) сияқты әдістерге бөлінеді. Фиторемедиацияның тиімділігі ауыр металдарды сіңіретін өсімдік биомассасына тәуелді екендігі немесе тәуелді болмайтындығы туралы ғалымдар арасында пікірталастар әлі күнге дейін жалғасып келеді [11].

Мысалы, өнімділігі жоғары (20 т/га) *Zea mays* және *Brassica juncea* өсімдіктері 100 мг/кг мырыш (Zn) ластанған және төмен рН-та топырақта өсірілген жағдайда, құрғақ биомассасының 50%-ы (10 т.) азаяды. Бұл өсімдіктердің жалпы құрғақ биомассасында 500 мг Zn элементі жинақталған. Ал *T. caerulescens* өсімдігі, жоғарыда аталған өсімдіктермен салыстырғанда, өнімділігі айтарлықтай төмен болғанына қарамастан, Zn-пен ластанған топырақтан 25 000 мг/кг Zn элементін жинақтай алады. Бұл аз биомассада (5 т/га) Zn элементінің 25 г/кг жинақталғанын көрсетеді. Сондықтан R. L. Chaney (1997) және басқа ғалымдар гипераккумулятор-өсімдіктердің құрғақ биомассасының көлемі емес, аз биомасса болса

да, ауыр металдарды жоғары шоғырландыратын төзімді өсімдік түрлері фиторемедиацияның негізі бола алатынын қорытындылады [11-25].

Сидерофорлар (грек тілінен аударғанда «*sideros*» – темір, «*phoros*» – тасымалдаушы) қоршаған ортада темір иондары жетіспеген жағдайда микроорганизмдер мен өсімдіктер шығаратын төмен молекулалы заттар болып табылады. Сидерофорлардың негізгі қызметі – ақуыздармен немесе суда ерімейтін қосылыстармен байланысқан темірді микроорганизмдер үшін қолжетімді Fe^{3+} иондық түріне айналдыру. Көптеген аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдер кем дегенде бір сидерофорды синтездейді. Сидерофорлар мен микроорганизмдердің вируленттілігі арасындағы байланыс дәлелденіп, оларды клиникалық қолдану әдістері жасалуда [26].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Техногенді ластанған ауданда жүргізілген тәжірибе күнбағыс және газон өсімдіктерінің көмегімен жүргізілді. Газон өсімдіктері, негізінен, жабайы астық тұқымдас өкілдері болып табылады. Олардың қатарында *A. repens* (бидайық), *B. inermis* (костер), *Ag. alba* (ақ суоты), *D. glomerata* (тарғақшөп). Ауыр металдармен ластанған топырақ аударылып жер телімдері тақталарға бөлінді. Бақылау варианты ешқандай өсімдіксіз топырақ аймағы қалдырылды. Келесі тақталарға күнбағыс және газон өсімдіктері егілді. Тәжірибе жаздың үш айында бақыланды. Әр айдың белгіленген уақытында өсімдіктер өсіп тұрған тақталардан талдауға топырақ алынды және атомдық-абсорбциялық спектрофотометриялық әдіс бойынша ауыр металдардың саңдық талдау жасалды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Жаздың әр айында жүргізілген зерттеулердің қорытындысы бойынша, күнбағыс және газон өсімдіктері отырғызылған тақталарда ауыр металдар мөлшері жаздың ортаңғы айында біршама азайды. Алайда, жаздың соңғы айында топырақтағы ауыр металдар мөлшері қайтадан артты. Бұл құбылыстың себебі, өсімдіктердің алғашқы айларда ауыр металдарды тиімді сіңіруі қарқынды өсу кезеңімен сәйкес келеді. Осы кезеңде өсімдіктің жаңа мүшелері түзілумен қатар, физиологиялық және биохимиялық процестердің қарқындылығы да артады. Жаңа сабақтар мен

жапырақтардың түзілуі тамырға сіңірілген барлық заттардың жоғары қозғалуына әсер етеді.

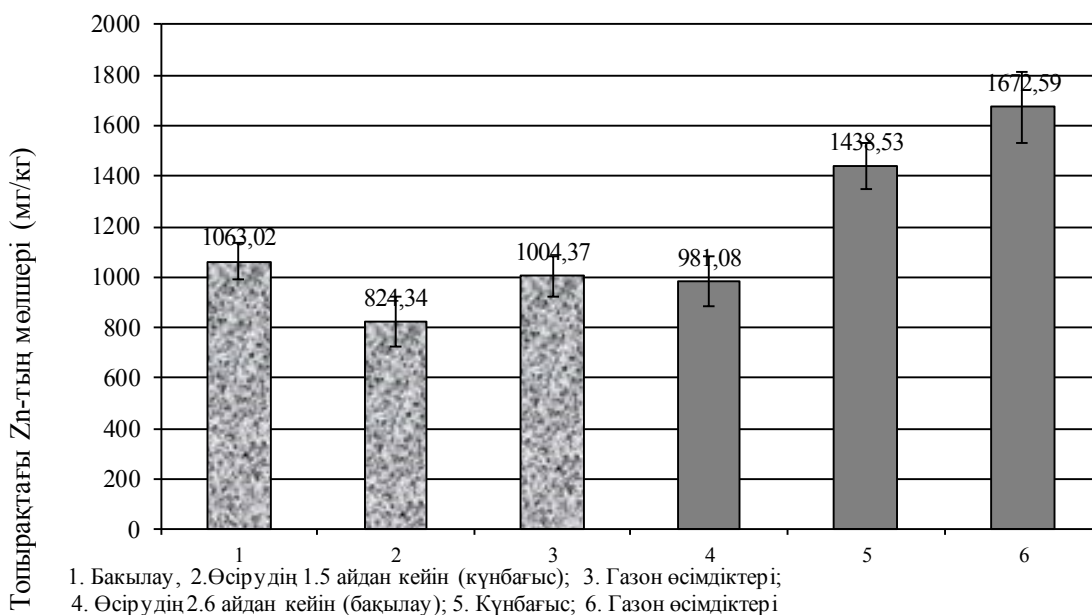
Жаздың соңына қарай өсімдіктердің қарқынды өсу кезеңі аяқталып, жапырақтары солып, сабақтары қурай бастайды. Осы кезеңде барлық процестер баяулап, өсімдікте ыдырау өнімдері кері тамырға тасымалдана бастайды. Нәтижесінде, топырақта ауыр металдардың мөлшері азаймай, қайтадан арта түседі. Бұл, бір жағынан, топыраққа сырттан ауыр металдардың түсуіне, екінші жағынан, жаз бойы сіңірілген ауыр металдардың өсімдік бойынан топыраққа қайта ауысуына байланысты.

Зерттеу нәтижелері келесі суреттерде көрсетілген. Мысалы, 1-суретте мырыштың мөлшері өсірудің 1,5 айында топырақта 1063,02 мг/кг болды. Осы уақытта күнбағыс өскен тақтада мырыштың мөлшері 824,34 мг/кг-ға, ал газондық өсімдіктер өскен тақтада 1004,37 мг/кг-ға азайған. Келесі 1,1 айдан кейін бақылау вариантымен салыстырғанда, мырыштың мөлшері керісінше артып кеткен. Бұл кезде бақылау вариантында мырыштың мөлшері 981,08 мг/кг болса, күнбағыс өскен тақтада 1438,53 мг/кг-ға, газон тақтасында 1672,59 мг/кг-ға дейін артқан. Яғни, 1-кесте мәліметтеріне сүйенсек, 45 күн өсіру барысында топырақтағы мырыштың мөлшері 77,5%-ға дейін төмендесе, 40 күннен кейін керісінше 46,7%-ға артып кеткен.

Сондай-ақ, газондық өсімдіктер топырақтағы мырыш мөлшерін, алғашында, 94,5 %-ға төмендетсе, жаз айының соңында, керісінше, топырақтағы мөлшері 70 %-ға артып кеткендігі анықталды (1-кесте).

Мұндай көрсеткіштер кадмий элементіне жасалған жұмыстарда да қайталанды. Екінші суреттен көріп отырғанымыздай кадмийдің мөлшері 15.07.21 күні бақылау вариантында 5,9 мг/кг болса, күнбағыс өскен тақтада 4,09 мг/кг-ға дейін, ал газондық өсімдіктер өскен тақтада 4,92 мг/кг-ға азайған.

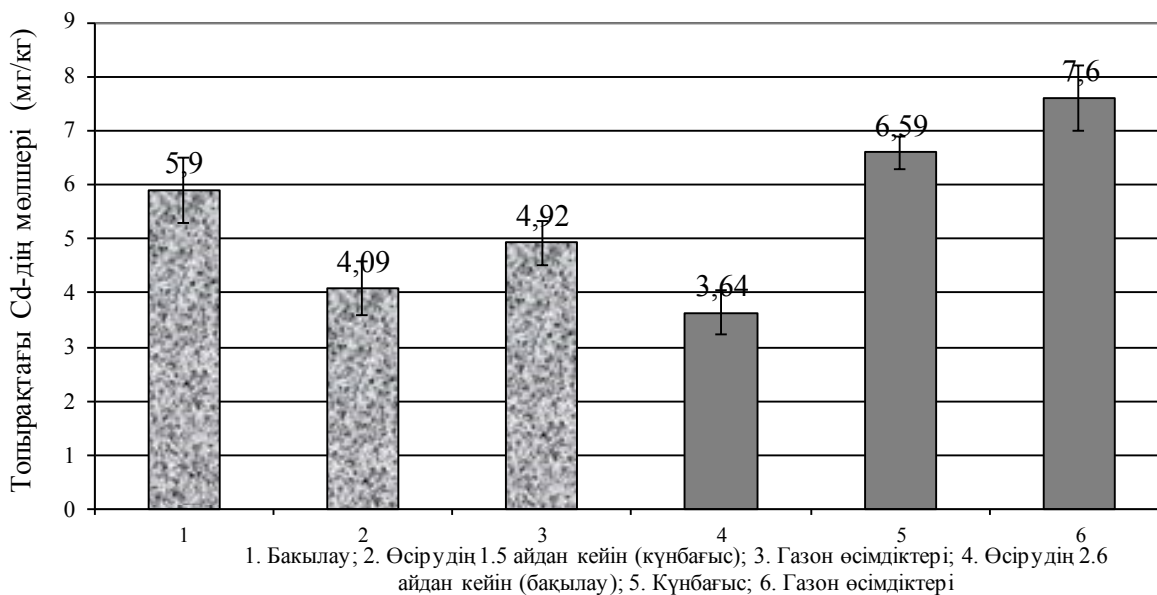
Соңғы айдың көрсеткіштері бойынша топырақтағы кадмийдің мөлшері күнбағыс өскен тақтада 6,59 мг/кг-ға артса, ал газон өскен тақтада 7,6 мг/кг-ға артып кетті. Яғни, 2-кесте мәліметтерінде пайыздық көрсеткішпен есептегендей күнбағыс өскен топырақта өсірудің 1.5 айдан кейін 69 %-ға дейін төмендесе, газон өскен ортада 83 %-ға ғана төмендеді. Керісінше, кадмийдің мөлшері өсірудің 2.6 айдан кейін күндері күнбағыс өскен ортада 81 %-ға артса, газон өскен ортада 108 %-ға дейін артып кеткендігі анықталды (2-кесте).



1-сурет – Далалық тәжірибе жағдайында құнбағыс және газон өсімдіктерінің топырақтағы мырыштың мөлшеріне адсорбциялық әсері

1-кесте – Құнбағыс және газон өсімдіктері өсірілген топырақтағы мырыштың пайызға шаққандағы көрсеткіштері (%)

Варианттар	бакылау	құнбағыс	газон өсімдіктері	бакылау	құнбағыс	газон
Алынған уақыты	өсірудің 1.5 айдан кейін			өсірудің 2.6 айдан кейін		
Пайыздық көрсеткіштері	100	77,5	94,5	100	146,7	170



2-сурет – Далалық тәжірибе жағдайында құнбағыс және газон өсімдіктерінің топырақтағы кадмийдің мөлшеріне адсорбциялық әсері

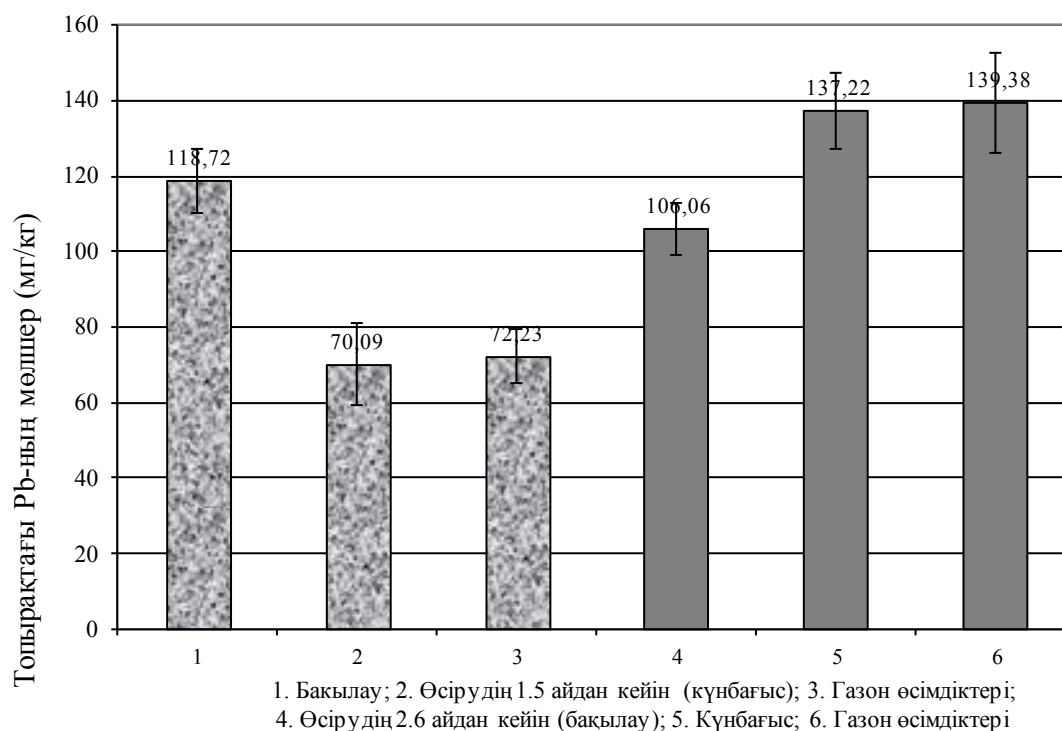
2-кесте – Күнбағыс және газон өсімдіктері өсірілген топырақтағы кадмийдің пайызға шаққандағы көрсеткіштері

Варианттар	бақылау	күнбағыс	газон өсімдіктері	бақылау	күнбағыс	газон өсімдіктері
Алынған уақыты	өсірудің 1.5 айдан кейін			өсірудің 2.6 айдан кейін		
Пайыздық көрсеткіштері	100	69	83	100	181	208,7

Осындай көрсеткіштер қорғасын элементімен жүргізілген талдауларда да байқалды. Үшінші суретте көрініп тұрғандай 15.07.21 күні алынған талдау нәтижесінде қорғасынның мөлшері 118,72 мг/кг болса, күнбағыс өскен тақтада бұл көрсеткіш 70,09 мг/кг-ға, ал газон өскен тақтада 72,23 мг-кг-ға азайған. Тәжірибе нәтижелеріне сай жаздың соңғы айларында бақылау вариантында қорғасынның мөлшері 106,06 мг/кг-ды құраса, күнбағыс өскен топырақта оның пайыздық мөлшері 137,22 мг/кг-ға дейін, ал газон өскен топырақта 139,38 мг/кг-ға дейін артты. Егер

бұл көрсеткіштерді 3-кестедегі пайыздық көрсеткіштермен есептейтін болсақ, онда өсірудің 1.5 айдан кейін күндері топырақта қорғасынның мөлшері 59,3 %-ға дейін төмендесе, газондық өсімдіктер өскен топырақ ортада ол көрсеткіш 60,8 пайызды құрады.

Бірақ, қорғасынның мөлшері жаздың соңғы айында өсірудің 2.6 айдан кейін яғни, өсімдік вегетациясының соңына таман керісінше күнбағыс өскен ортада 29 %-ға, газондық өсімдіктер өскен ортада 31%-ға артып кеткендігі байқалды (3-кесте).



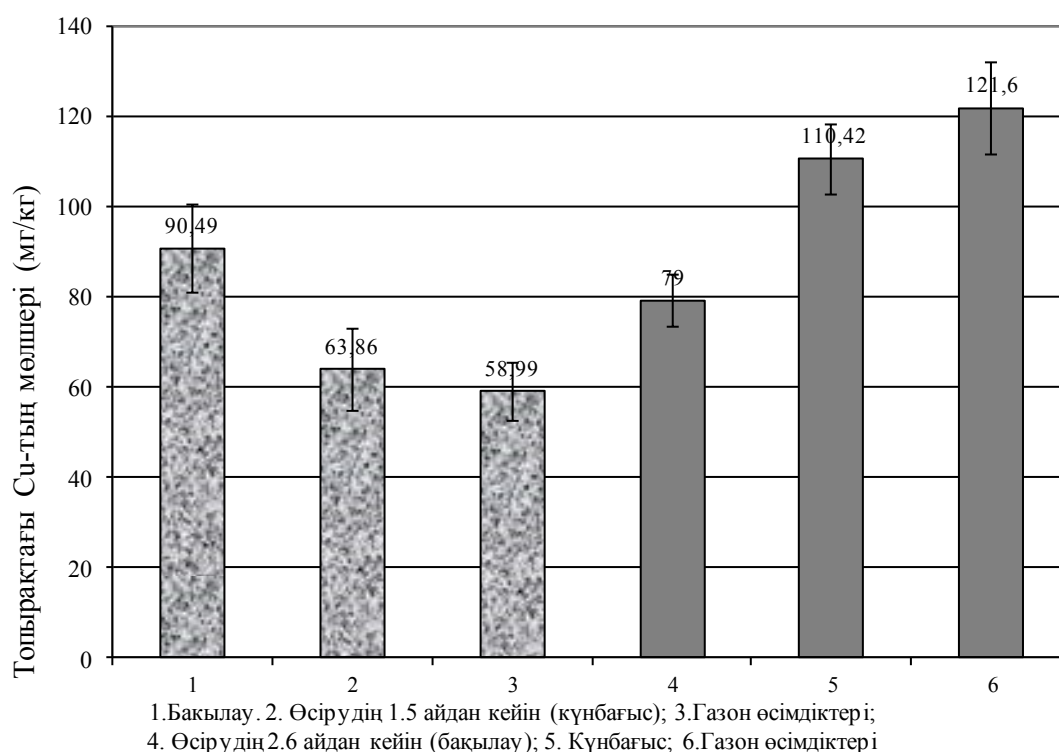
3-сурет – Далалық тәжірибе жағдайында күнбағыс және газон өсімдіктерінің топырақтағы қорғасынның мөлшеріне адсорбциялық әсері

3-кесте – Күнбағыс және газон өсімдіктері өсірілген топырақтағы қорғасынның пайызға шаққандағы көрсеткіштері

Варианттар	бақылау	күнбағыс	газон өсімдіктері	бақылау	күнбағыс	газон өсімдіктері
Алынған уақыты	өсірудің 1.5 айдан кейін			өсірудің 2.6 айдан кейін		
Пайыздық көрсеткіштері	100	59,3	60,8	100	129	131

Топырақтан ауыр металдардың өсімдіктерге алғашқы қарқынды өсу кезеңінде жақсы сіңіріліп, қартаю немесе вегетацияның соңында топыраққа қайта бөлінетіндігі мыс элементінде де орын алатындығы анықталды. Төртінші суретте байқалып тұрғандай бақылау вариантында 90,49 мг/кг болса, күнбағыс өскен топырақта мыстың мөлшері 63,86 мг/кг-ға дейін, газон өсімдіктері өскен ортада 58,99 мг/кг-ға азайғандығы байқалады. Ал, жаздың

соңғы айында өсірудің 2.6 айдан кейін бақылау вариантында мыстың мөлшері 79 мг/кг мөлшерінде кездесе, күнбағыс өскен тақтада оның мөлшері 110,42 мг/кг-ға, тіпті газон өскен тақтада 121,6 мг/кг-ға дейін артып кеткен. Яғни, 4- кесте мәліметтеріне жүгінсек өсірудің 1.5 айдан кейін күндерінде мыстың мөлшері, бақылаумен салыстырғанда, күнбағыс өскен ортада 70,6 %-ға төмендесе, газондық өскен ортада 65,2 %-ға дейін төмендеді.



4-сурет – Далалық тәжірибе жағдайында күнбағыс және газон өсімдіктерінің топырақтағы мыстың мөлшеріне адсорбциялық әсері

4-кесте – Күнбағыс және газон өсімдіктері өсірілген топырақтағы қорғасынның пайызға шаққандағы көрсеткіштері

Варианттар	бақылау	күнбағыс	газон өсімдіктері	бақылау	күнбағыс	Газон өсімдіктері
Алынған уақыты	өсірудің 1.5 айдан кейін			өсірудің 2.6 айдан кейін		
Пайыздық көрсеткіштері	100	70,6	65,2	100	140	154

Бірақ, келесі өсірудің 2.6 айдан кейін күндері алынған талдау нәтижелері көрсеткендей бақылау вариантымен салыстырғанда, мыстың мөлшері күнбағыс өскен ортада 40 %-ға, газондық өсімдіктер өскен ортада 54 %-ға артып кеткендігі анықталды.

Сонымен, жоғарыдағы алынған мәліметтерді ескере отырып, келесідей қорытындылар жасауға болады:

Қорытынды

1. Жоғарыда келтірілген көрсеткіштерді ескере отырып өсімдіктер ауыр металдарды алғашқы өсу кезеңінде қарқынды сіңіретіндігі анықталды. Ол үшін тәжірибедегі барлық элементтерге ортақ үрдіс екендігі аңғарылды. Алынған мәлі-

меттерді ескере отырып өсімдіктер көмегімен техногенді ластанған аймақтардағы топырақтарды ауыр металдардан өсімдіктер көмегімен біршама арылтуға болатындығын байқауға болады. Яғни, алынған мәліметтер бойынша мырышты 22,5 %-ға, кадмийді 31%-ға, қорғасынды 40,7%-ға, мысты 29,4%-ға дейін төмендетуге болатындығы анықталды. Ол үшін өсімдіктердің вегетациялық қандай кезеңінде ауыр металдарды қарқынды сіңіретіндігін анықтай түсу керек.

2. Сонымен қатар, тәжірибеге алынған газон өсімдіктеріне қарағанда күнбағыс өсімдігінің тиімділігі жоғары екендігі белгілі болды. Себебі, жаздың ортаңғы айында күнбағыс өсімдігі өскен тақтада, газондық өсімдіктермен салыстырғанда, барлық элементтердің біршама жақсы сіңіретіндігі анықталды.

Әдебиеттер

1. Wiszniewska A., Hanus-Fajerska E., Muszyńska E., Ciarkowska K. Natural Organic Amendments for Improved Phytoremediation of Polluted Soils: A Review of Recent Progress. *Pedosphere*. 2016; 26:1–12. doi: 10.1016/S1002-0160(15)60017-0.
2. Baker D.E., Chesnin L. Chemical Monitoring of Soils for Environmental Quality and Animal and Human Health. *Adv. Agron.* 2002; 27:305–374. doi: 10.1016/S0065-2113(08)70013-0.
3. Manoj S.R., Karthik C., Kadirvelu K., Arulselvi P.I., Shanmugasundaram T., Bruno B., Rajkumar M. Understanding the Molecular Mechanisms for the Enhanced Phytoremediation of Heavy Metals through Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Review. *J. Environ. Manage.* 2020; 254:109779. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109779
4. Панин М. С. Формы соединений тяжелых металлов в почвах средней полосы Восточного Казахстана // Издательство «Государственный университет Семей» Семипалатинск, 1999.- 329 с.
5. Мукашева М. А. Гигиеническая характеристика экологической нагрузки на организм по микроэлементному анализу (при натуральных и экспериментальных исследованиях. // Автореф. диссер. канд. биол. наук.- Алматы, 1998.- 25 с.
6. Жансерикова А. Ж. Гигиеническая оценка и прогнозирование качества почвы в зоне Карашыганакского нефтегазоконденсатного месторождения. // Автореф. диссер. кон. биол. наук.- Алматы, 1998.- 26 с.
7. Lukić B., Huguenot D., Panico A., Fabbicino M., van Hullebusch E.D., Esposito G. Importance of Organic Amendment Characteristics on Bioremediation of PAH-Contaminated Soil. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2016; 23:15041–15052. doi: 10.1007/s11356-016-6635-z.
8. Sarkar T., Alam M.M., Parvin N., Fardous Z., Chowdhury A.Z., Hossain S., Haque M.E., Biswas N. Assessment of Heavy Metals Contamination and Human Health Risk in Shrimp Collected from Different Farms and Rivers at Khulna-Satkhira Region, Bangladesh. *Toxicol. Rep.* 2016; 3:346–350. doi: 10.1016/j.toxrep.2016.03.003.
9. Ahluwalia S.S., Goyal D. Microbial and Plant Derived Biomass for Removal of Heavy Metals from Wastewater. *Bioresour. Technol.* 2007; 98:2243–2257. doi: 10.1016/j.biortech.2005.12.006.
10. Серегин И. В., Иванов В. Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высших растения // Физиол. Раст. 2001.- Т. 48.- №4.- С. 606-630.
11. Киршибаев Е.А. Ауыр металдардың астық тұқымдас өсімдіктердің өніп-өсуі мен фитосидерофорлар бөліп шығаруына әсері // биолғылым. кандидат. алу үшін жазылған диссер- Алматы 2006.11.24. 96 б.

12. Chaney R. L., Yin Ming Li., Scott J. Improving metal hyperaccumulator wild plants to develop commercial phytoextraction systems // *Approaches and Progress*. New York 1998. – 37 p.
13. Chaney R. L., Malik M., Yin Ming Li., Brawn E. P., Angle J. S., Baker J. M. Phytoremediation of soil metals // *Current Opinions in Biotechnology*. 1997. – № 8.- p. 279-284.
14. Anderson TA, Coats JR 1994 Bioremediation through rhizosphere technology. ACS symposium Series, vol 563. American Chemical Society, Washington, DC, 249 pp
15. Baker AJM, Brooks RR 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements– a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1, 81-126
16. Chaney RL, Malik M, LI YM, Brown SL, Brewer EP, Angle JS, Baker AJM 1997. Phytoremediation of soil metals. *Curr. Opin. Biotechnol* 8, 279-284.
17. Barceló J., Vázquez M.D., Mádico J., Poschenrieder C. 1994. Hyperaccumulation of zinc and cadmium in *Thlaspi caerulescens*. In: S.P. Varnavas (ed.) *Environmental Contamination CEP Consultants Ltd., Edinburgh*, pp 132-134.
18. Bech J, Poschenrieder C, Llugany M, Barceló J, Tume P, Tobias FJ, Barranzuela JL, Vázquez ER 1997 Arsenic and heavy metal contamination of soil and vegetation around a copper mine in Northern Peru. *Sci. Total Environ.* 203, 83-91
19. Elkatib EA, Thabet AG, May AM 2001. Phytoremediation of cadmium contaminated soils: role of organic complexing agents in cadmium phytoextraction. *Land Contamination & Reclamation* 9, 301-306
20. Escarre J, Lefebvre C, Gruber W, LeBlanc M, Lepart J, Riviere Y, Delay B 200. Zinc and cadmium hyperaccumulation by *Thlaspi caerulescens* from metalliferous and nonmetalliferous sites in Mediterranean area: implications for phytoremediation. *New Phytol.* 145, 429-437
21. Köhl KI, Harper FA, Baker AJM, Smith JAC 1997. Defining a heavy metal hyperaccumulator plant. The relationship between metal uptake, allocation and tolerance. *Plant Physiol* 114, 124.
22. Krämer U, Pickering IJ, Prince RC, Raskin I, Salt DE 2000. Subcellular localization and speciation of nickel in hyperaccumulator and non-accumulator *Thlaspi* species. *Plant Physiol.* 122, 1343-1353.
23. Lasat M M, Baker AJM, Kochian LV 1996. Physiological characterization of root Zn²⁺ absorption and translocation to shoots in Zn hyperaccumulator and nonaccumulator species of *Thlaspi*. *Plant Physiol* 112, 1715-1722
24. McGrath SP 1990. Phytoextraction for soil remediation. In: RR Brooks (ed.) *Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals*. CAB International, Wallingford, UK, pp261-287.
25. Raskin I, Smith RD, Salt DE 1997. Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Curr. Opin. Biotechnol.* 8, 221-226
26. Neilands, J. B. Siderophores : Structure and Function of Microbial Iron Transport Compounds / J. B. Neilands // *J. Biol. Chem.* – 1995. – Vol. 270, № 45. – P. 26723–26726.

References

1. Ahluwalia S.S., Goyal D. (2007) Microbial and Plant Derived Biomass for Removal of Heavy Metals from Wastewater. *Bioresour. Technol.*, vol. 98, pp. 2243–2257.
2. Anderson TA., Coats JR. (1994) Bioremediation through rhizosphere technology. ACS symposium Series, American Chemical Society, Washington, DC., vol. 563, pp. 249.
3. Baker AJM., Brooks RR. (1989) Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery.*, vol. 1, pp. 81-126.
4. Barceló J., Vázquez M.D., Mádico J., Poschenrieder C. (1994) Hyperaccumulation of zinc and cadmium in *Thlaspi caerulescens*. In: S.P. Varnavas (ed.) *Environmental Contamination CEP Consultants Ltd., Edinburgh.*, pp. 132-134.
5. Bech J., Poschenrieder C., Llugany M., Barceló J., Tume P., Tobias FJ., Barranzuela JL, Vázquez ER. (1997) Arsenic and heavy metal contamination of soil and vegetation around a copper mine in Northern Peru. *Sci. Total Environ.*, vol. 203, pp. 83-91.
6. Baker D.E., Chesnin L. (2002) Chemical Monitoring of Soils for Environmental Quality and Animal and Human Health. *Adv. Agron.*, vol. 27, pp. 305–374.
7. Chaney R. L., Yin Ming Li., Scott J. (1998) Improving metal hyperaccumulator wild plants to develop commercial phytoextraction systems. *Approaches and Progress*. New York – 37 p.
8. Chaney R. L., Malik M., Yin Ming Li., Brawn E. P., Angle J. S., Baker J. M. (1997) Phytoremediation of soil metals. *Current Opinions in Biotechnology*, № 8, pp. 279-284.
9. Chaney RL, Malik M, LI YM, Brown SL, Brewer EP, Angle JS, Baker AJM (1997) Phytoremediation of soil metals. *Curr. Opin. Biotechnol.*, vol. 8, pp. 279-284.
10. Elkatib EA., Thabet AG., May AM. (2001) Phytoremediation of cadmium contaminated soils: role of organic complexing agents in cadmium phytoextraction. *Land Contamination & Reclamation*, vol. 9, pp. 301-306.

11. Escarre J., Lefebvre C., Gruber W., LeBlanc M., Lepart J., Riviere Y., Delay B. (2000) Zinc and cadmium hyperaccumulation by *Thlaspi caerulescens* from metalliferous and nonmetalliferous sites in Mediterranean area: implications for phytoremediation. *New Phytol.*, vol. 145, pp. 429-437.
12. Kirshibaev E.A. (2006) Auyr metaldardyn astyq tyqymdas osimdikterdin onip-osui men fitosideroforlar belip shygaruyna oseri. *biolrylym. kandidat. alu yshin zhazylyan disser.*, Almaty. 96 b.
13. Köhl KI., Harper FA., Baker AJM., Smith JAC. (1997) Defining a heavy metal hyperaccumulator plant. The relationship between metal uptake, allocation and tolerance. *Plant Physiol.*, pp. 114-124.
14. Krämer U., Pickering IJ., Prince RC., Raskin I., Salt DE. (2000) Subcellular localization and speciation of nickel in hyperaccumulator and non-accumulator *Thlaspi* species. *Plant Physiol.*, vol. 122, pp. 1343-1353.
15. Lukić B., Huguenot D., Panico A., Fabbicino M., van Hullebusch E.D., Esposito G. (2016) Importance of Organic Amendment Characteristics on Bioremediation of PAH-Contaminated Soil. *Environ. Sci. Pollut.*, vol. 23. pp. 15041–15052.
16. Lasat M M., Baker AJM., Kochian LV. (1996) Physiological characterization of root Zn²⁺ absorption and translocation to shoots in Zn hyperaccumulator and nonaccumulator species of *Thlaspi*. *Plant Physiol.*, vol. 112, pp. 1715-1722.
17. Manoj S.R., Karthik C., Kadirvelu K., Arulselvi P.I., Shanmugasundaram T., Bruno B., Rajkumar M. (2020) Understanding the Molecular Mechanisms for the Enhanced Phytoremediation of Heavy Metals through Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Review. *J. Environ. Manage.*, vol. 254, pp. 109779.
18. Mukasheva M. A. (1998) Gigienicheskaya harakteristika ekologicheskoy nagruzki na organizm po mikroelementnomu analizu (pri natural'nyh i eksperimental'nyh issledovaniyah. Avtoref. disser. kand. biol. nauk. Almaty. 25 s.
19. McGrath SP. (1990) Phytoextraction for soil remediation. In: RR Brooks (ed.) *Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals*. CAB International, Wallingford, UK., pp. 261-287.
20. Panin M. S. (1999) Formy soedinenij tyazhelyh metallov v pochvah srednoj polosy Vostochnogo Kazahstana. Izdatel'stvo «Gosudarstvennyj universitet Semej» Semipalatinsk, 329 s.
21. Raskin I., Smith RD., Salt DE. (1997) Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Curr. Opin. Biotechnol.*, vol. 8, pp. 221-226.
22. Seregin I. V., Ivanov V. B. (2001) Fiziologicheskie aspekty toksicheskogo dejstviya kadmiya i svinca na vysshih rasteniya. *Fiziol. Rast.*, T. 48, №4, S. 606-630.
23. Sarkar T., Alam M.M., Parvin N., Fardous Z., Chowdhury A.Z., Hossain S., Haque M.E., Biswas N. (2016) Assessment of Heavy Metals Contamination and Human Health Risk in Shrimp Collected from Different Farms and Rivers at Khulna-Satkhira Region, Bangladesh. *Toxicol. Rep.*, vol. 3, pp. 346–350.
24. Wiszniewska A., Hanus-Fajerska E., Muszyńska E., Ciarkowska K. (2016) Natural Organic Amendments for Improved Phytoremediation of Polluted Soils: A Review of Recent Progress. *Pedosphere.*, vol. 26, pp. 1–12.
25. Zhanserikova A. Zh. (1998) Gigienicheskaya ocenka i prognozirovanie kachestva pochvy v zone Karashyganakskogo nevtgazokondensatnogo mestorozhdeniya. Avtoref. disser. kon. biol. nauk. Almaty. 26 s.
26. Neilands, J. B. (1995) Siderophores: Structure and Function of Microbial Iron Transport Compounds. *J. B. Neilands. J. Biol. Chem.*, vol. 270, № 45, pp. 26723–26726.

Авторлар туралы мәліметтер:

Киршибаев Ерлан Ахметкалиевич – (корреспондент автор) биология ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: er_biol@mail.ru)

Тулеева Гулмира Төреқазықызы – магистр, Қазақстан-Ресей Медициналық университетінің аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: tuleeva.gulmira@bk.ru)

Ережепов Әділ – биология ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доценті (Алматы, Қазақстан, e-mail: adil.yerezhepov@mail.ru)

Оразбаев Әділхан Ергешұлы – химия ғылымдарының кандидаты, Нұр-Мұбарак Египет ислам мәдениеті университетінің аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: orazbaevadilkhan75@gmail.com)

Мұқашева Дана Мадиярқызы – PhD-доктор, I. Жансүгіров атындағы Жетісу университетінің аға оқытушысы (Талдықоған, Қазақстан, e-mail: anagul.mukasheva.84@mail.ru)

Турашева Светлана Қазбекқызы – биология ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің доценті (Алматы, Қазақстан, e-mail: svetlana.turashева@kaznu.kz)

Сагиндыкова Эльвира Умировна – педагогикалар ғылымдарының кандидаты, Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университетінің доценті (Ақтау, Қазақстан, e-mail: elvira.sagindykova@yu.edu.kz)

Information about authors:

Kirshibayev Yerlan Akhmetkalievich – (corresponding author) Candidate of Biological Sciences, senior lecturer of the KazNU named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan, e-mail: er_biol@mail.ru)

Tuleyeva Gulmira Torekaziovna – Master, senior lecturer of the Kazakhstani-Russian Medical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: tuleeva.gulmira @bk.ru)

Erezhepov Adil – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the KazNU named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan, e-mail: adil.yerezhepov@mail.ru)

Orazbayev Adilkhan Ergeshovich – Candidate of Chemical Sciences, senior lecturer of the Egyptian University for Islamic culture Nur-Mubarak (Almaty, Kazakhstan, e-mail: orazbaevadilkho75@gmail.com)

Mukasheva Dana Madiyarovna – PhD-doctor senior teacher of the Zhetysay University named after I. Zhansugurova (Taldykorgan Kazakhstan, e-mail: danagul.mukasheva.84@mail.ru)

Turasheva Svetlana – Candidate of Biological Sciences, associate professor of the KazNU named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan, e-mail: svetlana.turasheva@kaznu.kz)

Sagindykova Elvira Umirovna – candidate pedagogical sciences associate professor of the Caspian University of Technologies and Engineering named after Yessenov (Aktau, Kazakhstan, e-mail: elvira.sagindykova@yu.edu.kz)

*Келін түсті 6 маусым 2024 жыл
Қабылданды 20 қараша 2024 жыл*

ШОЛУ МАҚАЛАЛАР



REVIEW ARTICLES



ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

M. Hujatullah^{1*} , **N. Ghulam Rabani²** 

¹Zabul University, Qalat, Afghanistan

²Badakhshan University, Faizabad, Afghanistan

*e-mail: mukhlis.jan123@gmail.com

INFLUENZA VIRUS GENETIC DIVERSITY AND EPIDEMIOLOGICAL PROFILE IN HUMAN POPULATION

Examining the evolutionary mechanisms driving genetic variation, alongside the global epidemiological landscape, provides insights into transmission patterns, seasonal outbreaks, and pandemic potential. This review explores the complex interplay between influenza virus genetic diversity and epidemiological dynamics within human populations. Insights gained from this synthesis inform public health strategies, emphasizing the importance of surveillance, vaccination, and pandemic preparedness to mitigate the impact of influenza. Influenza viruses exhibit significant genetic variation due to mechanisms such as antigenic drift and shift, as well as their segmented genome. New strains evolve through genetic alterations, enabling them to overcome existing immunity and spread both seasonally and globally. Understanding genetic diversity is essential for predicting strain evolution and developing effective vaccines. Influenza, a highly contagious respiratory virus, spreads via respiratory droplets. It affects individuals of all ages, but those at increased risk for severe disease include the elderly, young children, pregnant women, and individuals with underlying medical conditions. Influenza follows seasonal trends, with higher transmission rates in colder months in temperate regions, while tropical regions may experience year-round circulation. Epidemiological factors influencing influenza transmission and outcomes include population density, travel behavior, and healthcare infrastructure. Monitoring influenza's epidemiological dynamics and examining genetic variants are critical tasks for surveillance systems. Effective control of influenza requires integrated strategies that address both genetic and epidemiological aspects. Controlling influenza epidemics, especially during a pandemic, involves using antiviral medications, early detection, and containment measures.

Key words: Influenza viruses, Genetic diversity, Epidemiology, Human population, Public health, Surveillance.

М. Хужатулла^{1*}, Н. Гулам Рабани²

¹Забул университеті, Қалат қ., Ауғанстан

²Бадахшан университеті, Файзабад қ., Ауғанстан

*e-mail: mukhlis.jan123@gmail.com

Тұмау вирусының генетикалық әртүрлілігі және адам популяциясының эпидемиологиялық профилі

Жаһандық эпидемиологиялық ландшафтпен қатар, генетикалық вариацияны тудыратын эволюциялық механизмдерді зерттеу жұғу үлгілеріне, маусымдық індеттерге және пандемиялық әлеуетке жарық түсіреді. Бұл шолу тұмау вирусының генетикалық әртүрлілігі мен адам популяциясындағы эпидемиологиялық динамика арасындағы күрделі өзара әрекеттесуді зерттейді. Осы синтезден алынған түсініктер тұмау вирустарының адам денсаулығына әсерін азайту үшін қадағалаудың, вакцинациялаудың және пандемияға дайындықтың маңыздылығына баса назар аудара отырып, қоғамдық денсаулық сақтау стратегияларын хабарлайды. Антигендік дрейфа пен ығысу механизмдерінің, сондай-ақ олардың сегменттелген геномының арқасында тұмау вирустары үлкен генетикалық вариацияны көрсетеді. Жаңа штамдар генетикалық өзгерістер нәтижесінде дамиды және бұл штамдар бұрыннан бар және маусымдық немесе ғаламдық таралатын иммунитет жеңу қабілетіне ие. Генетикалық әртүрлілікті түсіну штамдардың эволюциясына болжау және тиімді вакциналарды жасау үшін өте маңызды. Тыныс алу тамшылары тұмаудың, өте жұқпалы респираторлық вирустың таралуын мүмкіндік берді. Бұл барлық жастағы адамдарға әсер етеді, бірақ кейбіреулерінде, мысалы, қарттарда, кішкентай балаларда, жүкті елдерде және негізгі медициналық бұзылулары бар адамдарда ауыр аурулар мен зардаптардың қаупі жоғарылайды. Тұмау маусымдық тенденцияларға сәйкес келеді, қоңыржай елдерде суық айларда жұқтыру жылдамдығы жоғарылайды. Дегенмен, тропикалық жерлерде

болады. Тұмау індетінің берілу мен салдарына әсерін ететін эпидемиологиялық элементтерге халықтың тығыздығы, саяхаттағы мінез-құлық және денсаулық сақтау инфрақұрылымы алады. Тұмаудың эпидемиологиялық динамикасы қадағалау және генетикалық нұсқаларды қадағалау жүйелерінің маңызды міндеттері бойы табылады. Тұмаудың тиімді бақылау генетикалық және эпидемиологиялық аспектілерді ескеретін біріктірілген стратегияларын қажет етеді. Тұмау эпидемиясын бақылау, әсіресе пандемия жағдайында, вирусы қарсы препараттарды, ерте анықтау әдістерін және оқшаулау шараларын қолдануды талап етеді.

Түйін сөздер: Тұмау вирустары, Генетикалық әртүрлілік, Эпидемиология, Адам популяциясы, Қоғамдық денсаулық сақтау, қадағалау.

М. Худжатулла^{1*}, Н. Гулам Рабани²

¹Университет Забула, г. Калат, Афганистан

²Университет Бадахшана, г. Файзабад, Афганистан

*e-mail: mukhlis.jan123@gmail.com

Генетическое разнообразие вируса гриппа и эпидемиологический профиль в человеческой популяции

Изучение эволюционных механизмов, влияющих на генетическую вариацию вируса, на фоне глобальной эпидемиологической ситуации позволяет понять закономерности передачи, сезонные вспышки и потенциал для пандемий. Этот обзор исследует сложное взаимодействие между генетическим разнообразием вируса гриппа и эпидемиологической динамикой в человеческой популяции. Полученные данные способствуют разработке стратегий здравоохранения, подчеркивая важность мониторинга, вакцинации и подготовки к пандемиям для смягчения воздействия гриппа на здоровье человека. Вирусы гриппа демонстрируют значительное генетическое разнообразие благодаря таким механизмам, как антигенный дрейф и сдвиг, а также из-за сегментированного генома. Новые штаммы эволюционируют через генетические изменения, что позволяет им обходить существующий иммунитет и распространяться как сезонно, так и глобально. Понимание генетического разнообразия имеет ключевое значение для прогнозирования эволюции штаммов и разработки эффективных вакцин. Грипп – высококонтагиозный респираторный вирус, распространяющийся через капли, образующиеся при кашле и чихании. Он поражает людей всех возрастных групп, однако наибольший риск тяжелых заболеваний существует у пожилых людей, маленьких детей, беременных женщин и людей с сопутствующими заболеваниями. Грипп подвержен сезонным колебаниям: в умеренных странах наблюдается повышение заболеваемости в холодное время года, в то время как в тропических регионах вирус может циркулировать в течение всего года. К эпидемиологическим факторам, влияющим на передачу вируса и тяжесть заболевания, относятся плотность населения, путешествия и состояние инфраструктуры здравоохранения. Мониторинг эпидемиологической динамики гриппа и исследование его генетических вариантов являются важными задачами для систем наблюдения. Эффективное управление гриппом требует комплексных стратегий, учитывающих как генетические, так и эпидемиологические аспекты. Эффективная борьба с эпидемиями гриппа требует интегрированного подхода, включающего как использование противовирусных препаратов, так и организацию своевременной диагностики и изоляции больных.

Ключевые слова: Вирусы гриппа, Генетическое разнообразие, Эпидемиология, Популяция, Общественное здравоохранение, Эпиднадзор.

Introduction

Influenza viruses are members of the family *Orthomyxoviridae* and include influenza virus types A, B, and C. Influenza has had a significant historical impact and continues to pose a considerable threat to public health. Since the transmission of H5N1 avian influenza from birds to humans in 1997, virologists and public health officials anticipated the global human spread of this virus. The pandemic spread of a novel H1N1 influenza virus arose from an unpredicted source; precursors of the pandemic influenza A (H1N1) 2009 virus have been circulating among

pigs for over a decade [1]. The influenza virus is one of the most effective, enduring, and unpredictable human diseases. Worldwide, influenza is still the cause of frequent and fatal zoonotic outbreaks, erratic pandemics, and regular seasonal epidemics. The influenza virus spreads by aerosols and causes “flu,” an acute fever respiratory illness especially severe in young children, the elderly, and people with weakened immune systems. The influenza virus substantially negatively impacts the world’s population and economy [2].

Antigenic shift, which exposes the human population to a novel strain of influenza and might result

in increased or decreased morbidity or mortality, causes flu epidemics every six to ten years. Influenza A (H1N1) pdm09 subtype virus, which originated from the reassortment of Eurasian Avian (EA) related viruses of swine and North American Triple reassortment (TRIG), caused the first human influenza outbreak of the twenty-first century. Due to a unique strain of Influenza A (H1N1) pdm09, the world experienced a pandemic in 2009 [3].

This review addresses several key research issues related to the epidemiological composition and genetic diversity of influenza viruses in humans. The review aims to analyze the genetic elements associated with influenza virus pathogenicity, assess the impact of antigenic drift on vaccine efficacy, and explore ways to improve vaccine formulation. It also examines the kinetics of influenza virus propagation, the impact of climate and environmental factors, the dynamics of host immune responses, and the effectiveness of current influenza surveillance systems. Additionally, it considers the effects of behavioral and societal factors, such as vaccination uptake, travel habits, and public health initiatives. The review highlights the importance of a One Health approach to understanding the interactions between human, animal, and environmental factors in the spread of influenza.

Main body

Large population sizes and densities at mass gatherings such as the Hajj (Makah, Saudi Arabia) can contribute to outbreaks of respiratory virus infection by providing local hot spots for transmission followed by spread to other localities [4]. It has previously demonstrated that antigenic variations of H3N2 co-circulated with clades of H1N1/2009 and that seasonal H3N2 and pandemic H1N1 viruses, both of which were present during the initial wave of the H1N1 pandemic in Hong Kong, have similar transmission potential in home settings. Together with the pandemic H1N1 virus, sporadic H3N2 transmission was also noted at the same period in other areas of the world. Nasopharyngeal swabs from index cases with confirmed influenza and their household contacts were used for whole genome deep sequencing to characterize patterns of viral evolution at a finer scale, precisely, the amount of genetic diversity transmitted among hosts. Crucially, spatiotemporal transmission chains were constructed, and donor/recipient pairs in suspected transmission events were identified with relatively high confidence using household epidemiological

data. These pairs have also been compared with unrelated pairs [5].

Influenza seasonally, despite extensive preexposure and vaccination, influenza A viruses (IAVs) are predicted to cause tens of billions of dollars in economic expenditures and thousands of deaths annually in the United States alone. IAV continues to spread across the human population because it constantly develops resistance to herd immunity. This is not a universal characteristic of all viruses, though; certain viruses (such as measles) have mutation rates comparable to that of IAVs yet do not successfully develop immunological resistance in humans and are effectively suppressed by vaccination. Identifying the specific factors that influence influenza virus development is a critical unresolved issue in virology that must be addressed to create future vaccines and therapies that are resistant to escape. IAV populations show remarkable levels of genomic and genetic diversity. Genetic diversity, which IAV and the majority of other RNA viruses have in common, is the number of nucleotide sequence polymorphisms resulting from the relatively high rate of mutation of the viral polymerase. Genomic diversity is the difference in each virus particle's ability to code for different genes or which viruses are successfully expressed during infection. The extent to which IAV populations exist as extremely diverse swarms of genetically and phenotypically heterogeneous particles is becoming more visible because of new technologies and methods. IAV populations comprise large groups of genetically diverse minor sequence variants that are closely connected, sometimes (though not always correctly) referred to as "quasispecies." In other RNA virus systems, the impact of this variety on viral pathogenicity and fitness has been thoroughly studied. When new selection pressures arise, preexisting genetic variety is fuel for adaptation, leading to mutations that may enhance fitness. Because both processes depend on the accumulation of advantageous substitutions, this process of evolutionary innovation promotes the persistence of seasonal influenza virus strains in the human population and the emergence of zoonotic strains with pandemic potential into human circulation. The vast majority of random mutations are harmful. Thus, there are costs associated with this diversity and the tremendous potential advantages. A virus's ability to evolve probably rests partly on its ability to weigh the advantages and disadvantages of preserving a high-standing diversity. The mutation-prone replication mechanism produces the mutational landscape found in IAV populations,

which is influenced by selection and other evolutionary processes like genetic drift. In this section, I will summarize our current understanding of the virologic characteristics and evolutionary processes that control the genetic composition of IAV populations [6].

Influenza viruses cause severe global economic and public health burdens. From 1990 to 1999, annual influenza epidemics in the US caused over 30,000 fatalities annually. Frequent pandemics cause noticeably larger mortality tolls [7]. Over 20 million religious visitors visit Saudi Arabia, and it receives 3 million pilgrims annually. Every year, tourists from more than 180 countries congregate in a small space, increasing the danger of respiratory illnesses, such as influenza viruses, spreading among pilgrims. Influenza infection is among the most significant contributors to public and international health issues. During their time in Makah and the sacred sites, pilgrims endure harsh climatic conditions, with temperatures sometimes rising beyond 45 °C. [8].

Using phylogenetic analysis, whole genome consensus sequences were grouped by household for every patient group with either H3N2 or H1N1/2009. Comparisons of phylogenetic trees from each gene revealed no proof that this population underwent reassortment during the time frame of the research (no data displayed). This group was exposed to three antigenic sublineages of H3N2 (A/Brisbane/10/2007-like, A/Victoria/208/2009-like, and A/Perth/16/2009-like) and three clades of H1N1/2009. Despite the population's tiny size, one instance of mixed subtype infection was found. (Patient 781_V1 (0), suggesting that co-infection of seasonal and pandemic strains could not be uncommon. [5]. This review article has used a series of scientific and reliable articles to find the reasons for the diversity and epidemiological profile of influenza viruses in the human population. This article's goals include a thorough analysis of genetic diversity, a detailed investigation of epidemiological profiles, a synthesis of genetic and epidemiological viewpoints, implications for public health, and future directions. Epidemiological studies aim to identify factors that place some populations at greater risk of contracting an infectious disease than others. Such factors can be associated with the three legs of the "epidemiologic triad" for infectious diseases: the combination of an external causative agent, a susceptible host, and an environment that links these two together. Genetic differences contribute to variations in the immune response of different individuals to a pathogen [9].

Between the two sites, it was observed substantial diversity in A (H3N2) and A (H1N1) pdm09 viruses, with A (H1N1) pdm09 viruses having substantially less nucleotide variation at antigenic places than A (H3N2) viruses. Antigenic sites for A (H1N1) pdm09 varied from the vaccine strain by three to four amino acids, with two differences shared by all studied isolates. Antigenic sites for A (H3N2) viruses varied from the vaccination strain by six to nine amino acids, with four differences shared by all studied isolates [10]. Among the various seasonal influenza viruses, influenza A/H3N2, which has been affecting people since the 1968 "Hong Kong" pandemic, has survived even after the 2009 A/H1N1pdm virus appeared and effectively supplanted the seasonal influenza A/H1N1 that was previously circulating. Ongoing antigenic alterations in circulating seasonal A/H3N2 viruses constantly prompt new guidelines for developing seasonal influenza vaccines. The aim is to maximise vaccine-induced protection in the general public and among healthcare workers [11]. In human hosts, influenza virus populations expand exponentially at the beginning of an acute infection. Viral titers peak two to four days after the infection's start, and afterwards, titers decline for three or four days until the virus reaches undetectable levels [12].

Continuously evolving Influenza viruses accumulate changes in the viral genome, leading to the diversity of subpopulations and the introduction of novel strains. Pandemics and yearly epidemics result from this. Zoonotic vectors, host immunity, and other ecological and environmental factors can cause viral genetic variation and antigenic alteration. Point mutations causing antigenic drift, gene reassortment causing genetic shift, defective-interfering particles, and RNA recombination changing the Influenza virus genome are some processes that can cause genetic variation [13]. Influenza A predominated in all WHO regions between 2011 and 2019, frequently alternating between A (H1N1) pdm09 and A (H3N2). Between 2011 and 2019, the percentage of B/Yamagata and B/Victoria viruses stayed low. During the COVID-19 pandemic, influenza A was likewise prevalent in all WHO regions except for WPR; nonetheless, most samples tested positive for A (H3N2). About 98% and 90% of the samples found in AMR in 2021 and 2022 tested positive for A (H3N2). 90% of all positive samples in WPR in 2021 were caused by B/Victoria viruses. Nevertheless, influenza A was once more prevalent in WPR in 2022 and 2023. Furthermore, throughout the COVID-19 pandemic, hardly many B/Yamagata viruses were found [14].

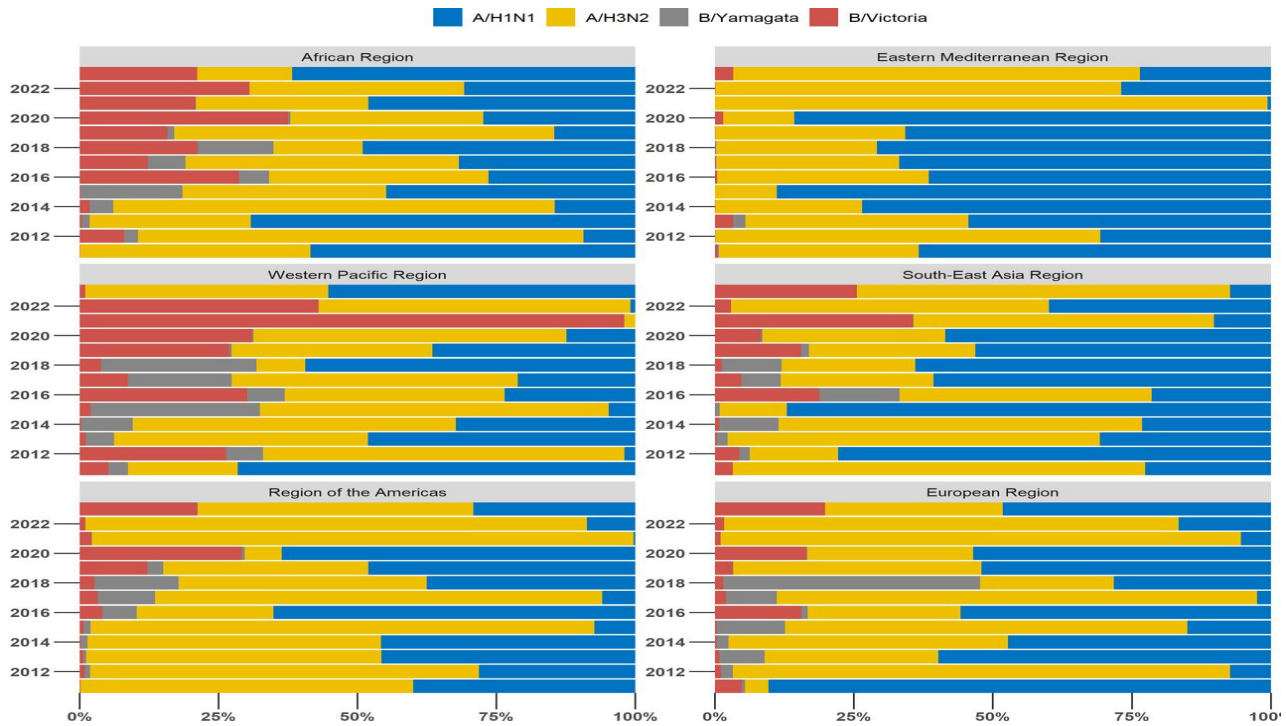


Figure 1 – Distribution of influenza B lineages and influenza A subtypes by six WHO regions from 2011 to 2023 [14]

Origins of genetic diversity

Influenza viruses (family Orthomyxoviridae) possess a negative-strand segmented RNA genome and enveloped virions. Genetic diversity in the influenza virus results from a high rate of mutation associated with replication using low-fidelity RNA polymerase and the reshuffling (or reassortment) of segments among confecting strains. The emergence of viral infections with potentially devastating consequences for human health depends on their underlying evolutionary dynamics [15]. The emergence of new influenza A virus strains can be caused by “antigenic shift,” resulting from reassortment of gene segments, including H and N types, “antigenic drift” resulting from the continuing accumulation of mutations in the H and N genes or a pathogenic virus jumping species, and acquiring the ability to infect and be transmitted among humans, as in the 1918 pandemic [16]. The influenza A virus is divided into 18 HA and 11 NA subtypes based on the antigenic differences between HA and NA. All influenza virus subtypes have been found in wild birds, the natural influenza virus reservoirs, except H17N10 and H18N11, isolated from bats. Avian influenza viruses multiply effectively in wild birds, but in other animals, they do not. However, mounting evidence shows that various animals, including

dogs, cats, rhesus macaques, and even plateau pikas, can contract avian influenza viruses. Human sporadic H5N1, H7N9, and H10N8 infections have been documented in China, suggesting that other viruses of bird flu subtypes may be dangerous to people due to their natural development [7].

Since 1918, three pandemics have been brought on by influenza A viruses that infect people after spreading from wild birds. Numerous additional mammalian hosts, such as pigs, dogs, horses, bats, seals, and whales, have also contracted influenza A viruses. Influenza A viruses, like other viruses, must co-opt host factors to replicate within a host cell successfully. Influenza A virus requires host factors at many stages of its life cycle, from entry, transport of gene segments to the nucleus, replication, and packaging to exit. As a result, the virus must adapt to novel host factors to successfully emerge in a new host species. Pandemic preparedness requires us to identify mutations that allow or prevent animal viruses from using human host factors and to understand the mechanisms that enable host switching [17]. Influenza in humans is one of the first large-scale pathogen genome sequencing initiatives focused on a virus, and influenza virus genomes are frequently used to test evolutionary analysis techniques. These techniques are increasingly utilised to

comprehend antigenic drift and select vaccine variants. The initial proof of influenza's phylogenetic diversity is the identification of highly divergent and diversified viruses in fruit bats (*Artibeus* spp.) from Central and South America, which revealed a virus burden more significant than that of the bird-mammal 16HA-9NA model [18].

Epidemiological profile of influenza viruses in the human population

Influenza A viruses are microorganisms that cause respiratory tract infections in humans, birds, and other mammals such as swine, horses, etc. In the 20th century, three pandemics resulted in widespread morbidity and mortality. A novel H1N1 (H1N1pdm) virus surfaced in 2009 and sparked a pandemic that killed 18,449 people, according to reports, and likely infected millions more globally [19]. Regular annual epidemics have characterised seasonal influenza in temperate zones of the world for most of the last fifty years. The observed skip dynamics can be explained in relatively simple terms by basic epidemiological principles. The general population had never been exposed to the novel strain of H1N1pdm until it surfaced in March 2009. This made it possible for the pandemic to spread worldwide, even though it was outside many nations' typical influenza season. Each subsequent epidemic outbreak increased the general public's exposure to the novel H1N1pdm strain over time, strengthening population immunity and lowering the number of vulnerable people [20]. Seasonal influenza is responsible for a significant annual burden of lower respiratory tract infections (LRTIs) and other respiratory conditions (such as chronic obstructive pulmonary disease), even though the burden of influenza is frequently discussed concerning past pandemics and the threat of future pandemics. A systematic scientific attempt to measure the health loss linked to a wide range of illnesses and impairments is the Global Burden of Disease Study (GBD) 2017. An influenza pandemic in 1918 is thought to have claimed between 20 and 50 million lives, surpassing the death toll from World War 1. Seasonal influenza continues to have a significant role in the rising global incidence of lower respiratory tract infections (LRTIs) today [21]. Influenza virus infections are common in people of all ages. Epidemics occur in the winter months in temperate locations and at varying times of the year in subtropical and tropical locations. Most influenza virus infections cause mild and self-limiting disease, and around one-half of all infections occur with a fever. Only a tiny minority of infections lead to severe diseases requiring hospitalisation. During epidemics, the rates

of influenza virus infections are typically highest in school-age children. The clinical severity of infections tends to increase at the extremes of age and with the presence of underlying medical conditions, and the impact of epidemics is most remarkable in these groups. Every year, Significant morbidity and mortality are caused by influenza epidemics, and influenza pandemics could have an even more significant effect than the 2019 coronavirus outbreak. To create more effective control strategies, we must know how influenza is spread [22].

A novel strain of influenza virus A H1N1, also known as "swine flu," started to spread in several nations worldwide in April 2009. Although the genomic makeup of the most recent H1N1 virus strain differs significantly from that of the previously identified isolates, it has been discovered to share close ties with the swine flu virus. The genetic features of this new virus were not previously found in Influenza A in humans, pigs, or poultry [23]. According to phylogenetic analysis of recently made public whole genome sequences of the human influenza A virus, several viral lineages commonly co-circulate within a single geographic location. This contrasts with earlier research that showed a single dominant and selectively preferred lineage in the HA1 (hemagglutinin) domain alone [24]. While influenza epidemiology varies considerably throughout the year in equatorial locations, the influenza seasons typically occur between November and April in temperate regions of the Northern Hemisphere (NH) and between May and October in the Southern Hemisphere (SH). GISN tracks the epidemiology and characteristics of influenza viruses all year round to identify the emergence and dissemination of novel antigenic variations. Based on data from GISN and assessed by a group of officials from the CC, ERL, NIC, and others, the WHO has issued official annual recommendations for the formulation of seasonal influenza vaccinations every February since 1971 [25]. On June 11, 2009, the World Health Organization (WHO) declared a pandemic alert level 6. This warning level was increased from 5 to 6 in less than 20 days, and as of right now, the infection has spread to 208 countries worldwide with 2,46,571 confirmed cases and 9596 deaths [26]. The year 2009 marked the beginning of a pandemic brought on by a fresh strain of the H1N1 influenza virus. The outbreak started in March when officials in Mexico noticed a greater-than-anticipated rise in flu-like episodes and the simultaneous development of unusual instances of pneumonia1. The pandemic influenza virus (H1N1) 2009 is the current name for the etiological agent that was identified in early

April 2009 by the Centers for Disease Control and Prevention (CDC/Atlanta, USA) and reported to the World Health Organization (WHO) in compliance with the 2005 International Health Regulations [27]. Following the 1968 H3N2 virus pandemic, influenza A(H3N2) viruses became common in humans and have been a primary contributor to influenza outbreaks. These viruses evolve continuously by reassortment and genomic evolution. Antigenic drift is the cause for the need to update influenza vaccines frequently. Using two data sets that span the entire period of circulation of A (H3N2) influenza viruses in humans, it was shown that H3N2 influenza virus evolution can be mapped to 13 antigenic clusters [28]. The linkage between the virologic profile and clinical characteristics of individuals affected by the influenza virus offers crucial data for clinical care and epidemiological control of upcoming illness epidemics. Control of the forthcoming epidemics is based primarily on the analysis of patients and comparison of viral load in conjunction with epidemiological information. The median viral load was more significant during the pandemic than seasonal influenza. In pH1N1 (2009)-infected patients, the viral load was positively correlated with chills, myalgia, and rhinorrhea and negatively correlated with dyspnea; no correlation was seen with other symptoms or with clinical circumstances, including immunodepression, pregnancy, smoking, or comorbidities [29].

Conclusion

The comprehension and control of seasonal influenza outbreaks and pandemics heavily rely on the genetic variety and epidemiological makeup of influenza viruses within the human population. Some essential features of influenza viruses' epidemiological profile and genetic diversity in the human population followed: In the first, point mutations in the genes that encode the surface proteins hemagglutinin (HA) and neuraminidase (NA) accumulate through a process called "antigenic drift." These mutations result in minor changes to the viral surface proteins and generate seasonal flu outbreaks. This enables the virus to evade any immunity that

might have previously formed. When two different influenza viruses infect the same host cell and share genetic material, a more severe genetic alteration known as an "antigenic shift" occurs. As demonstrated by the H1N1 virus that caused the 2009 flu pandemic, this mechanism may lead to novel influenza strains that can potentially produce pandemics.

The second one is the epidemiological profile, in which researching the incidence, influence on human health, and transmission patterns are all part of the epidemiological profile of influenza viruses. Essential elements consist of seasonal variation in which influenza follows seasonal trends, peaking in temperate locations in the colder months of the year. A few examples of the variables that affect this seasonality are humidity, temperature, and human behavior. The transmission dynamics, in which respiratory droplets and close contact with infected persons are the main ways influenza spreads. Comprehending transmission dynamics, encompassing variables like vaccination coverage, travel patterns, and population density, is imperative to execute efficacious control strategies. Also, influenza's effects on health can range from moderate to severe respiratory illnesses, and it can result in complications like pneumonia, particularly in susceptible groups, including the elderly, small children, and people with underlying medical disorders. The virulence and transmissibility of circulating strains of influenza can cause variations in the annual burden of the disease on public health systems.

The third one is surveillance and monitoring systems, which are respiratory droplets and close contact with infected persons, the main ways influenza spreads. Comprehending transmission dynamics, encompassing variables like vaccination coverage, travel patterns, and population density, is imperative to execute efficacious control strategies. As we know, researchers and public health officials can gain a better understanding of the behavior of influenza viruses and develop measures to prevent and control flu outbreaks and pandemics by combining data from genetic studies, epidemiological surveillance, and clinical observations so it would be better to cooperate with them from time to time and get accurate and precise information.

References

1. Barr I. G., McCauley J., Cox N., Daniels R., Engelhardt O. G., Fukuda K., Zhang W., et al. Epidemiological, antigenic and genetic characteristics of seasonal influenza A (H1N1), A (H3N2) and B influenza viruses: basis for the WHO recommendation on the composition of influenza vaccines for use in the 2009–2010 Northern Hemisphere season // *Vaccine*. – 2010. – Vol. 28, №5. – P. 1156-1167.

2. Brooke C. B. Population diversity and collective interactions during influenza virus infection // *Journal of Virology*. – 2017. – Vol. 91, №22. – Article №10-1128.
3. Cobbin J. C., Alfelali M., Barasheed O., Taylor J., Dwyer D. E., Kok J., Rashid H., et al. Multiple sources of genetic diversity of influenza A viruses during the Hajj // *Journal of Virology*. – 2017. – Vol. 91, №11. – Article №10-1128.
4. Dwibedi B., Sabat J., Dixit S., Rathore S., Subhadra S., Panda S., Kar S. K., et al. Epidemiological and clinical profile of Influenza A (H1N1) pdm09 in Odisha, eastern India // *Heliyon*. – 2019. – Vol. 5, №10.
5. El-Kafrawy S. A., Alsayed S. M., Faizo A. A., Bajrai L. H., Uthman N. A., Alsaed M. S., Azhar E. I., et al. Genetic diversity and molecular analysis of human influenza virus among pilgrims during Hajj // *Heliyon*. – 2024. – Vol. 10, №1.
6. Ghedin E., Fitch A., Boyne A., Griesemer S., DePasse J., Bera J., Spiro D. J., et al. Mixed infection and the genesis of influenza virus diversity // *Journal of Virology*. – 2009. – Vol. 83, №17. – P. 8832-8841.
7. Gorini da Veiga A. B., Kretzmann N. A., Corrêa L. T., Goshiyama A. M., Baccin T., Ardenghi P., Alves d’Azevedo P., et al. Viral load and epidemiological profile of patients infected by pandemic influenza A (H1N1) 2009 and seasonal influenza A virus in Southern Brazil // *Journal of Medical Virology*. – 2012. – Vol. 84, №3. – P. 371-379.
8. He D., Lui R., Wang L., Tse C. K., Yang L., Stone L. Global spatio-temporal patterns of influenza in the post-pandemic era // *Scientific Reports*. – 2015. – Vol. 5, №1. – P. 1-11.
9. Hussain M., Galvin H. D., Haw T. Y., Nutsford A. N., Husain M. Drug resistance in influenza A virus: the epidemiology and management // *Infection and Drug Resistance*. – 2017. – P. 121-134.
10. Islam Q. T., Kahhar A., Arif S. M., Kabir A., Arif K. M., Kibria G., Quader B., et al. Epidemiological profile of pandemic Influenza A (H1N1) 2009 at Dhaka Medical College Hospital // *Hypertension*. – 2010. – Vol. 1. – P. 3-57.
11. Lee H. K., Tang J. W. T., Kong D. H. L., Koay E. S. C. Simplified large-scale Sanger genome sequencing for the influenza A/H3N2 virus // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8, №5. – Article №e64785.
12. López-Labrador F. X., Natividad-Sancho A., Pisareva M., Komissarov A., Salvatierra K., Fadeev A., Puig-Barberà J., et al. Genetic characterization of influenza viruses from influenza-related hospital admissions in the St. Petersburg and Valencia sites of the Global Influenza Hospital Surveillance Network during the 2013/14 influenza season // *Journal of Clinical Virology*. – 2016. – Vol. 84. – P. 32-38.
13. Mubareka S., Palese P. Influenza virus: the biology of a changing virus // *Influenza Vaccines for the Future*. – 2011. – P. 3-26.
14. Nelson M., Holmes E. The evolution of epidemic influenza // *Nature Reviews Genetics*. – 2007. – Vol. 8. – P. 196-205.
15. Pires Neto R. D. J., Lemos D. R. Q., Cavalcanti L. P. D. G., Ramos Junior A. N., Alencar C. H., Façanha M. C., Fonseca Neto M. D. D., et al. Pandemic Influenza A (H1N1) 2009: Epidemiological analysis of cases in Brazil’s tropical/semi-arid region // *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. – 2013. – Vol. 46. – P. 141-146.
16. Poon L. L., Song T., Rosenfeld R., Lin X., Rogers M. B., Zhou B., Ghedin E., et al. Quantifying influenza virus diversity and transmission in humans // *Nature Genetics*. – 2016. – Vol. 48, №2. – P. 195-200.
17. Rutvisuttinunt W., Chinnawirotpisan P., Thaisomboonsuk B., Rodpradit P., Ajariyakhajorn C., Manasatienkij W., Fernandez S., et al. Viral subpopulation diversity in influenza virus isolates compared to clinical specimens // *Journal of Clinical Virology*. – 2015. – Vol. 68. – P. 16-23.
18. Ryu S., Cowling B. J. Human influenza epidemiology // *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. – 2021. – Vol. 11, №12. – Article №a038356.
19. Sambaturu N., Mukherjee S., López-Garcia M., Molina-Paris C., Menon G. I., Chandra N. Role of genetic heterogeneity in determining the epidemiological severity of H1N1 influenza // *PLoS Computational Biology*. – 2018. – Vol. 14, №3. – Article №e1006069.
20. Sampath R., Russell K. L., Massire C., Eshoo M. W., Harpin V., Blyn L. B., Ecker D. J., et al. Global surveillance of emerging Influenza virus genotypes by mass spectrometry // *PLoS One*. – 2007. – Vol. 2, №5. – Article №e489.
21. Sheppard C. M., Goldhill D. H., Swann O. C., et al. An Influenza A virus can evolve to use human ANP32E through altering polymerase dimerisation // *Nat Commun*. – 2023. – Vol. 14. – Article №6135. – DOI: 10.1038/s41467-023-41308-4.
22. Siddharth V., Goyal V., Kaushal V. K. Clinical-epidemiological profile of influenza A H1N1 cases at a tertiary care institute of India // *Indian Journal of Community Medicine*. – 2012. – Vol. 37, №4. – P. 232-235.
23. Troeger C. E., Blacker B. F., Khalil I. A., Zimsen S. R., Albertson S. B., Abate D., Rai R. K., et al. Mortality, morbidity, and hospitalizations due to influenza lower respiratory tract infections, 2017: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 // *The Lancet Respiratory Medicine*. – 2019. – Vol. 7, №1. – P. 69-89.
24. Tsai K. N., Chen G. W. Influenza genome diversity and evolution // *Microbes and Infection*. – 2011. – Vol. 13, №5. – P. 479-488.
25. Westgeest K. B., Russell C. A., Lin X., Spronken M. I., Bestebroer T. M., Bahl J., de Graaf M., et al. Genomewide analysis of reassortment and evolution of human influenza A (H3N2) viruses circulating between 1968 and 2011 // *Journal of Virology*. – 2014. – Vol. 88, №5. – P. 2844-2857.
26. Wille M., Holmes E. C. The ecology and evolution of influenza viruses // *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. – 2020. – Vol. 10, №7. – Article №a038489.
27. Xue K. S., Moncla L. H., Bedford T., Bloom J. D. Within-host evolution of human influenza virus // *Trends in Microbiology*. – 2018. – Vol. 26, №9. – P. 781-793.
28. Zhang C., Zhao Z., Guo Z., Zhang J., Li J., Yang Y., Qian J., et al. Amino acid substitutions associated with avian H5N6 influenza A virus adaptation to mice // *Frontiers in Microbiology*. – 2017. – Vol. 8. – Article №1763.
29. Zheng L., Lin Y., Yang J., et al. Global variability of influenza activity and virus subtype circulation from 2011 to 2023 // *BMJ Open Respiratory Research*. – 2023. – Vol. 10. – Article №e001638. – DOI: 10.1136/bmjresp-2023-001638.

References

1. Barr, I. G., McCauley, J., Cox, N., Daniels, R., Engelhardt, O. G., Fukuda, K., ... & Zhang, W. (2010). Epidemiological, antigenic, and genetic characteristics of seasonal influenza A (H1N1), A (H3N2), and B viruses: Basis for the WHO recommendation on the composition of influenza vaccines for use in the 2009–2010 Northern Hemisphere season. *Vaccine*, 28(5), 1156–1167. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.10.140>
2. Brooke, C. B. (2017). Population diversity and collective interactions during influenza virus infection. *Journal of Virology*, 91(22), 10–1128. <https://doi.org/10.1128/JVI.01186-17>
3. Cobbin, J. C., Alfelali, M., Barasheed, O., Taylor, J., Dwyer, D. E., Kok, J., ... & Rashid, H. (2017). Multiple sources of genetic diversity of influenza A viruses during the Hajj. *Journal of Virology*, 91(11), 10–1128. <https://doi.org/10.1128/JVI.01292-16>
4. Dwibedi, B., Sabat, J., Dixit, S., Rathore, S., Subhadra, S., Panda, S., ... & Kar, S. K. (2019). Epidemiological and clinical profile of Influenza A (H1N1)pdm09 in Odisha, eastern India. *Heliyon*, 5(10), e02691. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02691>
5. El-Kafrawy, S. A., Alsayed, S. M., Faizo, A. A., Bajrai, L. H., Uthman, N. A., Alsaed, M. S., ... & Azhar, E. I. (2024). Genetic diversity and molecular analysis of human influenza virus among pilgrims during Hajj. *Heliyon*, 10(1), e01429. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e01429>
6. Ghedin, E., Fitch, A., Boyne, A., Griesemer, S., DePasse, J., Bera, J., ... & Spiro, D. J. (2009). Mixed infection and the genesis of influenza virus diversity. *Journal of Virology*, 83(17), 8832–8841. <https://doi.org/10.1128/JVI.00576-09>
7. Gorini da Veiga, A. B., Kretzmann, N. A., Corrêa, L. T., Goshiyama, A. M., Baccin, T., Ardenghi, P., ... & Alves d'Azevedo, P. (2012). Viral load and epidemiological profile of patients infected by pandemic influenza A (H1N1)2009 and seasonal influenza A virus in Southern Brazil. *Journal of Medical Virology*, 84(3), 371–379. <https://doi.org/10.1002/jmv.23188>
8. He, D., Lui, R., Wang, L., Tse, C. K., Yang, L., & Stone, L. (2015). Global spatio-temporal patterns of influenza in the post-pandemic era. *Scientific Reports*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/srep11013>
9. Hussain, M., Galvin, H. D., Haw, T. Y., Nutsford, A. N., & Husain, M. (2017). Drug resistance in influenza A virus: The epidemiology and management. *Infection and Drug Resistance*, 10, 121–134. <https://doi.org/10.2147/IDR.S105473>
10. Islam, Q. T., Kahhar, A., Arif, S. M., Kabir, A., Arif, K. M., Kibria, G., ... & Quader, B. (2010). Epidemiological profile of pandemic influenza A (H1N1) 2009 at Dhaka Medical College Hospital. *Hypertension*, 1, 3–57.
11. Lee, H. K., Tang, J. W. T., Kong, D. H. L., & Koay, E. S. C. (2013). Simplified large-scale Sanger genome sequencing for the influenza A/H3N2 virus. *PLoS One*, 8(5), e64785. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064785>
12. López-Labrador, F. X., Natividad-Sancho, A., Pisareva, M., Komissarov, A., Salvatierra, K., Fadeev, A., ... & Puig-Barberà, J. (2016). Genetic characterization of influenza viruses from influenza-related hospital admissions during the 2013/14 season. *Journal of Clinical Virology*, 84, 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2016.09.011>
13. Mubareka, S., & Palese, P. (2011). Influenza virus: The biology of a changing virus. *Influenza Vaccines for the Future*, 3–26.
14. Nelson, M., Holmes, E. (2007). The evolution of epidemic influenza. *Nature Reviews Genetics*, 8, 196–205. <https://doi.org/10.1038/nrg2053>
15. Pires Neto, R. D. J., Lemos, D. R. Q., Cavalcanti, L. P. D. G., Ramos Junior, A. N., Alencar, C. H., Façanha, M. C., ... & Fonseca Neto, M. D. D. (2013). Pandemic influenza A (H1N1) 2009: Epidemiological analysis in Brazil's tropical/semi-arid region. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 46, 141–146.
16. Poon, L. L., Song, T., Rosenfeld, R., Lin, X., Rogers, M. B., Zhou, B., ... & Ghedin, E. (2016). Quantifying influenza virus diversity and transmission in humans. *Nature Genetics*, 48(2), 195–200. <https://doi.org/10.1038/ng.3479>
17. Rutvisuttinunt, W., Chinnawirotpisan, P., Thaisomboonsuk, B., Rodpradit, P., Ajariyakhajorn, C., Manasatienkij, W., ... & Fernandez, S. (2015). Viral subpopulation diversity in influenza virus isolates compared to clinical specimens. *Journal of Clinical Virology*, 68, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2015.05.009>
18. Ryu, S., & Cowling, B. J. (2021). Human influenza epidemiology. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 11(12), a038356. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a038356>
19. Sambaturu, N., Mukherjee, S., López-García, M., Molina-Paris, C., Menon, G. I., & Chandra, N. (2018). Role of genetic heterogeneity in determining the epidemiological severity of H1N1 influenza. *PLoS Computational Biology*, 14(3), e1006069. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006069>
20. Sampath, R., Russell, K. L., Massire, C., Eshoo, M. W., Harpin, V., Blyn, L. B., ... & Ecker, D. J. (2007). Global surveillance of emerging influenza virus genotypes by mass spectrometry. *PLoS One*, 2(5), e489. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000489>
21. Sheppard, C. M., Goldhill, D. H., Swann, O. C., et al. (2023). An influenza A virus can evolve to use human ANP32E through altering polymerase dimerization. *Nature Communications*, 14, 6135. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41308-4>
22. Siddharth, V., Goyal, V., & Koushal, V. K. (2012). Clinical-epidemiological profile of influenza A H1N1 cases at a tertiary care institute of India. *Indian Journal of Community Medicine*, 37(4), 232–235.
23. Troeger, C. E., Blacker, B. F., Khalil, I. A., Zimsen, S. R., Albertson, S. B., Abate, D., et al. (2019). Mortality, morbidity, and hospitalizations due to influenza lower respiratory tract infections, 2017: An analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Respiratory Medicine*, 7(1), 69–89.
24. Tsai, K. N., & Chen, G. W. (2011). Influenza genome diversity and evolution. *Microbes and Infection*, 13(5), 479–488.
25. Westgeest, K. B., Russell, C. A., Lin, X., Spronken, M. I., Bestebroer, T. M., Bahl, J., et al. (2014). Genomewide analysis of reassortment and evolution of human influenza A (H3N2) viruses circulating between 1968 and 2011. *Journal of Virology*, 88(5), 2844–2857.

26. Wille, M., & Holmes, E. C. (2020). The ecology and evolution of influenza viruses. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 10(7), a038489.
27. Xue, K. S., Moncla, L. H., Bedford, T., & Bloom, J. D. (2018). Within-host evolution of human influenza virus. *Trends in Microbiology*, 26(9), 781–793.
28. Zhang, C., Zhao, Z., Guo, Z., Zhang, J., Li, J., Yang, Y., et al. (2017). Amino acid substitutions associated with avian H5N6 influenza A virus adaptation to mice. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1763.
29. Zheng, L., Lin, Y., Yang, J., et al. (2023). Global variability of influenza activity and virus subtype circulation from 2011 to 2023. *BMJ Open Respiratory Research*, 10, e001638. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2023-001638>

Information about authors:

Hujatullah Mukhlis – Teaching Assistant, Department of Biology, Zabul University (Zabul, Afghanistan, e-mail: mukhlis.jan123@gmail.com);

Ghulam Rabbani Neyazi – Teaching Assistant, Department of Biology, Badakhshan University (Badakhshan, Afghanistan, e-mail: rabanineyazi2016@mail.com)

Авторлар туралы мәліметтер:

Худжатулла Мухлис – Забул университетінің биология кафедрасының ассистенті (Забул, Ауғанстан, e-mail: mukhlis.jan123@gmail.com);

Гулам Раббани Неязи – Бадахшан университетінің биология кафедрасының ассистенті (Бадахшан, Ауғанстан, e-mail: rabanineyazi2016@mail.com)

Received November 13, 2024

Accepted November 25, 2024

Б.М. Аширбеков 

Международная медицинская школа Университета международного бизнеса,
г. Алматы, Казахстан
e-mail: ashirbekov.bm@gmail.com

О ПРОИСХОЖДЕНИИ ПСИХИКИ

Вопрос о происхождении психики – это один из фундаментальных вопросов в биологии и психологии. Ответ на него неразрывно связан с пониманием того, что такое вообще психика.

Цель этой статьи – ответить на вопрос, когда и как в ходе эволюции появилась психика, и тем самым прояснить понятие психики.

В работе применены методы теоретического анализа, обобщения и мысленного моделирования.

Психикой обладают не все живые организмы, этот способ взаимодействия с внешним миром появляется на определенном этапе эволюции и обеспечивается нервной системой, достигшей необходимого уровня сложности. Психика впервые в природе появляется вместе с возникновением чувствительности (в виде ощущений). Ощущения есть психический процесс установления условных связей между безусловным и условным раздражителями. На физиологическом уровне условные связи обеспечиваются условными рефлексами. Условные рефлексы требуют наличия нервной системы определенной степени развития. Самые ранние животные с нервной системой, удовлетворяющей минимальным требованиям, – это, видимо, плоские черви. С этих организмов можно вести точку отсчета появления психики в эволюционной лестнице.

Психика есть этап на биологическом эволюционном пути развития форм отражения и взаимодействия, используемых организмами. Рассмотрение природы психики в совокупности с данными биологии позволяет более четко очертить ее границы, понять ее суть и описать ее возникновение.

Ключевые слова: условный рефлекс, ощущение, эволюция психики, возникновение психики, природа психики

B.M. Ashirbekov

International Medical School of University of International Business, Almaty, Kazakhstan
e-mail: ashirbekov.bm@gmail.com

On the origin of the psyche

The question of the origin of the psyche is one of the fundamental questions in biology and psychology. The answer to it is inextricably linked with an understanding of what the psyche is in general.

The objective of this article is to answer the question of when and how the psyche appeared in evolution, and thereby clarify the concept of the psyche.

In the article methods of theoretical analysis, generalization and mental modeling are used.

Not all living organisms have a psyche; this method of interaction with the world appears at a certain stage of evolution and is provided by a nervous system that has reached the required level of complexity. The psyche first appears in nature with the emergence of sensitivity (in the form of sensations). Sensations are the mental process of establishing conditioned connections between unconditioned and conditioned stimuli. At the physiological level, conditioned connections are provided by conditioned reflexes. Conditioned reflexes require the presence of a nervous system of a certain degree of development. The earliest animals with a nervous system that meets the minimum requirements are apparently flatworms. These organisms can be considered as a starting point for the appearance of the psyche in the evolution.

The psyche is a stage on the biological evolutionary path of development of the forms of reflection and interaction used by organisms. Consideration of the nature of the psyche in conjunction with biological data allows us to more clearly outline boundaries, understand essence and describe the origin of the psyche.

Key words: conditioned reflex, sensation, evolution of the psyche, the origin of the psyche, nature of the psyche.

Б.М. Әшірбеков

Халықаралық бизнес университетінің Халықаралық медицина мектебі, Алматы қ., Қазақстан
e-mail: ashirbekov.bm@gmail.com

Психиканың пайда болуы туралы

Психиканың пайда болуы – биология мен психологиядағы мен негізгі мәселелерің бірі болып табылады. Оның жауабы жалпы психиканың не екенін түсінуімен тығыз байланысты.

Бұл мақаланың мақсаты – эволюция барысында психика қашан және қалай пайда болды деген сұраққа жауап беру және сол арқылы психика ұғымын нақтылау.

Осы мақалада теориялық талдау, жалпылау және психикалық модельдеу әдістері қолданылады.

Барлық тірі организмдер психикаға ие емес. Сыртқы әлеммен өзара әрекеттесудің бұл әдісі эволюцияның белгілі бір кезеңінде пайда болады және қажетті күрделілік деңгейіне жеткен жүйке жүйенің болуын талап етеді. Психика табиғатта алғаш рет сезімталдықпен бірге пайда болады (түйсік түрінде). Түйсік – бұл шартсыз және шартты тітіркендіргіштер арасында шартты байланыс орнатудың психикалық процесі. Физиологиялық деңгейде шартты байланыстар шартты рефлексстермен қамтамасыз етіледі. Шартты рефлексстер белгілі бір дәрежеде дамыған жүйке жүйесін талап етеді. Ең төменгі талаптарға сай жүйке жүйесі бар жануарлардың алғашқысы болып жалпақ құрттар табылады. Осы организмдерден бастап эволюцияның барысында психиканың пайда болғаның болжауға болады.

Психика – организмдер қолданатын бейнелеу мен өзара әрекеттесу формаларының дамуының биологиялық эволюциялық жолындағы кезең. Психиканың табиғатын биология деректерімен бірге қарастыру оның шекараларын неғұрлым нақты анықтауға, оның мәнін түсінуге және оның пайда болуын сипаттауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: шартты рефлекс, түйсік, психиканың эволюциясы, психиканың пайда болуы, психиканың табиғаты.

Введение

Вопрос о происхождении психики – это один из фундаментальных вопросов в биологии и психологии. Ответ на него неразрывно связан с пониманием того, что такое в целом психика. Если мы знаем, как и на каком этапе эволюции появилась психика, то мы лучше понимаем, что это вообще такое.

Исторически подходы к решению этого вопроса сводились к следующим концепциям [1-4]:

- панпсихизм: считалось, что психикой обладают все формы материи (в этой концепции психика отождествляется либо с понятием души, либо с понятием отражения);

- биопсихизм: психикой обладает все живые формы материи (подразумевается, что психика начинается с раздражимости);

- анималопсихизм: психикой обладают только животные (концепция исходит из того, что наличие психики предполагает не только раздражимость, но и поведенческую активность);

- нейрпсихизм: психикой обладают только животные с нервной системой (психика рассматривается как способ функционирования нервной системы);

- антропсихизм: психикой обладает только человек (здесь, видимо, отождествляется психика и сознание).

В большинстве концепций психика понимается, в основном, как некая способность, свойство живого организма. Подобное рассмотрение психики в отрыве от ее структурной составляющей приводит к разному определению ее границ: от чрезвычайно широких до слишком узких.

В вопросе происхождения и определения границ психики наиболее известны и цитируемы работы А.Н. Леонтьева и К.Э. Фабри [5, 6]. Они считали, что психика появляется вместе с чувствительностью, и ею обладают уже простейшие (например, инфузории) и допускали возможность развития у них условных связей. Однако, предполагаемый механизм формирования этих связей они так и не описали. Опыты, на которые они ссылались и в которых якобы была продемонстрирована возможность обучаемости инфузорий, позднее были признаны некорректными [7]. Тем не менее, некоторые современные авторы продолжают опираться на их работы и пытаются в той или иной мере раскрыть и дополнить их основную идею [1, 8-10]. Недостатком этой идеи является рассмотрение психики односторонне с функциональной точки

зрения без взаимосвязи с ее структурной составляющей. Психика – это не только способность к чему то, но и некая система, обеспечивающая эту способность.

Цель этой статьи – ответить на вопрос, когда и как в ходе эволюции появилась психика, и тем самым прояснить понятие психики.

Результаты и обсуждение

Психика как часть естественного мира

Идея эволюции как универсального принципа Вселенной высказана еще в середине XIX века философом Гербертом Спенсером [11]. Эволюция материи миллиарды лет идет от элементарных частиц и атомов ко все более сложным структурам. По мере усложнения материи сформировались последовательно физический, химический и биологический «уровни» мира. Компоненты и системы «нижележащего» уровня являются одновременно элементами более сложных систем «вышележащего». Каждый уровень базируется на «нижележащем» и при этом имеет свои собственные законы по универсальному принципу «система является большим, чем сумма ее элементов» [12]. Постепенное количественное усложнение систем приводит к качественным скачкам – появлению новых системных свойств на более высшем уровне. Эти новые свойства материи зачастую невозможно понять и вывести логически из «предшествующих» качеств материи и, видимо, необходимо принимать их как данность, подобно физическим константам.

На определенном этапе биологической эволюции появляется и развивается психика, как необходимое условие для дальнейшего усложнения биологических систем (организмов).

Психика функционирует по законам, часть которых не выводится из биологических предпосылок. Она формирует новый – психический – уровень бытия и, достигнув определенного уровня развития, уже сама порождает отдельные пласты реальности: общественные отношения, культуру и технологии.

Психика не является неким эпифеноменом или трансцендентным процессом, протекающим параллельно «истинно физическим» явлениям. Психика есть неотъемлемая естественная часть мира, появившаяся на определенном этапе эволюции материи.

Психика как форма отражения

Согласно теории отражения способность к отражению является универсальным свойством материи [13]. Объекты, которые взаимодействуют друг с другом, то есть влияют друг на друга, в то же время отражают свойства друг друга. Мы можем в какой-то степени судить о свойствах какого-либо объекта по тем изменениям, которые он вызвал в другом объекте.

Взаимодействие в неорганической природе есть примитивная форма отражения. Отражение в виде пассивного изменения, которое было преимущественной формой отражения в неорганическом мире, постепенно трансформируется в адаптивное отражение, результатом которого было усовершенствование жизненной организации и закрепление внешних воздействий в тех или иных химических комбинациях первичных биологических систем. Живые организмы приобретают способность «опережающего отражения действительности», таким образом они приспосабливаются к изменчивости мира. Организмы, приобретают способность опережать ход внешних событий, тем самым с наибольшей выгодой приспосабливаются к будущим, часто опасным, явлениям внешнего мира задолго до того, как эти явления будут иметь место [14].

У примитивных организмов отражение реализуется за счет биохимических процессов. Затем, по мере эволюционного усложнения живых систем, отражение обеспечивается физиологическими нервными процессами, а затем психикой. Психика является высшей формой отражения, тем самым фактором, который «в весьма значительной степени повышает пластичность животных по отношению к быстрым изменениям среды» [15].

Возникновение психики

С.Л. Рубинштейн и А.Н. Леонтьев обозначили, что психика появляется тогда, когда возникает ощущение и чувствительность [5, 16]. То есть, ощущение – это элементарный психический процесс. С ощущения начинается психика.

Нам следует понять, когда, на каком этапе эволюции, у каких организмов впервые появляются ощущения. А.Н. Леонтьев [5] решил почему-то, что эта способность появляется уже у простейших одноклеточных организмов (инфузорий), так и не пояснив, за счет каких механизмов реализуется такая способность. Этот

момент в его гипотезе противоречив и по настоящее время не подкреплен ни эмпирически, ни теоретически, на что указывают и другие авторы [17, 18].

В качестве гипотезы рассмотрим ход эволюционных событий, который представляется более последовательным и логичным.

Живые организмы должны взаимодействовать с внешней средой для поддержания своей жизнедеятельности. Взаимодействие проявляется в виде обмена веществ и энергии, а также реагирования на изменения, происходящие вокруг организма. Раздражимость является самой простой формой реагирования на внешние раздражения. Раздражимость – это фундаментальное свойство живой клетки и в ходе эволюции материи появляется вместе с возникновением этой сложной формы биологической системы [19]. Раздражимость обеспечивает простое приспособительное поведение в виде тропизма и таксиса [20]. Реализуется такая активность за счет физико-химических механизмов: внешнее раздражение запускает цепь химических реакций внутри клетки. Этот механизм жестко и однозначно детерминирован генетическим кодом. Определенная активация определенного рецептора всегда приведет к определенной последовательности физико-химических процессов, которые приведут к определенному поведенческому проявлению.

На следующем этапе эволюции появляются простые многоклеточные организмы. В них за рецепцию раздражений отвечают специальные клетки – нервные клетки. Нервные клетки образуют примитивные формы нервной системы (например, диффузная нервная система у гидры [21]).

В ответ на раздражение нейроны генерируют электрический потенциал, который быстро распространяется по нервной системе и передается на клетки-эффекторы (например, мышечные). Совместная работа этих клеток обеспечивает приспособительное поведение всего организма. За счет специализации функций происходит гораздо более быстрая и скоординированная реакция организма, которая обеспечивается не просто последовательностью химических реакций, но уже физиологическим процессом распространения возбуждения. Так появляется безусловный рефлекс.

По мере усложнения организмов усложняется и нервная система, растет количество нейронов и связей между ними. На данном этапе эволюции нервная система функционирует за

счет безусловных рефлексов. Эти рефлексы обеспечивают более быструю реакцию организма, большее разнообразие реакций. Какое-то время эволюция продолжается за счет экстенсивного роста нервной системы и наращивания количества безусловных рефлексов. Организм реагирует на большее количество раздражителей в виде большего количества двигательных ответов.

Однако эти рефлексы по-прежнему детерминированы генетическим кодом. Это накладывает большие ограничения на разнообразие и гибкость поведения организма. При таком виде программирования ответов адаптация к изменениям внешней среды невозможна без изменений в генетическом коде, а на это уходят тысячи и миллионы лет. Рост разнообразия (а значит, и адаптивности) поведения таких организмов ограничена ресурсами ДНК и небольшими мощностями примитивной нервной системы.

Для дальнейшей эволюции, для дальнейшего усложнения организмов, для дальнейшего роста возможностей адаптации возникает потребность в принципиально новом подходе в отражении окружающего мира и взаимодействии с ним.

Когда экстенсивный количественный прогресс нервной системы достигает определенного уровня, количество переходит в качество, и система приобретает новое уникальное системное свойство – способность образовывать условные связи. Появляется условный рефлекс.

Нервная система обретает способность связывать между собой два раздражителя, имеющих общность по временному параметру: воздействующих одновременно или в течение относительно небольшого промежутка времени. Один из них является жизненно важным раздражителем, запускающим безусловный рефлекс. Вторым раздражителем сам по себе является «нейтральным», его воздействие на организм не имеет непосредственного влияния на метаболические процессы. При формировании условной связи «нейтральный» раздражитель приобретает значимость жизненно важного и запускает механизм безусловного рефлекса. Таким образом, нейтральный раздражитель становится сигналом для организма, сигнализирующим о скором воздействии важного раздражителя [22]. Организм, получив это сигнал, не дожидаясь непосредственного воздействия жизненно важного раздражения, уже запускает ответную реакцию, опережая события, подготавливаясь и получая некое преимущество во времени. «Опережающее отражение» выходит на новый уровень.

Почему организм вообще изначально реагирует на нейтральный раздражитель? На этот вопрос, возможно, следует ответить следующим образом.

Живые системы в ходе эволюции приобретают способность реагировать только на ограниченное количество раздражителей, важных для жизнедеятельности («биотические» раздражители по А.Н. Леонтьеву [5]). В целях экономии ресурсов и энергии нейтральные раздражители остаются «без внимания». Однако, и на одни и те же биотические раздражители реакция организма бывает разной. При постоянной интенсивности раздражителя реакция организма может угасать и вовсе исчезать. Вновь реакция возникает при изменении интенсивности воздействия. Таким образом организм начинает реагировать не на сам раздражитель, а на изменение его интенсивности воздействия.

Рассмотрим пример. У простейших имеется отражение-движение, отражение-взаимодействие. Отражение реализуется через ряд внутренних химических процессов и двигательный ответ. Ориентиром к движению служит изменение концентрации вещества [23]. Если это аттрактант (полезное вещество – еда), то организм движется в сторону увеличения концентрации. При стабильной концентрации вещества в определенном объеме пространства организм стоит на месте. Отражается таким образом не столько само вещество, сколько изменение в его концентрации. Изменение в концентрации изменяет количество раздражаемых рецепторов. Изменение в количестве раздражаемых рецепторов запускает цепь реакций. Таким образом, организм реагирует на изменение в среде, но при этом раздражителем становится изменение количества вещества, а не само по себе вещество (здесь можно говорить о некой степени абстракции в отражении).

Само изменение интенсивности воздействия прежнего раздражителя становится самостоятельным триггером. Организм реагирует на изменение какого-то параметра в окружающей среде, т.е. он реагирует на что-то новое. Постепенно закрепляется эта способность реагировать на новое (в рамках доступной рецепции). Из этой способности, имеющейся еще у простейших, и вырастает ориентировочный безусловный рефлекс (реакция на новое [24]) у организмов, обладающих нервной системой.

Итак, условный рефлекс связывает два безусловных рефлекса, один из которых является ориентировочным. Комбинация ограниченного

числа безусловных рефлексов позволяет получить на порядок большее количество условных рефлексов. По мере дальнейшего усложнения нервной системы образуются условные связи 2-го, 3-го и т.д. порядка. Условные рефлексы образуются уже на базе других условных рефлексов. Это лавинообразно наращивает возможности организма по разностороннему отражению внешнего мира.

С момента появления условного рефлекса больше не требуется кодировать все доступные виды раздражений и поведенческих реакций организма на уровне ДНК. Способы ответа на новые раздражители уже можно закреплять в нервной системе индивидуального организма с помощью условных рефлексов. Учитывая ограниченность ресурсов ДНК и потенциальную безграничность возможностей наращивания условных связей – это было важнейшее событие в биологической эволюции, открывающиеся широчайшие возможности для обработки информации и поведенческой адаптации. Новые способы адаптации могут возникать уже не только в филогенезе, но и в онтогенезе. Уже не требуется смена тысяч поколений и «обновления программ» в ДНК, чтобы организм научился взаимодействовать по-новому. Способность адаптироваться, обновляться переносится из ДНК в гораздо более гибкую систему условных рефлексов. При этом, конечно, роль ДНК не отменяется. В течение эволюции ее емкость продолжает расти, расширяется закрепленный в ней набор наиболее важных адаптивных реакций и шаблонов поведения (в форме безусловных рефлексов и инстинктивных действий).

Условный раздражитель является сигналом в полном смысле этого понятия. Условный сигнал никак не связан с сигнализируемым, кроме как сопряжением во времени. Что угодно может стать сигналом чего угодно (в рамках доступных раздражителей и в рамках реальных связей объектов и явлений внешнего мира). В этом смысле впервые появляются носитель информации и сама информация, не связанные между собой однозначными физико-химическими законами. Информация абстрагируется от своего носителя. Одно и то же значение теперь может быть передано разными носителями. Вероятно, можно сказать, что в этот момент эволюции бытия вообще впервые появляется информация (в определенном смысле этого термина). Физико-химический способ отражения заменяется на информационный.

Возникает вопрос: за счет чего нервная система приобретает эту новую способность создавать условные связи?

Ответ: за счет возникновения принципиально нового явления в природе – психического процесса. Условная связь – явление не только физиологической природы. Условная связь возможна только при переходе материи на следующий уровень бытия – психический. Биологическая система, достигнув определенного уровня сложности, приобретает новое свойство и возможности. Физиологические (биологические) процессы протекают в условиях определенности и детерминированности физико-химических закономерностей. Сами по себе они не могут обеспечить условность. Изменчивость, непостоянство, условность и гибкость сигнала возможны только на ином уровне – психическом. Только психический процесс может обеспечить условную связь между безусловными биологическими процессами. То есть эта связь по своей природе является психической. Таким образом, термин «условный рефлекс» отражает лишь физиологическую сторону появившейся новой способности нервной системы.

В чем природа психического процесса и его отличие от нервного процесса? Нервный процесс – явление, протекающее преимущественно на уровне вещественной материи: возбуждение нейронов, выброс нейромедиаторов, потенциал действия и т.д. Психический процесс, устанавливающий связи между нервными процессами, протекает видимо на уровне поля (например, электромагнитного поля [25, 26]).

Мысль о том, что условный рефлекс есть в то же время и психический процесс, далеко не нова. Неясно только, почему эта мысль не получила должного развития и распространения. Еще И.П. Павлов считал, что условный рефлекс является не только физиологическим явлением, но в то же время и элементарным психическим явлением [22]. А если принять тот факт, что элементарное психическое явление – это ощущение, то мы получаем, что «условный рефлекс = ощущение». Понятия «условный рефлекс» и «ощущение» описывают одно и то же явление (одно на языке физиологии, другое на языке психологии).

Итак, с появлением условного рефлекса появляется и психика, а условный рефлекс есть физиологическая сторона элементарного психического процесса – ощущения.

С появлением условного рефлекса заканчивается история развития беспсихической биологической материи. Дальнейшее усложнение био-

логических организмов оказалось невозможным без возникновения психики – новой системы по обработке информации, отражению мира и регуляции поведения и приспособления.

В процессе эволюции появляются условные рефлексы достаточно рано. Так они обнаруживаются уже у плоских червей, уже имеющих некоторые общие с более развитыми позвоночными структурные и биохимические особенности нервной системы [7, 27, 28]. Это и есть приблизительно тот этап эволюции, когда впервые возникает психика. Можно предположить, что плоские черви – это первые организмы, у которых в ходе эволюции зарождается психика в виде элементарных ощущений.

Развитие психики

Появление условного рефлекса и ощущения есть важнейший скачок в эволюции. Потенциал этого скачка в последующие миллиард лет развертывается в полную мощь, порождая организмы со сложной нервной системой и психикой.

Ощущение является сложным многоаспектным процессом. На физиологическом языке ощущение есть условный рефлекс и реакция на раздражитель. В информационном смысле ощущение есть процесс распознавания сигнала и присваивания ему значения. В психологическом смысле ощущение – субъективное переживание отражения определенного параметра или качества внешнего мира. С точки зрения гносеологии – первая ступень познания.

С появлением ощущения организм становится познающим субъектом, а не просто отражающим. Он начинает накапливать индивидуальный объем знаний о внешнем мире.

С появлением ощущений возникает индивидуальность. До этого живые организмы с идентичным геномом имеют практически одинаковое поведение. Все их взаимодействие с внешним миром определялось кодом ДНК. Какие-то минимальные особенности могли быть обусловлены влиянием эпигенетики. Появление условного рефлекса позволило организмам накапливать индивидуальный опыт. Особи одного вида теперь могут по-разному вести себя в зависимости от того, чему они научились за время своей жизни. Из этого явления в течение сотен миллионов лет вырастет уникальность и неповторимость личности человека.

У низших животных психика состоит из ощущений (элементарная сенсорная психика). Ощущение у них включает в себе зачатки ком-

понентов, которые позднее разрастаются и обособляются в целые сферы психики.

Ощущение у низших животных – это недифференцированный процесс, включающий в себя распознавание сигнала и реакцию на него. Ощущения формируются только по отношению ко значимым раздражителям. Они сигнализируют либо о приближающейся опасности (страдании), либо о возможности удовлетворения потребности. Организм соответственно либо уходит в сторону от источника опасности, либо стремится к источнику удовлетворения потребности.

У низших животных в один процесс слиты принятие информации, запуск внутренних процессов, обеспечивающих двигательную реакцию, и сама двигательная реакция (поведение). Поведение будет зависеть от того, какой тип внутренних процессов запущен, а последний будет зависеть от того, о чем предупреждает сигнал: об опасности повреждения или о возможности удовлетворения потребности. Эти самые внутренние процессы есть зачатки будущих вегетативных процессов и эмоций. В психологической литературе эмоции рассматриваются почему-то, в основном, как способ оценки субъектом воздействий и ситуаций (позитивная или негативная оценка). Однако, более правильно рассматривать эмоции как механизм, изначально обеспечивающий энергией (за счет гормонально-вегетативного компонента) двигательную реакцию организма.

Дальнейшее развитие нервной системы, наращивание системы условных рефлексов и усложнение психики приводит к дифференцировке процессов. Организм переходит от познания через ощущения отдельных параметров внешних объектов к познанию целостного предмета через восприятие. Психика животных становится способной связывать разные ощущения от нескольких анализаторов и моделировать все более полные образы объектов внешней среды. Так, зрительные образы формируются на основе зрительных ощущений от сетчатки глаза, ощущений проприорецепторов глазных мышц, осязательных ощущений от кожи и чувствительных волосков [16, 29]. Способность различать отдельные предметы означает способность воспринимать отношения и связи между ними, что, по сути, есть мышление. Так, одновременно с восприятием развивается мышление. Таким образом, по ходу эволюции формируются отдельные сферы психики: восприятия, мышления, эмоций, памяти, регуляции движений и т.д.

Следующий качественный скачок во всеобщей эволюции происходит с появлением второй сигнальной системы, речи и усложнения социальных взаимодействий. Кодирование информации с помощью слова позволяет выйти на следующий уровень познания и взаимодействия. Слово становится «суперусловным» сигналом, обозначающим что угодно без каких-либо ограничений. Хранение информации выходит за пределы нервной системы конкретного организма и осуществляется средствами языка. Обработка и хранение информации более не ограничена биологическими ресурсами мозга отдельного организма. Появляется сознание, как высшая форма отражения и адаптации.

Заключение

Психика есть сложное многогранное явление. Затронутые в статье определенные аспекты этого явления позволяют сформулировать некоторые положения к пониманию психики.

Психика – это способ функционирования сложной нервной системы. Для существования психики необходима нервная система (это утверждение согласуется с высказыванием И.М. Сеченова о том, что «все без исключения психические акты развиваются путем рефлекса» [30], если принять положение, что для работы рефлекса необходима нервная система). Но и для работы сложной нервной системы необходима психика, только ранние примитивные типы нервной системы функционируют без психики.

Психика – это функциональная система условных связей между нервными процессами, обеспечивающая их гибкое взаимодействие. Психический процесс – это способ установления условной связи между нервными процессами на уровне поля (скорее всего, электромагнитного).

Психика – это высшая форма отражения, обеспечивающая наивысшую степень адаптации организма, предполагающую на этапе своего высшего развития (у человека) не только приспособление к условиям внешней среды, но и преобразование этих условий.

Психика – это информационный способ отражения, предполагающий индивидуальное накопление знаний и возможность обучения.

Психика – это способ существования индивидуальности. Психика позволяет организму приобретать личный опыт и проявлять свою индивидуальность через приобретенные паттерны поведения, отличные от имеющихся у других особей того же вида.

Психика – это способ существования познающего субъекта. Познание возникает с появлением психики. Беспсихические организмы отражают внешний мир и взаимодействуют с ним, но не познают его.

Психика не является неким «свойством мозга», как пишут многие авторы. Говорить, что «психика есть свойство мозга» то же самое, что говорить: «Программное обеспечение есть свойство системного блока компьютера». Несостоятельность такого утверждения очевидна. Психика – это гораздо больше, чем свойство мозга, это необходимое условие для работы мозга, это способ работы мозга.

Психикой обладают не все живые организмы, этот способ взаимодействия с внешним миром появляется на определенном этапе эволюции и обеспечивается нервной системой, достигшей необходимого уровня сложности. Психика впервые в природе появляется вместе с возникновением чувствительности (в виде ощущений). Ощущения есть психический

процесс установления условных связей между безусловным и условным раздражителями. На физиологическом уровне условные связи обеспечиваются условными рефлексам. Условные рефлексы требуют наличия нервной системы определенной степени развития. Самые ранние животные с нервной системой, удовлетворяющей минимальным требованиям, – это, видимо, плоские черви. С этих организмов можно вести точку отсчета появления психики на эволюционной лестнице.

В последующем идет усложнение структуры психики с дифференцированием процессов. Очередной скачок эволюции происходит с появлением речи и развитием социальных систем. Эволюция социальных систем в свою очередь влияет на дальнейшее усложнение психики. Высшей степени развития психика достигает у человека. Дальнейшая эволюция психики человека, видимо, будет связана с влиянием технологий, которые являются продуктом деятельности этой же самой психики.

Литература

1. Филиппова Г.Г. Зоопсихология и сравнительная психология. 2 изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 544 с.
2. Киселев С.Ю. Введение в зоопсихологию. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 160 с.
3. Fulda FC. Biopsychism: life between computation and cognition //Interdisciplinary Science Reviews. – 2020. – Vol.45, N3. – P.315-330.
4. Madgafurova D. The main historical stages of the evolutionary development of the psyche //Galaxy International Interdisciplinary Research Journal. – 2022. – N.10(12). – P.1139-1145.
5. Леонтьев А. Н. Проблемы развития психики. 4-е изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 584 с.
6. Фабри К.Э. Основы зоопсихологии. 3-е изд. – М.: Российское психологическое общество, 1999.
7. Тушмалова Н.А. Основные закономерности эволюции поведения беспозвоночных //В сборнике Физиология поведения. Нейробиологические закономерности / Под ред. А.С. Батуева. – Л.: Наука, 1987. – С.236–265.
8. Климов Е.А. Общая психология. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 511 с.
9. Хватов И.А. Концепция происхождения психики А.Н. Леонтьева на современном этапе развития науки //Психологические исследования. – 2011. – №4(15). [Электронный ресурс] //URL: <https://psystudy.ru/index.php/num/article/view/873> (дата обращения: 22.06.2023).
10. Иванников В.А. О природе и происхождении психики //Национальный психологический журнал. -2015. – №3 (19). [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-prirode-i-proishozhdenii-psihiiki> (дата обращения: 16.06.2023).
11. Spenser, H. (1897). First principles. – New York: D.Appleton and Company.
12. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1975. – 448 с.
13. Ленин В.И. Полное собрание сочинений. 5 издание. Том 18. – М.: Изд-во политической литературы, 1968. – 526 с.
14. Анохин П.К. Теория отражения и современная наука о мозге. – М.: Знание, 1970. – 44 с.
15. Северцев А.Н. Эволюция и психика // Психологический журнал. – 1982. – № 4. – С. 149–159.
16. Рубинштейн С.Л. Бытие и сознание. Человек и мир. – СПб: Питер, 2003. – 512 с.
17. Шалютин Б. С. Концепции происхождения психики: сравнительный анализ // Вестник Курганского государственного университета. – 2004. – №1. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsii-proishozhdeniya-psihiiki-sravnitelnyy-analiz> (дата обращения: 02.09.2023).
18. Корниенко А.Ф. Природа психики и психической формы отражения //Национальный психологический журнал. – 2018. – №3(31). – С.104–116.
19. Константинов В. Развитие психики и сознания. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 158 с.
20. Jennings H.S. The basis for taxis and certain other terms in the behavior of infusoria //Journal of Comparative Neurology and Psychology. – 1905. – N.15(2). – P.138–143.

21. Dupre C., Yuste R. Non-overlapping neural networks in *Hydra vulgaris* // *Current Biology*. – 2017. – N.27(8). – P.1085–1097.
22. Павлов И.П. Условный рефлекс // В кн: Большая медицинская энциклопедия. Т. 33. – 1936. – ст.431–446.
23. Маланов С. В. К проблеме эволюционного развития психических функций: от мозга к психике или от психики к мозгу? // Теоретичні дослідження у психології. – 2019. – №7. [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-probleme-evolyutsionnogo-razvitiya-psihicheskikh-funktsiy-ot-mozga-k-psihike-ili-ot-psihiki-k-mozgu> (дата обращения: 20.10.2023).
24. Прибрам К. Языки мозга. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1975. – 464 с.
25. Hales CG, Ericson M. Electromagnetism’s Bridge Across the Explanatory Gap: How a Neuroscience/Physics Collaboration Delivers Explanation Into All Theories of Consciousness // *Front. Hum. Neurosci.* -2022. – 16:836046.
26. MacIver MB. Consciousness and inward electromagnetic field interactions // *Front. Hum. Neurosci.* – 2022. – 16:1032339.
27. Jacobson AL. Classical conditioning and the planarian // In *Chemistry of Learning: Invertebrate Research*. -Boston, MA: Springer US, 1967. – P.195–216
28. Sarnat H., Netsky M. The Brain of the Planarian as the Ancestor of the Human Brain // *Canadian Journal of Neurological Sciences*. – 1985. N.12(4). – P.296–302.
29. Baars BJ., Gage NM. *Cognition, brain, and consciousness: Introduction to cognitive neuroscience* (2nd ed.). – Elsevier Academic Press, 2010.
30. Сеченов И.М. Рефлексы головного мозга. В кн: Сеченов И.М. Элементы мысли. СПб.: Питер, 2001. С. 3–117.

References

1. Anokhin, P.K. (1970). *Teoriya otrazheniya i sovremennaya nauka o mozge* [Reflection theory and modern brain science]. Moscow: Znanie. (In Russ.).
2. Anokhin, P.K. (1975) *Ocherki po fiziologii funktsional’nykh sistem* [Essays on the physiology of functional systems]. Moscow: Meditsina. (In Russ.).
3. Baars, BJ, Gage, NM. (2010). *Cognition, brain, and consciousness: Introduction to cognitive neuroscience* (2nd ed.). Elsevier Academic Press.
4. Dupre, C., Yuste, R. (2017). Non-overlapping neural networks in *Hydra vulgaris*. *Current Biology*, 27(8), 1085–1097.
5. Fabri, K.E. (1999). *Osnovy zoopsikhologii* [Basics of zoopsychology] (3rd ed.). Moscow.: Rossiiskoe psikhologicheskoe obshchestvo. (In Russ.).
6. Filippova, G.G. (2004). *Zoopsikhologiya i sravnitel’naya psikhologiya* [Zoopsychology and comparative psychology] (2nd ed.). Moscow: Akademiya (In Russ.).
7. Fulda, FC (2020). Biopsychism: life between computation and cognition. *Interdisciplinary Science Reviews*, 45:3, 315-330, DOI: 10.1080/03080188.2020.1794
8. Hales, CG, Ericson, M (2022). Electromagnetism’s Bridge Across the Explanatory Gap: How a Neuroscience/Physics Collaboration Delivers Explanation Into All Theories of Consciousness. *Front. Hum. Neurosci.* 16:836046. doi: 10.3389/fnhum.2022.836046
9. Ivannikov, V.A. (2015). O prirode i proiskhozhdenii psikhiki [On the nature and the origin of the psyche]. *Natsional’nyi psikhologicheskii zhurnal*, 3(19). (Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/o-prirode-i-proishozhdenii-psihiki>) (review date: 16.06.2023) (In Russ.).
10. Jacobson, AL (1967). Classical conditioning and the planarian. In *Chemistry of Learning: Invertebrate Research* (pp. 195–216). Boston, MA: Springer US.
11. Jennings, H. S. (1905). The basis for taxis and certain other terms in the behavior of infusoria. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 15(2), 138–143.
12. Khvatov, I.A. (2011) Kontsepsiya proiskhozhdeniya psikhiki A.N. Leont’eva na sovremennoy etape razvitiya nauki [The concept of the origin of the psyche by A.N. Leontiev at the present stage of development of science]. *Psikhologicheskie issledovaniya*, 4(15). (Retrieved from <https://psystudy.ru/index.php/num/article/view/873>) (review date: 22.06.2023) (In Russ.).
13. Kiselev, S.Yu. (2015). *Vvedenie v zoopsikhologiyu* [Introduction in zoopsychology]. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta. (In Russ.).
14. Klimov, E.A. (2001). *Obshchaya psikhologiya* [General psychology]. Moscow: YuNITI-DANA.
15. Konstantinov, V. (2017). *Razvitie psikhiki i soznaniya* [Development of the psyche and consciousness] (2nd ed.). Moscow: Yurait. (In Russ.).
16. Kornienko, A.F. (2018). Priroda psikhiki i psikhicheskoi formy otrazheniya [The nature of the psyche and mental form of reflection]. *Natsional’nyi psikhologicheskii zhurnal*, 3(31), 104–116. (In Russ.).
17. Lenin, V.I. (1968). *Polnoe sobranie sochinenii. 5 izdanie* [Collected works. 5th ed.]. Vol. 18. Moscow: Izd-vo politicheskoi literatury. (In Russ.).
18. Leontyev, A.N. (1981). *Problemy razvitiya psikhiki* [Problems of development of the psyche] (4th ed.). Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta. (In Russ.).
19. MacIver, MB (2022). Consciousness and inward electromagnetic field interactions. *Front. Hum. Neurosci.* 16:1032339. doi: 10.3389/fnhum.2022.1032339
20. Madgafurova, D. (2022). The main historical stages of the evolutionary development of the psyche. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 10(12), 1139-1145.

21. Malanov, SV (2019). K probleme evolyutsionnogo razvitiya psikhicheskikh funktsii: ot mozga k psikhike ili ot psikhiki k mozgu? [On the problem of evolutionary development of mental functions: from the brain to the psyche or from the psyche to the brain?]. *Teoretichni doslidzhennya u psikhologii*. 2019. No7, pp. 47-71. (Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/k-probleme-evolyutsionnogo-razvitiya-psihicheskikh-funktsiy-ot-mozga-k-psihike-ili-ot-psihiki-k-mozgu>) (review date: 20.10.2023) (In Russ.).
22. Pavlov, I.P. (1936). Uslovnyi refleks [Conditioned reflex]. *Bol'shaya meditsinskaya entsiklopediya*. Vol. 33, pp. 431–446. (In Russ.).
23. Pribram, K. (1975). Yazyki mozga [Languages of the brain]. Moscow: Progress. (In Russ.)
24. Rubinshtein, S.L. (2003) Bytie i soznanie. Chelovek i mir [Being and consciousness. Man and the world]. St.Petersburg: Piter. (In Russ.).
25. Sarnat, H., Netsky, M. (1985). The Brain of the Planarian as the Ancestor of the Human Brain. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 12(4), 296–302. doi:10.1017/S031716710003537X
26. Severtsev, A.N. (1982). Evolyutsiya i psikhika [Evolution and the psyche]. *Psikhologicheskii zhurnal*, 4, 149–159. (In Russ.).
27. Sechenov, I.M. (2001). Refleksy golovnogo mozga [Reflexes of the brain]. In: Sechenov I.M. *Elementy mysli* (pp. 3–117). St. Petersburg: Piter. (In Russ.).
28. Shalyutin B.S. (2004). Kontseptsii proiskhozhdeniya psikhiki: sravnitel'nyi analiz [Concepts of the origin of the psyche: comparative analysis]. *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta*, 1. (Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsii-proishozhdeniya-psihiki-sravnitelnyy-analiz>) (review date: 02.09.2023) (In Russ.).
29. Spenser, H. (1897). *First principles*. New York: D.Appleton and Company.
30. Tushmalova, N.A. (1987). Osnovnye zakonomernosti evolyutsii povedeniya bespozvonochnykh [Basic patterns of evolution of the invertebrates]. In A.C. Batuyev (Ed.), *Fiziologiya povedeniya. Neurobiologicheskie zakonomernosti* (pp. 236–265). Leningrad: Nauka. (In Russ.).

Информация об авторе:

Бахытжан Мырзабаевич Аширбеков – кандидат медицинских наук, доцент кафедры клинических дисциплин Международной медицинской школы Университета международного бизнеса (IMS UIB), (Алматы, Казахстан, e-mail: ashirbekov.bm@gmail.com)

Information about an author:

Bakhytzhhan Myrzabaevich Ashirbekov – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Clinical Disciplines of the International Medical School of the University of International Business (Almaty, Kazakhstan, e-mail: ashirbekov.bm@gmail.com)

*Поступила 20 марта 2024 года
Принята 20 ноября 2024 года*

АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН АҚПАРАТ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ INFORMATION FOR AUTHORS

Требования к научной статье для опубликования в журнале «Вестник КазНУ. Серия биологическая»:

✓ Редакционная коллегия принимает ранее неопубликованные экспериментальные статьи по научным направлениям журнала. Статья представляется в электронном формате (в форматах .doc, .docx, .rtf) ТОЛЬКО посредством ее загрузки через функционал сайта журнала (Open Journal System или Editorial Manager).

✓ Кегль шрифта – 12 (аннотация, ключевые слова, литература – 10, текст таблиц – 9-11), шрифт – Times New Roman, выравнивание – по ширине текста, интервал – одинарный, абзацный отступ – 0,8 см, поля: верхнее и нижнее – 2 см, левое и правое – 2 см.

✓ Объем статьи (без учета названия, сведений об авторах, аннотации, ключевых слов, библиографического списка) должен составлять не менее 1 500-7 000 слов для естественнонаучных и технических направлений.

✓ При подаче статьи авторы должны отправить заполненную заявку, сопроводительное письмо и рукопись статьи, оформленную по нижеуказанным правилам.

✓ Авторы в ОБЯЗАТЕЛЬНОМ порядке должны указать в сопроводительном письме в системе Open Journal System или Editorial Manager о том, что направляемая статья/рукопись нигде ранее не публиковалась, и что в статье отсутствуют заимствованные фрагменты текста из других работ без ссылок на них.

✓ Порядок оплаты и стоимость за публикацию статьи устанавливается издательским домом «Қазақ университеті» и производится автором после одобрения внешними рецензентами и научным редактором.

Структура статьи:

Работы, оформленные без соблюдения этих правил, возвращаются без рассмотрения.

Первая страница:

Первая строка – номер МРНТИ

Название статьи (Заголовок)

Автор(ы) статьи

Орсид ID номера авторов

Сокращения и обозначения


Аннотация

Ключевые слова/словосочетания

Первая строка – номер МРНТИ (в исключительных случаях УДК), выравнивание – по левому краю, шрифт – полужирный. Номер МРНТИ необходимо найти на сайте <http://grnti.ru/>.

Название статьи (Заголовок) должно отражать суть и содержание статьи и привлечь внимание читателя. Название должно быть кратким, информативным и не содержать жаргонизмов или аббревиатур. Оптимальная длина заголовка – 5-7 слов (в некоторых случаях 10-12 слов). Название статьи должно быть представлено на русском, казахском и английском языках. Название статьи представляется полужирным шрифтом строчными буквами, выравнивание – по центру.

✓ **Автор(ы) статьи** – количество авторов не ограничено. В список должны входить данные авторов, которые имеют прямое отношение к написанию статьи, те кто выполнял эксперименты и получил данные и результаты, отраженные в статье, те кто является автором основной идеи публикации.

Сведения об авторах представляются обычным шрифтом строчными буквами, выравнивание – по центру. Принадлежность авторов к определенному месту работы указывается в виде надстрочных индексов до фамилии^{1,2,3}. Авторы из одной и той же организации указываются под одинаковой надстрочной цифрой. Для авторов КазНУ обязательное указание ID номеров ORCID с использованием гиперссылки в значке , для авторов сторонних организаций по желанию. Корреспондентный автор отмечается надстрочным знаком*.

¹Инициалы и фамилия, ²Инициалы и фамилия*

¹место работы (аффилиация), страна, город

²место работы (аффилиация), страна, город

*Корреспондентный автор – e-mail

Корреспондентным автором является тот автор, который ведет переписку с редакцией до и после печати и отвечает на все замечания и исправления по статье. Важно указать действующий электронный адрес и контактные данные при подачи статьи.

-
1. **Сокращения и обозначения** – если имеются.
 - ✓ **Аннотация** объемом **не менее 150 слов, не более 300 слов** на русском, казахском и английском языках.
 - Структура аннотации включает в себя следующие **ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ пункты**:
 1. Вступительное слово о теме исследования.
 2. Цель, основные направления и идеи научного исследования.
 3. Краткое описание научной и практической значимости работы.
 4. Краткое описание методологии исследования.
 5. Основные результаты и анализ, выводы исследовательской работы.
 6. Ценность проведенного исследования (внесенный вклад данной работы в соответствующую область знаний).
 7. Практическое значение итогов работы.
 - ✓ **Ключевые слова/словосочетания** – количеством 3-5 на русском, казахском и английском языках.

Последующая страница (новая):

Введение

Материалы и Методы

Результаты и Обсуждение

Заключение, выводы

Благодарности

Источник финансирования

Конфликт интересов

Литература

Введение состоит из следующих основных элементов:

- ✓ Обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы. В обосновании выбора темы на основе описания опыта предшественников сообщается о наличии проблемной ситуации (отсутствие каких-либо исследований, появление нового объекта и т.д.). Актуальность темы определяется общим интересом к изученности данного объекта, но отсутствием исчерпывающих ответов на имеющиеся вопросы, она доказывается теоретической или практической значимостью темы.
- ✓ В секции должны быть охвачены фундаментальные и новые труды по исследуемой тематике зарубежных авторов на английском языке (не менее 15 трудов), анализ данных трудов с точки зрения их научного вклада, а также пробелы в исследовании, которые Вы дополняете в своей статье.
- ✓ Определение объекта, предмета, целей, задач, методов, подходов, гипотезы и значения вашей работы. Цель исследования связана с доказательством тезиса, то есть представлением предмета исследования в избранном автором аспекте.

Материалы и Методы – должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

- ✓ Характеристика или описание материала исследования включает его представление в качественном и количественном отношении. Характеристика материала – один из факторов, определяющий достоверность выводов и методов исследования.
- ✓ В этом разделе описывается, как проблема была изучена: подробная информация без повторения ранее опубликованных установленных процедур; используется идентификация оборудования (программного обеспечения) и описание материалов, с обязательным внесением новизны при использовании материалов и методов.
- ✓ Научная методология должна включать в себя:
 - ✓ - исследовательский вопрос(-ы);
 - ✓ - выдвигаемую гипотезу (тезис);
 - ✓ - этапы исследования;
 - ✓ - методы исследования;
 - ✓ - результаты исследования.
- ✓ НЕДОПУСТИМО наличие множества ссылок, не имеющих отношения к работе, или неуместные суждения о ваших собственных достижениях, ссылки на Ваши предыдущие работы.

Результаты и Обсуждение – приводится анализ и обсуждение полученных вами результатов исследования. Приводятся выводы по полученным в ходе исследования результатам, раскрывается основная суть. И это один из самых важных разделов статьи. В нем необходимо провести анализ результатов своей работы и обсуждение соответствующих результатов в сравнении с предыдущими работами иностранных и отечественных авторов, анализами и выводами.

Заключение, выводы

Обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором, и заключение автора об изменении научного знания с учетом полученных результатов. Выводы не должны быть абстрактными, они должны быть использованы для обобщения результатов исследования в той или иной научной области, с описанием предложений или возможностей дальнейшей работы.

Структура заключения должна содержать следующие вопросы: Каковы цели и методы исследования? Какие результаты получены? Каковы выводы? Каковы перспективы и возможности внедрения, применения разработки?

Конфликт интересов – желательно указать имеющиеся конфликты интересов со стороны авторов и соавторов касательно материалов статьи. Если нет никаких конфликтов к опубликованию материалов в статье, указать, что авторы не имеют конфликта интересов.

Благодарности – Перечислите людей, которые оказали помощь во время исследования (например, предоставили помощь в переводе, письменную помощь или предоставили материал/оборудование для работы и т.д.)

Источник финансирования – Следует указать в рамках какого проекта или программы была выполнена работа, указать год и номер договора по проекту/программе.

Литература

Список используемой литературы, или Библиографический список состоит из не менее 25 наименований литературы для естественнонаучных и технических направлений и из общего числа наименований на английском языке должно быть не менее 50%.

Для естественнонаучных статей ссылки оформляются в квадратных скобках с указанием нумерации по мере появления цитируемых работ в тексте. Стиль оформления списка литературы согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» (требование к изданиям, входящих в перечень ККСОН).

Далее следует второй список литературы (**References**, который должен быть предоставлен в другой форме, то есть – романизированным алфавитом (транслитерация). **References** ТОЛЬКО те работы, которые цитируются в тексте. Reference оформляется в алфавитном порядке!

Романизированный список литературы должен выглядеть в следующем виде для источников на кириллице: автор(-ы) (транслитерация) → (год в круглых скобках) → название статьи в транслитерированном варианте [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], название русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название – если есть), выходные данные с обозначениями на английском языке.

Например: Gokhberg L., Kuznetsova T. (2011) Strategiya-2020: novye kontury rossiiskoi innovatsionnoi politiki [Strategy 2020: New Outlines of Innovation Policy]. *Foresight-Russia*, vol. 5, no 4, pp. 8–30.

Стиль оформления Романизированного списка литературы из источников на английском (другом иностранном) языке для естественнонаучных и технических направлений – Chicago Style (www.chicagomanualofstyle.org).

Cramer W., Bondeau A., Woodward F.I., Prentice I.C., Betts R.A., Brovkin V., Cox P.M., Fisher V., Foley J.A., Friend A.D., Kucharik C., Lomas M.R., Ramankutty N., Sitch S., Smith B., White A., Young-Molling C. (2001) Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: Results from six dynamic global vegetation models. *Glob. Change Biol.*, vol. 7, pp. 357–373.

В данном разделе необходимо учесть:

- Цитируются основные научные публикации, передовые методы исследования, которые применяются в данной области науки и на которых основана работа автора.
- Избегайте чрезмерных самоцитирований.
- Избегайте чрезмерных ссылок на публикации авторов СНГ/СССР, используйте мировой опыт (Pubmed, Web of Science). Не следует ссылаться на энциклопедии, монографии, диссертации и материалы, на которые нет общего доступа.
- Библиографический список должен содержать фундаментальные и наиболее актуальные труды, опубликованные известными зарубежными авторами и исследователями по теме статьи.

Стоимость публикации – 2000 тенге/страница

Реквизиты:

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени Аль-Фараби»

Индекс 050040

адрес: г. Алматы, пр. аль-Фараби 71

БИН 990140001154

КБЕ 16

АО «First Heartland Jýsan Bank»

ИИК KZ19998СТВ0000567141 – тенге

ИИК KZ40998СТВ0000567151 – USD

БИК TSESKZKA

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Ботаника	Section 1 Botany	Раздел 1 Ботаника
<p><i>T. Kobylina, B. Tynybekov, G. Sadyrova, B. Yeszhanov, G. Zhamanbayeva, M. Parmanbekova, A. Nurmahanova, E. Kyrbassova, E. Itanova, U. Kurmanbay</i> Eco-biological characteristics and current state assessment of <i>Phedimus hybridus</i> and <i>Hylotelephium ewersii</i> in the Kok-Zhailau gorge, flora of the Ile Alatau..... 4</p> <p><i>Ж.К. Салмуханбетова, Л.А. Димеева, З.Ж. Алимбетова</i> Флора Барсакельмесского государственного природного заповедника..... 18</p>		
2-бөлім Микробиология	Section 2 Microbiology	Раздел 2 Микробиология
<p><i>А.Т. Заркыманова, П.Д. Утепов, Т.К. Ерубаяев, С.В. Казаков, Н.С. Нышанов, М.В. Кулемин, А.А. Скабылов</i> Моделирование и оценка биологических рисков на эндемичных по Конго-Крымской геморрагической лихорадке территориях Туркестанской области и Шымкентской городской агломерации 44</p> <p><i>Д.С. Баянбек, Е.В. Жолдыбаева, С. С. Қожахметова, П.В. Тарлыков, А. Бекбаева</i> MALDI-TOF масс-спектрометрия әдісімен <i>Bacteroides fragilis</i> штамның антибиотик резистенттілігін анықтау 58</p> <p><i>Т.В. Мельникова, Г.А. Бакирова, А.Ж. Измұқан, Г.Ш. Мусина, Г.А. Джамалова</i> Мониторинг устойчивости промышленного куроводства Алматинской области Казахстана к сальмонеллезу 67</p>		
4-бөлім Экология	Section 4 Ecology	Раздел 4 Экология
<p><i>Sh.Zh. Arynova, N.P. Korogod, I.Yu. Chidunchi, A.B. Kaliyeva, K.K. Akhmetov, S.B. Zhangazin</i> Concentration of radioactive elements (U, Th) in components of natural environment..... 84</p> <p><i>А.А. Бакиева, I.M. Zharkova, J.Y. Gusseinova, A. Mautalieva, M.A. Suvorova, B.A. Abdullayeva</i> Histopathological examination of Zebrafish organs under the exposure to microplastics 95</p>		
4-бөлім Зоология	Section 4 Zoology	Раздел 4 Зоология
<p><i>Е. Балтабай, Б.К. Есимов, Ф.И. Исаев, Д.У. Сексенова, З.А. Ибрагимова</i> <i>Diphyllobotrium latum</i> инвазиясымен залалданған алабұға (<i>Perca fluviatilis</i>, Linnaeus, 1758) мезонефросының және қанының цитоморфологиялық өзгерістері 106</p>		
5-бөлім Биотехнология	Section 5 Biotechnology	Раздел 5 Биотехнология
<p><i>K.S. Adilbayeva, A.N. Makhambetov, R.M. Moiseyev, G.K. Nizamdinova, M.A. Khusnitdinova</i> Development and testing of gRNAs for detection of apple chlorotic leaf spot virus and apple stem pitting virus..... 118</p> <p><i>К.К. Еркеқұлова, Н. Алибаев, К.Е. Жузжан</i> Гормоналды қан сарысуын сақтау әдістерін жетілдіру..... 128</p> <p><i>А.А. Абубакирова, А.У. Исаева, А.Е.Тлеукеева, А.А. Успабаева</i> Қазақстанның оңтүстік өңіріндегі өсімдіктерді космологиялық өнімдерді алуға пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу .. 137</p>		

6-бөлім
Адам мен жануарлар
физиологиясы

Section 6
Humans and
animalsphysiology

Раздел 6
Физиология человека
и животных

С.Т. Тулеуханов, В.П. Зинченко, Б.Қ. Қайрат, А.М. Малибаева, Г.А. Тусупбекова, Ж.К. Кенжеева
Нейрондардың эпилептиформды электрлік белсенділігінің кальций иондарымен реттелу механизмдері..... 148

7-бөлім
Өсімдіктер физиологиясы
мен биохимиясы

Section 7
Plant Physiology and
Biochemistry

Раздел 7
Физиология и
биохимия растений

Е.А. Киришибаев, Г. Төлеева, Ә.Е. Ережепов, Ә.Е. Оразбаев, Турашева С.К., Д.М. Мұқашева, Сагиндыкова Э.У.
«Үлбі» металлургиялық кешені аумағындағы күнбағыс және газонды шөп өсімдіктерінің ауыр металдарды жинақтауы..... 160

Шолу мақалалар

Review articles

Обзорные статьи

М. Hujatullah, N. Ghulam Rabani
Influenza virus genetic diversity and epidemiological profile in human population..... 172

Б.М. Аширбеков
О происхождении психики..... 182

Авторларға арналған ақпарат..... 192