

ISSN 1563-0218  
Индекс 75866; 25866

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

# ҚазҰУ ХАБАРШЫСЫ

Биология сериясы

---

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

# ВЕСТНИК КазНУ

Серия биологическая

---

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

# KazNU BULLETIN

Biology series

---

№3 (68)

Алматы  
«Қазақ университеті»  
2016



# ХАБАРШЫ

БИОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №3 (68)



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

Куәлік №956-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

## ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Оразова С.Б. – б.ғ.к. (Қазақстан)

## РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Заядан Б.К., б.ғ.д., профессор – ғылыми редактор  
(Қазақстан)

Бисенбаев А.К., б.ғ.д., ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі –  
ғылыми редактордың орынбасары (Қазақстан)

Тұлеуханов С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Айташева З.Г., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Канаев А.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Кистаубаева А.С., б.ғ.к. (Қазақстан)

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

Ивашенко А.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Мухитдинов Н.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Нургазин С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Шүлембаева К.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Берсимбай Р.И., б.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі  
(Қазақстан)

Турусбеков Е.К., б.ғ.к., ассоциацияланған профессор  
(Қазақстан)

Бекманов Б.О., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Омаров Р.Т., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Искаков Б.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Сарбасов Д., PhD докторы, профессор (АҚШ)

Абжанов А., PhD докторы, профессор (АҚШ)

Раццакүэ М., PhD докторы, профессор (АҚШ)

Орынбаева З.С., PhD докторы (АҚШ)

Поляк Б., PhD докторы (АҚШ)

Фридман Г., PhD докторы (АҚШ)

Курмашева Р.Т., PhD докторы (АҚШ)

Сапарбаев М., PhD докторы, профессор (Франция)

Партон С., PhD докторы, профессор (Ұлыбритания)

Дигель И., PhD докторы, профессор (Германия)

Даниленко М.П., PhD докторы (Израиль)

Тургай Т., PhD докторы (Туркия)

Лось Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)

Маторин Д.Н., б.ғ.д., профессор (Ресей)



ҚАЗАҚ  
УНИВЕРСИТЕТІ  
Б А С П А Ү Й І

## Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы

Гульмира Шаккозова

Телефон: +77017242911

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

## Компьютерде беттеген:

Айгүл Алдашева

## Жазылу мен таратуды үйлестіруші

Мөлдір Өміртайқызы

Телефон: +7(727)377-34-11

E-mail: Moldir.Omirtaikyzy@kaznu.kz

## ИБ №10071

Басуға 14.10.2016 жылы қол қойылды.

Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 16,9 б.т. Офсетті қағаз. Сандық басылыс.

Тапсырыс № 4569. Таралымы 500 дана. Бағасы келісімді.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

«Қазақ университеті» баспа үйі.

050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2016

1-бөлім  
**БОТАНИКА**

---

Раздел 1  
**БОТАНИКА**

---

Section 1  
**BOTANY**

Almerkova Sh.S.,  
Mukhitdinov N.M.,  
Kurmanbayeva M.S.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

**Biometric data of anatomical structure of vegetative organs of rare, narrowly endemic species *Oxytropis almaatensis* Bajt. in Trans-Ili Alatau mountains (Kazakhstan)**

Әлмерекова Ш.С.,  
Мұхитдинов Н.М.,  
Құрманбаева М.С.

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

**Іле Алатауы жағдайындағы (Қазақстан) сирек, тар эндем *Oxytropis almaatensis* Bajt. өсімдігінің вегетативтік мүшелерінің анатомиялық құрылысының биометриялық көрсеткіштері**

Альмеркова Ш.С.,  
Мухитдинов Н.М.,  
Курманбаева М.С.

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

**Биометрические показатели анатомической структуры вегетативных органов редкого, узкоэндемичного вида *Oxytropis almaatensis* Bajt. в условиях Заилийского Алатау (Казахстан)**

The article presents the features of the anatomical structure and biometric indicators of vegetative organs of rare, narrowly endemic species *Oxytropis almaatensis* Bajt. The first population of *O. almaatensis* was discovered in the Big Almaty Gorge, coordinates: N 43004.864', E 076059.604', altitude 2160 m. The second population was located in the Small Almaty Gorge, coordinates: N 43008.490', E 077004.198', altitude 2002 m. The study of anatomical structure of virginal, young and middle-generative *O. almaatensis* species was comparatively carried out in two populations. In the first and second populations of the virginal age period, it was revealed that the cortex thickness is bigger than in the young and middle-generative periods. The study of the stem internal structure of different age periods in different populations showed that all individuals have the bundle structure of the stem that is characteristic of dicotyledonous plants with varying degrees of development of various tissues. By comparing the anatomical structure of the leaf blades from different populations, it was found that for all individuals of different age periods the dorsoventral, bilateral mesophyll are characteristic.

**Key words:** *Oxytropis almaatensis* Bajt., narrow endemic, population, conductive bundle, parenchyma, sclerenchyma.

Мақалада сирек кездесетін, тар эндем *Oxytropis almaatensis* Bajt. өсімдігінің вегетативтік мүшелерінің анатомиялық құрылысы және биометриялық көрсеткіштері келтірілген. *Oxytropis almaatensis* Bajt. өсімдігінің бірінші популяциясы Үлкен Алматы шатқалынан табылды, GPS координаттары: N 43004.864', E 076059.604', теңіз деңгейінен биіктігі 2160 м. Екінші популяция Кіші Алматы шатқалынан анықталды, GPS координаттары: N 43008.490', E 077004.198', теңіз деңгейінен биіктігі 2002 м. Виргинильдік, жас және орташа генеративтік дарақтардың анатомиялық құрылысы салыстырмалы түрде екі популяцияда жүргізілді. Бірінші және екінші популяцияның виргинильдік жастық күйінде тамыр қабығы жас және орташа генеративтік жастық кезеңдерімен салыстырғанда, қалың екендігі анықталды. Өртүрлі популяцияда, өртүрлі жастық кезеңдерінде өсімдік сабағының ішкі құрылысын зерттеу барысында, барлық дарақтарда өртүрлі ұлпалардың дамуымен қатар, қос жарнақтылардың сабағына тән шоқты құрылыс байқалды. Екі популяциядағы жапырақ тақтасының анатомиялық құрылысын салыстыру барысында, өртүрлі жастық кезеңіндегі дарақтардың барлығына дорзовентральды, билатеральды мезофилл тән екендігі айқындалды. Жапырақ негізгі фотосинтезге қатысатын өсімдік мүшесі болғандықтан, жапырақ тақтасының ішкі құрылысының ерекшеліктері, әсіресе хлорофиллді ұлпа – мезофиллдің қалыңдығы өсу ортасына, оның ішінде жарыққа тәуелді болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** *Oxytropis almaatensis* Bajt., тар эндем, популяция, өткізгіш шоқ, паренхима, склеренхима.

В статье приводятся особенности анатомической структуры и биометрические показатели вегетативных органов редкого, узкоэндемичного вида *Oxytropis almaatensis* Bajt. Первая популяция была обнаружена в Большом Алматинском ущелье, координаты: N 43004.864', E 076059.604', высота над ур. моря – 2160 м. Вторая популяция располагалась в Малом Алматинском ущелье, координаты: N 43008.490', E 077004.198', высота над ур. моря – 2002 м. Исследование анатомического строения виргинильных, молодых и средних генеративных особей растений *O. almaatensis* сравнительно проводилось в двух популяциях. В первой и второй популяциях в виргинильном возрастном периоде было выявлено, что толщина коры больше по сравнению с молодым и средним генеративными периодами. Изучение внутренней структуры стебля растений различных возрастных периодов в разных популяциях показало, что все особи имеют пучковое строение стебля, характерное для стеблей двудольных растений с различной степенью развитости тех или иных тканей. При сравнении анатомического строения листовых пластинок растений различных популяций было установлено, что для всех особей разных возрастных периодов характерны дорзовентральность, билатеральный мезофилл.

**Ключевые слова:** *Oxytropis almaatensis* Bajt., узкоэндемичный, популяция, проводящий пучок, паренхима, склеренхима.

**BIOMETRIC DATA  
OF ANATOMICAL  
STRUCTURE OF  
VEGETATIVE  
ORGANS OF RARE,  
NARROWLY ENDEMIC  
SPECIES *OXYTROPIS  
ALMAATENSIS*  
BAJT. IN TRANS-ILI  
ALATAU MOUNTAINS  
(Kazakhstan)**

### **Introduction**

Family *Fabaceae*, comprising 750 genera and over 18,000 species, is one of the largest family of dicotyledonous with the high economic value [1]. *Oxytropis* is an important genus of the family *Fabaceae*. *Oxytropis* DC. represents comprehensive taxonomic genera, which includes about 450 species, with the greatest diversity in the mountains of Asia [2]. In Kazakhstan, the genus is represented by 126 species, 39 of which are endemic [3], and 10 are listed as endangered [4].

Endemic species are often characterized by narrow specialization, adaptation to a strictly defined existence conditions, and as a result, an intermittent spread even within the main range. These endemic species make up the most vulnerable part of regional floras. Changing the biotopes under human influence leads to a further reduction of their natural habitat [5]. Endemic and rare plants are integral components of the local flora and vegetation, and the disappearance of these species could lead to the biodiversity decrease. Some researchers noted that the threat to the gene pool of rare, endemic species at the current stage is primarily in the anthropogenic transformation of environment and habitat fragmentation, causing a decrease in the volume and size of the population, their isolation [6-8]. More and more attention of researchers is given to the number and biodiversity, morphological and anatomical features of endemic species [9-12].

Mountainous regions maintain high productivity of plant diversity and endemism, but are vulnerable to the climate changes. Rare plant species can be particularly vulnerable to climate changes, because of their limited distribution and abundance [13].

There were analyzed anatomical features of leaf blades of rare, endemic species *Ferula iliensis* from different ages in three different populations growing in the eastern part of the Trans-Ili Alatau mountains (Big Bogutu Mountains, Kazakhstan). Among all the studied populations of plants there was determined one type with the formation of the leaf blade and xero mesomorphic structure. The planar polarity of the blade showed multilayer of palisade mesophyll, a characteristic for all plants. Most of the covering hairs on the pubescent leaves are located on the lower side of the blades. The leaf

type in general is xero mesomorphic. The differences are mainly of quantitative character and are related to the environmental conditions of the plants. The leaf structure reflects the result of plant adaptation to various environmental factors, so the information on the leaf structure complements the environmental characteristics of the plants and improves the idea of its range of plasticity [14].

Many researchers refer to the leaf as the main indicator when studying the sustainability and adaptability of plants, due to its basic functions – photosynthesis and transpiration [15-17]. The leaves have a variety of morphological and anatomical features mostly under the influence of climatic, soil and biotic factors. Leaves are organs of plants responsible for obtaining solar energy and for gas exchange as well as photosynthesis. Their anatomical variations can be interpreted as a strategy to adapt to different environmental conditions, where plants are found [18]. The effect on the leaf anatomical structure of environmental factors, such as low temperatures, drought, light, and the height, response of leaf structure to the environment have been recognized for long periods, and environmental trends have generalization. Knowledge of the leaves anatomy of meadow plants is crucial to the understanding of how these plants adapt to their environment [19].

In the understanding of the evolutionary tendencies of plant anatomy is a major, although recent evo-devo concepts based on molecular genetics, classical structural information is useful as ever [20]. Phylogenetic investigations are based on morphological and anatomical features. Identification of the anatomical features of the plants is not always useful as morphological. Anatomical characteristics can be used to distinguish between closely related species [21]. Anatomical characteristics are also very important for the identification of medicinal parts of the plants [22].

Since, *O. almaatensis* on the status of rare, narrowly endemic species with a threatened area of distribution, we first studied the anatomical structure of vegetative organs of this species in the comparative aspect in two natural populations. The aim of the work was to study the anatomical structure of vegetative organs of rare, narrowly endemic species *Oxytropis almaatensis* Bajt. in conditions of Trans-Ili Alatau mountains (Kazakhstan).

## Materials and Methods

During the expeditions in Almaty region two populations of *Oxytropis almatensis* in the Trans-Ili Alatau mountains were found. The populations were

previously studied. The first population of *Oxytropis almaatensis* was discovered in the Big Almaty Gorge, coordinates: N 43004.864', E 076059.604', altitude 2160 m. The second population was located in the Small Almaty Gorge, coordinates: N 43008.490', E 077004.198', altitude 2002 m. The study of coenopopulations was conducted by Y. Zlobin et al. [23] and A.S. Kashin et al. [24].

Each population was collected and fixed vegetative organs of *O. almaatensis* individuals of different ages. Plant conservation was carried out according to the method of Strasburger-Flemming. Preserving liquid was a mixture of: alcohol-glycerol-water in a ratio of 1: 1:1. Fixation was preserved in 96% ethanol. Aboveground organ and underground vegetative organs of studied plant species have been fixed.

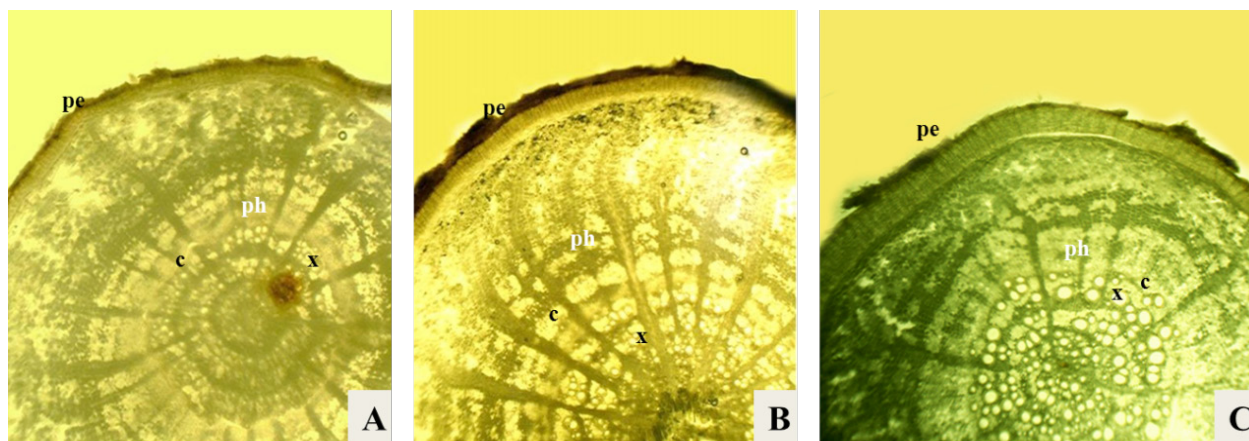
While studying the anatomical features of plant organs generally accepted methods of R.G. Barykina were used [25]. Static processing of biometric data was conducted according to the procedures F.G. Lakin [26] and N.L. Udolskaya [27], as well as using Microsoft Office Excel 2003. The photomicrographs of anatomical blades were made on the MC 300 microscope («Micros» Austria) with a video camera CAM V400 / 1.3M («Micros» Austria).

## Results and discussion

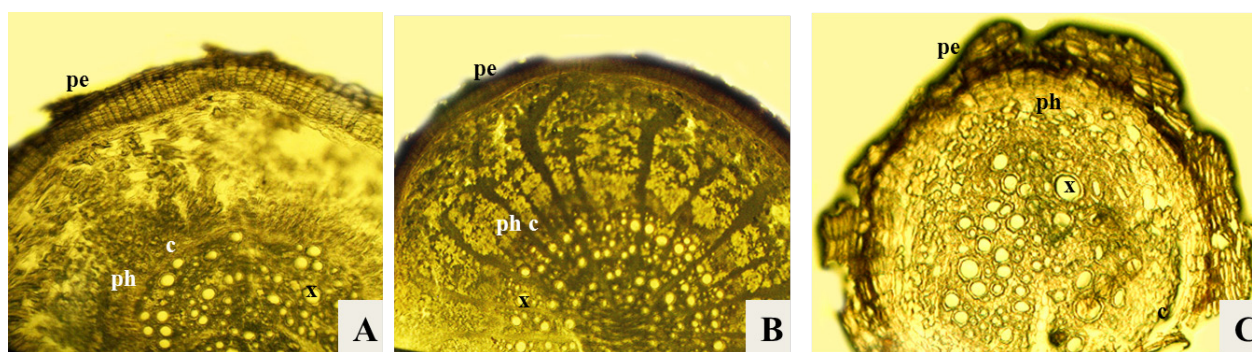
**Root anatomy (Population №1).** In cross section of the root it can be seen that the root is surrounded by periderm, which contains suberic cells with clearly distinguished lenticels. Under the periderm cortex is located. The cortex consists of various parenchyma and sclerenchyma cells. It is possible to clearly distinguish the central cylinder, where medullary rays are clearly visible. Also, in the central part the xylem is located and xylem is surrounded by phloem.

In the first *oxytropis* population in virginal age state, it was identified that the thickness of the cortex is bigger than in the young and middle-generative periods (Fig. 1). In the central cylinder of conductive elements, including xylem rays increased with age, as well as increased periderm.

**Root anatomy (Population №2).** In the virginal state of *Oxytropis almaatensis* Bajt. root, may notice a thick layer of periderm, cortex covers a large part of the root, central cylinder is in the center that composed of xylem and phloem (Fig. 2, A). At the young generative state central cylinder covers most of the part of the root (Fig. 2, B). In the cross section of the middle generative state central cylinder almost completely covers the root. The size of xylem vessels increased (Fig. 2, C).



**Figure 1** – Cross section of the root of *Oxytropis almaatensis* Bajt., population 1 (A-virginal plant, B-young generative plant, C-average generative plant). pe: peridermis, ph: phloem,c: cambium, x: xylem (10x4)



**Figure 2** – Cross section of the root of *Oxytropis almaatensis* Bajt., population 2 (A-virginal plant, B-young generative plant, C-average generative plant). pe: peridermis, ph: phloem,c: cambium, x: xylem(10x4)

**Table 1** – Biometric indicators *Oxytropis almaatensis* Bajt.root,µm

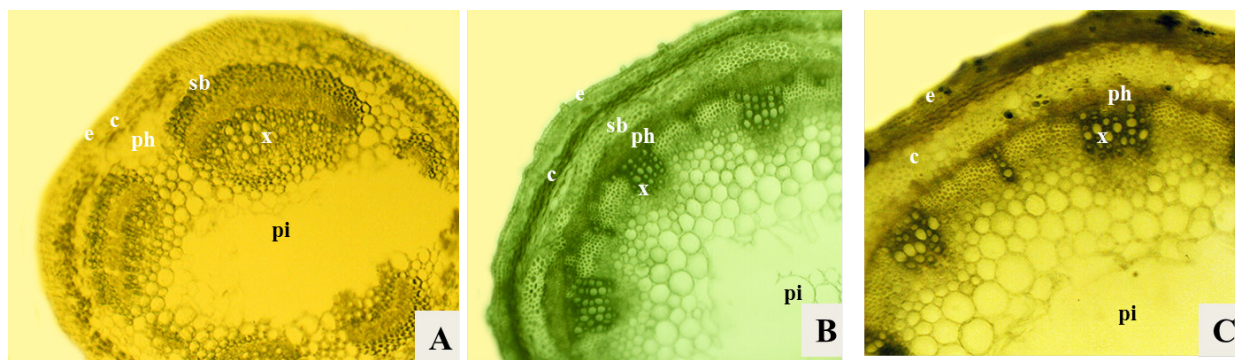
Anatomical features	Samples of <i>Oxytropis almaatensis</i> Bajt.					
	Population №1			Population №2		
	Virginal	Young generative	Middle generative	Virginal	Young generative	Middle generative
Diameter of the root	489,69±14,25	788,23±18, 67	484,72±10,92	392,92±8,72	542,54±7,63	353,77±8,78
Thickness of the periderm	26,55±1,67	35,38±2,36	32,53±1,25	57,13±5,42	22,77±1,59	39,6±3,28
Thickness of the primary cortex	87,85±5,47	75,58±6,11	60,66±3,66	149,57±8,04	59,96±4,34	21,26±0,98
Diameter of the central cylinder	286,72±11,89	541,2±9,61	318,45±12,12	357,31±3,45	285,14±9,3	376,63±5,43
Diameter of the xylem vessels	7,49±0,53	8,57±1,23	9,7±1,01	11,42±1,35	9,49±1,67	12,73±1,11

With the plant age-related growth the diameter of xylem vessels increases. Primary cortex thickness on the contrary decreases with growth, for example, in the first population in virginal state the thickness of primary cortex is  $87,85 \pm 5,47$  microns, in middle generative these data decreased in  $60,66 \pm 3,66$  microns. In the second population there is also noticeably sharply reduction of thickness of the primary cortex in virginal from  $149,57 \pm 8,04$  microns to  $21,26 \pm 0,98$  microns on middle generative state (Table 1).

Since the leaf is the main photosynthetic organ, especially the internal structure of the leaf blade, particularly the thickness of the chlorophyll tissue – mesophyll, may depend on the place of growth conditions, including the lighting conditions.

**Stem anatomy (Population №1).** A cross section of the *Oxytropis almaatensis* Bajt. stem covered by one layer of epidermal cells of different sizes, in the epidermis glandular trichoma are found. Under the epidermis the primary cortex of 3-5 layers of parenchyma and collenchyma cells are located. In the central cylinder located in a circle of collateral open vascular bundles. In the conducting bundles between the xylem and phloem there is cambium, above the phloem there is the liner of

sclerenchyma bundles that consist of 3-4 layers of cells. In the part of pith cavity is formed. At the virginal plant state the number of vascular bundles is 5-9 (Fig. 3, A). In the young generative plant the stem covered with the glandular trichoma, under the epidermis, there are several layers of parenchyma cells, there was also found collenchyma continuous layer above the conductive bundles. Liner of bundles made a continuous layer of sclerenchyma cells. The sclerenchyma observed between bundles, in particular at the periphery of xylem vessels. Between the large bundle the xylem bundles with a single ray are developing. In one conductive bundle there are 5 xylem rays. In one ray – 5-7 vessels. In the central part of the stem cavity of the pith is formed (Fig. 3, B). Above the epidermis in the primary cortex unidentified black substance is found. There was an increase of the central cylinder, also continuous layer of sclerenchyma, the thickness of which is increased in comparison with the young generative. Between the large bundle there are developing xylem bundles with a single ray. In one large vascular bundle the xylem rays reach up to 7, vessels in one xylem ray are bigger than 7. The parenchyma of the central cylinder is up to 9 rows. The size of the pith cavity is increased (Fig. 3, C).



**Figure 3** – Cross section of the stem of *Oxytropis almaatensis* Bajt., population 1 (A-virginal plant, B-young generative plant, C-average generative plant). e: epidermis, c: cortex, sb: sclerenchyma bundle, ph: phloem, x: xylem, pi: pith (10x10)

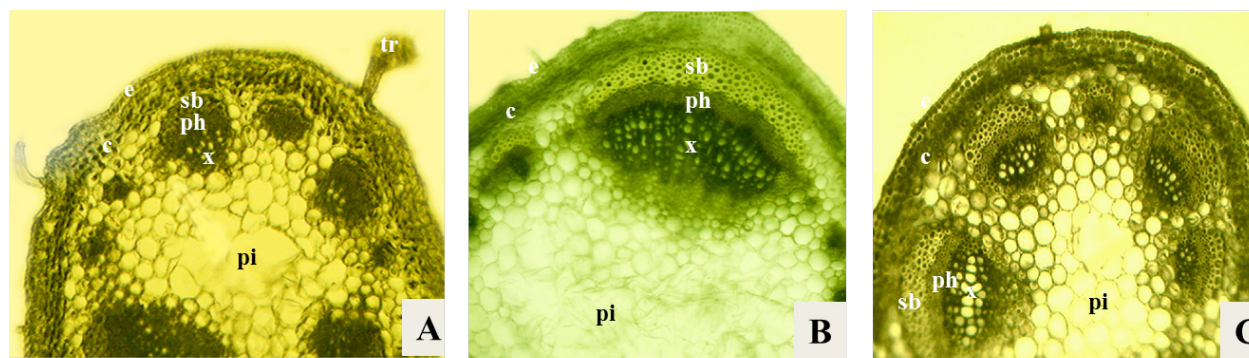
**Stem anatomy (Population №2).** In the second population *O. almaatensis* stem in virginal age state has large glandular trichoma. Above the epidermis primary cortex consists of parenchyma and collenchyma. The central cylinder of vascular bundles collateral open, i.e. between the xylem and phloem there is a row of cambium. Above the phloem there are well developed bast fibers. In the virginal state the stem has in average 9 bundles of various sizes.

The largest bundle's xylem vessels constitute 10-11 rays, 5-6 vessels in each ray. In the central cylinder parenchymal cells composed of 6-7 rows. In the center of the parenchyma cells started to break down and there was a very small cavity (Fig. 4, A). In the cross-section of the young generative stem, there were observed about 13-15 vascular bundles, 3 of which are large. The xylem rays are about 15, and ratio of xylem to the phloem of one to three.



Above the epidermis there are continuous layer of collenchyma cells. Above the bundles there are well developed bast fibers. The thickness of the bast fibers is 2 times greater than phloem. Between and above the bundles there are clearly visible parenchymal cells of various sizes. The central cavity formed

in the cylinder center (Fig. 4, B). The middle age state has epidermis with trachoma, also has 9 large bundles, which are composed of xylem, phloem and cambium. The number of xylem rays is 9, xylem is much bigger than the phloem. In the center of the stem cavity size increased (Fig. 4, C).



**Figure 4** – Cross section of the stem of *Oxytropis almaatensis* Bajt., population 2 (A-virginal plant, B-young generative plant, C-average generative plant). e: epidermis, c: cortex, sb: sclerenchyma bundle, ph: phloem, x: xylem, pi: pith, tr: trachoma (10x10)

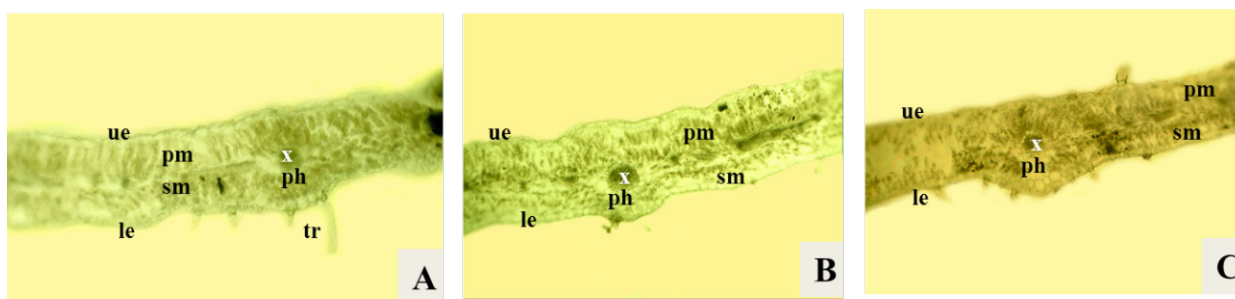
**Table 2** – Biometric indicators *Oxytropis almaatensis* Bajt. stem,  $\mu\text{m}$

Anatomical features	Samples of <i>Oxytropis almaatensis</i> Bajt.					
	Population №1			Population №2		
	Virginal	Young generative	Middle generative	Virginal	Young generative	Middle generative
Diameter of the stem	419,07±11,2	785,1±13,21	917,4±14,69	379,67±5,12	569,02±1,72	461,9±4,53
Thickness of the primary cortex	31,88±0,54	42,15±1,13	49,09±0,48	43,99±1,02	49,19±1,08	36,31±1,06
Diameter of the central cylinder	340,54±7,61	710,94±12,74	826,13±9,94	330,5±4,17	483,28±2,59	371,94±3,03
Length of the conductive bundle	100,87±5,43	105,94±5,47	114,69±2,36	79,70±2,99	105,81±2,27	98,76±2,17
Width of the vascular bundle	152,28±3,83	66,68±54,19	67,195±2,14	106,09±1,85	139,48±3,39	98,98±2,74
Thickness of the bast fibers	19,43±1,46	24,69±1,35	26,61±0,97	27,17±0,68	39,72±1,04	29,97±0,88
Length of the xylem rays	43,92±2,18	48,41±1,67	52,89±2,41	31,0±0,98	67,40±1,24	40,31±1,21
Thickness of the phloem	24,04±0,48	23,02±0,23	29,2±0,96	17,03±0,66	23,98±0,6	12,77±0,53
Diameter of the xylem vessels	8,28±0,09	9,90±0,60	11,23±0,88	7,11±1,02	10,28±0,3	8,06±0,15

In the first population anatomical indicators increased with the growth of plants. But in the second population of all biometric indicators in the young generative age state were much more than the virginal and middle-generative. For example, the diameter of the stem in a young generative  $569,02 \pm 1,72$ , in virginal  $379,67 \pm 5,12$  and  $461,9 \pm 4,53$  in the middle generative age state (Table 2).

**Leaf anatomy (Population №1).** Leaf is covered with the upper and lower epidermis, among them the bilateral mesophyll is located. Trachoma are present on the both part of epidermis, but are dominated in the lower epidermis. Under the upper epidermis cells are

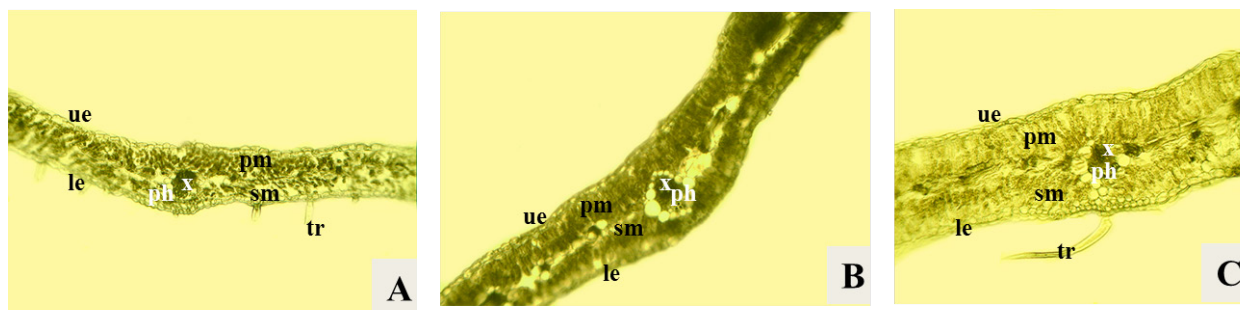
located 1-2 layers of palisade mesophyll cells located under them the spongy mesophyll. The boundary between the palisade and spongy mesophyll is expressed clearly. In spongy mesophyll there are many intercellular spaces. In veins closed collateral vascular bundles are located, that consist of phloem towards to the lower epidermis and the xylem towards to the upper epidermis (Fig. 5, A). In the young generative state there are clearly expressed liner bundles (Fig. 5, B). In the middle generative age state, in the mid vein under the vascular bundles there is the bulge, under the phloem located parenchyma cells to the lower epidermis (Fig. 5 C).



**Figure 5** – Cross section of the leaf of *Oxytropis almaatensis* Bajt., population 1 (A-virginal plant, B-young generative plant, C-average generative plant). ue: upper epidermis, pm: palisade mesophyll, sm: spongy mesophyll, x: xylem, ph: phloem, le: lower epidermis, tr: trachoma (10x10).

**Leaf anatomy (Population №2).** In the second population in the virginal age state in the anatomical structure of the oxytropis leaf as in the first population trachoma dominate in the lower epidermis (Fig. 6, A). In the young generative age state boundary between the palisade and spongy

mesophyll is expressed clearly. There are well developed liner bundles cells (Fig. 6 B). Under the upper epidermis there are 2 layers cells of palisade mesophyll, the spongy mesophyll cells are under them. There are parenchymal cells under the phloem to the lower epidermis (Fig. 6 C).



**Figure 6** – Cross section of the leaf of *Oxytropis almaatensis* Bajt., population 2 (A-virginal plant, B-young generative plant, C-average generative plant). ue: upper epidermis, pm: palisade mesophyll, sm: spongy mesophyll, x: xylem, ph: phloem, le: lower epidermis, tr: trachoma (10x10)

**Table 3** – Biometric indicators *Oxytropis almaatensis* Bajt. leaf,  $\mu\text{m}$ 

Anatomical features	Samples of <i>Oxytropis almaatensis</i> Bajt.					
	Population №1			Population №2		
	Virginal	Young generative	Middle generative	Virginal	Young generative	Middle generative
Thickness of the middle leaf rib	101,08±1,06	124,48±2,38	144,79±1,85	90,01±0,22	106,75±3,98	150,9±1,16
Thickness of the upper epidermis	7,29±0,09	12,81±0,4	7,81±0,91	10,02±0,74	10,33±0,03	9,37±0,04
Thickness of the lower epidermis	6,71±0,98	12,95±0,3	10,2±0,22	8,54±0,49	9,6±0,81	8,21±0,94
Thickness of the palisade mesophyll	40,57±1,07	52,56±2,1	51,92±1,08	36,5±0,64	42,75±1,01	54,5±2,4
Thickness of the spongy mesophyll	30,59±0,78	35,31±0,85	37,71±1,03	32,43±1,05	30,7±1,04	50,11±1,16
Diameter of the vascular bundle	25,95±0,77	27,1±0,92	32,98±0,65	44,88±1,66	45,1±1,71	46,04±1,07

In both populations, there is increase in thickness of the middle vein, accordingly to the age of the plants. In the first population in virginal age state there was observed that the thickness of the epidermis is less than thickness of the lower epidermis, and on the contrary, in the other phases, the thickness of lower epidermis dominates than the upper epidermis. In the second population the thickness of lower epidermis in the young and middle generative age state is less than the upper epidermis. In both populations, it was revealed that palisade mesophyll indicators are higher than the spongy mesophyll. Also, the diameter of the conducting bundle increases with the plants growth, like the diameter of the conductive bundle in the first population increased from  $25.95 \pm 0.77$  to  $32.98 \pm 0.65$  micron (Table 3).

### Conclusions

Thus, in the process of study, we first identified biometrics of anatomical structure of vegetative organs of rare, narrowly endemic species *Oxytropis almaatensis* Bajt.. The following conclusions can be drawn on the basis of the obtained data:

1. In the first and second populations in the virginal age period it was revealed that the thickness of

the cortex is bigger than in the young and middle-generative periods. In the central cylinder of the root there is a positive correlation between the diameter of the conducting elements, the xylem vessels and periderm increase accordingly of plants age.

2. The study of the internal structure of the plant stem different age periods in the two populations showed their great similarity. The study of the internal structure of the plant stem different age periods in different populations showed that all individuals have the bundle structure of the stem that is characteristic of the stems of dicotyledonous plants with varying degrees of development of various tissues. The main part of the stem occupies the central cylinder.

3. By comparing the anatomical structure of the leaf blades of plants of different populations, it was found that for all individuals of different age periods the dorsoventral, bilateral mesophyll, i.e. differentiation of mesophyll to palisade and spongy, are characteristic. Since the leaf is the main photosynthetic organ, especially the internal structure of the leaf blade, particularly the thickness of the chlorophyll tissue – mesophyll, may depend on the place of growth conditions, including the lighting conditions.

## Литература

- 1 Tekin M., Yilmaz G. Comparative root and stem anatomy of four rare *Onobrychis* Mill. (Fabaceae) taxa endemic in Turkey // *Notulae Scientia Biologicae*. – 2015. – №7(3). – P.308-312. DOI: 10.15835/nsb.7.3.9595.
- 2 Malyshev L.I. Phenetics of the subgenera and sections in the genus *Oxytropis* DC. (Fabaceae) bearing on ecology and phylogeny // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2008. – №1(4). – P.440-444. DOI: 10.1134/S1995425508040073.
- 3 Флора Казахстана. Том 5. – Алма-Ата: Издательство Академии наук Казахской ССР, 1961. – 516 с.
- 4 Красная книга Казахстана. Том 2. Часть 1. Растения. Алматы: АртPrintXXI. – 2014. – 452 с. ISBN: 978-601-80334-7-6.
- 5 Crawford D.J., Ruiz E., Stuessy T.F., Tepe E., Aqueveque P., Gonzalez F., Jensen R.J., Anderson G.J., Bernardello G., Baeza C.M., Swenson U., Silva M.O. Allozyme diversity in endemic flowering plant species of the Juan Fernandez Archipelago, Chile: ecological and historical factors with implications for conservation // *American Journal of Botany*. – 2001. – №88(12). – P.2195-2203. DOI: 10.2307/3558381.
- 6 Schnabel A., Krutovskii K.V. Conservation genetics and evolutionary history of *Gleditsia caspica*: inferences from allozyme diversity in populations from Azerbaijan // *Conservation Genetics*. – 2004. – №5(2). – P. 195 – 204. DOI:10.1023/B:COGE.0000030003.77703.c0.
- 7 Ellstrand N.C., Elam D.R. Population genetic consequences of small population-size – implications for plant conservation // *Annu. Rev. Ecol. Syst.* – 1993. – №24. – P.217-242. DOI: 10.1146/annurev.es.24.110193.001245.
- 8 Reed D.H., Frankham R. Correlation between fitness and genetic diversity // *Conserv. Biol.* – 2003. – №17(1). – P.230-237. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2003.01236.x.
- 9 Green M.J.B., How R., Padmalal U.K.G.K., Dissanayake S.R.B. The importance of monitoring biological diversity and its application in Sri Lanka // *Proceedings of «International Tropical Ecology Congress»*. Dehra Dun, India. – 2009. – P. 41-56.
- 10 Rankou H., Culham A., Taleb M.S., Ouhammou A., Martin G., Jury S.L. Conservation assessments and Red Listing of the endemic Moroccan flora (monocotyledons) // *Botanical Journal of the Linnean Society*. – 2015. – №177(4). – P.504-575. DOI: 10.1111/boj.12258.
- 11 Yetisen K., Ozdemir C. A morphological, anatomical and caryological study on endemic *Ornithogalum alpigenum* Stapf (Hyacinthaceae) // *Pakistan J Bot.* – 2015. – №47(6). – P. 2289-2294.
- 12 Ozkan M., Kariptas E., Ozdemir C., Kandemir A., Akyol Y. Morphological and anatomical characterization and trace elements composition of *Onosma argentata* Hub.-Mor. (Boraginaceae) endemic to Turkey // *Pakistan J Bot.* – 2016. – №48(1). – P.187-191.
- 13 Munson S.M. Long-term shifts in the phenology of rare and endemic Rocky Mountain plants // *Am J Bot.* – 2015. – №102(8). – P.1268-1276. DOI: 10.3732/ajb.1500156.
- 14 Akhmetova A., Mukhitdinov N.M., Ydyrys A. Anatomical indicators of the leaf structure of *Ferula iliensis*, growing in the eastern part of Zailiyskiy Alatau (Big Boguty mountains) // *Pakistan J Bot.* – 2015. – 47(2). – P. 511-515.
- 15 Sagaram M., Lombardini L., Grauke L.J. Variation in leaf anatomy of pecan cultivars from three Ecogeographic locations // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2007. – №132(5). – P.592-596.
- 16 He J.S., Wang X.P., Flynn D.F.B., Wang L., Schmid B., Fang J.Y. Taxonomic, phylogenetic, and environmental trade-offs between leaf productivity and persistence // *Ecology*. – 2009. – №90(10). – P.2779-2791. DOI: 10.1890/08-1126.1.
- 17 Bieras A.C., Sajo M.D. Leaf structure of the cerrado (Brazilian savanna) woody plants // *Trees-structure and function*. – 2009. №23(3). – P.451-471. DOI: 10.1007/s00468-008-0295-7.
- 18 Ariano A.P.R., da Silva I.V. Leaf anatomy of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) in three phytophyslognomies of the Mato Grosso State, Brazil // *Acta Amazonica*. – 2016. – №46(2). – P.119-125. DOI: 10.1590/1809-4392201504173.
- 19 Ma J.J., Ji C.J., Han M., Zhang T.F., Yan X.D., Hu D., Zeng H., He J.S. Comparative analyses of leaf anatomy of dicotyledonous species in Tibetan and Inner Mongolian grasslands // *Science China-Life Sciences*. – 2012. – №55(1). – P.68-79. DOI: 10.1007/s11427-012-4268-0.
- 20 Seago J.L., Fernando D.D. Anatomical aspects of angiosperm root evolution // *Annals of Botany*. – 2013. – №112(2). – P.223-238. DOI: 10.1093/aob/mcs266.
- 21 Guvenc A., Kendir G. The leaf anatomy of some *Erica* taxa native to Turkey // *Turk J Bot.* – 2012. – №36 (3). – P. 253-262. DOI: 10.3906/bot-1103-1.
- 22 Guvenc A., Duman H. Morphological and anatomical studies of annual taxa of *Sideritis* L. (Lamiaceae), with notes on chorology in Turkey // *Turk J Bot.* – 2010. – №34(2). – P.83-104. DOI: 10.3906/bot-0904-2.
- 23 Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Университетская книга. – 2013. – 439 с. ISBN 978-966-680-654-6.
- 24 Кашин А.С., Крицкая Т.А., Петрова Н.А., Шилова И.В. Методы изучения ценопопуляции цветковых растений. Учебно-методическое пособие. Саратов: Саратовский Гос. Университет, им. Н.Г. Герернишевского. – 2015. – 127с.
- 25 Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. – М.: Издательство МГУ. – 2004. – 312 с.
- 26 Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с. ISBN: 5-06-000471-6.
- 27 Удольская Н.Л. Введение в биометрию. – Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1976. – 83 с.

## References

- 1 TekinM, YilmazG (2015) Comparativerootandstemanatomyof four rare *Onobrychis* Mill. (Fabaceae) taxa endemic in Turkey, *Notulae Scientia Biologicae*, 7(3):308-312. DOI: 10.15835/nsb.7.3.9595.
- 2 Malyshev LI (2008) Phenetics of the subgenera and sections in the genus *Oxytropis* DC. (Fabaceae) bearing on ecology and phylogeny, *Contemporary Problems of Ecology*, 1(4):440-444. DOI: 10.1134/S1995425508040073.
- 3 Flora of Kazakhstan (1961) [Flora Kazahstana. A.: Izdatel'stvo Akademii nauk Kazahskoj SSR]. A.: Publishing house of Academy of Sciences of Kazakh SSR. V. 5. 516 p. (In Russian).
- 4 Red List of Kazakhstan. (2014) second edition. Vol. 2: Plants [Krasnaja kniga Kazahstana. Tom 2. Rastenija.]. «AptPrintXXI», Almaty, 452 p. ISBN: 978-601-80334-7-6 (In Russian).
- 5 Crawford DJ, RuizE, StuessyTF, TepeE, AqvequeP, GonzalezF, JensenRJ, AndersonGJ, BernardelloG, BaezaCM, Swenson U, Silva MO (2001) Allozyme diversity in endemic flowering plant species of the Juan Fernandez Archipelago, Chile: ecological and historical factors with implications for conservation, *American Journal of Botany*, 88(12):2195–2203. DOI: 10.2307/3558381.
- 6 Schnabel A, KrutovskiiKV (2004) Conservation genetics and evolutionary history of *Gleditsia caspica*: inferences from allozyme diversity in populations from Azerbaijan, *Conservation Genetics*, 5(2):195-204. DOI: 10.1023/B:COGE.0000030003.77703.c0.
- 7 Ellstrand NC, Elam DR (1993) Population genetic consequences of small population-size – implications for plant conservation, *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 24:217-242. DOI: 10.1146/annurev.es.24.110193.001245.
- 8 Reed DH, Frankham R (2003) Correlation between fitness and genetic diversity, *Conserv. Biol.*, 17(1):230-237. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2003.01236.x.
- 9 Green MJB, How R, Padmalal UKGK, Dissanayake SRB (2009) The importance of monitoring biological diversity and its application in Sri Lanka, *Proceedings of International Tropical Ecology Congress, Dehra Dun, India*. P. 41–56.
- 10 Rankou H, CulhamA, TalebMS, OuhammouA, Martin G, JurySL (2015) Conservation assessments and Red Listing of the endemic Moroccan flora (monocotyledons), *Botanical Journal of the Linnean Society*, 177(4):504-575. DOI: 10.1111/boj.12258.
- 11 Yetisen K, Ozdemir C (2015) A morphological, anatomical and caryological study on endemic *Ornithogalum alpigenum* Stapf (Hyacinthaceae), *Pakistan J Bot.*, 47(6):2289-2294.
- 12 Ozkan M, KariptasE, OzdemirC, KandemirA, AkyolY (2016) Morphological and anatomical characterization and trace elements composition of *Onosma argentata* Hub.-Mor. (Boraginaceae) endemic to Turkey, *Pakistan J Bot.*, 48(1):187-191.
- 13 Munson SM (2015) Long-term shifts in the phenology of rare and endemic Rocky Mountain plants, *Am J Bot*, 102:1268-1276. DOI: 10.3732/ajb.1500156
- 14 Akhmetova A, Mukhitdinov NM, YdyrysA (2015) Anatomical indicators of the leaf structure of *Ferula iliensis*, growing in the eastern part of Zailiyskiy Alatau (Big Boguty mountains), *Pakistan J Bot.*, 47(2): 511-515.
- 15 Sagaram M, LombardiniL, Grauke LJ (2007) Variation in leaf anatomy of pecan cultivars from three Ecogeographic locations, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132(5): 592-596.
- 16 He JS, Wang XP, Flynn DFB, Wang L, Schmid B, Fang JY (2009) Taxonomic, phylogenetic, and environmental trade-offs between leaf productivity and persistence, *Ecology*, 90(10): 2779-2791. DOI: 10.1890/08-1126.1.
- 17 Bieras AC, SajoMD (2009) Leaf structure of the cerrado (Brazilian savanna) woody plants, *Trees-structure and function*, 23(3): 451-471. DOI: 10.1007/s00468-008-0295-7.
- 18 Ariano APR, da SilvaV (2016) Leaf anatomy of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) in three phytophyslognomies of the Mato Grosso State, Brazil. *Acta Amazonica*, 46(2):119-125. DOI: 10.1590/1809-4392201504173.
- 19 Ma JJ, Ji CJ, Han M, Zhang TF, Yan XD, Hu D, Zeng H, He JS (2012) Comparative analyses of leaf anatomy of dicotyledonous species in Tibetan and Inner Mongolian grasslands, *Science China-Life Sciences*, 55(1):68-79. DOI: 10.1007/s11427-012-4268-0.
- 20 Seago JL, FernandoDD (2013) Anatomical aspects of angiosperm root evolution, *Annals of Botany*, 112(2):223-238. DOI: 10.1093/aob/mcs266.
- 21 Guvenc A, Kendir G (2012) The leaf anatomy of some *Erica* taxa native to Turkey, *Turk J Bot.*, 36 (3):253-262. DOI: 10.3906/bot-1103-1.
- 22 Guvenc A, DumanH (2010) Morphological and anatomical studies of annual taxa of *Sideritis* L. (Lamiaceae), with notes on chorology in Turkey, *Turk J Bot.*, 34(2):83-104. DOI: 10.3906/bot-0904-2
- 23 Zlobin A, Sklyar VG, Klimenko AA (2013) The populations of rare plant species, the theoretical basis and study methodology [Populjacija redkih vidov rastenij: teoreticheskie osnovy i metodika izuchenija, Universitetskaja kniga]. Sumy: University Book, 439 p. ISBN 978-966-680-654-6. (In Russian).
- 24 Kashin AS, Kritskaya TA, Petrova NA, Shilov IV (2015) Methods of studying cenopopulations of flowering plants [Metody izuchenija cenopopuljacij cvetkovyh rastenij, Uchebno-metodicheskoe posobie. Saratovskij Gos. Universitet, im. N.G. Gerni-shevskogo]. Educational methodological textbook, Saratov State University named after N.G. Gernyshevsky, Saratov, 127 p. (In Russian).
- 25 Barykina RP, Veselova TD, Devjatov AG, Dzhililova HH, Il'ina GM, Chubatova NV (2004) Reference book botanical microtechnology, fundamentals and methods. [Spravochnik po botanicheskoj mikrotehnike, osnovy i metody. MGU, Moskva]. MGU, Moscow, 312 p. ISBN: 5-211-06103-9. (In Russian).
- 26 Lakin GF (1990) Biometrics. [Biometrija. Vysshaya shkola, Moskva]. Higher School, Moscow, 352 p. ISBN: 5-06-000471-6. (In Russian).
- 27 Udolskaya NL (1976) Introduction to biometrics [Vvedenie v biometriju. Nauka Kazahskoy SSR, Alma-Ata]. Science of Kazakh SSR, Alma-Ata, 83 p. (In Russian).

Ydyrys A., Mukhitdinov N.M.,  
Ametov A.A., Abidkulova K.T.,  
Akhmetova A.B., Tyныbekov B.M.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

**Assessment species communities  
of population rare, endemic  
and medical plant *Ferula iliensis*  
Krasn. ex Korov. on the left bank  
of the Ili River Almaty region**

Ыдырыс Ә., Мухитдинов Н.М.,  
Әметов Ә.Ә., Абидкулова К.Т.,  
Ахметова А.Б., Тыныбеков Б.М.

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

**Алматы облысы Іле өзенінің  
сол жағалауындағы сирек  
кездесетін, эндемдік және  
дәрілік *Ferula iliensis*  
Krasn. ex Korov өсімдігі  
популяциясы кездесетін  
өсімдіктер қауымдарын  
бағалау**

Ыдырыс А., Мухитдинов Н.М.,  
Аметов А.А., Абидкулова К.Т.,  
Ахметова А.Б., Тыныбеков Б.М.

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

**Оценка растительных  
сообществ с участием  
популяций редкого,  
эндемичного и лекарственного  
вида *Ferula iliensis* Krasn. ex  
Korov. на левом берегу реки  
Или Алматинской области**

In the article, the authors to assess and current a complete geobotanical characterization and floristic analysis *Ferula iliensis* communities in conditions of on the left bank of the Ili river. We have been identified the population of 91 species of vascular plants belonging to 72 genus, 24 families. Community floristic composition of the population is classified as follows. Belonging to 1 species of gymnosperms, 90 species of angiosperms, although only 13 species from monocots, 77 species from dicots with common family including Chenopodiaceae Vent. (18 species) and Asteraceae Dumort. (18 species) of these major families contains 36 species or 39,6 % species of this association belong to the upper two families. Out of the total 91 plant species identified, 38 species (41.7%) were therophytes (grasses). Of the total species, 5 (5.5%) species are endemic. According to the economic value of the *Ferula iliensis* communities we have identified 14 groups of useful plants. They note that here the population of this rare, endemic and valuable medicinal plants is not in danger.

**Key words:** *Ferula iliensis*, endemic, medical plant, population, species composition.

Мақалада *Ferula iliensis* Krasn өсімдігінің Алматы облысы Іле өзенінің сол жағалауында орналасқан популяциясы кездесетін өсімдіктер қауымына толық геоботаникалық сипаттама беріліп, флоралық құрамына талдау жасалынған. Зерттелген популяция кездесетін өсімдіктер қауымы көлемінде тамырлы өсімдіктердің 24 тұқымдас, 72 туысқа бірігетін 91 түрін анықтадық. Өсімдіктер қауымының флоралық құрамы төмендегідей жіктеледі. Жалаңаш тұқымдылардан жалғыз түр болды. Қалған 90 түр жабық тұқымды, олардың 77 түрі қосжарнақтылар классына, 13 түрі даражарнақтылар классына жатады. Жетекші тұқымдастар Chenopodiaceae Vent. және Asteraceae Dumort., бұл аумақта олардың әрқайсысынан 18 түрден бар, бұл дегеніміз өсімдіктер қауымы флорасының 39,6%-ын құрайды деген сөз. Тіршілік формаларынан қысқа мерзімдік даму цикліне ие терофиттер, бір және екіжылдық өсімдіктер – 38 түр (41,7%). Ал эндемдік түрлерден бес түр өседі. Шаруашылық маңызына қарай Іле сасырының популяциясы кездесетін өсімдіктер қауымын 14 пайдалы өсімдіктер тобына топтастыруға болады. Осы сирек кездесетін, эндемдік және құнды дәрілік өсімдіктің популяциясына және популяция кездесетін өсімдіктер қауымына төніп тұрған қауіп жоқ. Табиғи жолмен оның қалпына келуі қалыпты жағдайда жүріп жатыр.

**Түйін сөздер:** *Ferula iliensis*, популяция, дәрілік өсімдіктер, эндемдік, түрлік құрам.

В статье дается геоботаническая характеристика растительных сообществ с участием *Ferula iliensis* и флористический анализ сообществ с участием *Ferula iliensis* на левом берегу реки Или Алматинской области. В пределах изученных сообществ популяции нами были собраны и определены 91 вид цветковых растений, относящихся к 72 родам и 24 семействам. Голосеменные были представлены одним видом. Покрытосеменные были представлены 90 видами, из них 77 видов относились к классу однодольных. Ведущими семействами являются Chenopodiaceae Vent. и Asteraceae Dumort. В каждом из них имеется по 18 видов, что вместе взятое составляет 39,6% флоры. Из жизненных форм преобладали терофиты, т.е. одно- и двулетние растения с коротким циклом развития – 38 (41,7%). Их особенно много из семейств Chenopodiaceae и Brassicaceae, по 7 видов в каждом. Эндемичных видов пять. По хозяйственному значению во флоре изученных сообществ нами выделены 14 групп полезных растений. Отмечается, что здесь популяции этого редкого, эндемичного и ценного лекарственного растения ничего не угрожает. Возобновление *Ferula iliensis* идет вполне нормально.

**Ключевые слова:** *Ferula iliensis*, популяция, лекарственные растения, эндем, видовой состав.

**ASSESSMENT SPECIES  
COMMUNITIES OF  
POPULATION RARE,  
ENDEMIC AND MEDICAL  
PLANT *FERULA ILIENSIS*  
KRASN. EX KOROV.  
ON THE LEFT BANK OF  
THE ILI RIVER ALMATY  
REGION****Introduction**

At that time, the problem of save and protection of relict, endemic and rare species, got now relevance [1]. For preservation of species of the plants, which condition in the nature causes serious fear and the accounting of all species of the plants needing protection in necessary for rational use of vegetable resources [2]. Especially in the case of medicines, rare and endemic species. *Ferula iliensis* Krash.ex.Korov – a plant widely has been used in ancient medicine of location Kazakh medicine, which called Ilan or Ile sasyry – taken medicine used treat colds, headaches, if you feel unwell, sciatica, and in the treatment of eczema, rashes, venous ulcers, non-healing wounds. Decoction of the roots is used, ointments and extracts prepared from the resin. About this plant written in the own book «Shipagerlik Bayan» by Kazakh famous healer Oteyboydaq Tilewqabiluly, that is called Sasyr [3]. There are many buyers folded up to the present day, it is illegal. Day by day, so their natural resources are reduced to a minimum amount. For this reason we have to find out the status of natural populations of this research work has been carried out.

It must be mentioned that umbelliferone derivatives have also been isolated previously from giant fennels of the *Pachycarpa* group, of which *Ferula iliensis* is also a representative. The comminuted plant roots were extracted with acetone and the concentrated acetone extract was chromatographed on alumina in the petroleum ether-ethyl acetate system with increasing concentrations of the latter. On the basis of characteristics of their UV, IR, and PMR spectra and the absence of depressions of the melting points with authentic samples, substance was identified as conferone, as conferol, as samarcandin, and as feterin [4]. In addition to the conferral, conferone, samarkandin, feterin, and moschatol isolated previously, from an acetone extract of the roots of *Ferula iliensis* Krasn. ex Korov. Ferrules are some of the useful plants to humans, used since ancient times as food, medicines, essential-oil and food. *Ferula iliensis* gum used in folk medicine for all kinds of colds and headaches. These resins have been described by the classics of medieval science Avicenna and Biruni. They were used as a styptic, tonic and stimulant for the treatment of respiratory diseases, rheumatism, dia-

thesis, lymphadenitis, gastritis and hysteria. Some of these resins are the official therapeutic agents in India, Pakistan, Iran, the USA, Sweden, Germany, and Portugal. Now the interest in medicinal properties of *Ferula* is revived on a new basis. Deciphering the chemical nature of resins showed that their medicinal value due to the presence of biologically active compounds belonging mainly to the terpenoids [5]. Cryopreservation is the only technique ensuring the safe and cost-effective long-term conservation of a wide range of plant species. Slow growth storage is routinely used in many laboratories for medium-conservation of numerous plant species. Significant progress has been made for conserving endangered, rare, medicinal species. Seed survival after storage in liquid nitrogen ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) was examined in endangered medicinal plant *Ferula iliensis* grown in Kazakhstan [6, 7]. A comparison of the anatomical structure of the *F. iliensis* blades of different ages and of different populations showed they had a strong resemblance. The planar polarity of the blade multilayer of palisade mesophyll is characteristic for all plants [8].

The purpose of the study – the primary goal of research was to study and assess the population of rare, endemic and medical *Ferula iliensis* on the left bank of the Ili River, Almaty region, as listed in the Red Book of the Republic of Kazakhstan, noting their cenopopulation's characteristics such as the community floristic composition of the cenopopulations and useful, economic, endemic species.

### Materials and Methods

*Ferula iliensis* Krasn. ex Korov – a rare, narrowly endemic, medical and Red Data Book species of flora in Kazakhstan. The stem is thick, chunky, branched, and hemispherical. The leaves are soft, early withering, both sides their plates about 30 cm long, with large 5 cm and 3 cm wide end portions. Umbrellas are twofold: the central large, sessile, lateral on long stalks, flowers, and petals pale yellow. Fruits obovate, 12-14 mm and 6-8 mm width, with protruding ribs. Monocarpic perennial plant about 1 m tall. In addition, it is resiniferous and valuable medicinal plants. For centuries the roots of *Ferula iliensis* widely used in folk medicine. As medical raw material, the plant is its underground part, its habitat and stocks are sharply reduced from year to year, as the annual harvesting roots *Ferula iliensis* as raw materials leads to the destruction of the plant. This is the main reason for the sharp reduction in the area of natural populations *Ferula iliensis* [9].

Ecological isolation of population is defined by environment factors (climatic, etc.). Distinguish the following populations at plants – climatic, endemic of this region *Ferula iliensis* by the resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan of 21.06.2007 No. 521 are included in the list of objects of environmental protection having important ecological, scientific and cultural value [10].

The study of the rare species in the plant community begins with the geographical location, date, description, and author. Then, the main parameters are set phytocenotical and ecological characteristics of the habitat.

For the study of the age structure in each of the sites investigated were laid longitudinal transects. Transects at 10-20 m, depending on the topography of the site, laying the user site area of 4 square meters (only 60 sites). At each site carried a record of all individuals of a given species with a distribution by age conditions. Population density was estimated as the number of individuals of a given species to 4 meters.

Studied population of *Ferula iliensis* was conducted by route-reconnaissance method using GPS-navigation. Geobotanical description performed by conventional methods [11]. The isolation and characterization of age states use the procedural provisions that are in the works T.A. Rabotnov [12], A.A. Uranov [13].

### Results and Discussion

**The population** was found and described in the east-north of mountains of Ulken Qalqan, which are one of the southern spurs of the river Ile, in the Park «Alten-Emel». High level sea 494 m. In this population we allocated three vegetable associations (coenopopulations 1,2,3) with *Ferula iliensis* participation.

**The first association** *Artemisia terrae-albae* – *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis* – *Ferula iliensis* occupied hollow wide gorge. Valley from the north and south surrounding a small parallel ridges. The relief was a gently sloping plain. The soil was light brown slightly gravelly. Atmospheric moistening. Projective cover is 60-65%. Vegetation of river Ili has the highest productivity and its plant composition is the richer. Only in the first coenopopulations meet 45 species of vascular plants. The main plants of first association are the following: *Ferula iliensis*, *Artemisia terrae-albae*, *Salsola orientalis* and *Salsola arbuscula*. In the flora meeting other Shrub/sapling next species: *Nanophyton erinaceum*, *Artrophytum iliensis*, *Anabasis salsa* (C.A.Mey)



Benth., *Ephedra distachya* L., *Krascheninnikovia ceratoides*, *Kochia prostrata*. At semi-shrubs there growing *Calligonum aphyllum*. Here, have been ephemeral and ephemerides plants are summer-rather than spring-flowering.

We identified characteristic five layers in the floristic composition. The highest layer, formed by shrubs (*Haloxylon aphyllum*) 200 to 230 cm in height, the second layer approximately 180 cm in height, formed by semi-shrubs (*Calligonum aphyllum*), the third layer, 80-100 cm in height, formed by high herbs (*Ferula iliensis*, *Salsola arbuscula*), the fourth layer, formed by perennials (*Krascheninnikovia ceratoides*, *Ephedra distachya*) 40-60 cm in height, the fifth layer, 10-25 cm in height, formed by biannuals and annuals (*Anabasis salsa*, *Salsola orientalis*, *Kochia prostrata*, *Artemisia terrae-albae*).

**The second association** *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis* – *Artemisia terrae-alba* – *Ferula iliensis* occupies the second cenopopulation whichever greater area. The communities of *ferula*, with a cover of about 50-55% are usually normal dense. The relief was introduced gently sloping plain. In the second coenopopulations we found 84 species of vascular plants. The following plants of second association can be mentioned: *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis*, *Ferula iliensis*, *Artemisia terrae-albae*. But also the vegetation of clay deserts is mainly formed by shrubs, semi-shrubs and herbs; *Calligonum aphyllum*, *Ephedra distachya*, *Nanophyton erinaceum*, *Krascheninnikovia ceratoides* and *Kochia prostrata*. There are growing weeds *Acroptilon repens* (L.) DC., *Peganum harmala* L., *Orobancha kelleri* Novopokr., *Prangos didyma*.

We recommend in this cenopopulation the use of the following height classes each stratum, if they are appropriate, because they can make the process less subjective. The association consists of five layers the same first cenopopulation. The high layer is about 230 cm, composed of shrubs (*Haloxylon aphyllum*), the second layer could include any plants taller than 80 cm (In shorter semi-shrubs and taller herbs, this might be lowered to 1 or 2 m. as appropriate). For example, *Ferula iliensis*, *Ferula schtschurowskiana* Regel & Schmalh., *Schumannia karelinii* (Bunge) Korovin. The perennials layer could then established at between 50 cm to 70 cm. (*Prangos didyma*, *Peganum harmala*, *Acroptilon repens*). The fourth layer include any biannuals and annuals plants less than 40 cm tall (*Anabasis salsa*, *Artemisia terrae-albae*, *Jurinea semenowii* (Herd.)

C.Winkl.). The fifth layer refers ground – appressed, low carpet, less than 10-15 cm high (*Carex physoides* M.B., *Senecio dubius* Ledeb., *Senecio noeanus* Rupr., *Allium pallasii* Murr.) and include ephemeral and ephemeroids.

**The third association** *Artemisia terrae-albae* – *Nanophyton erinaceum* – *Artrophytum iliensis*. Thus, in the area occupied by the cenopopulation of *Ferula iliensis*, in total we had collected and identified herbarium of 35 species. Because there be of the national park at that time there had been minimal farming, cattle grazing and the vegetation had suffered minimal disturbance. Perennial vegetation (*Artemisia terrae-albae*, *Artrophytum iliensis*, *Nanophyton erinaceum*) along a major wash covered 55-60% of the ground, whereas nearby desert pavement and sandy-gravel flats supported less than 20% perennial plants cover.

Analysis of the vertical structure of the vegetation at the boundary of river and semi-desert showed that in the contact zone significant changes occur in the number of layers and high of plants. At the cenopopulation edge five layers can be distinguished; *Haloxylon aphyllum* reaches dominance, formed the highest vegetation layer (200 cm), second layer *Ferula iliensis* reaching a high of 75 cm, individuals of *Artemisia terrae-albae* which reached, at the desert meadow boundary 30-35 cm. *Artrophytum iliensis* and *Nanophyton erinaceum* from the third layer, 10-20 cm high, attain in the association barely 5-10 cm, and from, beside *Erodium oxyrrhynchum*, *Roemeria hybrida* (L.) DC., *Eremopyrum orientale* and other plants, the lowest herb layer.

Population of *Ferula iliensis* in the Park Altyn Emel. The length of the 12 km, a width of 300 to 500 m. We have been identified the population of 91 species of vascular plants belonging to 72 genus, 24 families (Table 1). Community floristic composition of the population is classified as follows. Belonging to 1 species of gymnosperms, 90 species of angiosperms, although only 13 species from monocots, 77 species from dicots with common family including *Chenopodiaceae* Vent. (18 species) and *Asteraceae* Dumort. (18 species) of these major families contains 36 species or 39, 6 % species of this association belong to the upper two families. *Poaceae* Barnhart, *Brassicaceae* Burnett and *Boraginaceae* Juss were found to be the dominant families in the population community represented by 8 (8.6%) species 7 (7.6%) species and 7 (7.6%) respectively (Table 1). 19 families were represented by less than three species and contributed about 33 (36,3%) of the total species (Fig 2).

**Table 1** – Community floristic composition of the cenopopulations *Ferula iliensis*

№	Name Plants	Cenopoulation		
		1	2	3
<b>Division. Gymnospermatophyta -</b>				
Phylum <i>Ephedrales</i> – Эфедровые				
<b>Class Gnetopsida</b>				
I	Family. <i>Ephedraceae</i> Dumort.			
1	<i>Ephedra distachya</i> L.	+	+	+
<b>Division. Angiospermatophyta</b>				
<b>Class Monocotyledoneae</b>				
II	Family. <i>Poaceae</i> Barnhart			
2	<i>Aeluropus intermedins</i> Regel	+	-	+
3	<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	+	+	-
4	<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski (= <i>Bromus testorum</i> L.)	+	+	-
5	<i>Eremopyrum orientale</i> (L.) Jacub. et Spach.	+	+	+
6	<i>Eremopyrum triticeum</i> (Gaerth.) Nevski	+	-	+
7	<i>Poa bulbosa</i> L.	+	+	+
8	<i>Stipa orientalis</i> Trin.	-	+	-
9	<i>Stipa richterana</i> Kar. et Kir.	-	+	+
III	Family. <i>Cyperaceae</i> Juss.			
10	<i>Carex physoides</i> M.B.	+	+	+
IV	Family. <i>Liliaceae</i> Juss.			
11	<i>Rhinopetalum karelinii</i> Fisch. ex Alexander	+	-	+
V	Family. <i>Asphodelaceae</i> Juss.			
12	<i>Eremurus cristatum</i> Vved.	-	+	-
VI	Family. <i>Alliaceae</i>			
13	<i>Allium pallasii</i> Murr.	+	+	+
14	<i>Allium praescissum</i> Reichenb.	+	+	+
<b>Class Dicotyledoneae</b>				
VII	Family. <i>Polygonaceae</i> Lindl.			
15	<i>Atraphaxis virgata</i> (Regel) Krasn.	+	+	-
16	<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Guerke	+	+	+
17	<i>Calligonum leucocladum</i> (Schrenk) Bunge	+	+	+
18	<i>Polygonum corrigioloies</i> Jaub.	+	-	+
VIII	Family. <i>Chenopodiaceae</i> Vent.			
19	<i>Anabasis salsa</i> (C.A.Mey) Benth.	+	+	+
20	<i>Artrophytum iliensis</i> Iljin	+	+	+
21	<i>Ceratocarpus utriculosus</i> Bluk.	+	-	+
22	<i>Chenopodium acuminatum</i> Wild.	-	-	+
23	<i>Chenopodium chenopodioides</i> (L.) Aellen	-	+	+
24	<i>Corispermum lehmannianum</i> Bunge	+	+	+
25	<i>Haloxylon aphyllum</i> (Minkw.) Iljin	+	+	+
26	<i>Kalidium foliatum</i> (Pall.) Mog.	+	+	+
27	<i>Kochia iranica</i> (Hauskn. et Bornm.) Litw.	+	-	+

Continued table 1

№	Name Plants	Cenopoulation		
		1	2	3
28	<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	+	+	+
29	<i>Krascheninnikovia ceratoides</i> (L.) Gueldenst.	+	+	+
30	<i>Londesia eriantha</i> Fisch. et Mey.	+	-	-
31	<i>Nanophyton erinaceum</i> (Pall.)Bunge	+	-	+
32	<i>Salsola arbuscula</i> Pall.	-	-	+
33	<i>Salsola dshungarica</i> Iljin.	+	+	+
34	<i>Salsola foliosa</i> (L.) Schrad.	+	+	+
35	<i>Salsola orientalis</i> S.G.Gmel.	+	-	+
36	<i>Salsola pestifera</i> A.Nelson.	+	+	+
IX	Family. <i>Caryophyllaceae</i> Juss.			
37	<i>Cerastium inflatum</i> Link.	+	+	-
38	<i>Holosteum polygamum</i> C.Koch.	+	+	-
X	Family. <i>Ranunculaceae</i> Juss			
39	<i>Ceratocephalus testiculata</i> (Grantz) Bess. (= <i>C. orthoceras</i> DC.)	-	+	+
XI	Family. <i>Papaveraceae</i> Juss			
40	<i>Hypecoum parviflorum</i> Kar. et Kir.	+	+	+
41	<i>Roemeria hybrida</i> (L.) DC.	-	+	-
XII	Family. <i>Brassicaceae</i> Burnett			
42	<i>Alissum desertorum</i> Stapf	+	+	+
43	<i>Isatis minima</i> Bunge	+	+	+
44	<i>Leptaleum filifolium</i> (Willd.) DC.	+	+	-
45	<i>Meniocus linifolius</i> (Steph.) DC.	+	+	+
46	<i>Strigosella scorpioides</i> (Bunge) Botsch. (= <i>Malcolmia scorpioides</i> (Bunge) Boiss.)	-	-	+
47	<i>Tauscheria lasiocarpa</i> Fisch. ex DC.	+	-	-
48	<i>Torularia brevipes</i> (Kar. & Kir.) O.E. Schulz	-	-	+
XIII	Family. <i>Rosaceae</i> Juss.			
49	<i>Potentilla orientalis</i> Juz.	-	-	+
50	<i>Astragalus bakaliensis</i> Bunge	+	+	+
51	<i>Astragalus harpilobus</i> Kar. Et Kir.	+	+	+
52	<i>Astragalus scabrisetus</i> Bong.	+	+	-
53	<i>Trigonella arcuata</i> C.A.Mey	+	+	+
XIV	Family. <i>Geraniaceae</i> Juss.			
54	<i>Erodium oxyrhynchum</i> M.Bieb.	+	+	+
XV	Family. <i>Nitrariaceae</i> Bercht.& J.Presl.			
55	<i>Nitraria schoberi</i> L.	+	-	+
XVI	Family. <i>Peganaceae</i> (Engl.) Tiegh. ex Takht.			
56	<i>Peganum harmala</i> L.	-	+	-
XVII	Family. <i>Malvaceae</i> Juss.			
57	<i>Ferula iliensis</i> Krasn. et Korov.	+	+	+
58	<i>Ferula karelinii</i> Bunge	+	+	-

Continued table 1

№	Name Plants	Cenopoulation		
		1	2	3
59	<i>Prangos didyma</i> Regel M.Pimen. et V.Tichomirov (= <i>Cryptodiscus didymus</i> (Regel) Korov.).	+	-	-
XVIII	Family. <i>Boraginaceae</i> Juss.			
60	<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. et Kral.	+	-	+
61	<i>Heliotropium acutiflorum</i> Kar. & Kir.	+	+	+
62	<i>Heliotropium parvulum</i> M.Pop.	-	-	+
63	<i>Heliotropium dasycarpum</i> Ledeb.	-	+	+
64	<i>Lappula microcarpa</i> (Ledeb.) Gurke.	+	+	-
65	<i>Nonnea caspica</i> (Willd.) G.Don.	+	-	-
66	<i>Onosma dichroanthum</i> Boiss.	+	+	+
XIX	Family. <i>Lamiaceae</i> Lindl.			
67	<i>Chamaesphacos ilicifolius</i> Schrenk	+	-	+
68	<i>Eremostachys molucelloides</i> Bunge	+	+	+
69	<i>Marrubium vulgare</i> L.	+	-	+
XX	Family. <i>Solanaceae</i> Juss.			
70	<i>Hyoscyamus pusillus</i> L.	+	-	+
XXI	Family. <i>Orobanchaceae</i> Vent.			
71	<i>Cistanche salsa</i> (C.A.Mey) G.Beack.	-	+	+
72	<i>Orobanche kelleri</i> Novopokr.	+	+	+
XXII	Family. <i>Plantaginaceae</i> Juss.			
73	<i>Plantago minuta</i> Pall.	+	+	+
XXIII	Family. <i>Asteraceae</i> Dumort.			
74	<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	+	+	+
75	<i>Amberboa turanica</i> Iljin.	+	+	+
76	<i>Artemisia schrenkiana</i> Ledeb.	+	+	+
77	<i>Artemisia sublessingiana</i> Krasch. ex Poljak.	+	+	+
78	<i>Artemisia terrae-albae</i> L.	+	+	+
79	<i>Centaurea ruthenica</i> Lam.	-	+	+
80	<i>Galatella fastigiiformis</i> Novopokr.	+	+	+
81	<i>Handelia trichophylla</i> (Schrenk) Heimerl	+	+	+
82	<i>Hyalea pulchella</i> (Ledeb.) K. Koch	-	+	+
83	<i>Jurinea semenowii</i> (Herd.) C.Winkl.	-	+	+
84	<i>Lactuca undulata</i> Ledeb.	+	+	+
85	<i>Microcephala subglobosa</i> (Krasch.) Pobed.	+	-	+
86	<i>Scorzonera pusilla</i> Pall.	+	+	+
87	<i>Scorzonera sericeolanata</i> (Bunge) Krasch. & Lipsch.	+	-	+
88	<i>Senecio dubius</i> Ledeb.	+	+	-
89	<i>Senecio noeanus</i> Rupr.	+	+	+
90	<i>Tragopogon karelinii</i> S. Nikit.	+	+	+
91	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	+	+	+

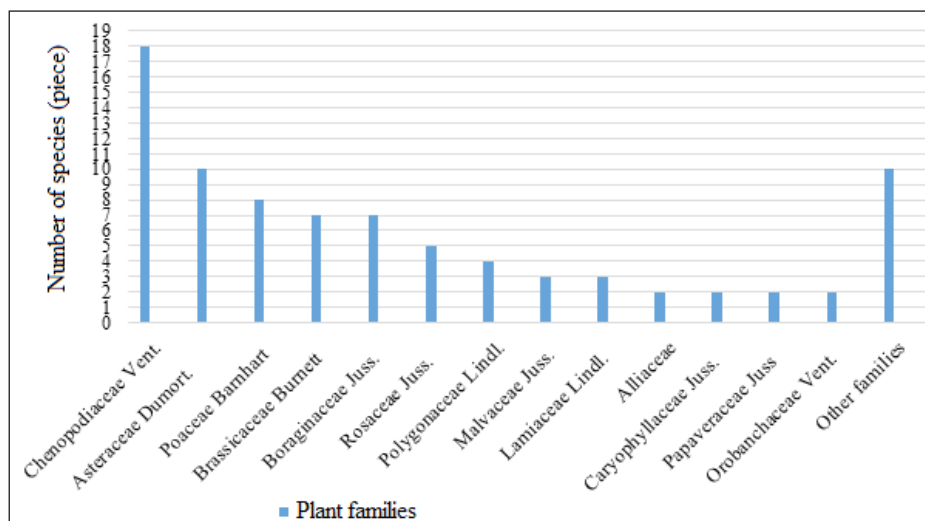


Figure 1 – Community floristic composition of families of the population *Ferula iliensis*

Out of the total 91 plant species identified, 38 species (41.7%) were therophytes (grasses), 30 species (33%) were hemicryptophytes, 9 species (9.9%) were shrubs and semi-shrubs, 1 species were macro shrubs – *Haloxylon aphylla*.

Of the total species, 5 (5.5%) species *Ferula iliensis*, *Heliotropium parvulum* M.Pop., *Tragopogon karelinii* S. Nikit., *Microcephala subglobosa* (Krasch.) Pobed., *Artrophytum iliensis* are endemic to Park Altyn Emel. Out of this, 4 species have been registered in the red data list of Kazakhstan qualifying for vulnerable category.

From a total of 91 plants reported for Park Altyn Emel, 52 plants are consumed as food (animal food) these plants include trees, terrestrial herbs, shrubs. Out of this 45 plants are environmental uses (erosion control) species, 15 species weeds, 6 species medicines (folklore), 5 species fuels (biomass for energy generation), 4 species harmful organism host (poisonous plants). 20 plants had been complex value.

## Conclusions

The population of *Ferula iliensis* is one of the National Park Altyn-Emel in region Almaty and is a home for diverse groups of plant species. It consists of 91 species of vascular plants belonging to 72 genera and 24 families. *Chenopodiaceae* Vent. and *Asteraceae* Dumort were found to be the most dominant family followed by *Poaceae* Barnhart, *Brassicaceae* Burnett and *Boraginaceae* Juss. Of the total species, 5 species are endemic to community.

Three plant communities were identified and described with varying degree of species richness, evenness and diversity. Analysis of population structure of the most common species showed that most of species exhibit normal population structure. The reason for this population *Ferula iliensis* of plants can be found up to exit from immature to youth generative [14]. The characteristics of the full life cycle of *F. iliensis* relate it to the monocarps, i.e., plants flowering once at the very end of their life cycle and die after fruiting. *F. iliensis* is in flower and fruit in the 7-9th year of life [15]. The state of the substances abused by members of an underground accumulated a great established, play an important role in the sprouting plants. After this period of 1.5-2 months to plant flowering fruit. Seeds are fully ripe and matured with the fund discharges of nutrients, the plant dries. The next year, the new family of new shoots will appear. Here's how *Ferula iliensis* plant will continue its development cycle.

Population of *Ferula iliensis* now there is no direct threats. The only gathering of this plant as a raw a medicinal plant roots ferule before fruiting uncontrolled population excavated area and range of the species decline, so what is the territory of the national park can not be allowed to collect medicinal raw materials in the case, because the building As we speak *Ferula iliensis* vegetation endemic and loss of the species included in the Red Book. The data compiled in this study highlights the necessity to better understand the role of anthropogenic ecosystems in providing wild medical plant resources. Further research needs to be carried out on the seasonal quantification of their environmental

availability, as well as the location of actual gathering events. Finally, research on transplanting and other management practices would allow us to better comprehend the distribution of the plant in the different ecosystems.

Based on the results of the study, the following recommendations were suggested:

- And this is the basis of medicinal raw materials plant roots. Due to the above reasons, the preparation of raw materials only in the case of artificial plantation. This is based on the scientific work in accordance with the proposal of the grounds agricultural *Ferula iliensis* requires the growth of plants. Because of the limitations and diffusivity of its distribution, its small population and its monocarp characteristics, this valuable species needs increased protection, and work needs to be carried out on its cultivation.

- Further research on regeneration status and soil characteristics of the population.

- Detailed ethno botanical studies are also required to explore the wealth of indigenous knowledge on the diverse uses of plants and their implication in conservation.

### Acknowledgments

This research was supported the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, a grant «An assessment of a genetic condition of populations endemic, rare and disappearing important ecological, scientific and cultural value of species of plants in Ili – Balkhash region methods of the morph – anatomic and molecular and genetic analysis». Although this species is taken on the account and the Government Resolution dated June 21, 2007 № 21 on the list of objects of the environment, with special ecological, scientific and cultural importance.

### Литература

- 1 Ydyrys A., Mukhitdinov N.M., Ametov A.A., Tynybekov B.M., Akhmetova A.B., Abidkulova K.T. The States of coenpopulations of endemic, relict and rare species of plant *Limonium michelsonii* and their protection // World Applied Sciences Journal – 2013. – Vol. 26, No. 7. – P. 934 – 940.
- 2 Begenov A., Mukhitdinov N.M., Ametov A.A., Nazarbekova S.T., Kuatbayev A.T., Tynybekov B.M., Abidkulova K.T., Ydyrys A. Assessment of the current status of populations of kazakh rare plants (*Berberis iliensis* M. Pop.) // World Applied Sciences Journal: IDOSI Publications. – 2014. – Vol. 30, No. 1. – P. 105-109.
- 3 Отейбойдак Т. Шипагерлік баян. – Алматы: Жалын, 1996.
- 4 Bizhanova K., Saidkhodzhaev A.I. Coumarins of the roots of *Ferula iliensis* // Chemistry of Natural Compounds. – 1976. – Vol. 2. – P.265.
- 5 Сафина Л.К. Ферула Средней Азии и Казахстана. – Алматы: Лем, 2012.
- 6 Ydyrys A., Mukhitdinov N.M., Abbas A., Mukhitdinova Z.R., Ametov A.A., Tynybekov B.M., Akhmetova A.B., Abidkulova K.T. The states of coenpopulations of endemic, relict and rare species of plant *Ferula iliensis* and their protection // Journal of Biotechnology. – 2014. – Vol. 185S. – P. 32-33.
- 7 Almerkova Sh., Mukhitdinova Z., Ydyrys A., Mukhitdinov N., Kurmanbayeva M., Tynybekov B., Inelova Z., Akhmetova A (2016) The effect of cryopreservation on seed germination of the endangered medicinal plant *Ferula iliensis* Krasn. ex Korovin Journal of Biotechnology. 231S:34
- 8 Akhmetova A., Mukhitdinov N., Ydyrys A. Anatomical indicators of the leaf structure of *Ferula Iliensis*, growing in the eastern part of Zailiyskiy Alatau (Big Boguty mountains) // Pakistan Journal of Botany. – 2015. – Vol. 2, No. 47. – P. 511 – 515.
- 9 Флора Казахстана. – Алматы, 1964. – Т. 6. – С. 385-416.
- 10 Мухитдинов Н.М., Аметов А.А., Абидкулова К.Т., Ахметов А.Б., Ыдырыс А., Жумабекова Ж. Флористический состав и эколого-биологические особенности растительных сообществ с участием *Ferula iliensis* Krasn. Ex Korov // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2012. – №4 (36). – С. 159-169.
- 11 Корчагин А.А., Лавренко Е.М. Полевая геоботаника. – М., 1964. – 530 с.
- 12 Работнов Т.А. Методика изучения структуры ценопопуляций облигатных трав // Экология. – №2. – С. 5-13.
- 13 Уранов А.А. Большой жизненный цикл и возрастной спектр ценопопуляций цветковых растений // Материалы Конгресса, Киев, 1973
- 14 Ахметов А.Б., Мухитдинов Н.М., Абидкулова К.Т., Ыдырыс А. Сравнительная характеристика анатомической структуры вегетативных органов ювенильных особей *Ferula iliensis* Krasn. Ex Korov // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2012. – №4 (36). – С. 58-65.
- 15 Мухитдинов Н.М., Аметов А.А., Абидкулова К.Т., Ыдырыс А., Жумабекова Ж. Возрастная структура популяции редкого, эндемичного растения *Ferula iliensis* Krasn // Материалы III Международной конференции «The environment and management of natural resources», Тюмень, Россия, 2012. – С.155-157.

## References

- 1 Ydyrys A, Mukhitdinov NM, Ametov AA, Tynybekov BM, Akhmetova AB, Abidkulova KT (2013) The States of coenpopulations of endemic, relict and rare species of plant *Limonium michelsonii* and their protection, *World Applied Sciences Journal*. 26(7):934 – 940.
- 2 Begenov A., Mukhitdinov NM, Ametov AA, Nazarbekova ST, Kuatbayev AT, Tynybekov BM, Abidkulova KT. Ydyrys A (2014) Assessment of the current status of populations of kazakh rare plants (*Berberis iliensis* M. Pop.), *World Applied Sciences Journal*: IDOSI Publications, 30 (1): 105-109.
- 3 Oteyboydaq T (1996) Treatise on Medicine [Shipagerlik Bayan], Zhaly, Almaty, Kazakhstan. (In Kazakh)
- 4 Bizhanova K, Saidkhodzhaev AI (1978) Coumarins of the roots of *Ferula iliensis*, *Chemistry of Natural Compounds*. 2:265.
- 5 Safina LK (2012) *Ferule of Central Asia and Kazakhstan, [Ferula Srednej Azii i Kazahstana]* Lem, Almaty, Kazakhstan (In Russian)
- 6 Ydyrys A, Mukhitdinov NM, Abbas A, Mukhitdinova ZR, Ametov AA, Tynybekov BM, Akhmetova AB, Abidkulova KT (2014) The states of coenpopulations of endemic, relict and rare species of plant *Ferula iliensis* and their protection, *Journal of Biotechnology*, 185S:32-33.
- 7 Almerkova Sh., Mukhitdinova Z., Ydyrys A., Mukhitdinov N., Kurmanbayeva M., Tynybekov B., Inelova Z., Akhmetova A (2016) The effect of cryopreservation on seed germination of the endangered medicinal plant *Ferula iliensis* Krasn. ex Korovin *Journal of Biotechnology*. 231S:34
- 8 Akhmetova A, Mukhitdinov N, Ydyrys A (2015) Anatomical indicators of the leaf structure of *Ferula iliensis*, growing in the eastern part of Zailiyskiy Alatau (Big Boguty mountains), *Pakistan Journal of Botany* 2(47):511 – 515.
- 9 Flora of Kazakhstan [Flora Kazahstana] (1964) Almaty, Kazakhstan. 6:385-416. (In Russian)
- 10 Mukhitdinov NM, Ametov AA, Abidkulova KT, Akhmetov AB, Ydyrys A., Zhumabekova J (2012) Floristic composition and ecological and biological characteristics of plant communities with *Ferula iliensis* Krasn. Ex Korov. [Floristicheskij sostav i jekologo-biologicheskie osobennosti rastitel'nyh soobshhestv s uchastiem *Ferula iliensis* Krasn. Ex Korov. Vestnik KazNU, ser. jekol] *Bulletin of the KNU, ser. Ecol.* 4 (36):159-169. (In Russian)
- 11 Korchagin AA, Lavrenko EM (ed.) (1964) Field geobotany [Polevaja geobotaniki] Moscow, USSR, 3:530. (In Russian)
- 12 Rabotnov TA (1978) Structure and methods of the perennial herbaceous plants cenopopulation study [Metodika izuchenija struktury cenopopuljacij obligatnyh korne otryskovykh trav] *Ecology*, 2: 5-13. (In Russian)
- 13 Uranov AA (1973) Great life cycle and age range of flowering plants populations [Bol'shoj zhiznennyj cikl i vozrastnoj spektr cenopopuljacij cvetkovykh rastenij], Delegates' Congress thesis report VUBE, Kiev. (In Russian)
- 14 Akhmetov AB, Mukhitdinov NM, Abidkulova KT, Ydyrys A (2012) Comparison of the anatomical structure of the vegetative organs of juveniles *Ferula iliensis* Krasn. ex Korov. [Sravnitel'naja harakteristika anatomicheskoy struktury vegetativnyh organov juvenil'nyh osobej *Ferula iliensis* Krasn. Ex Korov. Vestnik KazNU, ser.jekol.] *Bulletin of the KNU, ser. Ecol.* 4 (36):58-65. (In Russian)
- 15 Mukhitdinov NM, Ametov AA, Abidkulova KT, Ydyrys A, Zhumabekova J (2012) Age structure of populations of rare, endemic species *Ferula iliensis* Krasn. [Vozrastnaja struktura populjacji redkogo, jendemichnogo rastenija *Ferula iliensis* Krasn.] The environment and management of natural resources. Abstracts of the III International Conference, Tyumen, P. 155-157. (In Russian)

<sup>1</sup>Абидкулова К.Т.,  
<sup>1</sup>Мухитдинов Н.М.,  
<sup>1</sup>Аметов А.А., <sup>2</sup>Иващенко А.А.,  
<sup>1</sup>Альмерекова Ш., <sup>1</sup>Ыдырыс А.

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы  
<sup>2</sup>Иле-Алатауский государственный национальный природный парк, Казахстан, г. Алматы

**Особенности структуры ценопопуляций редкого, эндемичного растения Заилийского Алатау *Oxytropis almaatensis* Bajt.**

<sup>1</sup>Abidkulova K.T.,  
<sup>1</sup>Mukhitdinov N.M.,  
<sup>1</sup>Ametov A.A., <sup>2</sup>Ivashchenko A.A.,  
<sup>1</sup>Almerekova Sh., <sup>1</sup>Ydyrys A.

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty  
<sup>2</sup>Ile-Alatau State National Nature Park, Kazakhstan Almaty

**The features of cenopopulations structures of rare, endemic plant species *Oxytropis almaatensis* Bajt. from trans-Ili Alatau mountains**

<sup>1</sup>Абидкулова К.Т.,  
<sup>1</sup>Мухитдинов Н.М.,  
<sup>1</sup>Аметов А.А., <sup>2</sup>Иващенко А.А.,  
<sup>1</sup>Альмерекова Ш., <sup>1</sup>Ыдырыс А.

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
<sup>2</sup>Іле-Алатау мемлекеттік ұлттық табиғи паркі, Қазақстан, Алматы қ.

**Іле Алатауының сирек, эндем *Oxytropis almaatensis* Bajt. өсімдігінің ценопопуляция құрылымының ерекшеліктері**

Одним из редких, узкоэндемичных казахстанских видов рода *Oxytropis* является *O. almaatensis* Bajt. Для оценки состояния ценопопуляций наиболее уязвимых видов растений большое значение имеет возрастной спектр. Возрастные спектры помогают как провести современную диагностику состояния, так и оценить перспективы будущего развития каждой ценопопуляции. В 2015-2016 гг. авторами были найдены и изучены особенности демографической структуры 6-ти ценопопуляций *O.almaatensis* на территории ИА ГНПП. Все исследованные ценопопуляции являются нормальными, неполночленными (отсутствуют постгенеративные особи). Большинство из них имеют возрастной спектр с одним максимумом и только две ценопопуляции имеют бимодальный спектр с максимумами на молодых вегетативных и генеративных растениях. Наибольшая плотность растений *O. almaatensis* отмечается в шестой ценопопуляции, наименьшая – в четвертой ценопопуляции.

**Ключевые слова:** *Oxytropis almaatensis*, онтогенез, возрастной спектр, ценопопуляция, популяция.

Genus *Oxytropis* DC. is represented in Kazakhstan by 119 species of 15 sections, 36 species (32.5%) are endemic, and 10 included in the Red Book of Kazakhstan. One of the rare, narrowly endemic species of Kazakhstan is *Oxytropis almaatensis*, described by M.S.Baytenov according to E.Gorbunova and V.P.Goloskokov data from Syugaty and Toraigyr mountains in 1937(eastern part of the Trans-Ili Alatau). Located in close vicinity of the largest megapolis of the republic as a city of Almaty and many other populated areas, ecosystems of Trans-Ili Alatau are experiencing huge recreational load, negative affecting on the vegetation cover. The age spectrum is important for evaluate the coenopopulations state and helps to conduct a modern diagnostic status and evaluate the future development. In 2015-2016 the authors have been found and studied characteristics of the demographic structure of the *O.almaatensis* 6 coenopopulations on territory of IA SNP. Most of them have a developmental spectrum with one maximum and only two coenopopulations (fifth and sixth) are bimodal spectrum with peaks in young vegetative and generative plants. The highest density of *O.almaatensis* noted in the sixth coenopopulations, the lowest – fourth coenopopulations.

**Key words:** *Oxytropis almaatensis*, ontogenesis, age spectrum, cenopopulation, population.

Қазақстанның сирек, тар эндем түрінің бірі *Oxytropis almaatensis*. Ценопопуляцияның жағдайын бағалау үшін жастық спектрдің маңызы зор. Жастық спектрлер ценопопуляцияның қазіргі жағдайының диагностикасын жасаумен қатар, болашақ дамудың перспективасын бағалайды және әрбір ценопопуляцияның ең маңызды сипаттамасы болып табылады. 2015-2016 жж. авторлар ИА МҰТП территориясында *O.almaatensis* өсімдігінің 6 ценопопуляциясының демографиялық ерекшеліктерінің құрылысын анықтады. *O. almaatensis* өсімдігінің зерттелген ценопопуляциялары кәдімгі, толық емес мүшелі (постгенеративті дарақтар кездеспейді) болып табылады. Ценопопуляциялардың көпшілігі бір максимумы бар онтогенетикалық спектрге ие болса, екі ценопопуляция (бесінші және алтыншы) жас генеративтік және генеративтік өсімдіктердегі максимумы бар биомодальды онтогенетикалық спектрді көрсеткен. *O. almaatensis* өсімдігінің тығыздығы жоғары ценопопуляция – алтыншы, ал төмен тығыздықты төртінші ценопопуляция көрсеткен.

**Түйін сөздер:** *Oxytropis almaatensis*, онтогенез, жас ерекшелік спектрі, ценопопуляция, популяция.



**ОСОБЕННОСТИ  
СТРУКТУРЫ  
ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ  
РЕДКОГО,  
ЭНДЕМИЧНОГО  
РАСТЕНИЯ  
ЗАИЛИЙСКОГО  
АЛАТАУ ОХУТРОПИС  
ALMAATENSIS ВАЖТ.**

**Введение**

В XX-XXI веках резко выросли риски существования популяций растений из-за нарастающего глобального антропогенного воздействия на растительный мир, которое включает прямое отчуждение фитомассы, уничтожение отдельных видов и биомов, загрязнение ксенобиотиками, климатические изменения и др. [1]. Утрата редких видов растений под действием негативных факторов, является глобальной проблемой с очень серьезными последствиями, вымирание любого биологического вида – это невосполнимая потеря. Сохранение редких видов, предотвращение их вымирания, по Ю.А. Злобину и др. [1], стало одной из основных научно-организационных задач ботаников и экологов всех стран мира.

При изучении редких видов растений очень актуален популяционный уровень [2]. Это связано с тем, что любой вид растений существует в природе как самостоятельная локальная популяция, именно процессы, происходящие в локальных популяциях, определяют их устойчивость и динамику развития. Вымирание вида – это исчезновение локальных популяций, которыми он представлен в природе. По этой причине, исследования редких видов растений на популяционном уровне являются наиболее востребованными и результативными. Популяционный подход имеет важную научную ценность, которая состоит в том, что он предполагает всестороннее изучение особей растений, составляющих популяции, и, следовательно, дает важную информацию о росте, продукционном процессе и о способности к репродукции особей редких видов растений.

Проблемам состояния популяций растений посвящены несколько монографий и множество научных статей. В этих работах особое место занимает оценка современного состояния популяции редких и исчезающих растений, как наиболее уязвимого звена в экосистемах [3]. Многие редкие виды являются носителями особой биологической информации и выступают объектом оценки научной ценности охраняемой территории.

Для эндемичных видов растений часто характерна узкая специализация, они бывают приспособлены только к строго определенным условиям существования, и, как следствие, име-

ют прерывистое распространение даже в пределах основного ареала. Обычно такие эндемики представляют более уязвимую часть региональных флор, у которых изменение экосистем вследствие антропогенного стресса приводит к еще большему сокращению их ареала [4]. Для таких видов, которые представлены малочисленными изолированными популяциями, увеличивается угроза полного исчезновения [5]. Исследования малых популяций, выяснение механизмов их существования приобретает большое значение в связи с тем, что усиливающееся антропогенное влияние приводит к раздроблению и сокращению ареалов даже ранее широко распространенных видов растений [6]. Это необходимо еще и для организации долгосрочного мониторинга, разработки мер по охране эндемичных видов региона. Ценопопуляционные исследования в целом не только вносят вклад в теоретическую экологию, ботанику, демэкологию и физиологию растений, но и также имеют практическую направленность. Они являются биологической основой для разработки способов рационального использования естественных растительных ресурсов и их охраны.

Род остролодочник (*Oxytropis* DC.) является одним из наиболее крупных родов семейства *Fabaceae*, входит в подтрибу *Astragalinae*, трибу *Galegeae* общим количеством около 300 видов [7,8]. В своем большинстве, остролодочники распространены в умеренных и арктических зонах Северного полушария, где основные очаги видового многообразия сосредоточены в Средней и Центральной Азии, на юге Сибири, на Алтае и Крайнем Северо-Востоке Азии. Остролодочники растут, главным образом, по горным лугам и степям, каменистым склонам, в арктической и альпийской тундре. Они встречаются на каменистых склонах Тянь-Шаня и Центральных Саянах, в горных степях Северо-Восточной Якутии [9]. Род *Oxytropis* включает как арктоальпийские виды, приуроченные к каменистым местообитаниям, скалам и тундрам арктической области и альпийского пояса гор, так и степные формы, приуроченные к степным группировкам.

Многие виды *Oxytropis* имеют практическое значение в качестве кормовых, медоносных, лекарственных и декоративных растений [10]. При изучении лекарственных растений Забайкалья, применяемых в традиционной тибетской медицине, было установлено, что растения рода *Oxytropis* DC. содержат значительное количество фенольных соединений (флавоноидов и фенолкарбоновых кислот), а также алкалоиды,

кумарины, сапонины [11]. Благодаря разнообразию биологически активных веществ в их составе они обладают противовоспалительным, желчегонным, диуретическим, антиаритмическим и болеутоляющим действием. Некоторые представители этого рода, такие как остролодочник остролистный, остролодочник шишковидный, остролодочник лесной оказались перспективными для фармацевтической промышленности [12]. Из надземной части остролодочника остролистного получен экстракт, содержащий биологически активные флавоноидные соединения, на основе которого разработан препарат «Оксифил» для лечения ринитов, обладающий противогипоксическим, анальгезирующим и противовоспалительным действием, а также способствующий восстановлению пораженных тканей [12]. Представляют интерес изучение не только лекарственных свойств представителей рода *Oxytropis*, но и эколого-биологические особенности эндемичных видов. Некоторые из них (*Oxytropis chankaensis* Jurtz, *Oxytropis gmelinii* Fisch. ex Boriss., *Oxytropis baschkirensis* Knjasev) были исследованы на территории России [13-15]. Турецкие ботаники Seher Karaman Erkul и Zeki Aytaç провели ревизию видов рода *Oxytropis*, произрастающих в Турции [16]. На Камчатке А.Б. Холина соавторами [17] исследовали генетические вариации шести видов остролодочника местной флоры. Л.И. Малышев в одной из своих работ [18] представил системный анализ рода Остролодка в Азиатской России. По его данным в Сибири и на российском Дальнем Востоке обнаружены 142 вида и 24 подвида в составе 5 подродов и 16 секций, из них, как отмечает автор, неоправданно выделены в качестве самостоятельных видов 15 таксонов. В работе представлены также данные по числу хромосом, рисунки растений и картосхемы ареалов. И.Ю. Селютина и Е.Г. Зибзеев [19] проанализировали онтогенетическую и виталитетную структуру семи ценопопуляций **эндемичного вида альпийских лугов Алтая** *Oxytropis sulphurea* (Fisch. ex DC.) Ledeb. в различных ценологических условиях высокогорья Рудного Алтая (Ивановский и Проходной хребет) и Саура.

Большая работа, посвященная остролодочникам Тянь-Шаня, их составу, ботанико-географическим связям, морфологическим характеристикам, хозяйственному значению проделана С.А. Абдулиной [20]. По ее данным в Казахстане отмечено 119 видов из 15 секций рода *Oxytropis*, из которых 36 видов (32,5%) являются эндемичными, а 10 – внесены в Красную книгу [21,22].

В Северном Тянь-Шане, куда относится Заилийский Алатау, этот род по количеству видов стоит на втором месте после астрагалов [20].

Одним из редких, узкоэндемичных казахстанских видов является *Oxytropis almaatensis*, относящийся к подроду *Euoxytropis* (Boiss.) Bunge секция *Eumorpha* Bunge [21, 22]. Вид был описан М.С. Байтеновым по сборам Е.Горбуновой и В.П. Голоскокова из гор Сюгаты (27.05.1937) и Торайгыр (30.05.1937) [23].

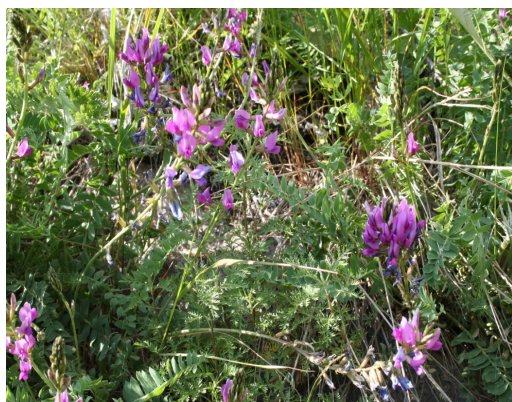
*Oxytropis almaatensis* (рисунок 1) – это стержнекорневой многолетник, почти бесстебельное растение до 45 см высотой, серовато-зеленое от прижатого опушения. Листья до 20 см длиной, со многими парами эллиптических или продолговато-яйцевидных листочков, до 15 мм шириной. Цветки в длинных рыхлых кистях, чашечка трубчато-колокольчатая, 10-12 мм длиной, венчик розово-пурпуровый, до 20 мм длиной. Бобы продолговато-лопастные, 18-20 мм длиной, кожистые на длинных (5-7 мм) плодоножках. Размножается семенами. Цветет в мае-июне, плодоносит в июле-августе. Распространен в Заилийском Алатау: ущелья рек Каргалы, Талгар, Чилик, горы Сюгаты (северные склоны). Места обитания вида – щебнисто-мелкоземистые склоны, лесные поляны, среди лугового, степного разнотравья и кустарников, в среднем поясе гор. Используется в народной медицине [10,22]. Находящиеся в непосредственной близости от такого крупнейшего мегаполиса республики как город Алматы и многих других населенных пунктов, экосистемы Заилийского Алатау испытывают огромную рекреационную нагрузку, негативно влияющую на состояние растительного покрова. В результате, наиболее уязвимые виды

растений, у которых экологический и ценогический оптимумы лежат в узком диапазоне, находятся под угрозой исчезновения.

И.И. Кокоревой и др. [24] были найдены две популяции *Oxytropis almaatensis*: в расщелке Горельник М. Алмаатинского ущелья на высоте 2065 м над ур.м. и в ущелье Ким-Асар на высоте 2294 м над ур.м. В результате исследования авторами приведены описания растительные сообщества с участием *Oxytropis almaatensis* и подсчитано количество особей *Oxytropis almaatensis* в каждой популяции (соответственно 20 и 63). О том, что данный вид встречается спорадично и немногочисленными популяциями (от 10-20 до 100 экземпляров), занимающими участки площадью до 500-1000 м<sup>2</sup> отмечает и А. А. Иващенко [25]. Начальные исследования возрастной структуры некоторых ценопопуляций *Oxytropis almaatensis* проведены К.Т. Абидкуловой и др. [26].

Возрастной состав имеет большое значение для самоподдержания ценопопуляций. Возрастные спектры помогают провести как современную диагностику состояния так и оценку перспективы будущего развития и являются наиболее важной характеристикой конкретной ценопопуляции. Доля участия каждой онтогенетической группы в возрастном спектре определяет этап развития самой популяции в потоке популяций, а также ее молодость или старость [27].

Целью нашей работы было изучение возрастного спектра естественных ценопопуляций редкого, узкоэндемичного вида *Oxytropis almaatensis* для дальнейшего анализа их состояния на территории Иле-Алатауского государственного национального природного парка.



цветение



плодоношение

Рисунок 1 – *Oxytropis almaatensis* Bajt.

## Материалы и методы исследований

Для изучения возрастного спектра в каждой ценопопуляции, границы которой определялись общепринятыми методами [28], были заложены продольные трансекты, на которых через 10-20 м выделялись учетные площадки размером 1 м<sup>2</sup> (по 10 площадок). На каждой площадке проводили учет всех особей данного вида с распределением по возрастным состояниям. Плотность популяции оценивалась как число особей на 1 м<sup>2</sup>. За особь мы принимаем укоренившийся побег генеративного или вегетативного происхождения.

При характеристике ценопопуляций использовались классификации по абсолютному максимуму онтогенетической группы. Выделение возрастных состояний приводили по схеме А.А. Уранова [29]: р – проростки и всходы; j – ювенильные особи; im – имматурные; v – виргинильные или взрослые вегетативные; g<sub>1</sub> – молодые генеративные; g<sub>2</sub> – средне- или зрелые генеративные; g<sub>3</sub> – старые генеративные; ss –

субсенильные; s – сенильные; sc – отмирающие особи. Ювенильные и имматурные особыми объединили в одну группу молодых вегетативных (v<sub>1</sub>), тогда как взрослые вегетативные (виргинильные) приводим под знаком v<sub>2</sub>.

## Результаты исследования и их обсуждения

В 2015-2016 гг. – были обследованы три популяции *Oxytropis almaatensis* (рисунок 2): первая – в Большом Алмаатинском ущелье (2159 м над ур. м.), в еловом поясе на склоне западной экспозиции правобережья р. Кумбельсу; вторая – в Малом Алмаатинском ущелье (2012-2055 м над ур. м.), в урочище Сары-Сай на склонах юго-западной и северо-западной экспозиции правобережья р. М. Алмаатинка; третья – в Б.Алмаатинском ущелье на склоне западной экспозиции крутизной 50-55°, ступенчато переходящим в долину ниже впадения р. Кумбельсу (2012-2038 м над ур. м.) на правом берегу реки Б.Алмаатинка.

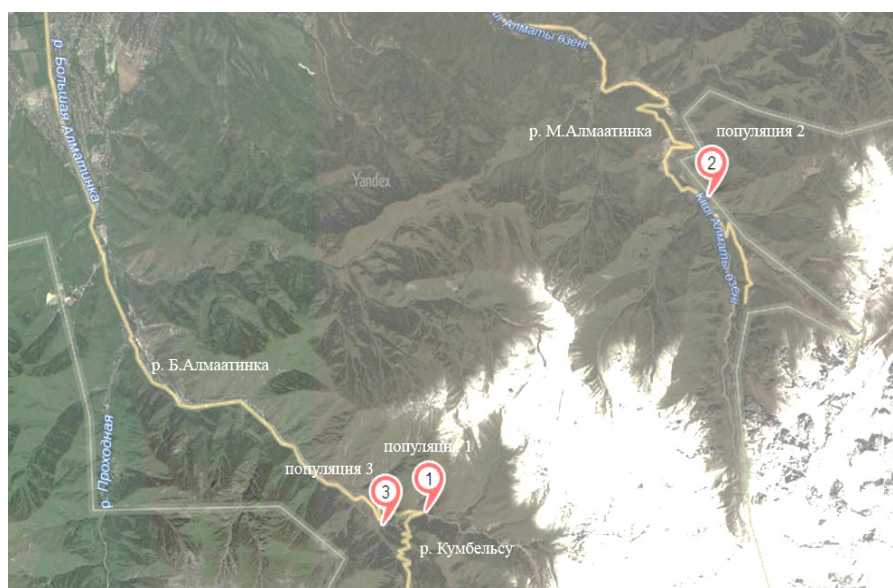


Рисунок 2 – Карта-схема расположения изученных популяций *O. almaatensis* (1,3-Б.Алмаатинское ущелье, 2 – М.Алмаатинское ущелье)

В популяции 1 было выделено две ценопопуляции: ценопопуляция 1 – над обрывом выше моста на склоне крутизной 70°, почва – темно-каштановая горная с выходами камней до 30%, координаты: N 43°04.864', E 076°59.604', высота над уровнем моря 2160 м, ценопопуляция 2 – ниже первой, над обрывом около моста, на склоне крутизной 75-80°, почва – чернозем горный,

щебнисто-каменистая, с более высоким выходом камней – до 55-60%, координаты: N 43°04.853', E 076°59.578', высота над уровнем моря 2158 м. Участок ценопопуляции 2 нередко попадает под воздействие оползней.

В популяции 2 были выделены также две ценопопуляции: ценопопуляция 3 – практически на гребне склона, захватывая участок юго-запад-

ной и северо-западной экспозиций, крутизной 35-40°, почва – чернозем горный, координаты: N 43°08.490', E 077°04.198', высота над уровнем моря 2002 м; ценопопуляция 4 – на склоне юго-западной экспозиции, крутизной 40-45°, почва – чернозем горный с выходами камней до 10-15%, координаты: N 43°08.421', E 077°04.358', высота над уровнем моря 2055 м.

В популяции 3 как и в предыдущих, также были выделены: ценопопуляция 5 – в долине правобережья реки Б.Алмаатинка ниже впадения в нее р.Кумбельсу, почва – аллювиально-луговая, наносная, с выходами крупных камней до 60-70%, координаты: N 43°04.705' и E 076°58.896', высота над уровнем моря 2012 м;

ценопопуляция 6 – на склоне западной экспозиции крутизной 50-55° на правом берегу реки возле впадения в нее р.Кумбельсу, почва – чернозем горный, каменность 70-80%, координаты: N 43°04.700' и E 076°58.936', высота над уровнем моря 2160 м.

Всего на учетных площадках было зарегистрировано 543 особи *Oxytropis almaatensis*, в том числе: в ценопопуляции 1 – 79 особей, в ценопопуляции 2 – 98, в ценопопуляции 3 – 88, в ценопопуляции 4 – 63, в ценопопуляции 5 – 80 и в ценопопуляции 6 – 135. В таблице 1 и 2 приведены данные по составу разных возрастных групп *Oxytropis almaatensis* и плотности ценопопуляций 1-6.

**Таблица 1** – Среднее количество особей *Oxytropis almaatensis* Vajt. разных возрастных групп (шт.)

Онтогенетическое состояние	№ ценопопуляции					
	1	2	3	4	5	6
$v_1$	ед.	ед.	0	ед.	2,6±1,03	5,2±1,7
$v_2$	1,6±0,6	3,8 ±0,71	2,1±0,5	1,5±0,22	0,5±0,22	1,4±0,43
$g_1$	2,7±0,7	4,1 ±0,53	5,3±0,99	3,3±0,62	2,9±0,48	4,9±1,38
$g_2$	3,0±0,47	1,5 ±0,34	1,4±0,48	1,4±0,27	1,7±0,33	1,4±0,27
$g_3$	ед.	ед.	0	0	ед.	ед.
ss	0	0	0	0	0	0
s	0	0	0	0	0	0

Примечание: ед. – единичное (т.е. общее количество особей на учетных площадках не превышало 6)

**Таблица 2** – Средняя плотность особей *Oxytropis almaatensis* Vajt. (шт./м<sup>2</sup>)

№ ценопопуляции					
1	2	3	4	5	6
7,9±1,0	9,8±1,1	8,8±0,9	6,3±0,5	8,0±1,2	13,5±3,1

Все исследованные ценопопуляции *O. almaatensis* нормальные и неполночленные (отсутствуют постгенеративные особи). Также в ценопопуляциях 3 и 4 отсутствуют особи в состоянии  $g_3$ , а в ценопопуляции 3 нет особей в состоянии  $v_1$  (рисунок 3). В ценопопуляциях 1 – 2 (популяция 1) и 3-4 (популяция 2) преобладают генеративные особи, причем абсолютный максимум в ЦП 1 приходится на группу  $g_2$  (38,0%), в ЦП 2 и ЦП 3-4 – на группу особей  $g_1$  (41,8%, 52,4% и 60,2% соответственно). Доля прегенеративных растений в данных ценопопуляциях относительно малочисленна (22,8-40,8%) и представлена,

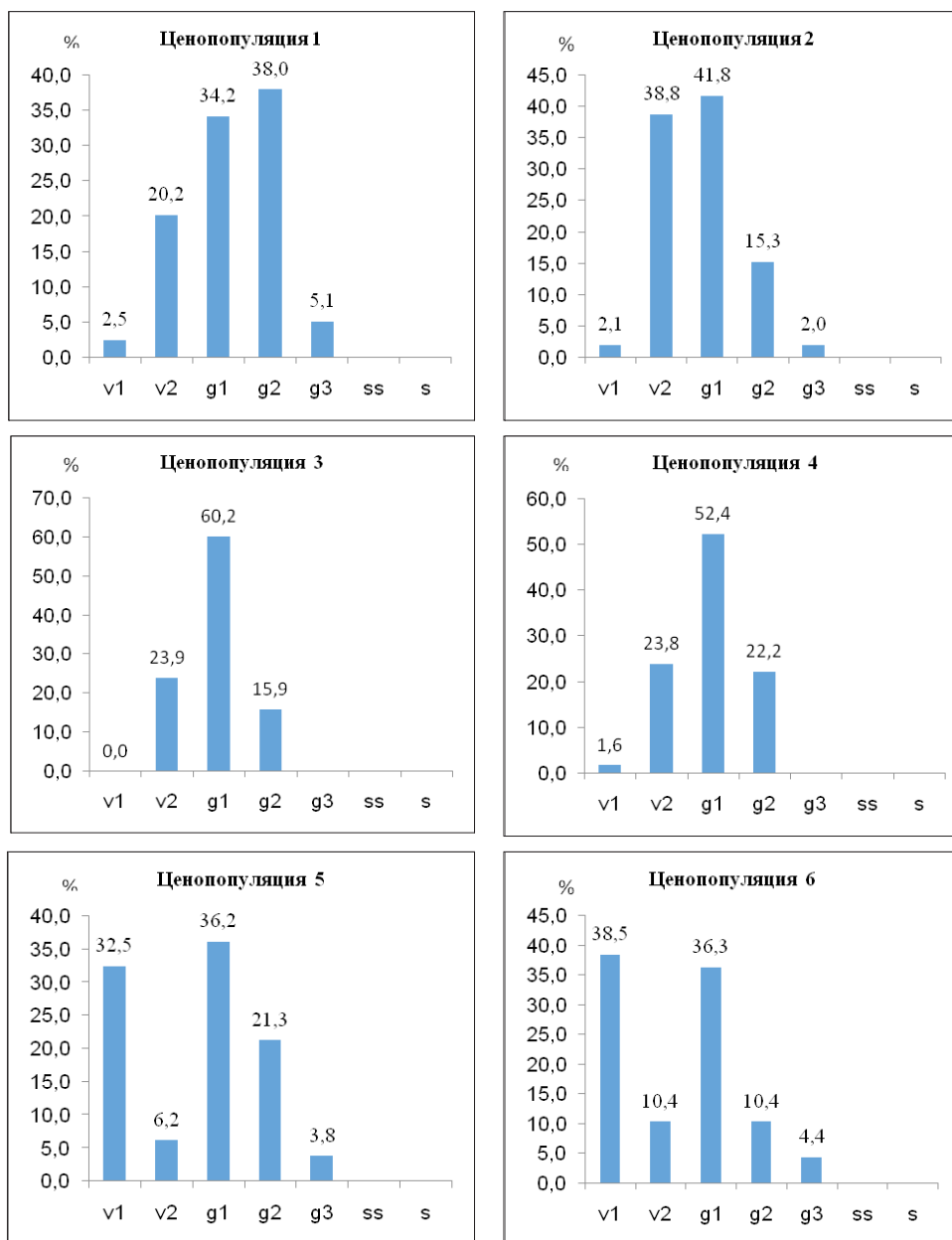
главным образом, взрослыми вегетативными растениями,  $v_2$  (20,2-38,8%). Малочисленностью венильных и имматурных растений в ценопопуляциях 1-2, по нашему мнению, связана с тем, что склон, занимаемый данной популяцией, из-за большой крутизны и близости селеопасной реки Кумбельсу периодически подвергается воздействию оползней или сходу небольших селевых потоков по реке, особенно после обильных весенних и летних осадков. Именно эта возрастная группа является наименее жизнеспособной при таких условиях. С малой жизнеспособностью связано и практически отсутствие особей

этой же возрастной группы в ценопопуляциях 3-4, т.к. склоны, на которых расположены данные ценопопуляции, отличаются высокой степенью задерненности почвы.

В ценопопуляциях 5-6 (популяция 3) мы имеем возрастной спектр с двумя максимумами: первый (32,5-38,5%) – группа молодых вегетативных растений (ювенильные и имматурные), второй (36,2-36,3%) – молодые генеративные растения. Скорее всего, это связано с более бла-

гоприятными природными условиями в данном местообитании по сравнению с теми, где расположены ценопопуляции 1-4.

Из генеративной группы большинство составляют молодые генеративные особи (34,2-60,2%), практически, во всех исследованных ценопопуляциях очень низка доля старых генеративных растений (2,0-5,1%), а в ценопопуляциях 3-4 они полностью отсутствуют. Сенильные и субсенильные особи не были обнаружены.



**Рисунок 3** – Возрастной спектр ценопопуляций 1 – 6 *O. almaatensis* (доля особей различных групп в % от общего числа)

## Заключение

*O. almaatensis* – вид со строгими экологическими и ценогическими ограничениями, произрастает в среднем поясе, на склонах с высокой инсоляцией и хорошо прогреваемых. Исследованные ценопопуляции *O. almaatensis* являются нормальными, неполноценными. Большинство из них имеют возрастной спектр

с одним максимумом и только ценопопуляции 5-6 имеют бимодальный спектр с максимумами на молодых вегетативных и генеративных растениях. Возможно это связано с аномально большим количеством осадков, выпавшим летом 2016 г. года. Наибольшая плотность растений *O. almaatensis* отмечается в ценопопуляции 6 –  $13,5 \pm 3,1$  шт./м<sup>2</sup>, наименьшая в ценопопуляции 4 –  $6,3 \pm 0,5$  шт./м<sup>2</sup>.

## Литература

- 1 Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. – Сумы: Университетская книга. – 2013. – 439 с.
- 2 Злобин Ю.А. Популяция – единица реальной жизни растений // Природа. – 1992. – № 8. – С. 47-59.
- 3 Вахрамеева М.Г. Некоторые подходы к изучению редких видов растений (на примере орхидных) // В сб. Состояние, перспективы изучения и проблемы охраны природы территорий Московской области. – 1988. – С. 71-73.
- 4 Crawford D. et al. Genetic diversity in *Rhaphithamnus venustus* (Verbenaceae), a species endemic to the Juan Fernandez Islands // Bull. Torrey Bot. Club. – 1993. – Vol. 120. – № 1. – P. 23-28.
- 5 Nei M. Analysis of Gene Diversity in Subdivided Populations // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1973. – V. 70. – P. 3321-3323.
- 6 Журавлев Ю.Н., Корень О.Г., Музарок Т.И., Реунова Г.Д., Козыренко М.М., Артюкова Е.В., Илюшко М.В. Молекулярные маркеры для сохранения редких видов растений Дальнего Востока // Физиология растений. – 1999. – Т. 46. – № 6. – С. 953-964.
- 7 Положий А.В. К вопросу о происхождении и эволюции рода *Oxytropis* (Fabaceae) // Бот. журн. – 2003. – Т.88. – № 10. – С.55-59.
- 8 Lock M. & Schrire B.D. Galegeae. In: Lewis GP, Schrire BD, Mackinder BA, Lock M (eds.) Legumes of the World. – Kew: Royal Botanic Gardens. – 2005. – pp. 475–481.
- 9 Положий А.В. *Oxytropis* // Флора Сибири. Fabaceae. – Новосибирск: Наука. – 1994. – Т.9. – С. 74-151.
- 10 Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Нелина Н.В., Каржаубекова Ж.Ж. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана: справочное издание. – Алматы, 2014. – 200 с.
- 11 Саканян Е.А. Фармакогностическое исследование некоторых растений рода остролодочник *Oxytropis* DC., применяемых в тибетской медицине. – Автореф. ... дисс., канд. наук. – Л., 1988. – 21 с.
- 12 Коноплева Е.В. Сравнительная характеристика противогипоксической и анальгезирующей активности некоторых видов остролодочника. – Автореф. ... дисс. канд. мед. наук. – СПб., 1994. – 24 с.
- 13 Холина А.Б. Изменчивость и структура популяций остролодочника ханкайского *Oxytropis chankaensis* Jurtz. – Дисс. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2005. – 199 с.
- 14 Елизарьева О.А. Эколого-биологические особенности эндемика Южного Урала *Oxytropis gmelinii* Fisch, ex Boriss. (Fabaceae) в условиях интродукции. – Автореф. ... дисс. канд. биол. наук. – Уфа, 2009. – 16 с.
- 15 Куватова Д.Н. Эколого-биологические особенности редкого эндемика Южного Урала *Oxytropis baschkirensis* Knjasev (Fabaceae) в естественных условиях и при интродукции. Дисс. ... канд. биол. наук. – Уфа, 2011. – 242 с.
- 16 Erkul S.K., Aytaz Z. The revision of the genus *Oxytropis* (Leguminosae) in Turkey // Turk J Bot. – 2013. – № 37. – С.24-38.
- 17 Kholina A.B., Nakonechnaya O.V., Yakubov V.V., Koren O.G. Genetic variation in six species of the genus *Oxytropis* DC. (Fabaceae) from Kamchatka Peninsula // Rus. J. Genet. – 2013. – Vol. 49. – No.10. – P. 1021-1029. DOI: 10.1134/S1022795411120088.
- 18 Малышев Л.И. Биоразнообразие рода остролодка (*Oxytropis*) в Азиатской России // Turczaninowia. – 2008. – №11(4). – С. 5–141.
- 19 Selyutina I. Yu., Zibzeev E. G. Ontogenetic Structure and Vitality of the Cenopopulations of *Oxytropis sulphurea* (Fisch. ex DC.) Ledeb. in Different Ecocenotic Conditions of Rudny Altai and the Saur Ridge // Contemporary Problems of Ecology. – 2016. – Vol. 9. – No. 3. – P. 355-365.
- 20 Абдулина С.А. Остролодочники Северного Тянь-Шаня (состав, ботанико-географические связи). – Дисс. ... канд. биол. наук. – Алма-Ата, 1984. – 184 с.
- 21 Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана. – Алматы, 1999. – 187 с.
- 22 Красная книга Казахстана. Том 2. Часть 1. Растения. – Алматы, 2014. – 452 с.
- 23 Байтенов М.С. *Oxytropis almaatensis* Vajt. sp. nova // Флора Казахстана. Алма-Ата: АН КазССР. – 1961. – Т.5 – С.493.
- 24 Кокорева И. И., Отрадных И. Г., Съедина И. А., Лысенко В. В. Редкие виды растений Северного Тянь-Шаня (популяции, морфология, онтогенез, возобновление). – Алматы, 2013. – 208 с.
- 25 Иващенко А. А. Редкие растения и растительные сообщества Иле-Алатауского национального парка: распространение и состояние // Терра. Научный журнал. – 2012. – Вып. 13. – С.53-56.

26 Abdikulova K.T., Mukhitdinov N.M., Ivaschenko A.A., Ametov A.A., Almerikova Sh.S., Idirys A., Abidkulova D.M. Cenopopulation age structure of narrowly endemic of Trans-Ili Alatau mountains *Oxytropis almaatensis* Bajt. // Proceedings of the International scientific conference «Conservation and sustainable use of gene pool of plant world in Eurasia at the present stage» (September 3, 2016, EXPO-2016 Antalya, Turkey). – Antalya, 2016. – P.125-127.

27 Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. – 1975. – № 2. – С. 7-34.

28 Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений. – Казань: Изд-во КГУ. – 1989. – 196 с.

29 Уранов А.А. Большой жизненный цикл и возрастной спектр ценопопуляций цветковых растений // Тез. докл.В делегатского съезда ВБО. – Киев. – 1973. – С.74-76.

## References

1 Zlobin JuA, Skljär VG, Klimenko AA (2013) The populations of rare species of plants: the theoretical foundations and a technique of the study, Sumy, University book [Populjacii redkih vidov rastenij: teoreticheskie osnovy i metodika izuchenija. Sumy. Universitetskaja kniga] pp. 439 (In Russian)

2 Zlobin JuA(1992) Population – a unit of the real life of plants.Nature [Populjacija – edinica real'noj zhizni rastenij. Priroda] 8:47-59. (In Russian)

3 Vahrameeva MG (1988) Some approaches to the study of rare plants (orchids in the example).Proceedings«Status and prospects of studying and problems of nature protection areas of the Moscow region»[Nekotorye podhody k izucheniju redkih vidov rastenij (na primere orhidnyh).Sb. «Sostojanie, perspektivy izuchenija i problemy ohrany prirody territorij Moskovskoj oblasti»] pp. 71-73.(In Russian)

4 Crawford DJ, Stuessy TF, Rodriguez R, Rondinelli M. (1993) Genetic diversity in *Rhaphithamnus venustus* (Verbenaceae), a species endemic to the Juan Fernandez Islands. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 120:23-28. DOI:10.2307/2996659

5 NeiM(1973) AnalysisofGene DiversityinSubdivided Populations,Proc. Natl. Acad. Sci. USA,70: 3321-3323

6 Zhuravlev YN, Root OG, Muzarak TI, Reunova GD, Kozyrenko MM, Artyukova EV, Ilyushka MV (1999) Molecular markers for the preservation of rare species of plants of the Far East,Plant Physiology[Molekuljarnye markery dlja sohraneniya redkih vidov rastenij Dal'nego Vostoka.Fiziologija rastenij]46(6): 953-964. (In Russian)

7 Polozhii AV (2003) On the question of the origin and evolution of the genus *Oxytropis* (Fabaceae).Bot. Journal [K voprosu o proishozhdenii i jevoljucii roda *Oxytropis* (Fabaceae). Bot.zhurn.]88(10): 55-59. (In Russian)

8 Lock JM, Schriire BD (2005) Galegeae. In: LewisGP,SchriireBD, MackinderBA,LockM(eds.) Legumes of the World.Royal Botanic Gardens, Kew,India

9 Polozhii AV (1994) *Oxytropis*, Flora Siberia. Fabaceae[*Oxytropis*. Flora Sibiri.Fabaceae] 9: 74-151.(In Russian)

10 Grudzinskaya LM, Gemedzhieva NG, Nelina NV, Karzhaubekova JJ (2014) Annotated list of medicinal plants in Kazakhstan: a reference book, Almaty [Annotirovannyj spisok lekarstvennyh rastenij Kazahstana: spravocnoe izdanie. Almaty] pp. 200. (In Russian)

11 Sakanyan EA (1988)Pharmacognostic study of some plants of the genus *Oxytropis* DC., used in Tibetan medicine.Abstract of Cand. Diss.,Leningrad[Farmakognosticheskoe issledovanie nekotoryh rastenij roda ostrolodochnik *Oxytropis* DC., primenjaemyh v tibetskoj medicine. Avtoref. kand. diss. Leningrad] pp. 21.(In Russian)

12 Konopleva EV (1994) Comparative characteristics antihypoxic and analgesic activity of some species *Oxytropis*. Abstract ofCand.Diss. of Med.Science,St. Petersburg [Sravnitel'naja harakteristika protivogipoksicheskoj i anal'gezirujushhej aktivnosti nekotoryh vidov ostrolodochnika. Avtoref. diss. kand. med.nauk.St. Peterburg] pp.24. (In Russian)

13 Cholina AB (2005) Variability and structure of populations *KhankaiskyOxytropis Oxytropis chankaensis* Jurtz. Diss. of Cand. Biol. Sciences,Vladivostok [Izmenchivost' i struktura populjacij ostrolodochnika hankajskogo *Oxytropis chankaensis* Jurtz. Diss. kand. biol. nauk.Vladivostok]pp. 199. (In Russian)

14 Yelizaryev OA (2009) Ecological and biological features of the Southern Urals endemic*Oxytropis gmelinii* Fisch, ex Boriss. (Fabaceae) in the conditions of introduction.Abstract of Cand. Biol. Sciences, Ufa[Jekologo-biologicheskie osobennosti jendemika Juzhnogo Urala *Oxytropis gmelinii* Fisch, ex Boriss. (Fabaceae) v uslovijah introdukcii.Avtoref... diss. . kand. biol. Nauk. Ufa] pp.16. (In Russian)

15 Kuvatova DN (2011) Ecological and biological characteristics of the rare of endemic of the Southern Urals *Oxytropis baschkirensis* Knjasev (Fabaceae) in vivo and introduction. Diss. of Cand. Biol. Sciences,Ufa [Jekologo-biologicheskie osobennosti redkogo jendemika Juzhnogo Urala *Oxytropis baschkirensis* Knjasev (Fabaceae) v estestvennyh uslovijah i pri introdukcii. Diss. ... kand. biol. Nauk. Ufa] pp.242. (In Russian)

16 Erkul SK, Aytac Z (2013)The revision of the genus*Oxytropis* (Leguminosae) in Turkey,Turk J Bot, 37:24-38. DOI:10.3906/bot-1109-17

17 Kholina AB, Nakonechnaya OV, Yakubov VV, Koren OG (2013) Genetic variation in six species of the genus *Oxytropis* DC. (Fabaceae) from Kamchatka Peninsula, Rus. J. Genet.49(10): 1021–1029. DOI: 10.1134/S1022795411120088.

18 Malyshev LI (2008) Biodiversity genus *ostrolodka* (*Oxytropis*) in Asian Russia,Turczaninowia[Bioraznoobrazie roda ostrolodka (*Oxytropis*) v Aziatskoj Rossii. Turczaninowia] 11(4): 5-141.(In Russian)

19 Selyutina IYu, Zibzeev EG (2016) Ontogenetic Structure and Vitality of the Cenopopulations of *Oxytropis sulphurea* (Fisch. ex DC.) Ledeb. in Different Ecocenotic Conditions of Rudny Altai and the Saur Ridge, Contemporary Problems of Ecology, 9(3): 355-365



- 20 Abdulina SA (1984) *Oxytropis* of Northern Tien Shan (composition, botanical and geographical ties). Diss. of. Cand. Biol. Sciences, Alma-Ata [Ostrolochniki Severnogo Tjan'-Shanja (sostav, botaniko-geograficheskie svjazi). Diss. kand. biol. Nauk. Alma-Ata] pp.184. (In Russian)
- 21 Abdulina SA (1999) List of vascular plants of Kazakhstan, Almaty [Spisok sosudistyh rastenij Kazahstana. Almaty] pp.187. (In Russian)
- 22 The Red Data Book of Kazakhstan (2014) Part 1: Plants, Almaty [Krasnaja kniga Kazahstana. Rastenija. Almaty] 2(1):452. (In Russian)
- 23 Baitenov MS (1961) *Oxytropis almaatensis* Bait. sp. Nova in Flora of Kazakhstan, Alma-Ata [Oxytropis almaatensis Bajt. sp. nova v Flora Kazahstana] 5:493. (In Russian)
- 24 Kokoreva II, Otradnykh IG, Sedina IA, Lysenko VV (2013) Rare plant species of the Northern Tien Shan (population, morphology, ontogenesis, resumed), Almaty [Redkie vidy rastenij Severnogo Tjan'-Shanja (populjicii, morfologija, ontogenez, vozobnovlenie). Almaty] pp.208. (In Russian)
- 25 Ivashchenko AA (2012) Rare plants and plant communities of the Ile-Alatau National Park: the distribution and condition, Terra [Redkie rastenija i rastitel'nye soobshhestva Ile-Alatau skogo nacional'nogo parka: rasprostranenie i sostojanie. Terra] 13: 53-56. (In Russian)
- 26 Abdikulova KT, Mukhitdinov NM, Ivaschenko AA, Ametov AA, Almekova ShS, Idiry A, Abidkulova DM (2016) Cenopopulation age structure of narrowly endemic of Trans-Ili Alatau mountains *Oxytropis almaatensis* Bajt. Proceedings of the International Scientific Conference «Conservation and sustainable use of gene pool of plant world in Eurasia at the present stage», Antalya, Turkey: 125-127.
- 27 Uranov AA (1975) The age range of fitocenopopulation as a function of time and energy wave processes, Biol. Science [Vozrastnoj spektr fitocenopopuljicii kak funkcija vremeni i jenergeticheskikh volnovyh processov. Biol. Nauki] 2: 7-34. (In Russian)
- 28 Zlobin Yu (1989) Principles and methods for the study of plant cenotic populations, Kazan, Publishing House of Kazan State Univ. [Principy i metody izuchenija cenoticheskikh populjacij rastenij. Kazan. Publishing House of Kazan state univ.] pp.196. (In Russian)
- 29 Uranov AA (1973) Big life cycle and the age range of flowering plants cenopopulations, Proceedings of reports of the V-th Delegates' Congress of the All-Union Botanical Society, Kiev [Bol'shoj zhiznennyj cikl i vozrastnoj spektr cenopopuljacij cvetkovyh rastenij. Tez. dokl. V delegatskogo s#ezda VBO. Kiev] pp.74-76. (In Russian)

Иманбаева А.А.,  
Косарева О.Н., Динова Г.Г.

Мангышлакский экспериментальный  
ботанический сад, Казахстан, г. Актау

**Изучение морфологии  
вегетативных и генеративных  
органов сортов абрикосов  
ex-situ в аридных условиях  
Мангистау**

Многолетний опыт интродукции в аридных условиях Мангышлака выявил перспективность выращивания абрикоса обыкновенного. По сравнению с другими интродуцированными видами плодовых растений абрикос обыкновенный малотребователен к условиям обитания, светолюбив, жаро- и солеустойчив, легко размножается семенами местной репродукции. Изучены 2 сорта («Краснощекий» и «Никитский Краснощекий») и 13 сорто-клонов абрикоса обыкновенного казахстанской селекции («Абрикосовый виноград», «Гигант Котурбулака», «Иссыкский устойчивый», «Катюша», «Котурбулакский нежный», «Краса Джунгарии», «Красавица Кок-Бастау», «Красавица Котурбулака», «Мелкий Кармин», «Микушинская репка», «Рекорд Бельбулака», «Чимкентский ранний», «Чимкентский сладкий»). Морфологическое изучение и описание интродуцированных сортов позволило выявить большое разнообразие морфологии вегетативных и генеративных органов, и в то же время их наиболее общие морфологические признаки: светло-зеленая окраска средних и мелких удлинненно-эллиптических листьев с сильно заостренной верхушкой и широко-тупокопическим основанием и зубцами средних размеров с опушением (по краю листовой пластинки), черешки средней толщины, также часто опушенные. У казахстанских сорто-клонов абрикоса по морфологии генеративных органов выявлен большой размах варьирования в размерах цветковых почек.

**Ключевые слова:** Мангышлак, абрикос, интродукция, сорта, сорто-клоны, морфология, вегетативные и генеративные органы.

Imanbayeva A.A.,  
Kosareva O.N., Dinova G.

Mangyshlak experimental botanical  
garden, Kazakhshtan, Aktau

**Morphological study of vegetative  
and generative organs of  
armeniaca grades in ex-situ of  
mangystau arid conditions**

Long-term experience of introduction in Mangyshlak arid conditions has revealed prospects of *Armeniaca vulgaris* cultivation. *Armeniaca vulgaris* is unpretentious in comparison with other introduced fruit plants species. *Armeniaca vulgaris* is luciphile, heat and salt resistant, easily propagated by seeds of local reproduction. 2 sorts («Krasnoschyokiy», «Nikitskiy Krasnoschyokiy») and 13 sorto-clones («Abrikosoviyvinograd», «Gigantkoturbulaka», «Issykskiy ustoichiviy», «Katyusha», «Koturbulakskiy neznyy», «Krasa Dzhungari», «Krasavitsa Kok-Bastau», «Krupnoplodnyy rebristyy», «Melkiy Karmin», «Mikushinskaya repka», «Rekord Belbulaka», «Chimkentskiy ranniyy», «Chimken tskiy sladkiy») of *Armeniaca vulgaris* from Kazakhstan selection are studied. Morphological studies and introduced grades description allowed to reveal a big variety of vegetative and generative organs morphology. At the same time their most general morphological features was identified. They are: light-green colors and oblong – elliptic forms of medium and small leaves with spinatetip, wide-stump bed, medium indentation with downiness (on the periphery of lamina), medium thickness and usually downiness leaf stalk. In addition, knop sizes of Kazakhstan grades *Armeniaca vulgaris* big ranged.

**Key words:** Mangyshlak, apricot, introduction, sort. morphology, vegetative and generative organs.

Иманбаева А.А.,  
Косарева О.Н., Динова Г.

Маңғыстау эксперименталық  
ботаникалық бағы,  
Қазақстан, Ақтау қ.

**Маңғыстаудың аридті  
жағдайындағы  
«ex-situ» өрік сұрыптарының  
вегетативті және генеративті  
мүшелерін морфологиялық  
зерттеу**

Маңғыстаудың аридті жағдайындағы кәдімгі өрікті өсіру перспективтілігі интродукцияның көпжылдық тәжірибесінде анықталынған. Интродукцияланған жеміс өсімдіктерінің басқа түрлерімен салыстырып қарағанда, кәдімгі өрік өскен ортасына сұранымы аз, жарық сүйгіш, ыстыққа және тұзға тұрақты, жергілікті өнімнен алынған тұқымы оңай көбейеді. Кәдімгі өріктің 2 сұрыпы («Қызыл бетті» және «Никиталық қызыл бетті») және қазақстандық селекцияның 13 сұрып-клондары («Өрік жүзімі», «Ірі Котурбулақ», «Есік төзімдісі», «Катюша», «Котурбулақ нәзігі», «Жоңғар сұлуы», «Көк-Бастау сұлуы», «Қотурбулақ сұлуы», «Ұсақ Кармин», «Микушиндық репка», «Рекорд Белбулақ», «Шымкенттік ерте», «Шымкент тәттісі») зерттелінді. Қазақстандық селекциялық сұрыптардың вегетативті мүшелерінің морфологиясы бойынша көп айырмашылықтары және олардың ортақ морфологиялық белгілері анықталды: орташа және ұсақ созылыңқы-эллиптиялық ашық-жасыл түсті жапырақтарының өте өткір ұшымен және мамықтануымен орташа көлемдегі тістерімен (жапырақ беті шетінің бойымен), орташа қалыңдықтағы қысқа шыбық, сонымен қатар жиі мамықталған. Содан басқа, қазақстандық өрік сұрыптарында генеративті мүшелерінің морфологиясы бойынша гүлді бүршіктерінің көлемінде үлкен айырмашылықтар байқалынды.

**Түйін сөздер:** Маңғышлақ, өрік, интродукция, сұрып, морфология, вегетативті және генеративті мүшелері.

**ИЗУЧЕНИЕ  
МОРФОЛОГИИ  
ВЕГЕТАТИВНЫХ И  
ГЕНЕРАТИВНЫХ  
ОРГАНОВ СОРТОВ  
АБРИКОСОВ  
EX-SITU В АРИДНЫХ  
УСЛОВИЯХ  
МАНГИСТАУ**

**Введение**

Проблема обеспечения продовольственной безопасности во многих странах мира остается чрезвычайно актуальной и заслуживает самого пристального внимания. Важнейшими условиями ее обеспечения являются экономическая доступность продовольствия, а также рациональное сочетание собственных и внешних поставок продуктов питания. В условиях Мангистауской области большая часть всего продовольствия является привозной. Несмотря на рискованность земледелия, в области есть оазисные территории, которые благоприятны для создания фермерских хозяйств в целях выращивания плодовых культур. Это поможет обеспечить население своими продуктами питания.

Мангышлакский экспериментальный ботанический сад, образованный в 1972 году, расположен на полуострове Мангышлак (г. Актау Мангистауской области), в полосе средних пустынь Евразии. Географические координаты 43°39'90» с.ш., 51°8'20» в.д.; высота над уровнем моря – 22-44 м. Климат резко континентальный, засушливый, с дефицитом влаги на протяжении всего вегетационного периода. Среднегодовая температура воздуха +9,6...+11,5 °С, абсолютная минимальная температура воздуха –34°С, абсолютная максимальная температура воздуха +47°С, среднегодовое количество осадков 107-180 мм. 90 дней в году бывают сильные ветры, со скоростью 10-15 м/с сопровождающиеся зачастую пыльными бурями. Почвы Мангистау бурые и серо-бурые пустынные, характеризующиеся высокой степенью засоления, а также близким залеганием к поверхности твердых пород (сарматских известняков и др.).

В коллекциях сада содержится 67 видов дикорастущих плодовых и ягодных растений из 14 родов и 4 семейств, преимущественно *Rosaceae*, *Grossulariaceae*, *Elaeagnaceae*. Широко представлены виды яблони (*Malus*) – 26, груши (*Pyrus*) – 11, вишни (*Cerasus*) – 6, миндаля (*Amygdalus*) – 9, абрикоса (*Armeniaca*) – 3, смородины (*Ribes*) – 1. На основании многолетнего опыта интродукции плодовых растений был разработан перспективный ассортимент в условиях Мангышлака. При сравнении с другими интродуцированными видами пло-

довых растений у абрикоса обыкновенного наблюдается самая высокая перспективность в аридных условиях Мангистау, рекомендован как декоративное растений для использования в озеленении. Он малотребователен к условиям обитания, светолюбив, жаро- и солеустойчив, легко размножается семенами местной и ино-районной репродукции [1-4].

Поэтому изучение и отбор устойчивых сортов абрикоса, позволяющих получить высококачественный посадочный материал сортов абрикоса отечественной селекции является одной из главных актуальных задач в местных условиях Мангистау.

Цель настоящей работы – сравнительное сортоизучение абрикоса, выделение перспективных сортов и сорто-клонов для размножения и выращивания в аридных условиях Мангистау.

### Объекты и методика исследований

Объектами исследования являлись 15 сортов и сорто – клонов абрикоса обыкновенного, районированных в Казахстане, из которых 13 являются сорто-клонов казахстанской селекции абрикос обыкновенный («Абрикосовый виноград», «Гигант Котурбулака», «Иссыкский устойчивый», «Катюша», «Котурбулакский нежный», «Краса Джунгарии», «Красавица Кок-Бастау», «Красавица Котурбулака», «Мелкий Кармин», «Микушинская репка», «Рекорд Бельбулака», «Чимкентский ранний», «Чимкентский сладкий») (патентообладатели Джангалиев А.Д., Салова Т.Н.) и 2 стародавних сорта абрикоса обыкновенного «Краснощекий» и «Никитский Краснощекий» (выведенных в Крыму) районированы для южных регионов Казахстана. Посадочный материал был завезен из Иссыкского дендрария (Алматинская область) в период с 2009 по 2012 годы.

Исследования проводились в 2012-2014 годах. Морфологическое описание проводилось по унифицированному классификатору (Широкый унифицированный классификатор СЭВ рода *Armeniaca Scop.*, 1988) [8]. Были выполнены описания и замеры цветковых почек (по четырем показателям), цветочных бутонов и цветков (по 29 показателям), листьев (по 34 показателям), плодов и косточек (по 39 показателям). Для выявления количественных характеристик сорто-клонов абрикоса брали по 30 замеров каждого показателя, статистическую обработку полученных результатов проводили по методике Г.Ф. Лакина (1990) и Н.Л. Удольской (1976), с ис-

пользованием также пакета статистических программ Statgraphics Centurion XVI.I (2011) [5-7].

### Результаты и их обсуждение

Исследования морфометрических параметры вегетативных органов показали, что наибольшие размеры крупные и очень крупные листья (60-66 мм) имеются у районированных сортов абрикоса («Краснощекий», «Никитский Краснощекий»). У сорто-клонов казахстанской селекции листья варьируют от средних по размерам («Гигант Котурбулака», «Иссыкский устойчивый», «Катюша», «Котурбулакский нежный», «Чимкентский сладкий», «Мелкий Кармин», «Микушинская репка» – 52-59 мм) до мелких («Абрикосовый виноград», «Красавица Кок – Бастау», «Красавица Котурбулака», «Чимкентский ранний» – 51-46 мм) и очень мелких («Краса Джунгарии», «Рекорд Бельбулака» – 44-45 мм) (таблица 1).

Форма листьев у районированных сортов абрикоса от округлой («Никитский Краснощекий» 1,09) до сердцевидной («Краснощекий»-1,13), у казахстанских сортов преобладают более вытянутые листья: удлинено-округлые («Иссыкский устойчивый», «Красавица Кок – Бастау», «Мелкий Кармин», «Иссыкский ранний», «Иссыкский сладкий») и удлинено-эллиптические («Гигант Котурбулака», «Котурбулакский нежный», «Краса Джунгарии», «Красавица Котурбулака», «Микушинская репка», «Рекорд Бельбулака») до продолговатых («Абрикосовый виноград», «Катюша»).

Среди интродуцированных сортов абрикоса обыкновенного казахстанской селекции наиболее часто отмечено листья удлинено-эллиптические и удлинено-округлые по форме, реже – продолговатые (сердцевидная и округлая формы листа встречаются только у районированных сортов). Окраска листовой пластинки сортов «Краснощекий», «Никитский Краснощекий» абрикоса зеленая и темно-зеленая, а у казахстанских сортов листья преимущественно светло-зеленой окраски.

По форме верхушки листа у стародавних сортов отмечены тупозаостренные листья («Краснощекий», «Никитский Краснощекий»), в то время как у казахстанских сортов преобладают сильнозаостренные листья («Абрикосовый виноград», «Иссыкский устойчивый», «Катюша», «Котурбулакский нежный», «Краса Джунгарии», «Красавица Котурбулака», «Микушинская репка», «Рекорд Бельбулака»). Длина верхушки листа (по отношению к длине листа) установ-

лена как очень короткая (от 0,09 до 0,23) у всех сортов. Форма основания листа у интродуцированных сортов абрикоса обыкновенного значительно варьирует – от округлой («Гигант Котурбулака», «Краса Джунгарии», «Краснощекий», «Мелкий Кармин», «Рекорд Бельбулака», «Чимкентский ранний», «Чимкентский сладкий») и почковидной («Красавица Котурбулака», «Никитский Краснощекий») до широкоэллиптической («Абрикосовый виноград», «Иссыкский устойчивый», «Красавица Кок – Бастау», «Микушинская репка») и остроэллиптической («Катюша», «Котурбулакский нежный»).

Морфологическое описание черешков листьев интродуцированных сортов абрикоса обыкновенного выявило, что самые длинные черешки имеются у листьев сорта «Краснощекий» ( $31 \pm 0,65$  мм), а наиболее короткие – у сортов «Чимкентский сладкий» ( $17 \pm 0,39$  мм) и «Краса Джунгарии» ( $17 \pm 0,43$  мм). Однако по методике определения длины черешка имеет значение не абсолютная его длина, а отношение длины черешка к длине листовой пластинки. Разница видна при сравнении черешков 2-х сортов казахстанской селекции – «Иссыкский устойчивый» и «Микушинская репка». Оба имеют одинаковую длину черешка ( $22 \pm 0,27$  мм и  $22 \pm 0,35$  мм), однако отношение длины черешка к длине листа у сорта «Иссыкский устойчивый» составляет 0,41 мм (средняя длина черешка), а у сорта «Микушинская репка» – 0,36 мм (короткий черешок). По критерию отношения длины черешка к длине листовой пластинки у 8-ми сортов отмечены черешки средней длины (от 0,40 до 0,52): «Иссыкский устойчивый», «Катюша», «Котурбулакский нежный», «Красавица Кок – Бастау», «Краснощекий», «Мелкий Кармин», «Рекорд Бельбулака», «Чимкентский ранний». Короткие черешки имеют 7 сортов: «Абрикосовый виноград», «Гигант Котурбулака», «Краса Джунгарии», «Красавица Котурбулака», «Микушинская репка», «Никитский Краснощекий», «Чимкентский сладкий» (отношение длины черешка к длине листовой пластинки от 0,29 до 0,38). Длинных черешков у интродуцированных сортов абрикоса обыкновенного не зарегистрировано (рисунок 1).

По толщине черешки делятся на толстые ( $\geq 1,5$  мм), средние (1,0-1,5 мм) и тонкие ( $\leq 1,0$  мм). У 5-ти интродуцированных сортов абрикоса обыкновенного зафиксированы толстые черешки («Катюша», «Краснощекий», «Мелкий Кармин», «Никитский Краснощекий», «Чимкентский сладкий»). Самые толстые черешки от-

мечены у сорта «Краснощекий» –  $1,9 \pm 0,07$  мм. У 8-ми сортов казахстанской селекции встречаются черешки средней толщины. Единственный сорт с тонкими черешками – «Красавица Котурбулака».

По относительно большому числу железок (2-4) выделяются сорта «Абрикосовый виноград», «Гигант Котурбулака», «Катюша», «Красавица Котурбулака», «Краснощекий». У остальных сортов встречается малое число железок (1-2). По величине преобладают мелкие железки, крупные железки отмечены у сортов казахстанской селекции «Катюша» и «Красавица Кок – Бастау». Окраска железок встречается в диапазоне от красного и темно-красного до темно-бордового цветов.

В целом при описании черешков можно выделить как черты сходства, так и различия отдельных морфологических признаков между стародавними сортами и сортами казахстанской селекции. Смешанными признаками являются наличие антоциана, число и величина железок, окраска железок – по этим признакам нельзя провести различия между двумя группами сортов. Однако по толщине и опушению черешков различия есть: у стародавних сортов зафиксированы толстые черешки и отсутствие опушения, у сортов казахстанской селекции черешки в основном средней толщины (и тонкие), 2/3 из них имеют опушение.

По морфологии генеративных органов наиболее крупные размеры почек (4,0-4,8 мм) выявлены у сортов «Никитский Краснощекий», «Мелкий Кармин», «Чимкентский ранний», «Краса Джунгарии», «Краснощекий». Мелкие почки (1,7-1,8 мм) встречаются у сортов-клонов «Гигант Котурбулака» и «Котурбулакский нежный» (таблицы 2).

Преобладает слабая степень опушения (у 13-ти из 15-ти сортов). Цветковые почки группировались преимущественно на однолетних побегах, либо на однолетних побегах и на шпорцах. Цветки всех сортов попадают в категорию мелких (21-30 мм), за исключением сорта «Никитский Краснощекий» (средние цветки от 31 до 40 мм). По длине лепестка выделяется сорт «Никитский Краснощекий» ( $16,0 \pm 0,2$  мм). Самые короткие лепестки у сорта казахстанской селекции «Гигант Котурбулака» ( $10 \pm 0,2$  мм). Ширина лепестков также значительно варьирует, у большинства сортов она около 9 мм. Окраска лепестков у старых сортов белая, у казахстанских сортов абрикоса обыкновенного преимущественно розовая (у 8-ми сортов).

Таблица 1 – Количественные показатели вегетативных органов интродуцированных сортов абрикоса

Сорта и сорта – клон	Листовая пластинка				Черешок			
	длина, мм	ширина, мм	форма (отношение длины к ширине)	длина верхушки (по отношению к длине листа)	длина, мм	отношение к длине листовой пластинки	толщина, мм	число железок
Краснощекий	60,0±1,3	54,0±1,2	1,1	0,09	31,0±0,7	0,48(средний)	1,9±0,1	2-4
Никитский краснощекий	66,0±2,4	63,0±1,4	1,1	0,09	23,0±0,8	0,34(короткий)	1,7±0,1	1
Мелкий Кармин	54,0±1,2	45,0±0,9	1,2	0,17	26,0±0,7	0,48(средний)	1,7±0,1	1
Микушинская репка	59,0±0,9	45,0±0,5	1,4	0,18	22,0±0,4	0,36(короткий)	1,5±0,2	1
Рекорд Бельбулака	54,0±1,5	35,0±0,8	1,5	0,19	26,0±0,9	0,48(средний)	1,5±0,1	1
Чимкентский ранний	46,0±1,1	34,0±1,3	1,2	0,15	21,0±1,0	0,52(средний)	1,5±0,1	1-2
Чимкентский сладкий	51,0±0,6	32,0±0,5	1,6	0,15	19,0±0,4	0,34(короткий)	1,1±0,1	3-4
Абрикосовый виноград	59,0±1,4	42,0±0,7	1,5	0,19	21,0±0,5	0,35(короткий)	1,2±0,1	3-4
Гигант Котурбулака	52,±0,5	40,0±0,6	1,2	0,10	22,0±0,3	0,41(средний)	1,5±0,1	1-2
Иссыкский устойчивый	57,0±0,8	37,0±0,7	1,5	0,16	24,0±0,4	0,40(средний)	1,7±0,1	3-4
Катюша	56,0±0,4	42,0±0,6	1,3	0,15	24,0±0,5	0,42(средний)	1,3±0,1	1-2
Котурбулакский нежный	59,0±2,0	38,0±0,8	1,4	0,18	17,0±0,4	0,29(короткий)	1,2±0,1	1-2
Краса Джунгарии	52,0±1,1	43,0±0,6	1,3	0,13	23,0±0,5	0,47(средний)	1,2±0,1	1-2
Красивица Кок-бастау	50,0±0,8	38,0±0,6	1,3	0,23	21,0±0,9	0,38(короткий)	1,0±0,2	3-4
КрасивицаКотурбулака	53,0±1,3	45,0±0,9	1,2	0,13	17,0±0,4	0,29(короткий)	1,6±0,1	1-2

Количество тычинок в цветке варьирует в широких пределах от 21 до 49 и в среднем составляет около 30-35 тычинок. Наибольшее число тычинок отмечено у сортов «Краса Джунгарии» (до 49). Длина тычинок в среднем составляет 10-13 мм, самые длинные отмечены у сорта «Катюша» ( $14,6 \pm 0,3$  мм).

Длина пестика у интродуцированных сортов абрикоса варьирует в пределах от  $9,5 \pm 1,6$  мм («Котурбулакский нежный») до  $14,6 \pm 0,3$  мм («Рекорд Бельбулака»). У всех сортов отмечена слабая изогнутость пестика. Исключение составляет сорт «Катюша» (с сильной изогнутостью пестика). У большинства сортов пестик опушен до половины длины, у некоторых сортов казахстанской селекции встречается опушение на  $\frac{2}{3}$  или на  $\frac{3}{4}$  длины («Микушинская репка»).

Рыльце располагалось либо на одной высоте с тычинками, либо ниже. Самые длинные чашелистики отмечены у сортов «Краснощекий» и «Никитский Краснощекий» ( $8,0 \pm 0,8$  мм и  $7,0 \pm 0,2$  мм). У остальных сортов чашелистики значительно мельче. Опушение чашелистиков имеется у всех сортов за исключением сорта «Чимкентский ранний».



Рисунок 1 – Плодоношение сортов «Краса Джунгарии»

Очень крупные по размеру плоды отмечены у старых сортов «Никитский Краснощекий» ( $42,4 \pm 7,5$  г) и «Краснощекий» ( $39,5 \pm 1,14$  г), у казахстанских сортов встречаются плоды от очень мелких («Абрикосовый виноград» –  $4,5 \pm 0,15$  г) и мелких («Иссыкский устойчивый» –  $11,0 \pm 0,17$  г) до крупных («Гигант Котурбулака» –  $19,2 \pm 0,49$  г). У большинства сортов выявлено сильное опушение плодов (рис. 2).



А



Б

Рисунок 2 – Плодоношение сорта – клона «Гигант Котурбулака» (А) и сорта «Краснощекий» (Б)

Около половины интродуцированных сортов абрикоса обыкновенного имеют яйцевидную форму косточек. Максимальные размеры косточки отмечены у сорта «Никитский Краснощекий» (длина  $25,0 \pm 0,5$  мм, ширина  $21,0 \pm 0,57$  мм, толщина  $13,0 \pm 0,48$  мм). У сорта «Абрикосовый ви-

ноград» – минимальные размеры косточки (длина  $14,0 \pm 0,38$  мм, ширина  $11,0 \pm 0,16$  мм, толщина  $0,8 \pm 0,17$  мм). Толщина эндокарпа определена как средняя у всех абрикосов, за исключением сорта «Иссыкский устойчивый», имеющего тонкий эндокарп (рис.3).

Таблица 2 – Количественные показатели генеративных органов интродуцированных сортов абрикоса

Название сорта (сорта – клона)	Цветочные почки		Диаметр цветка, мм	Лепестки		Чашели- стики, длина, мм	Тычинки, длина, мм	Пестик, длина, мм	Плод				Косточка вес, г
	длина, мм	ширина, мм		длина, мм	ширина, мм				высота, мм	ширина, мм	толщина, мм	вес, г	
Краснощекий	4,0±0,1	2,6±0,1	22,0±1,5	11,4±0,2	11,8±0,2	8,0±0,8	9,0±0,3	14,5±0,7	38,7±4,9	40,0±1,2	35,0±1,1	39,5±1,5	2,6±0,2
Никитский краснощекий	4,7±0,1	2,6±0,1	32,0±0,6	16,0±0,2	12,5±0,2	7,0±0,2	13,0±2,0	14,0±1,1	48,0±0,4	50,0±0,4	47,0±0,4	42,4±7,5	2,2±0,5
Абрикосовый виноград	3,1±0,1	2,0±0,1	26,0±0,4	11,5±0,2	9,5±0,1	4,0±0,1	10,1±0,3	12,0±0,7	21,0±0,4	20,0±0,4	17,0±0,4	4,5±0,2	0,24±0,1
Гигант Котурбулака	1,8±0,1	1,2±0,1	23,0±0,5	10,0±0,2	8,0±0,2	4,0±0,1	10,5±0,2	9,6±0,4	38,0±0,4	38,0±0,6	31,0±0,6	19,2±0,5	1,9±0,1
Исевский устойчивый	3,1±0,1	1,9±0,1	27,0±0,5	13,0±0,2	9,4±0,2	5,0±0,2	13,0±0,4	11,0±1,4	29,0±0,2	27,0±0,2	24,0±0,2	11,0±0,2	1,3±0,1
Катюша	3,0±0,1	2,2±0,1	29,2±0,6	13,3±0,2	11,7±0,2	5,2±0,2	14,3±0,2	10,7±0,4	30,0±0,5	31±0,4	27,3±0,4	15,1±0,4	2,5±0,3
Котурбулакский нежный	1,7±0,1	1,3±0,1	25,0±0,8	11,3±0,2	9,7±0,1	4,3±0,1	12,2±0,3	9,5±1,6	26,0±0,5	21±0,7	16,0±0,6	9,2±0,2	1,5±0,1
Красавица Котурбулака	3,6±0,1	2,3±0,1	25,0±0,9	11,2±0,2	9,0±0,1	4,2±0,1	11,0±0,2	10,0±1,8	39,0±0,6	38,2±0,5	32,3±0,4	33,4±0,4	1,9±0,1
Краса Джунгарии	4,2±0,1	2,2±0,1	28,0±0,7	13,0±0,2	9,1±0,2	5,2±0,2	14,3±0,2	14,0±0,6	31,0±0,3	32,0±0,4	28,0±0,3	12,3±0,2	2,0±0,1
Красавица Кок-Бастау	3,6±0,1	2,3±0,1	20,0±0,1	12,0±0,2	7,8±0,1	4,7±0,1	13,3±0,2	13,0±0,6	29,0±0,4	27,0±0,5	24,0±0,5	8,6±0,4	1,50±0,1
Краснощекий	4,0±0,1	2,6±0,1	22,0±1,5	11,4±0,2	11,8±0,2	8,0±0,8	9,0±0,3	14,5±0,7	38,7±4,9	40,0±1,2	35,0±1,1	39,5±1,5	2,6±0,2
Мелкий Кармин	4,8±0,1	2,2±0,1	29,0±0,4	12,0±0,3	9,5±0,2	5,0±0,2	14,5±0,7	14,0±0,4	28,0±0,3	25,0±0,5	23,0±2,6	7,7±0,3	1,2±0,6
Микушинская репка	3,9±0,1	2,0±0,1	26,0±0,4	13,0±0,2	9,0±0,1	5,5±0,2	13,0±0,2	10,0±1,6	28,0±0,3	28,0±0,3	23,0±0,4	11,7±0,2	1,8±0,1
Никитский краснощекий	4,7±0,1	2,6±0,1	32,0±0,6	16,0±0,2	12,5±0,2	7,0±0,2	13,0±2,0	14,0±1,1	48,0±0,4	50,0±0,4	47,0±0,4	42,4±7,5	2,2±0,5
Рекорд Бельбулака	3,9±0,1	2,3±0,1	25,0±0,5	10,6±0,2	8,8±0,1	4,7±0,1	13,0±0,2	14,6±0,5	38,0±0,6	33,0±0,6	25,0±0,4	17,3±0,4	1,6±0,1
Чимкентский ранний	4,5±0,1	2,5±0,1	24,0±0,6	12,0±0,2	8,0±0,2	5,0±0,3	11,0±0,2	11,0±0,8	32±0,4	31±0,5	28,1±0,4	16,2±0,2	1,2±0,1
Чимкентский сладкий	4,5±0,1	2,5±0,1	24,0±0,6	12,0±0,2	8,0±0,2	5,0±0,3	11,0±0,2	11,0±0,8	29±0,3	32±0,3	24,0±0,4	15,8±0,2	1,7±0,1





Рисунок 3 – Плодоношение сорта – клона «Иссыкский устойчивый»

Масса косточки у большинства сортов составляет 0,4-0,5г. Более крупные косточки отмечены у сортов «Краснощекий» и «Никитский Краснощекий» –до 0,8 г.

### Заключение

Морфологическое изучение и описание интродуцированных сортов абрикоса обыкновенного позволило выявить характерные морфологические признаки сортов казахстанской селекции и стародавних сортов, районированных в Казахстане. Выявлено большое разнообразие морфологии вегетативных и генеративных органов у сортов казахстанской селекции, и в то же время их наиболее общие морфологические признаки: светло – зеленая окраска средних и мелких удлинненно – эллиптических листьев с сильно заостренной верхушкой и широко-тупоконическим основанием и зубцами средних размеров с опушением (по краю листовой пластинки), черешки средней толщины, также часто

опушенные. Мелкие цветки с округлыми, овальными или яйцевидными, часто несомкнутыми, розовыми или белыми лепестками, пестиком прямым или слегка изогнутым, опушенным на 2/3 длины или более, рыльце которого расположено обычно ниже тычинок. Плоды разнообразны по размерам, форме и окраске, косточки средние, с эндокарпом средней толщины, поверхность их преимущественно слабо морщинистая, окраска – от коричневой до темно – коричневой. Форма плодов – эллиптическая, округлая и яйцевидная. Окраска кожицы оранжевая, светло – оранжевая и красно – оранжевая. Окраска мякоти – от желтой и светло – оранжевой до темно – оранжевой. У большинства сортов выявлено сильное опушение плодов.

Проведенное исследование позволило выявить морфологические особенности интродуцированных сортов абрикоса обыкновенного, необходимые для их дальнейшего сортоизучения и селекции с целью введения в культуру в аридных условиях Мангыстау.

### Литература

- 1 Иманбаева А.А., Косарева О.Н. Опыт интродукции яблони Сиверса и абрикоса обыкновенного в Мангыстау // Сборник тезисов междунауч. -практ. конф. Проблемы сохранения горного растительного агробιοразнообразия в Казахстане. – Алматы, 2007. – С. 35-38.
- 2 Иманбаева А.А., Косарева О.Н., Туякова А.Т. Древесные растения Мангышлакского экспериментального ботанического сада КН МОН РК: 40 лет интродукции, Актау, 2012. 244 с.
- 3 Косарева О.Н. О репродуктивных особенностях абрикосов, интродуцированных на Мангышлаке // Тезисы докладов IX Всесоюзного совещания по семеноведению интродуцентов Репродуктивная биология интродуцированных растений. – Умань, 1991. – С. 93.
- 4 Косарева О.Н. Интродукция диких плодовых в аридные условия Мангышлака // Материалы междунауч. конф. Биологическое разнообразие. Интродукция растений. – Санкт-Петербург, 1999. – С. 49-51.
- 5 Faust M., Suranyi D., Nyujto F. Origin and Dissemination of Apricot // Horticultural Reviews, 1998. – P. 242.
- 6 Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

- 7 Удольская Н.Л. Методики биометрических расчетов. – Алма-Ата: Наука, 1976. – 45 с.
- 8 Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Armeniaca* Scop. СССР.- Л., 1988. – 10 с.

#### References

- 1 Imanbaeva AA, Kosareva ON (2007) The experience of introduction of *Malussieversii* and *Armeniaca vulgaris* in Mangystau. Book of abstracts of Intern. scientific-practical conf. The problems of keeping of mountains plant agro bio diversity in Kazakhstan. [Opyt introdukcii jabloni Siversa i abrikosa obyknovennogo v Mangistau // Sbornik tezisov mezhd. nauchn.-prakt.konf. Problemy sohraneniya gornogo rastitel'nogo agrobioraznoobrazija v Kazahstane] Almaty, Kazakhstan, pp. 35-38.
- 2 Imanbaeva AA, Kosareva ON, Tujakova AT (2012) Wood plants of Mangyshlaksy experimental botanical garden KN MAUN RK: 40 years of an introduction. [Drevesnye rasteniya Mangyshlaksckogo jeksperimental'nogo botanicheskogo sada KN MON RK: 40 let introdukcii], Aktau, Kazakhstan, pp. 244.
- 3 Kosareva ON (1991) Reproductive peculiarities of *Armeniaca*, introduced in Mangyshlak. Book of abstracts of IX All-Union meeting by seed breeding of introduced plants Reproductive biology of introduced plants. [O reproduktivnyh osobennostyah abrikosov, introducirovannyh na Mangyshlake // Tezisy dokladov IX Vsesojuznogo soveshhanija po semenovedeniju introducentov Reproduktivnaja biologija introducirovannyhrastenij] Uman, Russia, pp.93.
- 4 Kosareva ON (1999) Introduction of fruit plants in the arid conditions of Mangyshlak. Materialsof II Intern. conf. Biological diversity. Introduction of plants. [Introdukcijadikih plodovyh v aridnye uslovija Mangyshlaka //Materialy IImezhd.konf. Biologicheskoe raznoobrazie. Introdukcijarastenij]. – Saint-Petersburg,Russia, pp.49-51.
- 5 Faust M, Suranyi D, Nyujto F (1998)Origin and Dissemination of Apricot. Horticultural Reviews,pp. 242.
- 6 Lakin GF (1990) Biometria. High school. [Biometriya] Moscow,352 p.
- 7 Udol'skaya NL (1976) Methodic of biometric calcilation. [Metodiki biometricheskih raschetov] Nauka,Alma-Ata, Kazakhstan, pp.45.
- 8 The wide unified SEV qualifier of the sort *Armeniaca* Scop. (1988) [Shirokij unificirovannyj klassifikator SJeV roda *Armeniaca* Scop] Leningrad, USSR, pp.10.



<sup>1</sup>Инелова З.А., <sup>1</sup>Нестерова С.Г.,  
<sup>2</sup>Ерубайева Г.К.

<sup>1</sup>Казахский национальный  
университет им. аль-Фараби,  
Казахстан, г. Алматы  
<sup>2</sup>Университет «Туран»,  
Казахстан, г. Алматы

### Содержание тяжелых металлов в некоторых доминантных видах растений Мангистауской области

В статье представлены результаты исследования содержания тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Mn, Co, Ni) в образцах доминантных наземных растений, а также почвы, собранных на территории Мангистауской области. Изученные растения обладали неодинаковой способностью накапливать в своих тканях тяжелые металлы. Лучшими аккумулятивными способностями среди изученных растений обладала *Artemisia terrae-albae*, которая накапливала большее количество свинца, цинка, никеля, марганца по сравнению с другими видами. *Tamarix ramosissima* и *Ceratocarpus arenarius* накапливали наименьшее количество тяжелых металлов по сравнению с другими растениями, произраставшими вместе с ними в одинаковых экологических условиях. Во всех изучаемых пунктах содержание тяжелых металлов в образцах почвы находилось в пределах допустимого уровня. Однако наблюдалась общая картина незначительного превышения допустимого уровня концентрации в пределах от 1,09 – до 1,72 ПДК по таким металлам, как цинк, кобальт, что может быть связано с особенностями физико-географической зоны и геологических факторов.

**Ключевые слова:** Мангистауская область, тяжелые металлы, атомно-абсорбционная спектрометрия, доминантные виды растений, аккумулятивные способности.

Inelova Z.A., Nesterova S.G.,  
Yerubayeva G.K.

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty  
<sup>2</sup>«Turan» University, Kazakhstan, Almaty

### The heavy metals in certain types of dominant plants of Mangystau region

The article presents the results of a study of heavy metals concentration (Pb, Cd, Zn, Cu, Mn, Co, Ni) in the samples of the dominant land plants and soils collected in the Mangistau region. The selection of the dominant plants and soil samples was performed at three points: № 1 point (of Zhanaozen, the farm «Nurken»), number 2 point (Aktau, the farm «Bereke») and number 3 (Fort-Shevchenko, agriculture 'Asem-Diamond «). The studied plants have unequal ability to accumulate in their tissues heavy metals. It was revealed that the best accumulative abilities among the studied plants has *Artemisia terrae-albae*, which in the studied areas accumulate large quantities of lead, zinc, manganese, nickel, compared with other species. And *Tamarix ramosissima*, *Ceratocarpus arenarius* characterized in that accumulates the least amount of heavy metals as compared to other plants *proizrastayuschimi* with them under the same environmental conditions. In all areas studied the content of heavy metals in soil samples it is within the acceptable level. However, there is a general pattern of a slight excess of the permissible level of concentration in the range of 1.09 – 1.72 to the maximum allowable concentrations for metals such as zinc, cobalt, which may be related features physiographic zones and geological factors.

**Key words:** Mangistau region, heavy metals, atomic absorption spectrometry, the dominant species, accumulative capacity.

Инелова З.А., Нестерова С.Г.,  
Ерубайева Г.К.

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық  
университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
<sup>2</sup>«Тұран» университеті, Қазақстан,  
Алматы қ.

### Маңғыстау облысында кейбір басым өсімдіктердің құрамындағы ауыр металдар

Бұл мақалада Маңғыстау облысының аумағында жиналған басым өсімдіктер мен топырақ үлгілерінің құрамындағы ауыр металдардың (Pb, Cd, Zn, Cu, Mn, Co, Ni) зерттеу нәтижелері ұсынылған. Өсімдіктердің ауыр металдар құрамдарына жинақтау қасиеттері әртүрлі болып келеді. Зерттелген өсімдіктер арасында *Artemisia terrae-albae* ең үздік жинақтаушы қасиеттерімен ерекшеленетіні анықталды. Зерттелген аумақтардағы басқа өсімдіктерге қарағанда оның құрамында қорғасынның, никельдің, марганецтің ең көп мөлшері белгіленді. *Tamarix ramosissima* және *Ceratocarpus arenarius* басқа да өсімдіктер түрлерімен бір экологиялық жағдайларда өсетіндеріне қарамастан, құрамдарында ауыр металдарды аз мөлшерде жинайтындарымен ерекшеленеді. Барлық зерттеу жүргізілген нүктелерден алынған топырақ үлгілерінде ауыр металдардың мөлшері рұқсат етілген деңгейдің аясында екені анықталды. Бірақ, физика-географиялық аймақтары мен геологиялық факторлар ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін, мырыш, кобальт металдары рұқсат етілген 1,09 – 1,72 ауқымындағы ШРК концентрациясы деңгейінен шамалы асатыны анықталды.

**Түйін сөздер:** Маңғыстау облысы, ауыр металдар, атомдық-абсорбциялық спектрометрия, өсімдіктің басым түрі, жинақтаушы қасиеттері.

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В НЕКОТОРЫХ ДОМИНАНТНЫХ ВИДАХ РАСТЕНИЙ МАНГИСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ

### Введение

В настоящее время экологическое неблагополучие Прикаспия, в том числе Мангистауской области, связано с активной деятельностью горнодобывающей, нефте- и газоперерабатывающей промышленности, сельского хозяйства, что отражается на окружающей среде, составе почвы, воздуха, поверхностных и подземных водных объектов.

Различные металлы и их соединения имеют огромное значение в жизни растений. Так, например, роль марганца в жизни высших растений и водорослей водоемов весьма велика. При недостатке данного элемента замедляется развитие корневой системы и рост растений, снижается урожайность. Животные, поедающие корма с низким содержанием марганца, страдают ослаблением сухожилий, у них слабо развивается костная ткань. Содержание Ni и Co более стабильно для растений, что свидетельствует о присутствии в образцах общего для них минерального компонента, в том числе и биогенного происхождения. Цинк относится к числу активных микроэлементов, влияющих на рост и нормальное развитие организмов. В то же время многие соединения цинка токсичны, прежде всего, его сульфат и хлорид [1, 2, 3].

Почвенный покров территории отличается большим разнообразием, вследствие многообразных условий почвообразования и истории формирования. Все почвы отличаются малой гумусностью, относительно небольшой мощностью гумусового горизонта, низким содержанием элементов зольного питания, малой емкостью поглощения [2].

Характерной чертой территории Мангистауской области является бедность флоры и своеобразие структуры растительного покрова. Флора Мангистауской области относится к типичным пустынным флорам. В структуре покрова преобладают комплексы растительных сообществ. Состав растительных сообществ и распределение их в пространстве определяются условиями местообитания. Основными факторами, определяющими распределение растительности в пространстве, являются условия увлажнения, засоленность и механический состав почв и грунтов, а также геоморфологические условия [3].

На основной части территории преобладают комплексные сообщества с доминированием полыни (*Artemisia terrae-albae*, *Artemisia lerchiana*, *Artemisia gurganica*, *Artemisia lessingiana*), ежовника солончакового (биюргуна – *Anabasis salsa*) и ежовника безлистого (*Anabasis aphylla*). Полынные сообщества формируются на солонцеватых и солончаковатых разностях бурых пустынных почв. Биюргуновые фитоценозы приурочены к солонцам пустынным. В составе этих сообществ обильны однолетники (*Alyssum desertorum*, *Descurainia sophia*, *Eremopyrum orientale*, *Tetracteme quadricomis*, *Eremopyrum triticeum*, *Ceratocephala falcata*, *Ceratocephala testiculata*, *Lepidim perfoliatum*,). В основном представители семейства *Brassicaceae*. Кроме многолетников-доминантов, в этих сообществах встречаются такие многолетники как *Centauria squarrosa* Willd., *C. Cousinia onopordioides* Ledeb, *Tanacetum achilleifolium*, *Prangos odontalgica*, *Ferula caspica*, *Reum tataricum*, *Gypsophilla diffusa* Fisch et Mey. На солончаках обыкновенных формируются сообщества с доминированием многолетних галофитов (*Halocnemum strobilaceum*, *Anabasis salsa*, *Atriplex cana*, *Artemisia monogyne*, *Limonium suffruticosum*). Характерными компонентами этих сообществ являются однолетники-эфмеры (*Eremopyrum orientale*, *Eremopyrum triticeum*, *Lepidium perfoliatum*). Значительные площади занимают соровые депрессии, которые лишены растительности и лишь по периферии окружены сарсазановыми (*Halocnemum strobilaceum*, *Climacoptera crassa*, *Climacoptera brachiatata*) фитоценозами [4].

Доминирующими в составе растительности на территории исследований являются ксерофиты, относящиеся к жизненным формам полукустарничков, полукустарников, кустарничков, травянистых многолетников и однолетников с коротким (эфмеры и эфемероиды) и длительным периодом вегетации.

В связи с этим цель нашей работы – оценка экологического состояния Мангистауской области на примере доминантных видов наземных растений в мониторинговых точках Атырауской области и сбор представителей видов наземных растений в качестве тест-объектов для анализа содержания нефтепродуктов и сопутствующих тяжелых.

### Материал и методы исследования

Перед началом работы был заложен маршрут, по которому проводились отбор проб рас-

тений, почвенного покрова для выявления в них содержания тяжелых металлов.

При определении видов растений для сбора, были первоначально сделаны геоботанические описания сообществ в трех точках:

1) Точка (г. Жанаозен, хозяйство «Нуркен»).

2) Точка (г. Актау, хозяйство «Береке»).

3) Точка (г. Форт-Шевченко, хозяйство «Асем-Алмаз») (Рисунок 1).

В хозяйстве «Нуркен» г. Жанаозен сбор растений и почв произведен в 3 сообществах – полынно-разнотравном, жантакового-разнотравном и тамариксо-разнотравном. Чрезмерный выпас скота привел к снижению проективного покрытия. В полынно-разнотравном – 60%, в жантакового-разнотравном сообществе проективное покрытие составляет 55%, в тамариксо-разнотравном – 60%. В качестве тест-объектов собирали доминантные и кормовые растения. В полынно-разнотравном сообществе собран доминант – кормовое растение *Artemisia terrae-albae* Krasch.- полынь белоземельная из семейства *Asteraceae*. В жантакового-разнотравном сообществе для анализа собраны доминанты, которые являются также и кормовыми растениями *Alhagi pseudoalhagi* (M.B.) Desv. – верблюжья колючка ложная или обыкновенная из семейства *Fabaceae* и *Agropyron repens* (L.) P.B. Agrost. – пырей ползучий из семейства *Poaceae* и сопутствующие кормовые растения- *Eremopyrum orientale* (L.) Jab. et Spach – мортук восточный из семейства *Poaceae* и *Ceratocarpus arenarius* L.- рогач песчаный из семейства *Chenopodiaceae*. В третьем сообществе (тамариксо-разнотравном) взяты – доминант *Tamarix ramosissima* Ldb. – гребенщик многоветвистый из семейства *Tamaricaceae*.

В г. Актау в хозяйстве «Береке» сбор растений и почв произведен в 2 сообществах: полынно-разнотравном и тамариксо-разнотравном с участием эндемичных видов *Convolvulus persicum* (Вьюнок персидский) и *Malacocarpus crithmifolius* (Мягкоплодник критмолистый). Чрезмерный выпас привел к снижению проективного покрытия. В полынно-разнотравном сообществе проективное покрытие составляет 50%, в тамариксо-разнотравном – 60%. Наблюдалась смена травостоя. Кормовые виды (злаки, полыни) в некоторых местах замещались сорными, малоценными по своим кормовым качествам растениями (дурнишником – *Xanthium strumarium*) и ядовитыми (адраспаном – *Peganum harmala*, брунцом – *Sophora alopecuroides*).



Рисунок 1 – Места сбора проб.

В первом сообществе для анализа собраны доминанты *Artemisia terrae-albae* и субдоминанты – *Aeluropus littoralis*, *Eremopyrum orientale* и виды, имеющие кормовое значение – *Alhagi pseudoalhagi*. Во втором сообществе взяты – доминант *Tamarix ramosissima* Ldb. – гребенщик многоветвистый из семейства *Tamaricaceae* и субдоминант – *Agropyron repens*. Естественный растительный покров деградирован и в настоящее время представлен в основном сорными видами: дурнишником (*Xanthium strumarium*), адраспаном (*Peganum harmala*), брунцом (*Sophora alopecuroides*). Эти участки сильных нарушений фитоценозов локальны и не охватывают больших площадей.

В г. Форт-Шевченко, хозяйстве «Асем-Алмаз» сбор растений и почв произведен в полынно-разнотравном сообществе. Для анализа собраны доминант *Artemisia terrae-albae*, субдоминант *Eremopyrum orientale*, кормовые растения *Alhagi pseudoalhagi*, *Ceratocarpus arenarius*, *Agropyron repens* и *Tamarix ramosissima*.

В соответствии с геоботаническим методом закладка площадок проводилась в десятикратной повторности. Были выявлены доминанты и кормовые растения, которые в дальнейшем послужили объектами исследований – это *Agropyron repens* (L.) P. В. Agrost. – пырей ползучий

(*Poaceae*) и *Artemisia terrae-albae* Krasch.- полынь белоземельная (*Asteraceae*).

В исследуемых образцах растений проводили определение содержания тяжелых металлов методом атомно-абсорбционной спектрометрии. на атомно-абсорбционном спектрометре «AAS 1N» (Carl Zeiss, Германия) в десятикратной повторности на надземной массе растений (лист, цветок и стебель) [5, 6, 7].

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате анализа видового состава растений, составленного на основе собственных и литературных данных Сафроновой И.Н. (1991, 1996), Государственного кадастра растений Мангистауской области (2006) и др. (2014) [8-16] в Мангистауской области выявлено 676 видов из 301 родов и 69 семейств, с доминированием семейств маревых (*Chenopodiaceae*, 13,5% от общего числа видов), сложноцветных (*Asteraceae*, 11,8%), крестоцветных (*Brassicaceae*, 9,5%), злаковых (*Poaceae*, 8,5%) и бобовых (*Fabaceae*, 7,5%). К наиболее крупным родам относятся *Astragalus*, *Artemisia* и *Salcola*.

Редких и исчезающих видов Мангистауской области 40 [4], но нами зарегистрировано 38 видов. Из них 2 вида, подлежащие государ-

ственной охране: *Convolvulus persicus* L. и *Rubia cretaceae* Pojark.; 10 видов, рекомендуемые к региональной охране (в пределах области): *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott., *Ephedra aurantiaca* Takht. et Pachom., *Eremurus anisopterus* (Kar. et Kir.) Regel, *Gypsophila spathulifolia* Fenzl., *Ilinia regelii* (Bunge) Korov, *Salsola richteri* (Moq.) Kar, *Mala-cocarpus crithmifolius* (Retz.) C. A. Mey., *Crataegus ambigua* C A Mey, *Allium albanum* Grossh.; 13 видов, рекомендуемые к охране в местах произрастания: *Salsola chiwensis* M. Pop., *Haloxylon aphullum* (Minkw.) Iljin, *H.persicum* Bunge ex Boiss., *Populus diversifolia* Schrenk., *Morus alba* L, *Crambe edentula* Fisch. et Mey., *Rubus caesius* L., *Ammodendron eichwaldii* Ledeb., *Astragalus ustiurtensis* Bunge, *Euphorbia sclerocyathium* Korov. et M. Pop., *Zygophyllum turcomanicum* Fisch. et Mey., *Rhamnus sintenisii* Rech, *Bothriochloa ischaemum* (L.) Heng.; 13 видов, следующие по уязвимости за находящимися под угрозой исчезновения: *Salsola arbusculiformis* Drob., *Arthrophytum lehmannianum* Bunge., *Capparis herbacea* Willd., *Matthiola superba* Monti, *Nitraria schoberi* L., *Onosma staminea* Ledeb., *Verbascum blattaria* L., *Teucrium polium* L., *Artemisia gurganica* (Krasch.) Filat, *Tulipa sogdiana* Bunge, *Stipa capillata* L., *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr., *Stipa sareptana* Beck.

Растения являются одним из индикаторов окружающей среды. Первоначально для определения тяжелых металлов в растениях были выявлены доминанты в различных сообществах – это

такие растения как *Agropyron repens*, и *Artemisia terrae-albae*.

В исследуемых пунктах изучаемых территорий были взяты пробы почв для определения в них тяжелых металлов. Результаты проб почвы изучаемых пунктов приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что в пробах почвы, отобранных с территории хозяйства «Нуркен», г. Жанаозен содержание свинца (0,62 ПДК), меди (0,11 ПДК), никеля (0,06 ПДК) и марганца (0,63 ПДК) находится в пределах допустимых норм. При этом концентрация некоторых исследуемых элементов превысила ПДК в незначительных пределах. Так, обнаружено превышение содержания кадмия (1,44 ПДК), цинка (1,6 ПДК), кобальта (1,27 ПДК).

В образцах почвы, отобранных с территории «Береке», г. Актау содержание свинца (0,53 ПДК), кадмия (0,96 ПДК), меди (0,08 ПДК), никеля (0,05 ПДК) и марганца (0,65 ПДК) находится в пределах допустимых норм. Однако, концентрация некоторых исследуемых элементов превысила ПДК в незначительных пределах. Так, обнаружено превышение содержания цинка (1,46 ПДК), кобальта (1,09 ПДК).

В образцах почвы, отобранных с территории хозяйства «Асем-Алмаз», г. Форт-Шевченко содержание свинца (0,67 ПДК), кадмия (0,64 ПДК), меди (0,12 ПДК), никеля (0,06 ПДК) и марганца (0,92 ПДК) также находится в пределах допустимых норм, но содержание тяжелых металлов цинка и кобальта превышает допустимый уровень: цинка (1,72 ПДК), кобальта (1,55 ПДК).

Таблица 1 – Среднее содержание тяжелых металлов в образцах почвы изучаемых пунктов

Точка отбора	Контролируемые вещества, мг/кг						
	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Co	Mn
Хоз. Нуркен, г. Жанаозен	20,02±2,18	0,72±0,06	37,20±5,00	3,67±0,40	5,60±1,40	6,36±0,67	440,00±22,00
Хоз. Береке, г.Актау	17,70±1,01	0,48±0,05	33,60±3,60	2,73±0,32	4,20±1,20	5,44±0,40	457,60±25,00
Хоз. Асем-Алмаз, г. Форт-Шевченко	15,40±1,78	0,32±0,03	39,60±5,20	3,95±0,42	5,60±1,30	7,74±0,65	647,00±40,00

Таким образом, во всех изучаемых пунктах содержание тяжелых металлов в образцах почвы находилось в пределах допустимого уровня. Однако наблюдается общая картина незначительного превышения допустимого уровня концентрации в пределах от 1,09 – до 1,72 ПДК по таким металлам, как цинк, кобальт.

Результаты исследований по содержанию тяжелых металлов в образцах растений отобранных с участков хозяйства «Нуркен» представлены в таблице 2.

По данным, представленным в таблице 2 видно, что содержание Cd, Cu, Ni, Co, Mn в образцах наземных доминантных растений, со-



бренных в точке сбора (хозяйство «Нуркен» г. Жанаозен) находится в пределах ПДК. Так, во всех пробах доминантных наземных растений содержание кадмия находится в пределах 0,24 – 0,52 ПДК, меди – 0,24 – 0,99 ПДК, никеля – 0,13 – 0,67 ПДК, кобальта – 0,07 – 0,23 ПДК, марганца – 0,10 – 0,97 ПДК. Однако, содержание свинца и цинка превысило допустимый уровень ПДК, так свинец – 1,17 – 1,58 ПДК, цинк – 0,9 – 1,12 ПДК.

Изученные растения обладают неодинаковой способностью накапливать в своих тканях тяжелые металлы. Так, *Artemisia terrae-albae* накапливает наибольшее количество Pb, Cu, Cd и Mn, по сравнению с другими растениями, *Eremopyrum orientale* – Ni, *Tamarix ramosissima* – Co. Результаты исследований по содержанию тяжелых металлов в образцах доминантных растений, собранных с территории хозяйства «Береке» представлены в таблице 2. По данным, представленным в таблице видно, что содержание Cd, Cu, Ni, Co и Mn во всех изученных доминантных растениях находится в пределах ПДК (за исключением *Eremopyrum orientale*, *Artemisia terrae-albae*).

Во всех пробах доминантных наземных растений содержание большинства тяжелых металлов находится в пределах допустимых значений и составляет кадмий – 0,28 – 0,68 ПДК, меди – 0,29 – 0,65 ПДК, никеля – 0,13-0,49 ПДК (за исключением *Artemisia terrae-alba* – 1,06 ПДК), кобальта – 0,14-0,37 ПДК, марганца – 0,28-0,93 ПДК (за исключением *Eremopyrum orientale* – 1,3 ПДК и *Artemisia terrae-alba* – 1,06 ПДК). При этом во всех изучаемых образцах растений наблюдается превышение допустимого уровня по двум элементам: свинец – 1,12 – 1,71 ПДК и цинк – 1,02 – 1,33 ПДК. Отмечено, что в данных экологических условиях *Artemisia terrae-alba* накапливает наибольшее количество свинца, никеля, кобальта по сравнению с другими доминантными растениями, *Ceratocarpus arenarius* – кадмия и меди, *Alhagi pseudalhagi* – цинка, *Tamarix ramosissima* – никеля, *Eremopyrum orientale* и *Artemisia terrae-alba* – марганца.

По данным, представленным в таблице 2 видно, что содержание большинства изучаемых тяжелых металлов находится в пределах ПДК в образцах доминантных растений, собранных с территории хозяйства «Асем-Алмаз», г. Форт-Шевченко.

Так, содержание кадмия находится в пределах – 0,20 – 0,64 ПДК, меди – 0,19 – 0,71 ПДК, никеля – 0,13 – 0,42 ПДК, кобальта – 0,08 – 0,46 ПДК, марганца – 0,28 – 0,81 ПДК (за исключе-

нием *Artemisia terrae-albae* – 1,46 ПДК). Однако, содержание свинца превышает ПДК во всех видах растений изучаемого района (1,17 – 1,87 ПДК). Содержание цинка превышает ПДК в образцах растений *Eremopyrum orientale* (1,12 ПДК), *Tamarix ramosissima* (1,02 ПДК), *Alhagi pseudalhagi* (1,26 ПДК), *Artemisia terrae-albae* (1,56 ПДК).

Выявлено, что в данных экологических условиях *Artemisia terrae-albae* накапливает большее количество свинца, кадмия, цинка, меди, никеля, марганца по сравнению с другими доминантными растениями, *Agropyron repens* – свинца, *Alhagi pseudoalhagi* – никеля, кобальта.

Таким образом, на основании результатов анализов растений выявлено, что на исследованной территории хозяйства «Нуркен» содержание в растениях большинства тяжелых металлов находится в пределах допустимых концентраций (ПДК). Наибольшее количество свинца определено в растениях *Artemisia terrae-albae* (6,32 мг/кг), цинка – *Eremopyrum orientale* (56,0 мг/кг) (таблица 2).

На исследованной территории хозяйства «Береке» содержание в растениях большинства тяжелых металлов находится в пределах допустимых концентраций (ПДК). Наибольшее количество свинца, никеля определено в растениях *Artemisia terrae-albae* (6,86 мг/кг и 90,20 мг/кг, соответственно), цинка – *Alhagi pseudalhagi* (66,40 мг/кг), марганца – *Eremopyrum orientale* (325,6 мг/кг) (таблица 2).

На исследованной территории хозяйства «Асем-Алмаз» содержание в растениях большинства тяжелых металлов находится в пределах допустимых концентраций (ПДК). Наибольшее количество свинца определено в растениях *Agropyron repens* (7,48 мг/кг), цинка и марганца – *Artemisia terrae-albae* (78,0 мг/кг и 365,2 мг/кг) (таблица 2).

Изученные наземные доминантные растения обладают различными аккумулятивными способностями. Выявлено, что лучшими аккумулятивными способностями, среди изученных растений обладает *Artemisia terrae-albae*, которое на исследуемых участках накапливает большее количество свинца, цинка, никеля марганца по сравнению с другими видами (таблица 2).

*Tamarix ramosissima* и *Ceratocarpus arenarius* отличаются тем, что накапливают наименьшее количество тяжелых металлов по сравнению с другими растениями, произрастающими вместе с ними в одинаковых экологических условиях.

Растительность обследуемой территории отличается слабой устойчивостью к антропогенным воздействиям, так как исследуемая территория отличается неблагоприятными природно-климатическими условиями. Во всех наземных экосистемах, которые используются как пастбища, имеет место перевыпас, в результате чего наблюдается деградация растительного покрова, появление сорных видов. Вокруг поселков, скважин и строительных объектов наблюдали, как и другие исследователи [2] небольшие, локальные участки сильных нарушений фитоценозов.

Для прогнозирования обстановки с целью ее улучшения необходимо регулярно отслеживать содержание тяжелых металлов в растительном и почвенном покровах. Это позволит оценивать антропогенную нагрузку, используя методы биоиндикации, а также снизить риск ухудшения здоровья населения.

В настоящее время антропогенная нагрузка по региону исследования оказывает влияния на растительный, почвенный покровы и водные ресурсы. Накопление тяжелых металлов в данном регионе происходит по основным причинам антропогенного загрязнения воды сточными водами, воздушными выбросами промышленных предприятий и трансграничный перенос токсикантов по воде. Многочисленными исследованиями на биологических объектах разного уровня организации – от микроорганизмов до млекопитающих, – показано, что тяжелые металлы кроме общетоксического действия обладают мутагенными и канцерогенными эффектами. В живых организмах тяжелые металлы могут сохраняться в течении длительного времени и действовать как аккумулятивные яды. Многие металлы образуют довольно прочные комплексы с органикой; эти комплексы являются одной из важнейших форм миграции элементов в природных водах. Большинство органических комплексов являются устойчивыми. Поэтому металлорганические комплексы способны мигрировать в природных водах на весьма значительные расстояния. У некоторых растений существуют так называемые барьерные и безбарьерные типы накопления. У высших растений корни характеризуются безбарьерным типом накопления ряда химических элементов (тяжелых металлов) весной в фазе проростков и осенью – зимой в ветоши и в виде минеральных форм (биолитов), которые в зеленых растениях отсутствуют. В этих условиях необходима раз-

работка мониторинга и прогнозирования обстановки с целью ее улучшения.

В результате проведенных исследований, которые были начаты в 2015 году можно сделать следующие выводы:

1) Впервые проведен сбор доминантных и кормовых видов наземных растений в трех мониторинговых точках Мангистауской области в качестве тест-объектов для анализа содержания тяжелых металлов.

2) На основании результатов анализов растений выявлено, что на всей исследованной территории содержание в растениях Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Co и Mn **находятся в пределах предельно допустимых концентраций** или незначительно превышают допустимый уровень.

3) Наибольшее количество свинца, цинка, никеля и марганца определено в растениях *Artemisia terrae-albae*, что связано с наибольшим количеством данных элементов в почве, по сравнению с другими участками.

4) *Tamarix ramosissima* и *Ceratocarpus arenarius* меньше всех накапливают тяжелых металлов по сравнению с другими изученными растениями.

Таким образом, анализ результатов определения содержания тяжелых металлов в изучаемых видах растений показал их различную аккумулятивную способность. *Artemisia terrae-albae* накапливает в своих тканях тяжелых металлов больше, чем *Agropyron repens* в одних и тех же экологических условиях, что свидетельствует о более низкой аккумулятивной способности *Agropyron repens* по сравнению с *Artemisia terrae-albae*.

Главная опасность тяжелых металлов не в явном отравлении, а в том, что они способны постепенно концентрироваться в растениях, организмах животных и человека. В то же время представление об обязательной токсичности тяжелых металлов являются заблуждением, так как в эту группу попадают медь, цинк, молибден, кобальт, марганец, железо, то есть микроэлементы [17]. Справедливо использовать термин «тяжелый металл» – когда речь идет об опасных для животных и растительных организмов концентрациях элемента с относительной массой более 40 и говорить о нем же, как о микроэлементе, в том случае, когда он находится в почве, растении, организме животных и человека в нетоксичных концентрациях или используется в малых количествах, как удобрение или минеральная добавка к корму для улучшения условий роста, развития растений и животных.

Таблица 2 – Среднее содержание тяжелых металлов в образцах растений, отобранных с территории хозяйств «Нуркен», «Береке», «Асем-Алмаз»

Вид растения	Контролируемые вещества, мг/кг							
	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	
<b>хозяйство Нуркен, г. Жанаозен</b>								
<i>Eremopyrum orientale</i>	4,69±0,72	0,24±0,02	56,00±6,20	4,98±0,52	57,00±6,10	0,69±0,05	140,8±9,0	
<i>Agropyron repens</i>	5,24±0,97	0,20±0,02	51,20±5,40	3,38±0,45	19,00±2,13	0,92±0,06	96,8±6,5	
<i>Tamarix ramosissima</i>	5,94±1,76	0,18±0,02	48,00±4,00	2,54±0,28	11,40±1,05	1,15±0,08	39,6±2,1	
<i>Ceratocarpus arenarius</i>	5,78±1,24	0,24±0,03	44,80±4,60	4,04±0,37	20,90±1,84	0,46±0,03	132±7,4	
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	6,10±0,88	0,12±0,01	54,40±5,90	2,44±0,29	17,10±1,42	0,34±0,02	26,4±1,6	
<i>Artemisia terrae-albae</i>	6,32±1,30	0,26±0,02	50,40±6,00	9,96±0,84	20,9±1,71	0,92±0,05	242±15	
<b>хозяйство Береке, г. Актау</b>								
<i>Eremopyrum orientale</i>	5,70±0,80	0,14±0,01	56,80±5,80	3,01±0,33	13,3±1,56	0,92±0,06	325,6±25	
<i>Agropyron repens</i>	5,47±0,90	0,14±0,01	52,00±5,00	2,91±0,32	34,20±4,02	0,69±0,04	123,2±8,7	
<i>Tamarix ramosissima</i>	4,80±1,20	0,16±0,02	52,80±5,60	4,17±0,45	11,40±1,27	1,15±0,08	70,4±5,3	
<i>Ceratocarpus arenarius</i>	4,47±0,94	0,34±0,03	59,20±6,20	6,58±0,50	41,80±4,89	0,92±0,05	233,2±13	
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	5,55±1,32	0,18±0,02	66,40±7,00	3,05±0,26	15,20±1,83	1,38±0,09	114,4±8,5	
<i>Artemisia terrae-alba</i>	6,86±1,40	0,20±0,02	51,20±4,80	6,02±0,52	90,20±13,46	1,84±0,12	294,8±18	
<b>хозяйство Асем-Алмаз, г. Форт-Шевченко</b>								
<i>Eremopyrum orientale</i>	4,70±0,87	0,10±0,01	56,00±6,40	3,20±0,36	30,30±3,11	0,40±0,02	154±10,0	
<i>Agropyron repens</i>	7,48±2,05	0,14±0,01	32,00±3,50	1,88±0,21	11,40±0,90	1,15±0,08	71,0±4,6	
<i>Tamarix ramosissima</i>	6,17±1,87	0,24±0,02	51,20±5,80	3,76±0,41	24,70±2,75	1,38±0,09	127,6±9,3	
<i>Ceratocarpus arenarius</i>	5,00±0,13	0,26±0,03	49,60±5,30	3,48±0,39	15,20±1,72	1,61±0,10	202,4±14,5	
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	7,10±2,12	0,22±0,02	63,20±6,00	2,91±0,30	36,10±3,80	2,30±0,15	189,2±13,0	
<i>Artemisia terrae-albae</i>	6,93±0,71	0,32±0,03	78,00±9,10	7,14±0,65	32,30±2,95	0,69±0,03	365,2±20	

Тяжелые металлы относятся к микроэлементам и входят в состав ферментов, гормонов и других биологически активных веществ [6, 18].

Считаем, что необходимы дальнейшие исследования данной территории, для выявления растений – аккумуляторов тяжелых металлов.

#### Литература

- 1 Вредные химические вещества. Неорганические соединения V-VIII групп: Справочное изд./ Под ред. В.А. Филова и др. – Л.: Химия, 1989. – 40 с.
- 2 Инелова З.А., Нестерова С.Г., Ерубеева Г.К. Содержание тяжелых металлов в некоторых доминантных видах растений Атырауской области. Вестник КазНУ. Сер. биол., 2015. – №3 (65). – С. 292-297
- 3 Димеева Л.А., Султанова Б.М., Усен К., Садвокасов Р.Е., Пермитина В.Н., Кердяшкин А.В., Говорухина С.А. Трансформация пустынной растительности Казахстана в регионах нефтегазодобычи и возможности ее реабилитации. – Алматы, 2014. – С. 33-63.
- 4 Государственный кадастр растений Мангистауской области. Каталога редких и исчезающих видов растений Мангистауской области (Красная книга). – Алматы, 2006. – 44 с.
- 5 Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах. – М.: Колос, 1974. – С. 7-24
- 6 Ильин Б.В., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях. – Новосибирск, СО РАН, 2001. – 216 с.
- 7 Славин У.И. Атомно- абсорбционная спектроскопия / Под. ред. Б.В. Львова. – М.: Химия, 1993. – 351 с.
- 8 Сафронова И.Н. О растительном покрове плато Устюрт // Бот. журнал, 1982. – Т. 67. – №5. – С. 753-760.
- 9 Сафронова И.Н. О зональности растительного покрова плато Устюрт // Природа, почвы и проблемы освоения пустыни Устюрт. – Пушино, 1984. – С. 154-161.
- 10 Сафронова И.Н. Карта растительности Мангышлака // Геоботаническое картографирование 1986. – Л., – С. 41-55.
- 11 Сафронова И.Н. Растительность Мангышлака. Автореф. дас. ... докт. биол. наук. – СПб., 1991. – 55 с.
- 12 Сафронова И.Н. Пустыни Мангышлака (очерк растительности). – СПб., 1996. – 211 с.
- 13 Сафронова И.Н. Пустыни Мангышлака (очерк растительности) // Труды Бот. Ин-та РАН. 1996. Вып. 18. – 211 с.
- 14 Косарева О.Н., Белозеров И.Ф. Древесные растения местной флоры Мангышлака в интродукции. ЦНТИ. – Актау, 1995. – 8 с.
- 15 Государственный кадастр растений Мангистауской области. Список высших растений сосудистых растений. – Актау, 2006. – 301 с.
- 16 Государственный кадастр растений Мангистауской области. Каталога редких и исчезающих видов растений Мангистауской области (Красная книга). – Алматы, 2006. – 44 с.
- 17 Вайнерт Э., Вальтер Р., Ветцель Т. и др. – Под ред. Р. Шуберта Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. – М.: Мир, 1998. – 348 с.
- 18 Феник С.И., Трофимьяк Т.Б., Блюм Я.Б. Механизмы формирования устойчивости растений к тяжелым металлам // Успехи современной биологии, 1995. – Т. 115. – Вып. 3. – С. 261-275.

#### References

- 1 Hazardous chemicals. Inorganic compounds V-VIII groups [Vrednyie himicheskie veschestva. Neorganicheskie soedineniya V-VIII grupp:] (1989) Reference book. Chemistry, Leningrad : 40. (In Russian)
- 2 Inelova Z.A., Nesterova S.G., Erubaev G.K. The content of heavy metals in some dominant species of plants of Atyrau region [Soderzhanie tyazhelyih metallov v nekotoryih dominantnyih vidah rasteniy Atyrauskoy oblasti.] (2015) 3 (65) : 292-297 (In Russian)
- 3 Dimeeva L.A., Sultanova B.M., Usen K., Sadvokasov R.E., Permitin V.N., Kerdyashkin A.V., Govorukhin S.A. (2014.) The transformation of desert vegetation in the regions of Kazakhstan’s oil and gas production and the possibility of rehabilitation [Transformatsiya pustynnoy rastitelnosti Kazahstana v regionah neftegazodobyichi i vozmozhnosti ee reabilitatsii] Almaty: 33-63. (In Russian)
- 4 The state cadastre of plants Mangistau region catalog of rare and endangered species of Mangistau region (Red Book). [Gosudarstvennyiy kadastr rasteniy Mangistauskoy oblasti. Kataloga redkih i ischezayuschih vidov rasteniy Mangistauskoy oblasti (Krasnaya kniga)] (2006) Almaty : 44 (In Russian)
- 5 Methods for determination of trace elements in soils, plants and waters [Metodyi opredeleniya mikroelementov v pochvah, rasteniyah i vodah] (1974) Kolos , Moscow : 7-24 (In Russian)
- 6 Illin B.V., AI Syso (2001) Trace elements and heavy metals in soils and plants [Mikroelementyi i tyazhelyie metallyi v pochvah i rasteniyah] Russian Academy of Sciences, Novosibirsk : 216. (In Russian)
- 7 Slavin U.I (1993) Atomic absorption spectroscopy. [Atomno- absorbtionnaya spektroskopiya] Chemistry, Moscow : 351. (In Russian)
- 8 Safronova I.N. (1982) About vegetation plateau Ustyurt. Botanical Journal [O rastitelnom pokrove plato Ustyurt. Botanicheskiy zhurnal] 67. 5 : 753-760. (In Russian)

- 9 Safronova I.N. (1984) About vegetation zoning of Ustyurt plateau .Nature of the soil and the problems of development of Ustyurt desert [O zonalnosti rastitelnogo pokrova plato Ustyurt . Priroda, pochvyi i problemyi osvoeniya pustyini Ustyurt] Pushchino : 154-161. (In Russian)
- 10 Safronova I.N. (1986) Vegetation Map Mangishlak. Geobotanical mapping [ Karta rastitelnosti Mangyishlaka. Geobotanicheskoe kartografirovaniye] Leningrad: 41-55. (In Russian)
- 11 Safronova I.N. (1991) Vegetation Mangyshlak [Rastitelnost Mangyishlaka] 55(In Russian)
- 12 Safronov I.N (1996) Desert Mangyshlak. Vegetation survey [Pustyini Mangyishlaka. Ocherk rastitelnosti ] Saint -Petersburg : 211. (In Russian)
- 13 Safronova I.N. (1996) Desert Mangyshlak. vegetation survey [Pustyini Mangyishlaka. Ocherk rastitelnosti] 18 : 211. (In Russian)
- 14 Kosarev O.N., Belozerov I.F. (1995) Woody plants of the local flora Mangyshlak in the introduction. Center for Scientific and Technical Information [Drevesnyie rasteniya mestnoy floryi Mangyishlaka v introduktsii Tsentralno nauchnoy tehnikeskoy informatsii] Aktau : 8(In Russian)
- 15 State Cadastre of plant Mangistau region. List of higher plants vascular plants [Gosudarstvennyiy kadastr rasteniy Mangistauskoy oblasti. Spisok vyisshih rasteniy sosudistyih rasteniy] (2006) Aktau :301. (In Russian)
- 16 State Cadastre of plant Mangistau region. Catalogue of rare and endangered species of Mangistau region. Red Book [Gosudarstvennyiy kadastr rasteniy Mangistauskoy oblasti. Kataloga redkih i ischezayuschih vidov rasteniy Mangistauskoy oblasti. Krasnaya kniga.] (2006) Almaty : 44. (In Russian)
- 17 Weinert E., Walter R., Wetzel T. (1998) Bioindication pollution of terrestrial ecosystems [Bioindikatsiya zagryazneniy nazemnyih ekosistem] Mir, Moscow : 348. (In Russian)
- 18 Fenik S.I., Trofimyak T.B, Blume T.B (1995). Mechanisms of resistance of plants to heavy metals. [Mehanizmyi formirovaniya ustoychivosti rasteniy k tyazhelyim metallam] 3,115 : 261-275. (In Russian)

<sup>1</sup>Карашолакова Л.Н.,  
<sup>2</sup>Кушнаренко С.В.

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, г. Алматы

**Влияние низких и сверхнизких температур на лабораторную всхожесть семян трех природных популяций *Lonicera iliensis* Pojark.**

В данной статье рассмотрен вопрос сохранения биоразнообразия редкого эндемичного вида Иле-Балхашского региона *Lonicera iliensis* Pojark. путем создания коллекций семян. Семена были собраны из трех природных популяций жимолости илийской в Алматинской области. Показано, что жизнеспособность семян жимолости илийской в значительной степени зависит от температуры хранения. Установлено, что стратификация семян после хранения при низких и сверхнизких температурах (–180С...–200С и –196С) оказывала положительное влияние на их всхожесть. Лабораторная всхожесть семян жимолости илийской, хранившихся в течение трех лет при температуре –180С...–200С и прошедших 1 неделю стратификации, составляла 63,3–86,1% от исходной. Лабораторная всхожесть семян после глубокого замораживания в сочетании с 1 неделей стратификации сохранялась на уровне 87,4–100% от всхожести контрольных семян. Созданы коллекции семян жимолости илийской из трех природных популяций при различных режимах хранения (+4°С, –180С...–200С и –196°С), которые можно использовать для восстановления этого вида в природе, а также для обмена генетическим материалом.

**Ключевые слова:** *Lonicera iliensis* Pojark., жимолость илийская, лабораторная всхожесть, коллекция семян, криосохранение.

<sup>1</sup>Karasholakova L.N.,  
<sup>2</sup>Kushnarenko S.V.

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Institute of plant biology and biotechnology, Kazakhstan, Almaty

**Influence of low and ultralow temperatures on seed laboratory germination of three natural populations of *Lonicera iliensis* Pojark.**

This article addresses the issue of biodiversity conservation of rare endemic species of Ile-Balkhash region *Lonicera iliensis* Pojark. by creating seed collections. Seeds were collected from three natural populations of *Lonicera iliensis* in the Almaty region. It was shown that the viability of the honeysuckle seeds significantly depends on the storage temperature. *Lonicera iliensis* seed storage for 3 years in uncontrolled conditions (at room temperature) resulted in loss of viability, whereas at + 4°C laboratory germination remained at 49.0–78.3% of initial germination. It was found that the seed stratification after storage at low and ultra-low temperatures (–18°C ...–20°C and –196°C) have a positive effect on their germination. Laboratory germination of honeysuckle Ili seeds stored for three years at 18°C ...–20°C and then held 1-week stratification was 63.3–86.1% of the initial. Laboratory germination of seeds after deep-freezing combined with 1 week of stratification remained at 87.4–100% of control seeds germination. The collections of *Lonicera iliensis* seeds from three natural populations were established at various storage conditions (+4°C, –18°C ...–20°C and –196°C), which can be used to restore this species in nature, as well as for the exchange of genetic material.

**Key words:** *Lonicera iliensis* Pojark., Ili honeysuckle, laboratory germination, seed collection, cryopreservation.

<sup>1</sup>Қарашолақова Л.Н.,  
<sup>2</sup>Қушнаренко С.В.

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

***Lonicera iliensis* Pojark. өсімдігінің табиғи үш популяциясы тұқымдарының өнгіштігіне төмен және өте төмен температуралардың әсері**

Мақалада Іле-Балқаш өңірінің сирек эндем *Lonicera iliensis* Pojark. өсімдігін тұқымдардың коллекциясын жасау арқылы сақтау мәселелері қарастырылған. Алматы облысындағы Іле үшқатының табиғи үш популяциясынан тұқымдары жиналды. Іле үшқаты тұқымдарының тіршілік қабілеті айтарлықтай деңгейде сақтау температурасына тәуелді екендігі көрсетілді. Төмен (180С...–200С) және өте төмен (–196°С) температураларда сақталған тұқымдардың өнгіштігіне стратификацияның оң әсері белгілі болды. Үш жыл бойы төмен температураларда (–180С...–200С) сақталған және 1 апта стратификациядан өткен тұқымдардың лабораторлық өнгіштігі бастапқы өнгіштіктен 63,3–86,1 құрады. Тұқымдарды терең мұздату мен 1 апта стратификацияны біріктірген кезде лабораторлық өнгіштігі бақылау нұсқасындағы тұқымдардың өнгіштігінен 87,4–100% деңгейінде сақталды. Іле үшқатының табиғи үш популяциясынан жиналған тұқымдардың әр түрлі температураларда сақталатын коллекциясы (+4°С; –18°С...–20°С; –196°С) жасалды. Тұқымдар коллекциясын болашақта осы түрді табиғатта қайта қалпына келтіру үшін, сондай-ақ, генетикалық материал алмасу үшін пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** *Lonicera iliensis* Pojark., Іле үшқаты, лабораторлық өнгіштік, тұқымдардың коллекциясы, криосақтау.

**ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ  
И СВЕРХНИЗКИХ  
ТЕМПЕРАТУР  
НА ЛАБОРАТОРНУЮ  
ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН  
ТРЕХ ПРИРОДНЫХ  
ПОПУЛЯЦИЙ  
*LONICERA ILIENSIS*  
POJARK.**

**Введение**

Сохранение генофонда растений, включая редкие и эндемичные виды, является актуальной задачей. Эндемичные виды, такие как *Berberis iliensis*, *Limonium michelsonii* и *Lonicera iliensis* постановлением Правительства Республики Казахстан № 521 от 21.06.2007 г. внесены в перечень объектов охраны окружающей среды, имеющих важное экологическое, научное и культурное значение.

*Lonicera iliensis* Pojark. – редкий, эндемичный вид Иле-Балхашского региона, с резко уменьшающимся ареалом, относится к семейству Caprifoliaceae Juss., подсекция Caerulea Rehd. *Lonicera iliensis* встречается в бассейне реки Или, в нижнем поясе гор и в подгорных равнинах, в тугайных лесах, тополево-ивовых и кустарниковых зарослях [1-4]. Местообитание – в предгорьях на высоте 350-1200 м над уровнем моря [1, 2]. Естественные места произрастания популяций жимолости илийской малочисленны, им грозит опасность исчезновения. Значительная часть ареала затоплена водами Капчагайского водохранилища. Жимолость илийская внесена в Красную книгу Казахстана, как вид, которому необходима охрана [1-4].

Впервые жимолость илийскую описала и выделила в качестве отдельного вида ботаник А.И. Пояркова [1], хотя намного ранее Э.Л. Регель выделял ее в качестве формы *Lonicera caerulea f. angustifolia* [5]. В 1985 г. А.К. Скворцовым и А.Г. Куклиной была организована экспедиция в Алматинскую область, в ходе которой были обнаружены 3 популяции жимолости илийской вдоль рек Усек, Чилик и Чарын [4].

В настоящее время в Казахстане проводятся геоботанические исследования растительных сообществ редких и эндемичных видов, в том числе жимолости илийской, для оценки современного состояния популяций этих растений. В результате изучения А.А. Аметовым с коллегами трех популяций *Lonicera iliensis* в 2012 г. вдоль рек Или, Чилик и Чарын в геоботаническом и флористическом аспектах выявлено, что жизненное состояние *Lonicera iliensis* в этих популяциях различается [6, 7]. В нижнем течении реки Или естественное восстановление идет хуже, чем в популяциях среднего течения реки Чилик и в уро-

чище Актогай по реке Чарын. По-видимому, это обусловлено близким расположением первой популяции к населенному пункту (поселок Баканас) и, как следствие, более сильному антропогенному влиянию (активный отдых в летнее время, выпас скота). К тому же климатические условия нижнего течения реки Или становятся все более аридными. В двух остальных популяциях жизненное состояние жимолости илийской достаточно хорошее, и ее восстановление идет здесь значительно лучше.

В мировой практике сохранение биологического разнообразия растительного мира производится *in situ* (в естественных средах обитания) и *ex situ* (вне естественных мест обитания). Хранение семян в генбанках является основными наиболее надежным способом сохранения генофонда растительных ресурсов *ex situ* [8-10].

Для продления жизнеспособности семян применяют хранение при низких температурах: среднесрочное хранение при низких положительных температурах (+4°C), долгосрочное хранение при низких отрицательных температурах или неглубокое замораживание (-18°C...-20°C), глубокое замораживание в жидком азоте (ЖА) при сверхнизкой температуре (-196°C) или в парах ЖА (-140°C...-160°C) [11-14].

Целью данной работы являлось изучение влияния различных режимов хранения на жизнеспособность семян жимолости илийской, отобранных из трех природных популяций, а также создание коллекции семян.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлись семена *Lonicera iliensis* Rojark. из трех естественных популяций, описанных А.А. Аметовым с соавт. [6, 7]:

1 популяция – Балхашский район Алматинской области, нижнее течение реки Или, возле села Баканас. Координаты по GPS: N 44°45'78", E 076°19'710", высота над уровнем моря 351-398 м;

2 популяция – Райымбекский район Алматинской области, среднее течение реки Чилик, возле села Алгабас. Координаты по GPS: N 43°11'209'', E 078°31'707'', высота над уровнем моря 1233 м;

3 популяция – Райымбекский район Алматинской области, левый берег реки Чарын, урочище Актогай. Координаты по GPS: N 43°12'959'', E 078°50'576'', высота над уровнем моря 1142-1156 м.

Плоды жимолости илийской из трех популяций были собраны в конце июня – начале июля 2012-2013 гг., в течение 1 месяца подсушивались в проветриваемом помещении и хранились в бумажных пакетах при комнатной температуре в течение 3,5 месяцев. Извлечение семян из плодов проводили подбинокулярным микроскопом «Lieder» MS512X (США), для того, чтобы избежать механического повреждения семенной кожуры.

Были проведены измерения длины, ширины и массы 1000 шт. семян жимолости илийской из трех разных популяций. Измерение размеров и фотографии семян получали с помощью цифрового стереомикроскопа «Digital Microscope» DC5-420TH фирмы «National» (США).

Определение относительной влажности семян проводили по ГОСТ 13056.3-86. [15], для чего семена высушивали в сушильном шкафу в течение 1 ч при 130°C.

Влажность семян высчитывали по формуле (1):

$$\text{Влажность \%} = \frac{(\text{СырМ} - \text{СухМ})}{\text{СырМ}} * 100\% \quad (1)$$

где СырМ – сырая масса семян; СухМ – сухая масса семян

Для определения необходимости стратификации семена жимолости илийской помещали в стаканчики с влажным перлитом на глубину 0,5-0,7 см и выдерживали при температуре +4°C в течение 1-4 недель. После стратификации семена проращивали в перлите при температуре +24°C, 16-ти часовом фотопериоде.

Варианты эксперимента по хранению семян при различных температурных режимах:

1) Контроль А – семена проращивали в стерильном перлите при +24°C;

2) Контроль Б – семена после 1 недели стратификации при +4°C проращивали в стерильном перлите при +24°C;

3) Семена, хранившиеся в течение 3 лет при различных температурных режимах (+23°C-25°C, +4°C и -18°C...-20°C), проращивали в стерильном перлите при +24°C без и с применением предпосевной обработки в виде 1 недели стратификации.

В экспериментах по криоконсервации использовали семена 2013 г сбора, которые в течение 2 лет хранились в бумажных пакетах при температуре +4°C. Варианты эксперимента по криосохранению семян:

1) Контроль А – семена проращивали в стерильном перлите при +24°C;



2) Контроль Б – семена после 1 недели стратификации при +4°C проращивали в стерильном перлите при +24°C;

3) Жидкий азот А – семена погружали на 3 месяца в ЖА; размораживание семян проводили при комнатной температуре в течение 1 часа; проращивали в стерильном перлите при +24°C.

4) Жидкий азот Б – семена погружали на 3 месяца в ЖА; размораживание семян проводили при комнатной температуре в течение 1 часа; семена после 1 недели стратификации при +4°C проращивали в стерильном перлите при +24°C.

Лабораторную всхожесть (ЛВ) семян подсчитывали на 30 сутки, а энергию прорастания (ЭП) – на 15 сутки. Статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили по общепринятым методикам [16].

### Результаты исследования и обсуждение

В плодах *Lonicera iliensis* находится от 4 до 19-20 семян. Семена мелкие, светло-коричневого цвета, по форме в основном овальные или эллипсоидные (рисунок 1).



Рисунок 1 – Семена *Lonicera iliensis*: А – 1 популяция, Б – 2 популяция, В – 3 популяция (цифровой стереомикроскоп «Digital Microscope»)

Таблица 1 – Морфометрические показатели семян трех природных популяций *Lonicera iliensis*

Популяция	Средняя длина, мм	Средняя ширина, мм	Масса 1000 штук, г
1	1,60±0,12 <sup>a</sup>	1,10±0,06 <sup>a</sup>	0,500±0,004 <sup>ab</sup>
2	1,78±0,12 <sup>b</sup>	1,27±0,13 <sup>b</sup>	0,565±0,001 <sup>a</sup>
3	1,68±0,18 <sup>ab</sup>	1,17±0,11 <sup>ab</sup>	0,443±0,004 <sup>b</sup>

Примечание: Значения, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой при  $p \leq 0,05$ .

Результаты морфометрических измерений семян трех популяций приведены в таблице 1.

Выявлены достоверные различия по массе семян между популяциями 2 и 3, при этом наименьшая масса семян – в третьей популяции, наибольшая – во второй, семена первой популяции занимали по этому показателю промежуточное положение.

Размеры семян в трех популяциях имели незначительную разницу, хотя статистическая обработка показала, что семена 1 и 2 популяций различались между собой при  $p \leq 0,05$ , при этом семена второй популяции – наиболее крупные.

Основными факторами, влияющими на жизнеспособность качество семян при длительном хранении, являются содержание влаги в семенах и стабильность установленной температуры хранения. Для долгосрочного хранения ортодоксальных семян при низких и сверхнизких температурах рекомендуемая влажность семян варьирует от 5,0 до 10,0% [17].

Влажность семян, определенная у трех популяций жимолости илийской, составляла 11,4%, 8,6% и 11,3%, соответственно.

В литературе имеются противоречивые данные о биологии прорастания семян видов жимо-

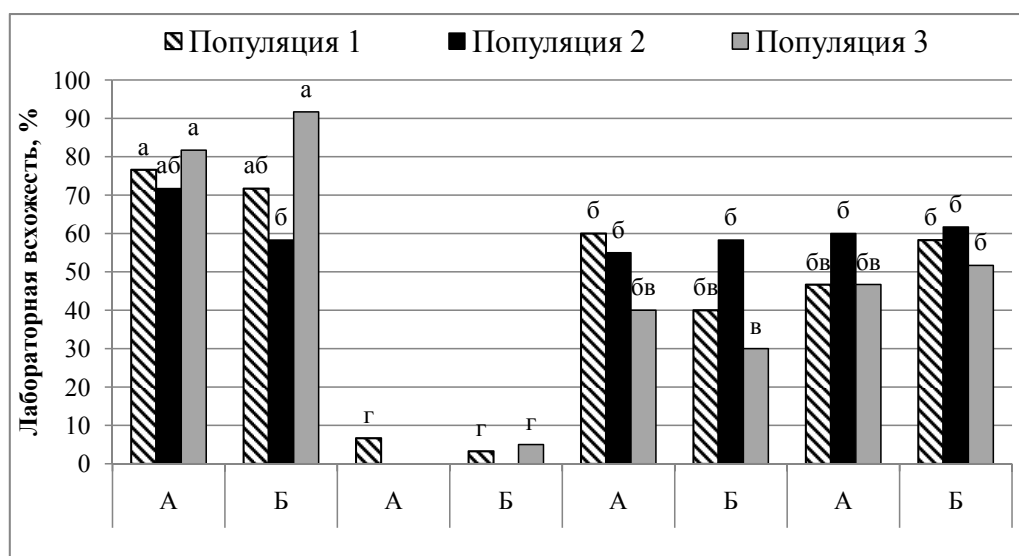
лости. Согласно одним публикациям, у многих видов жимолости наблюдается глубокий физиологический покой и семена нуждаются в холодной стратификации при 2-5°C в течение 1-3 месяцев [17, 18]. По исследованиям В.В. Романюка физиологический покой отмечается лишь у некоторых видов жимолости. Этот автор также отмечает разнородность условий прорастания семян различных образцов одного и того же вида [19].

Для определения необходимости стратификации семена жимолости помещали во влажный перлит при +4°C на период от 1 до 4 недель. ЭП и ЛВ семян в контроле составляли 50,0% и 81,7%, а после 1-4 недельной стратификации ЭП и ЛВ варьировали от 50,8% до 58,3% и от 67,5 до 77,5%, соответственно, не отличаясь достоверно от контроля. Таким образом, при изучении особенностей прорастания семян жимолости илийской в лабораторных условиях выявлено, что нет необхо-

димости в предварительной стратификации свежесобранных семян.

В литературе имеются сведения, что семена различных видов жимолости в неконтролируемых условиях достаточно быстро теряют всхожесть. Так, хранение воздушно-сухих семян *Lonicera caerulea* при комнатной температуре в течение 4 лет приводило к полной потере жизнеспособности [20], ЛВ семян *Lonicera oblongifolia* снизилась на 20,0% через 1 год [21].

ЛВ семян жимолости илийской из трех природных популяций через 3,5 месяцев после сбора составляла 76,6%, 71,7% и 81,7%, соответственно. Была определена жизнеспособность после хранения семян жимолости при различных температурах. Выявлено, что после 3 лет хранения в неконтролируемых условиях (при комнатной температуре) семена второй и третьей популяций жимолости илийской полностью потеряли всхожесть, а в первой популяции ЛВ семян снизилась до 6,7% (рисунок 2).



А – без стратификации; Б – 1 неделя стратификации.

Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой при  $p \leq 0,05$ .

**Рисунок 2** – Лабораторная всхожесть семян *Lonicera iliensis* из трех природных популяций после 3 лет хранения при разных температурных режимах (n=30)

После 3 лет хранения при температуре +4°C ЛВ семян трех популяций составляла 60,0%, 55,0% и 40,0%, соответственно. Одна неделя стратификации не оказывала положительного влияния на всхожесть после хранения семян при низкой положительной температуре (рисунок 2).

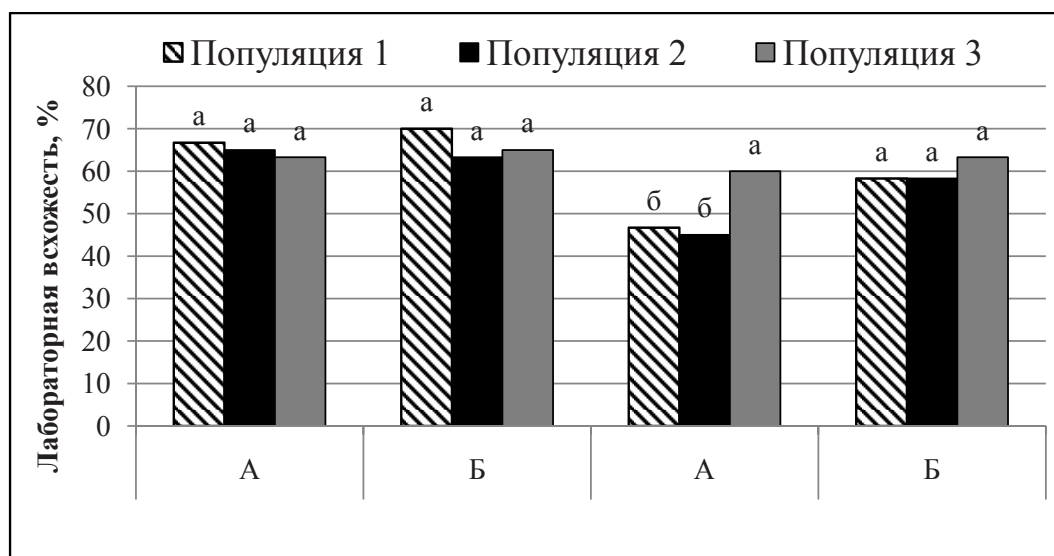
После депонирования в условиях -18°C–20°C в течение 3 лет ЛВ семян жимолости илийской из трех популяций составляла 46,7%, 60,0% и 46,7%, соответственно. В отличие от семян, хранившихся при положительных температурах, отмечено некоторое стимулирующее влияние 1 недели стратификации, после которой

всхожесть семян трех популяций повысилась до 58,3%, 61,7% и 51,7% (рисунок 2).

В результате проведенных экспериментов по криоконсервации выявлены различия между популяциями в отношении действия глубокого замораживания на жизнеспособность семян. После депонирования в ЖА в течение 3 месяцев ЛВ первой и второй популяций снижалась по сравнению с контролем до 46,7% и 45,0%, тогда как у семян третьей популяции всхожесть оставалась практически

на уровне контроля (60,0%) (рисунок 3). Подобная межпопуляционная изменчивость ответной реакции семян на глубокое замораживание отмечена у некоторых видов Дальнего Востока России в статье А.Б. Холиной и Н.М. Воронковой [22].

Следует подчеркнуть, что после глубокого замораживания семян 1 неделя стратификации способствовала повышению ЛВ семян первых двух популяций жимолости илийской до 58,3%, третьей популяции – до 63,3% (рисунок 3).

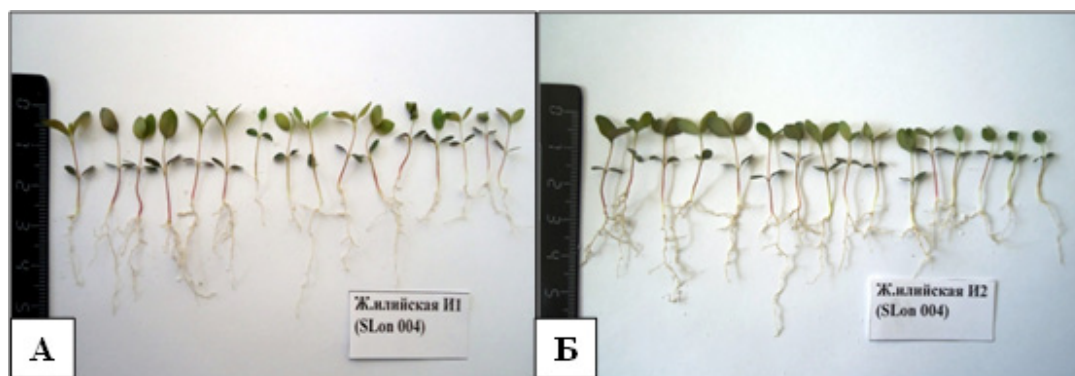


А – без стратификации; Б – 1 неделя стратификации. Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой при  $p \leq 0,05$ .

**Рисунок 3** – Влияние криоконсервации на лабораторную всхожесть семян *Lonicera iliensis* из трех природных популяций (n=30)

При сравнении морфометрических показателей проростков не было обнаружено значи-

тельных различий в развитии в контроле и после криоконсервации ЖА (рисунок 4).



**Рисунок 4** – Проростки *Lonicera iliensis* третьей популяции на 30 день в контроле (А) и после 3 месяцев депонирования в ЖА (Б)

Таким образом, проведенные нами исследования позволяют заключить, что криоконсервация является эффективным способом долгосрочного хранения семян жимолости илийской практически без потери их жизнеспособности. Эти данные соответствуют результатам, полученным другими авторами, где у большинства изученных видов не выявлено снижение всхожести после глубокого замораживания семян [14, 22].

### Заключение

Выявлены различия между тремя природными популяциями жимолости илийской по размеру и массе семян, а также ответной реакции на глубокое замораживание.

Жизнеспособность семян жимолости илийской в значительной степени зависит от температуры хранения. Семена жимолости илийской, хранившиеся в неконтролируемых условиях (при комнатной температуре) теряли всхожесть в течение трех лет.

Низкие положительные температуры (+4°C) позволяют сохранить в течение трех лет жизнеспособность

семян *Lonicera iliensis* на уровне 49,0-78,3% от исходной.

Установлено, что для свежесобранных семян, хранившихся при низкой положительной температуре (+4°C) не требуется стратификация, тогда как такая предпосевная обработка семян после хранения при низких и сверхнизких температурах (-18°C...-20°C и -196°C) оказывала положительное влияние на их всхожесть.

Лабораторная всхожесть семян жимолости илийской, хранившихся в течение трех лет при температуре -18°C...-20°C и прошедших 1 неделю стратификации, составляла 63,3-86,1% от исходной.

Наиболее высокая жизнеспособность отмечена после криоконсервации семян жимолости илийской. Лабораторная всхожесть семян после глубокого замораживания в сочетании с 1 неделей стратификации сохранялась на уровне 87,4-100% от всхожести контрольных семян.

Созданы коллекции семян жимолости илийской из трех природных популяций при различных температурах: +4°C, -18°C...-20°C и -196°C.

### Литература

- 1 Пояркова А.И. Род *Lonicera* L. Флора СССР. – М.: Л.: Изд-во АН СССР. – 1958. – Т. 23. – С. 467-573.
- 2 Флора Казахстана. – А.: Наука, 1965. – Т. 8. – 448 с.
- 3 Қазақстанның Қызыл Кітабы. 2-басылым. Өсімдіктер. – Астана: ArtPrint XXI, 2014. – Т. 2. – 452 б.
- 4 Куклина А.Г., Скворцов А.К. К интродукции жимолости илийской // Бюллетень Главного Ботанического Сада. – 1990. – Вып. 157. – С. 3-9.
- 5 Регель Э.Л. Русская дендрология. – СПб., 1873. Вып. 3.
- 6 Аметов А.А., Мухитдинов Н.М., Абидкулова К.Т., Карашолакова Л.Н. Характеристика растительных сообществ популяции *Lonicera iliensis* Rojark. в верхнем течении реки Чилик Алматинской области // Вестник КазНУ, серия экологическая. – 2012. – № 4(36). – С. 44-52.
- 7 Аметов А.А., Мухитдинов Н.М., Абидкулова К.Т. Современное состояние популяции *Lonicera iliensis* в среднем течении реки Иле // Материалы конференции «Сохранение степных и полупустынных экосистем Евразии». – Алматы, 2013. – С. 68.
- 8 Тихонова Н.Г., Филипенко Г.И., Вержук В.Г., Жестков А.С. Стратегия и методы длительного хранения генофонда растений // Проблемы криобиологии. – 2008. – № 18(2). – С. 227.
- 9 Новикова Т.И. Использование биотехнологических подходов для сохранения биоразнообразия растений // Растительный мир Азиатской России – 2013. – № 2(12). – С. 119-128.
- 10 Cruz-Cruz C.A., Gonzalez-Armao M.T., Engelmann F. Biotechnology and conservation of plant biodiversity // Resources. – 2013. – № 2. – P. 73-95.
- 11 Тихонова В.Л., Шугаева Е.В., Фирсанова В.М. Жизнеспособность семян некоторых видов дикорастущих лекарственных растений при глубоком и неглубоком замораживании // Растительные ресурсы. – 1996. – № 32(3). – С. 43-50.
- 12 Тихонова В.Л. Долговременное хранение семян // Физиология растений. – 1999. – № 46(3). – С. 467-476.
- 13 Reed B.M. Plant Cryopreservation. A Practical Guide. – LLC: Springer Science Business Media, – 2008. – 532 p.
- 14 Kushnarenko S., Salnikov E., Nurtazin M., Mukhitdinova Z., Rakhimbaev I., Reed B.M. Characterization and cryopreservation of *Malus sieversii* seeds // The Asian and Australian Journal Plant Science Biotechnology. – 2010. – № 4(1). – С. 5-9.
- 15 Семена деревьев и кустарников. Методы определения влажности = Seeds of trees and shrubs. Methods for determination of moisture: государственный стандарт Союза ССР ГОСТ 13056.3-86. – М., 1986. – 59 с.
- 16 Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

- 17 Bonner F.T., Karrafalt R.P. Storage of Seeds. The Woody Plant Seed Manual. – Missisipi. –2008. – P. 682-688.
- 18 Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. – Л.: Изд-во Наука, 1985. – 343 с.
- 19 Романюк В.В. Особенности прорастания семян жимолости. Экологические проблемы семеноводства интродуцентов // Тезисы докладов VII всесоюз. конф. – Рига. – 1984. – С. 107-108.
- 20 Сорокин А.А. Совершенствование приемов семенного и вегетативного размножения жимолости синей. Автореферат. – СПб., 2002. – 15 с.
- 21 Brinkman, K.A., Lonicera L. Honeysuckle. Seeds Of Woody Plants In The United States. Agriculture Handbook 450. – Washington: U.S. Department of Agriculture. Forest Service, – 1974. – P. 515-519.
- 22 Холина А.Б., Воронкова Н.М. Сохранение генофонда дальневосточных растений методом криоконсервации семян // Известия РАН, Серия биологическая. – 2008. – № 3. – С. 304–312.

## References

- 1 Pojarkova AI (1958) The genus *Lonicera* L. Flora of the USSR, Publishing House of the USSR Academy of Sciences [Rod *Lonicera* L. Flora SSSR, Izd-vo AN SSSR] 23:467-573. (In Russian)
- 2 Flora of Kazakhstan (1965) Science [Flora Kazahstana. Nauka] 8:448. (In Russian)
- 3 Red Book of Kazakhstan (2014) second edition. Plants. Apt Print XXI.– 2014.– 2:452.
- 4 Kuklina AG, Skvorcov AK (1990) Introduction of *Ili* honeysuckle. Bulletin of the Main Botanical Garden [K introdukcii zhimolosti ilijskoj // Bjulleten' Glavnogo Botanicheskogo Sada] 157:3-9. (In Russian)
- 5 Regel EL (1873) Russian dendrology [Russkaya dendrologiya]. – Spb. 3.
- 6 Ametov AA, Mukhitdinov NM, Abidkulova KT, Karasholokova LN (2012) Characterization of plant community population *Lonicera iliensis* Pojark. in the upper reaches of the river Chilik Almaty region. Bulletin of KazNU, series ecological [Harakteristika rastitel'nyh soobshhestv populjacji *Lonicera iliensis* Pojark. v verhnem techenii reki Chilik Almatinskoy oblasti // Vestnik KazNU, serija jekologicheskaja] 4(36): 44-52. (In Russian)
- 7 Ametov AA, Mukhitdinov NM, Abidkulova KT (2013) The current state of *Lonicera iliensis* population in the middle reaches of the *Ili* River. Saving the steppe and semi-desert ecosystems of Eurasia, Almaty [Sovremennoe sostojanie populjacji *Lonicera iliensis* v srednem techenii reki Ile // Materialy konferencii «Sohranenie stepnyh i polupustynnyh jekosistem Evrazii»] P. 68. (In Russian)
- 8 Tikhonova NG, Filipenko GI, Verzhuk VG, Zhestkov AS (2008) Strategy and methods of long-term storage of gene fond of plants. Problems of Cryobiology. 18(2):227.
- 9 Novikova TI (2013) The use of biotechnological approaches for the conservation of plant diversity. The flora of the Asian part of Russia, [Ispol'zovanie biotekhnologicheskikh podhodov dlja sohraneniya bioraznoobrazija rastenij // Rastitel'nyj mir Aziatskoj Rossii] 2(12):119-128. (In Russian)
- 10 Cruz-Cruz CA, Gonzalez-Arnao MT, Engelmann F (2013) Biotechnology and conservation of plant biodiversity. Resources. 2:73-95.
- 11 Tikhonova VL, Shugayeva YEV, Firsanova VM (1996) The viability of the seeds of some species of wild medicinal plants with deep and shallow freezing. Plant resources [Zhiznesposobnost' semjan nekotoryh vidov dikorastushhih lekarstvennyh rastenij pri glubokom i neglubokom zamorazhivanii // Rastitel'nye resursy] 32(3):43-50. (In Russian)
- 12 Tikhonova VL (1999) Long-term storage of seeds. Plant Physiology [Dolgovremennoye khraneniye semyan. Fiziologiya rasteniy] 46(3):467-476.
- 13 Reed BM (2008) Plant Cryopreservation .A Practical Guide. LLC:Springer Science Business Media, – 532 p.
- 14 Kushnarenko S, Salnikov E, Nurtazin M, Mukhitdinova Z, Rakhimbaev I, Reed BM (2010) Characterization and cryopreservation of *Malussieversii* seeds. The Asian and Australian Journal Plant Science Biotechnology. 4(1):5-9.
- 15 Seeds of trees and shrubs. Methods for determination of moisture content [Semena derev'yev i kustarnikov. Metody opredeleniya vlazhnosti]: Union State Standard USSR GOST 13056.3-86: Moscow. 1986. (In Russian)
- 16 Lakin GF (1990) Biometrics. Higher School [Biometrija. Vysshaya shkola]– 352 p. (In Russian)
- 17 Bonner FT, Karrafalt RP (2008) Storage of Seeds. The Woody Plant Seed Manual. Missisipi. – P. 682-688.
- 18 Nikolaeva MG, Razumov MV, Gladkova (1985) The Handbook on germination of dormant seeds. Publishing House of Sciences [Spravochnik po prorashhivaniyu pokojashhihsja semjan] – 343 p. (In Russian)
- 19 Romanyuk VV (1984) Features honeysuckle seed germination. Environmental concerns seed of exotic species: Abstracts of the VII All-Union. Conf., Riga [Osobennosti proranestiya semjan zhimolosti. Jekologicheskie problemy semenovodstva introducentov // Tezisy dokladov VII vsesojuz. konf.]. – P. 107-108. (In Russian)
- 20 Sorokin A.A. (2002) Improving methods of seed and vegetative reproduction of the blue honeysuckle: abstract, St. Petersburg [Sovershenstvovaniye priyemov semennogo i vegetativnogo raznozheniya zhimolosti siney: avtoreferat, Sankt-Peterburg]– 15 p.
- 21 Brinkman, KA (1974) *Lonicera* L. Honeysuckle. Seeds Of Woody Plants In The United States. Agriculture Handbook 450. U. S. Department of Agriculture, –P. 515-519.
- 22 Cholina AB, Voronkova NM (2008) Preservation of the gene pool of the Far Eastern plants by cryopreservation of seeds. Proceedings of RAS, Biological series [Sokhraneniye genofondadal'nevostochnykh rasteniy metodom kriokonservatsii semyan. Izvestiya RAN, Seriya biologicheskaya] 3:304-312. (In Russian)

Корулькин Д.Ю.,  
Курбатова Н.В., Музычкина Р.А.

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

**Некоторые морфолого-  
диагностические и  
фитохимические особенности  
растений из рода *Sedum* L.**

Korulkin D.Yu.,  
Kurbatova N.V., Muzychkina R.A.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

**Some morphological-diagnostic  
and phytochemical features of  
*Sedum* L. plants**

Корулькин Д.Ю.,  
Курбатова Н.В., Музычкина Р.А.

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

***Sedum* L. туысы  
өсімдіктерінің кейбір  
морфолого-диагностикалық  
және фитохимиялық  
ерекшеліктері**

Представлены результаты по морфолого-диагностическим и фитохимическим особенностям 9 видов растений из рода *Sedum* L. Проанализированы особенности подлинности внешних и внутренних признаков лекарственного растительного сырья. В качестве диагностического критерия сырья могут быть использованы особенности морфологического строения вегетативных и генеративных органов растений с учетом анатомо-диагностического строения листовой пластинки у исследуемых видов. По результатам фитохимического анализа установлено, что казахстанские виды *Sedum* L. отличает наличие алкалоидов, амино-, феноло- и оксикоричных кислот, антоцианов, антраценовых и дубильных веществ, иридоидов, ксантонов, кумаринов, тритерпеноидов, углеводов, фенолов и флавоноидов. Для каждого из выявленных структурных типов биологически активных веществ приведены данные сравнительного количественного анализа в зависимости от места произрастания и фазы вегетации растения. Выявленные закономерности в фитохимическом составе и динамике накопления БАВ могут быть использованы для определения наиболее перспективных мест и сроков промышленной заготовки казахстанских видов растений для производства фитопрепаратов.

**Ключевые слова:** *Sedum* L., морфологические и диагностические особенности растений, фитохимический анализ.

Results of morphological-diagnostic and phytochemical features of 9 species of *Sedum* L. plants have been presented. Features of authenticity of external and internal characters of medicinal vegetable raw materials have been analyzed. It has been established that taking into account an anatomic-diagnostic structure of a leaf-plate at the studied types, as diagnostic criterion of vegetable raw materials features of a morphological structure of vegetative and generative tissues of plants can be used. Alkaloids, amino, phenolic and hydroxycinnamic acids, anthocyanins, anthracens and tannins, iridoids, xanthenes, coumarins, triterpenoids, carbohydrates, phenols and flavonoids which distinguishes of *Sedum* L. plants from Kazakhstan, by results of the phytochemical analysis, was determined. Results of the comparative quantitative analysis for each of the revealed structural types of biologically active substances, depending on the growth place and the vegetation phases of plants have been presented. For determination of the most perspective places and terms of industrial preparations of *Sedum* L. species from Kazakhstan, the revealed features of the phytochemical composition and dynamics of accumulating of biologically active substances, can be used. On base of the revealed data of determination of authenticity of external and internal characters of medicinal vegetable raw materials, the possibility of use of features of a morphological structure of vegetative and generative tissues of the *Sedum* L. species from Kazakhstan, taking into account an anatomic-diagnostic structure of leaf-plate, as diagnostic criterion of vegetable raw materials has been proved.

**Key words:** *Sedum* L., morphological and diagnostic features of plants, phytochemical analysis.

*Sedum* L. туысының 9 түрінің морфолого-диагностикалық және фитохимиялық ерекшеліктерінің нәтижелері көрсетілген. Шикізаттың диагностикалық критерийі ретінде зерттелетін түрлерде жапырақ тақтасының анатомо-диагностикалық құрылымымен қоса, өсімдіктің вегетативті және генеративті мүшелерінің морфологиялық құрылыс ерекшеліктері қолданылуы мүмкін. Фитохимиялық талдау нәтижелері бойынша, *Sedum* L. туысының қазақстандық түрлері алкалоидтар, амино-, фенол- және оксикабық қышқылдар, антоциандар, антраценді және илік заттар, иридоидтар, ксантондар, кумариндер, тритерпеноидтар, көмірсулар, фенолдар мен флавоноидтардың болуымен ерекшеленетіні анықталды. Биологиялық белсенді заттардың анықталған құрылымдық типтерінің әрқайсысы үшін өсімдіктің вегетациялық фазасы мен өсу орнына тәуелділігіне қарай салыстырмалы сандық талдау мәліметтері берілген.

**Түйін сөздер:** *Sedum* L. туысы, өсімдіктердің морфологиялық және диагностикалық ерекшеліктері, фитохимиялық талдау.

**НЕКОТОРЫЕ  
МОРФОЛОГО-  
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ  
И ФИТОХИМИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ  
РАСТЕНИЙ ИЗ РОДА  
*SEDUM* L.**

**Введение**

Несмотря на успехи химии в синтезе лекарств, в последние годы во всех странах наметилась тенденция к более широкому использованию в официальной медицине лекарственных растений и препаратов из них. Основными преимуществами лекарственных растений и препаратов растительного происхождения являются мягкость и широта их терапевтического воздействия на организм, отсутствие побочного действия и осложнений даже при длительном их применении, хорошая переносимость больными. Кроме того, лекарственные растения часто являются единственным и(или) экономически предпочтительным источником получения природных БАВ и препаратов.

Одно из наиболее перспективных по данным народной и официальной медицины, и малоизученных в анатомо-морфологическом и фитохимическом отношении является семейство *Crassulaceae* DC. (Толстянковые). В Республике Казахстан это семейство представлено 7 родами, одним из которых является род *Sedum* L. (р. очиток) включающий 9 видов растений [1, 2]. Эти виды издавна применяются в народной медицине и в гомеопатии разных стран. Так, очиток едкий используется в качестве гипотензивного средства, настой и сок травы ускоряют свертывание крови, сужают сосуды, стимулируют работу сердца [3].

Настой очитка едкого используется тибетской медициной при раке кожи, старых мозолях, долго незаживающих ранах. Аналогичны по активности настои травы очитка живучего [4].

Без указания вида имеются описания использования в народной медицине очитков при лечении эпилепсии, ожогов, болезни печени, воспалений верхних дыхательных путей, при геморрое, раке кожи, для выведения бородавок, при лечении гнойных ран, малокровии, для лечения нефритов, лихорадки [4, 5].

Общими для различных видов *Sedum* L. являются их кровоостанавливающие и ранозаживляющие свойства, особенно эффективен в этом отношении сок растений. Очитки являются биогенными стимуляторами, усиливают обменные процессы в тканях и их регенерацию, оказывают общетонизирующее и

противовоспалительное действие. Применяют очитки при вялотекущих и плохо заживающих ранах, после тяжелых травм и большой потери крови, а также при хроническом воспалении пазух носа. Хороший результат наблюдается при лечении пародонтоза [6]. Корни и листья применяют в народной медицине – настой (наружно) для промывания ран, язв, ожогов, обморожений, порезов; используют для полоскания полости рта и горла при ангинах, стоматитах; в виде компрессов – при болях в суставах, мышцах, костях, ревматизме, подагре; прикладывают к бородавкам, мозолям. Вышеуказанный лечебный эффект проявляется благодаря наличию в лекарственном растительном сырье таких действующих веществ, как алкалоидов, дубильных веществ, слизи, камеди и рутина [6-8].

Наземная часть *Sedumtelephium* L. используется как сырье для производства лекарственного препарата Биосед, биостимулирующего и противовоспалительного действия: усиливает процессы обмена и регенерации, в офтальмологии – при ожогах и помутнениях роговицы, в стоматологии – при пародонтозах, в хирургии – при переломах, трофических язвах, варикозном расширении вен, в терапии – при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Препарат усиливает биосинтез белков крови, обладает детоксикационными свойствами, нормализует секреторную функцию желудка, рекомендуется при анемии, нарушениях обмена веществ, гипертонической болезни, ревматизме, нарушении проницаемости кровеносных сосудов, улучшает состояние при заболеваниях печени и желчных путей (в детской практике), при бронхиальной астме и астматическом бронхите [6]. Все вышеуказанное свидетельствует об актуальности исследований казахстанских видов *Sedum* L. с целью введения их в официальную медицину.

Целью настоящей работы явилось выявление и систематизация морфолого-диагностических и фитохимических особенностей девяти казахстанских видов очитков (*Sedum* L.), которые могут быть использованы при определении подлинности лекарственного растительного сырья.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлись наземная часть и корни 9 казахстанских видов очитков -*Sedumpurpureum* (L.) Schult., *Sedummugodsharicum* A. Bor., *Sedumtelephium* L., *Sedumewersii*

Ldb., *Sedumaizoon* L. *Sedumhybridum* L., *Sedum-alberti* Rgl., *Sedumpentapetalum* A. Bor. и *Sedumtetramerum* Trautv., заготовленных в 2015 г. в Алматинской, Карагандинской и Южно-Казахстанской областях в три фазы вегетации: бутонизации, цветения и покоя.

Подлинность сырья устанавливали путем осмотра внешних морфологических признаков лекарственного растительного сырья, с помощью качественных реакций и микроскопического анализа. При морфологическом анализе были использованы методы Государственной фармакопеи Республики Казахстан [9].

Микроскопические исследования проводили при определении морфологических и анатомических особенностей листьев. При характеристике листьев особое значение имеют следующие признаки: на поперечном срезе, при малом увеличении ( $10\times$ ) необходимо выделить покровную, ассимиляционную и водоносную ткани. Описано их общее очертание, форма и строение клеток, а также определен тип устьиц [10, 11].

Для проведения сравнительного фитохимического анализа растительного сырья, наземную часть 9 казахстанских видов *Sedum* L. высушивали, измельчали до размера частиц 3-7 мм и использовали для экстракции индивидуальными и смешанными экстрагентами (50% водным этанолом, диоксаном, хлороформом, 1:3v/v, 4 ч., при температуре кипения экстрагента). Качественный состав растительных образцов и фракций определяли методами хроматографии на бумаге с использованием специфических реакций на основные группы природных соединений. Количественное определение обнаруженных групп природных соединений проводили по методикам Государственной фармакопеи и разработанной авторами методологии фитохимического анализа [9, 12-14].

### Результаты исследования и их обсуждение

Идентификация морфолого-диагностических признаков казахстанских видов очитков была сведена к сходным признакам рода и к индивидуальным. Казахские виды очитков объединяет: цветки желтые, белые, розовые или красные, 4-5(6)-членные; лепестки лишь при основании сросшиеся или свободные; тычинок в два раза больше лепестков, супротивные лепесткам тычинки обычно приросшие к ним основанием; плод – сборная листовка, листовки в числе лепестков, многосемянные, с коротким носиком.



В зависимости от видовой принадлежности были проанализированы морфологические признаки рода *Sedum* L. и индивидуальные, от-

личительные признаки казахстанских видов очитков [1]. Полученные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Диагностические признаки видов *Sedum* L.

Вид	Диагностические признаки
<i>Sedumpurpureum</i> (L.) Schult.	Листья 2,5-7 см дл., яйцевидно-продолговатые или продолговатые; плодики около 6 мм дл., красные или розовые.
<i>Sedummugodsharicum</i> A. Bor.	Листья при основании широкие, сердцевидно-стеблеобъемлющие; соцветие кистевидно-метельчатое, с короткими боковыми ветвями, выходящими из пазух верхних листьев.
<i>Sedumtelephium</i> L.	Лепестки 2-3 мм дл., ланцетные, бледно-желтые или зеленоватые; листья яйцевидные.
<i>Sedumewersii</i> Ldb.	Лепестки 4-5 мм дл., розовые или светло-пурпуровые; листья широкояйцевидные, почти округлые
<i>Sedumaizoon</i> L.	Плодики-листочки 6-8 мм дл., эллиптические, с короткими носиками. Корневище короткое, толстое; стебли 25-45 см выс., немногочисленные, прямые, с удлинено-ланцетными до линейных листьями.
<i>Sedumhybridum</i> L.	Корневище клубневидное или длинное, ветвистое. Листья 1,5-2,5 см дл., лопатчато-эллиптические; плодики 7-8 мм дл., зеленые, лишь на верхушке красноватые.
<i>Sedumalberti</i> Rgl.	Листья при основании клиновидно-суженные; соцветие щитковидное или метельчато-щитковидное. Плодики-листочки 3-3,5 мм дл., продолговато-яйцевидные, с длинными, 2-3 мм дл., носиками.
<i>Sedumpentapetalum</i> A. Bor.	Цветки 5-членные; чашелистики в 3-4 раза короче лепестков, продолговато-треугольные, слабо железисто-пушистые; лепестки 5-6 мм дл.; тычинок 10.
<i>Sedumtetramerum</i> Trautv.	Цветки 4-членные, скученные близко друг к другу; чашелистики 4-6 мм дл., линейно-цилиндрические или продолговато-яйцевидные, со шпорцем при основании, голые; лепестки 2-3,5 мм дл., тычинок 4.

Так как при определении подлинности растительного сырья важная роль отведена микроскопическому анализу, были выявлены наиболее значимые анатомические особенности в строении листьев очитков (рисунок 1).

При рассмотрении листьев очитков с поверхности видны клетки эпидермиса с тонкими стенками. Стенки клеток верхнего эпидермиса слегка утолщены и достаточно рыхло прилегают друг к другу. Устьица встречаются как на верхней стороне листа, так и на нижней. Количество устьиц по количеству практически одинаково вне зависимости от стороны листовой пластинки. Устьица окружены тремя клетками, из которых одна обычно меньше двух других (анизокитный, неравноклеточный тип). Отличительными признаками рассмотренных видов очитков является наличие клеток водоносной ткани, состоящей из живых паренхимных клеток с тонкими целлюлозными стенками. Клетки водоносной ткани расположены в 2-3 ряда. Ее стенки на некоторых участках листьев неравномерно утолщены. Образующаяся в совокупности тонкая прочная сеточка, предохраняет ассимиляционную ткань

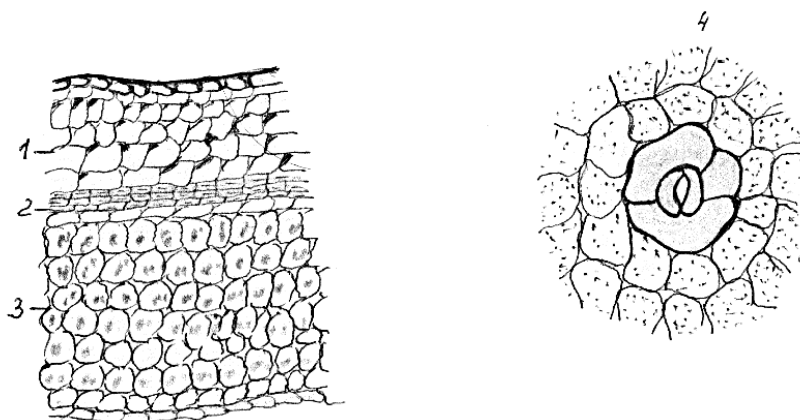
от разрыва и смятия стенок при потере воды водоносной тканью. Под слоем ассимиляционной ткани располагается губчатая паренхима. Эпидермальные образования на поверхности листовой пластинки не встречаются, отсутствуют вместилища. Вышеуказанные анатомические особенности характерны для всех видов изучаемых очитков. Также было отмечено, что листья имеют различную морфологическую структуру, а выявленные анатомо-диагностические признаки показывают причастность видов к суккулентной группе растений (имеющие специальные ткани для запаса воды).

Фитоанализ основных структурных типов растительных веществ в надземной части казахстанских видов *Sedum* L. проводили с использованием специфических реагентов-проявителей [12].

Исследование показало наличие в исследуемых образцах, из всех мест произрастания и каждую из трех изученных фаз вегетации, сходных по структуре метаболитов: алкалоидов (оранжевый осадок, при стоянии переходящий в синий с 1% раствором кислоты фосфорно-молибдено-

вой), аминокислот (вишнево-красное окрашивание со щелочным раствором  $\beta$ -нафтола), антоцианидинов (ярко-красное окрашивание с 10% раствором кислоты щавелевой в ацетоне), антрахинонов (красно-фиолетовое окрашивание с 3% спиртовым раствором магния ацетата), гидролизуемых дубильных веществ (сине-черное окрашивание с 1% раствором квасцов железо-аммониевых), иридоидов (интенсивно синее окрашивание с 1% раствором аммония ванадата и кислоте серной концентрированной, быстро обесцвечивающееся при стоянии), ксантонов (абрикосовая флуоресценция в УФ-свете), кумаринов (изменение окраски от желтой через зеленую к синей в присутствии щелочного раствора пиридина и 1% раствора бромтимолового

синего), полисахаридов (осадок со спиртом этиловым, 1:5 v/v), тритерпеноидов (красно-бурое окрашивание от добавления смеси уксусного ангидрида в кислоте серной концентрированной 2:1), свободных углеводов (интенсивно красное окрашивание при добавлении 3% кислого фталата анилина), фенолов (сиреневое, переходящее в темно-фиолетовое окрашивание с 10% раствором сульфата железа закисного), феноло- и оксикоричных кислот (интенсивное малиновое окрашивание с 5% водным раствором диазотированным п-нитроанилином, переходящее в фиолетовое при добавлении насыщенного раствора соды) и окисленных форм флавоноидов (интенсивное желто-зеленое окрашивание с 5% раствором алюминия хлорида) [14, 15].



**Рисунок 1** – Отличительные черты анатомического строения листьев очитков:  
1 – водоносная ткань, 2 – ассимиляционная ткань, 3 – губчатая паренхима,  
4 – тип устьиц: анизокитный; увеличение 7x40 (280 $\times$ ).

Сводные данные по количественному фитохимическому определению основных групп биологически активных веществ надземной части 9 казахстанских видов очитков (S1 – *Sedum purpureum* (L.) Schult., S2 – *Sedum mugodsharicum* A. Bor., S3 – *Sedum telephium* L., S4 – *Sedum ewersii* Ldb., S5 – *Sedum aizoon* L. S6 – *Sedum hybridum* L., S7 – *Sedum alberti* Rgl., S8 – *Sedum pentapetalum* A. Bor., S9 – *Sedum tetramerum* Trautv) в зависимости от фазы вегетации и мест произрастания растения, приведены в таблицах 2-4.

Из анализа данных таблицы 2, следует, что в фазу бутонизации максимальное количество алкалоидов наблюдается в очитке пурпуровом, аминокислот, иридоидов и тритерпеноидов – в очитке Эверса, антоцианов и кумаринов – в очитке мугоджарском, антрахинонов, углеводов

и фенолокислот – в очитке живучем, дубильных веществ – в очитке пятилепестном, ксантонов и флавоноидов – в заячьей капусте, полисахаридов – в очитке четырехмерном.

Промышленная заготовка видов *Sedum* L., в Алматинской области наиболее перспективна для производства фитопрепаратов психотропного (алкалоиды), противовоспалительного и фотосенсибилизирующего (кумарины), иммуностимулирующего (полисахариды), противовоспалительного, ранозаживляющего, противовирусного и Р-витаминного (флавоноиды) действия. В Карагандинской области следует признать перспективной заготовку растительного сырья (видов *Sedum* L.), для производства слабительных, гепатопротекторных средств и препаратов кожного действия (антрахиноны),

антивирусных, противоопухолевых и вяжущих средств и растительных дубителей (дубильные вещества гидролизуемого типа), спазмолитических и диуретических средств (иридоиды), для производства препаратов нормализующих функции крови, антибактериальных и противо-

опухолевых средств (тритерпеноиды). В Южно-Казахстанской области наиболее перспективна заготовка ксантон-содержащих растений, для селективного извлечения и производства фитопрепаратов антимикробного, инсектицидного, противотуберкулезного действия.

**Таблица 2** – Сравнительный анализ содержания основных групп БАВ в казахстанских видах *Sedum L.* в фазубутонизации, в зависимости от места произрастания, в %, в пересчете на абсолютно сухое сырье

Класс БАВ	Вид <i>Sedum L.</i>								
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Алкалоиды	0,31	0,19	0,11	0,27	0,19	0,23	0,30	0,09	0,17
	0,26	0,14	0,14	0,25	0,16	0,24	0,26	0,11	0,21
	0,27	0,23	0,12	0,26	0,28	0,23	0,28	0,08	0,20
Аминокислоты	0,33	0,24	0,20	0,39	0,24	0,29	0,17	0,15	0,28
	0,31	0,22	0,18	0,33	0,22	0,35	0,19	0,18	0,26
	0,26	0,28	0,21	0,35	0,21	0,32	0,20	0,22	0,25
Антоцианы	0,09	0,11	0,07	0,12	0,11	0,14	0,09	0,08	0,13
	0,07	0,13	0,09	0,08	0,13	0,11	0,08	0,11	0,11
	0,08	0,15	0,09	0,11	0,10	0,13	0,11	0,14	0,08
Антрахиноны	0,53	0,38	0,27	0,33	0,52	0,27	0,37	0,44	0,25
	0,48	0,42	0,24	0,38	0,54	0,21	0,32	0,29	0,28
	0,43	0,45	0,29	0,35	0,46	0,28	0,31	0,35	0,22
Гидролизуемые танины	14,11	16,03	12,17	19,80	15,77	13,14	20,24	17,77	14,26
	12,98	15,37	12,48	19,98	15,41	13,26	20,43	17,59	14,80
	13,58	15,64	12,02	20,07	16,15	13,53	19,89	17,92	14,54
Иридоиды	0,79	0,56	1,03	1,29	0,58	0,81	1,09	0,53	0,82
	0,73	0,59	0,95	1,38	0,64	0,76	0,95	0,48	0,88
	0,81	0,48	1,17	1,23	0,69	0,85	0,91	0,51	0,75
Ксантоны	0,54	0,61	0,84	0,73	0,65	0,53	0,69	0,57	0,78
	0,58	0,59	0,80	0,76	0,71	0,50	0,71	0,53	0,75
	0,55	0,64	0,87	0,80	0,68	0,55	0,66	0,59	0,72
Кумарины	0,94	1,11	0,95	1,03	0,81	0,74	0,89	0,69	0,62
	0,99	1,17	0,93	1,09	0,76	0,78	0,95	0,74	0,65
	1,08	1,02	0,99	1,01	0,84	0,75	0,86	0,76	0,69
Полисахара	18,14	16,57	18,29	17,33	14,90	15,28	18,01	20,02	13,80
	18,53	16,62	18,35	17,04	15,03	15,42	18,13	19,79	13,97
	17,96	16,74	18,50	17,61	15,14	14,81	17,86	19,64	14,05
Тритерпеноиды	0,22	0,19	0,32	0,36	0,24	0,19	0,33	0,26	0,29
	0,19	0,17	0,35	0,38	0,26	0,26	0,31	0,23	0,30
	0,23	0,17	0,28	0,34	0,29	0,21	0,35	0,28	0,33
Свободные углеводы	5,18	6,04	4,87	5,55	6,92	5,18	4,50	5,61	6,15
	5,26	6,31	5,01	5,18	7,03	5,30	4,41	5,39	6,02
	4,96	5,95	5,12	5,29	6,72	5,26	4,72	5,48	5,91
Феноло- и оксикоричные кислоты	0,12	0,08	0,12	0,09	0,12	0,08	0,12	0,07	0,10
	0,08	0,11	0,07	0,10	0,14	0,09	0,13	0,09	0,13
	0,10	0,12	0,09	0,09	0,13	0,08	0,14	0,10	0,14
Флавоноиды	4,75	3,90	5,61	3,27	4,22	1,31	2,65	5,35	4,67
	4,64	3,97	5,42	3,19	4,13	1,43	2,74	5,18	4,74
	4,89	4,03	5,33	3,30	4,26	1,21	2,79	5,24	4,38

Примечание: первое значение содержания БАВ в каждой графе соответствует образцам Алматинской обл., вторая – Карагандинской обл., третья – Южно-Казахстанской обл.

**Таблица 3** – Сравнительный анализ содержания основных групп БАВ в казахстанских видах *Sedum* L. в фазу цветения, в зависимости от места произрастания, в

Класс БАВ	Вид <i>Sedum</i> L.								
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Алкалоиды	0,30 0,24 0,26	0,18 0,15 0,21	0,10 0,13 0,11	0,22 0,22 0,24	0,18 0,15 0,25	0,22 0,23 0,20	0,28 0,23 0,25	0,08 0,10 0,06	0,15 0,20 0,18
Аминокислоты	0,31 0,30 0,24	0,22 0,21 0,25	0,18 0,15 0,20	0,36 0,32 0,33	0,22 0,21 0,18	0,26 0,33 0,31	0,16 0,18 0,19	0,14 0,16 0,20	0,25 0,23 0,22
Антоцианы	0,13 0,11 0,12	0,14 0,16 0,18	0,10 0,13 0,15	0,16 0,13 0,17	0,16 0,19 0,14	0,18 0,15 0,19	0,13 0,12 0,16	0,10 0,14 0,19	0,17 0,19 0,15
Антрахиноны	0,55 0,51 0,46	0,39 0,45 0,47	0,29 0,27 0,32	0,36 0,42 0,38	0,55 0,58 0,51	0,29 0,25 0,32	0,39 0,36 0,34	0,47 0,33 0,38	0,28 0,32 0,26
Гидролизуемые танины	14,35 13,22 13,74	16,35 15,61 15,89	12,44 12,72 12,36	20,11 20,32 20,65	15,99 15,78 16,35	13,54 13,67 13,72	20,61 20,77 20,34	18,20 17,93 18,34	14,65 15,06 14,82
Иридоиды	0,76 0,71 0,78	0,54 0,55 0,44	1,00 0,93 1,12	1,24 1,32 1,18	0,54 0,61 0,62	0,77 0,71 0,82	1,02 0,90 0,86	0,48 0,45 0,47	0,78 0,84 0,72
Ксантоны	0,57 0,62 0,58	0,64 0,62 0,67	0,88 0,84 0,91	0,75 0,78 0,83	0,67 0,74 0,72	0,56 0,54 0,59	0,73 0,73 0,69	0,62 0,57 0,64	0,81 0,79 0,76
Кумарины	0,91 0,93 1,03	1,05 1,12 0,97	0,91 0,88 0,92	1,00 1,02 0,96	0,77 0,72 0,79	0,71 0,76 0,70	0,83 0,92 0,85	0,68 0,71 0,73	0,58 0,63 0,67
Полисахара	17,92 18,24 17,71	16,14 16,32 16,46	18,02 18,11 18,23	17,08 16,78 17,24	14,57 14,70 14,82	15,04 15,17 14,52	17,75 17,88 17,56	19,83 19,59 19,42	13,56 13,70 13,84
Тритерпеноиды	0,24 0,21 0,25	0,21 0,19 0,18	0,33 0,37 0,31	0,39 0,41 0,36	0,27 0,27 0,33	0,21 0,28 0,24	0,35 0,33 0,38	0,29 0,25 0,31	0,30 0,32 0,35
Свободные углеводы	5,31 5,37 5,04	6,19 6,46 6,11	4,99 5,18 5,30	5,74 5,29 5,47	7,14 7,29 6,87	5,41 5,53 5,58	4,69 4,61 4,86	5,84 5,66 5,72	6,17 6,29 6,09
Феноло- и оксикорич- ные кислоты	0,11 0,07 0,09	0,07 0,09 0,09	0,10 0,06 0,08	0,09 0,09 0,07	0,11 0,12 0,10	0,07 0,08 0,07	0,11 0,11 0,13	0,06 0,08 0,08	0,09 0,12 0,13
Флавоноиды	4,61 4,52 4,73	3,76 3,82 3,90	5,42 5,29 5,18	3,14 3,01 3,22	4,08 3,99 4,11	1,20 1,31 1,08	2,48 2,62 2,67	5,17 5,03 5,08	4,52 4,63 4,14

Примечание: представление экспериментального материала в таблице и обозначения видов *Sedum* L. соответствует табл.2

**Таблица 4** – Сравнительный анализ содержания основных групп БАВ в казахстанских видах *Sedum L.* в фазу покоя, в зависимости от места произрастания, в %, в пересчете на абсолютно сухое сырье

Класс БАВ	Вид <i>Sedum L.</i>								
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Алкалоиды	0,27 0,20 0,21	0,14 0,12 0,17	0,08 0,11 0,08	0,18 0,16 0,20	0,15 0,12 0,21	0,19 0,21 0,16	0,24 0,19 0,21	0,06 0,08 0,04	0,11 0,17 0,15
Аминокислоты	0,27 0,24 0,21	0,18 0,17 0,20	0,16 0,12 0,17	0,31 0,28 0,29	0,17 0,19 0,15	0,24 0,30 0,28	0,15 0,16 0,13	0,11 0,14 0,17	0,23 0,19 0,17
Антоцианы	0,11 0,08 0,09	0,11 0,12 0,14	0,08 0,10 0,11	0,15 0,11 0,14	0,13 0,17 0,11	0,16 0,13 0,15	0,10 0,08 0,11	0,07 0,09 0,13	0,15 0,16 0,12
Антрахиноны	0,61 0,58 0,52	0,44 0,48 0,50	0,33 0,30 0,36	0,39 0,45 0,42	0,62 0,64 0,57	0,34 0,29 0,37	0,45 0,42 0,38	0,50 0,38 0,44	0,32 0,37 0,32
Гидролизуемые танины	14,75 13,84 14,07	16,69 16,04 16,18	12,73 13,11 12,64	20,59 20,72 20,88	16,36 16,14 16,72	13,83 13,96 14,05	20,94 21,02 20,70	18,55 18,36 18,74	14,99 15,37 15,40
Иридоиды	0,73 0,67 0,72	0,50 0,52 0,42	0,87 0,79 1,01	1,08 1,13 0,97	0,49 0,53 0,56	0,71 0,64 0,70	0,85 0,81 0,72	0,44 0,40 0,42	0,70 0,73 0,65
Ксантоны	0,63 0,67 0,64	0,71 0,68 0,72	0,94 0,90 0,97	0,82 0,86 0,91	0,73 0,82 0,79	0,64 0,61 0,68	0,80 0,83 0,74	0,72 0,64 0,70	0,88 0,85 0,81
Кумарины	0,85 0,82 0,89	0,90 1,01 0,86	0,82 0,83 0,86	0,89 0,96 0,90	0,74 0,68 0,75	0,63 0,70 0,65	0,77 0,89 0,81	0,63 0,66 0,68	0,53 0,59 0,64
Полисахара	17,51 17,87 17,40	15,82 16,01 16,14	17,74 17,61 17,56	16,72 16,31 16,90	14,12 14,28 14,44	14,70 14,81 14,32	17,46 17,53 17,24	19,61 19,26 19,19	13,37 13,45 13,58
Тритерпеноиды	0,26 0,23 0,26	0,22 0,21 0,21	0,35 0,41 0,34	0,40 0,44 0,38	0,29 0,28 0,35	0,24 0,30 0,27	0,36 0,35 0,41	0,31 0,28 0,34	0,32 0,35 0,38
Свободные углеводы	5,47 5,58 5,30	6,37 6,63 6,34	5,24 5,46 5,58	5,92 5,53 5,65	7,40 7,51 7,09	5,72 5,78 5,89	4,92 4,83 5,11	5,16 5,84 5,93	6,45 6,63 6,38
Феноло- и оксикоричные кислоты	0,10 0,06 0,07	0,06 0,08 0,07	0,08 0,05 0,07	0,08 0,07 0,05	0,08 0,11 0,08	0,05 0,06 0,06	0,09 0,08 0,10	0,05 0,07 0,06	0,07 0,10 0,10
Флавоноиды	4,32 4,24 4,49	3,53 3,61 3,66	5,19 5,08 4,87	2,93 2,85 3,01	3,88 3,71 3,94	1,12 1,17 0,96	2,29 2,34 2,42	4,94 4,81 4,73	4,26 4,35 3,90

Примечание: представление экспериментального материала в таблице и обозначения видов *Sedum L.* соответствует табл.2

Сравнение представленных в таблицах 2-4 данных по динамике накопления основных классов растительных веществ, показывает, что в казахстанских видах очитков в целом прослеживается общая тенденция снижения количественного содержания алкалоидов, аминокислот, антоцианидинов, иридоидов, кумаринов, полисахаридов, феноло- и оксикоричных кислот, а также флавоноидов в процессе развития видов от фазы вегетации к фазе покоя. Указанная особенность позволяет рекомендовать для промышленных заготовок лекарственного растительного сырья, фитопрепаратов на основе этих групп БАВ в фазу бутонизации очитков. Обратную закономерность, связанную с повышением количественного содержания антрахинонов, гидролизуемых дубильных веществ, ксантонов, тритерпеноидов и углеводов, от фазы цветения к фазе покоя, возможно использовать

при рекомендации промышленных заготовок изучаемых растений, обогащенных метаболитами указанных типов.

Таким образом, проведенный анализ результатов сравнительного фитохимического исследования основных структурных типов БАВ в 9 казахстанских видах очитков, позволил выявить наиболее перспективные сроки и регионы их промышленной заготовки.

Кроме того, результаты проведенных исследований свидетельствуют, что для определения подлинности внешних и внутренних признаков лекарственного растительного сырья у видов рода *Sedum* L., а также в качестве диагностического критерия сырья могут быть использованы особенности морфологического строения вегетативных и генеративных органов растений, с учетом анатомо-диагностического строения листовой пластинки.

#### Литература

- 1 Флора Казахстана. – Алма-Ата: АН КазССР, 1961. – Т.4. – С. 353-356.
- 2 Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана. – Алматы: Ғылым, 1998. – С. 81.
- 3 Турищев С.Н. Современная фитотерапия. – М.: Гэотар-Медиа. – 2007. – 464 с.
- 4 Соколов С.Я., Замотаев И.П. Справочник по лекарственным растениям. Фитотерапия. – М.: Основа, 1993. – 448 с.
- 5 Шнякина Г.П., Краснов В.А. О фитохимической и медико-биологической изученности видов *Sedum* L. //Раст. ресурсы. – 1974. – Т. 10, Вып. 1. – С. 130-139.
- 6 Путырский И.Н., Прохоров В.Н. Лекарственные растения. – Минск: Книжный дом, 2008. – С. 222-224.
- 7 Палов М. Энциклопедия лекарственных растений. – М.: Мир, 1998. – С. 426-427.
- 8 Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Carifoliaceae-Plantaginaceae*. – Л.: Наука, 1990. – Т.5. – 356 с. ISBN: 5-02-026634-5
- 9 Государственная фармакопея Республики Казахстан. – Т.1. – Алматы: Жибек жолы, 2008. – 592 с.
- 10 Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г. Справочник по ботанической микротехнике. – М.: МГУ, 2004. – 313 с.
- 11 Пермяков А.И. Микротехника. – М.: МГУ, 1988. – С. 11-29.
- 12 Музыкакина Р.А., Корулькин Д.Ю. Биологически активные вещества растений. Выделение, разделение, анализ. – Алматы: Атамұра, 2006. – 438 с.
- 13 Мамонов Л.К., Музыкакина Р.А. Введение в фитохимические исследования и выявление биологической активности веществ растений. – Алматы: Школа XXI века, 2008. – 216 с.
- 14 Музыкакина Р.А., Корулькин Д.Ю. Методология исследования растительных метаболитов. – Алматы: MV-Print, 2012. – 324 с.
- 15 Музыкакина Р.А., Корулькин Д.Ю., Абилов Ж.А. Качественный и количественный анализ основных групп БАВ в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах. – Алматы: Қазақ университеті, 2004. – 288 с.

#### References

- 1 Flora of Kazakhstan (1961) [Flora Kazakhstana]. KazSSR Academy of Sciences, Alma-Ata, USSR. (In Russian) ISBN: 978-5-4458-5986-4
- 2 Abdullina SA (1998) List of vascular plants of Kazakhstan [Spisok sosudistykh rastenii Kazakhstana]. Gylym, Almaty, Kazakhstan. (In Russian) ISBN 9965-01-189-3
- 3 Turishchev SN (2007) Modern Phytotherapy [Sovremennaiia fitoterapiia]. Geotar-Media, Moscow, Russia. (In Russian) ISBN: 978-5-9704-0514-7
- 4 Sokolov SA, Zamotaev IP (1993) Reference book on herbs. Phytotherapy [Spravochnik po lekarstvennym rasteniiam. Fitoterapiia]. Osнова, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-11-00981-3
- 5 Shniakina GP, Krasnov VA (1974) Focus on phytochemical and medicobiological study of *Sedum* L. species. Vegetable resources [O fitokhimicheskoi mediko-biologicheskoi izuchenosti vidov *Sedum*. Rastitelnyye resursy] 10:130-139. (In Russian)
- 6 Putyrskii IN, Prokhorov VN (2008) Herbs [Lekarstvennyye rasteniia]. Knizhnyidom, Minsk, Belarus. (In Russian) ISBN: 978-985-489-859-9

- 7 Palov M(1998) Encyclopedia of herbs [Entsiklopediialekarstvennykhrastenii]. Mir, Moscow, Russia. (In Russian) ISBN: 5-03-003101-4
- 8 Sokolov PD(1990) USSR Herbal Resources: Flowering Plants, Their Chemical Composition, and Use. Caprifoliaceae-Plantaginaceae Families [Rastitelnyeresury SSSR. Tsvetkovyerasteniia, ikhkhimicheskiiisostav, ispolzovanie; SemeistvaCaprifoliaceae-Plantaginaceae]. Science, Leningrad, USSR. (In Russian) ISBN: 5-02-026634-5
- 9 Kazakhstan State Pharmacopeia (2008) [GosudarstvennaiafarmakopeiaRespubliki Kazakhstan], ZhibekZholy, Almaty, Kazakhstan (In Russian) ISBN: 9965-759-97-9
- 10 Barykina RP, Veselova TD, Deviatov AG (2004) Reference book on the botanical microequipment [Spravochnikpobotanicheskoiimikrotekhnike]. Moscow State University, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-211-06103-9
- 11 Permiakov AI (1988) Microequipment [Mikrotekhnika]. Moscow State University, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-211-00683-6
- 12 Muzychkina RA, KorulkinDIu (2006) Bio-Active Plant Substances. Extraction, Separation, and Analysis [Biologicheskiiaktivnyeveshchestvarasteni. Vydelenie, razdelenie, analiz]. Atamura, Almaty, Kazakhstan (In Russian) ISBN: 9965-688-97-4
- 13 Mamonov LK, Muzychkina RA (2008) Introduction to Phytochemical Researches and Detection of Biological Activity of Plant Substances [Vvedenie v fitokhimicheskiiissledovaniiaiviyavleniebiologicheskoiaktivnostiveshchestvrasteni]. 21st Century School, Almaty, Kazakhstan (In Russian) ISBN: 9965-32-525-1
- 14 Muzychkina RA, KorulkinDIu (2012) Methodology of Research of Natural Metabolites [Metodologiiissledovaniiarastitelnykhmetabolitov]. MV-Print, Almaty, Kazakhstan (In Russian) ISBN: 9965-784-85-X
- 15 MuzychkinaRA, KorulkinDIu, AbilovZhA (2004) Qualitative and quantitative analysis of the main groups of bio-active substances in medicinal vegetable raw materials and phytopreparations [Kachestvennyiikolichestvennyianalizosnovnykhgrupp BAV v lekarstvennomrastitelnomsyreifitopreparatakh]. KazakhUniversity, Almaty, Kazakhstan. (InRussian) ISBN: 9965-12-718-2

Курбатова Н.В.,  
Музычкина Р.А.,  
Корулькин Д.Ю.

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

**Анатомо-диагностические и  
фитохимические особенности  
перспективных видов горцев  
(*Polygonum L.*). II**

Kurbatova N.V.,  
Muzychkina R.A.,  
Korulkin D.Yu.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

**Anatomic-diagnostic and phyto-  
chemical features of perspective  
*Polygonum L.* species. II**

Курбатова Н.В.,  
Музычкина Р.А.,  
Корулькин Д.Ю.

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

**Таранның (*Polygonum L.*) II  
перспективалы түрлерінің  
анатомо-диагностикалық және  
фитохимиялық  
ерекшеліктері**

Представлены результаты по анатомо-диагностическим и фитохимическим исследованиям шести видов горцев (*Polygonum L.*) из семейства Polygonaceae Juss. Выявлены особенности анатомо-диагностических признаков листовой пластинки у средневозрастных генеративных растений, собранных в фазы цветения. Установлено, что отличительными диагностическими признаками горцев являются отсутствие или наличие вместилищ; устьица аномоцитного или анизоцитного (диацитного) типов; на эпидермисе прослеживаются образования покровной ткани в виде простых волосков и железок с жидкостным содержимым коричневатого цвета; отмечены остроконечные друзы оксалата кальция, чаще встречающиеся с нижней стороны листа и схизогенные вместилища с жидкостным красновато-коричневым содержимым, а также многочисленные железки с ослизненной эпидермальной поверхностью и хорошо развитой воздухоносной тканью. Фитохимический анализ шести казахстанских видов *Polygonum L.* показал наличие в изучаемых образцах алкалоидов, антоцианов, антрахинонов, дубильных веществ гидролизуемого типа, ксантонов, кумаринов, моно- и полисахаридов, флавоноидов, amino- и фенолокислот.

**Ключевые слова:** *Polygonum L.*, морфологические и анатомо-диагностические особенности листа, фитохимический анализ.

Results on anatomic-diagnostic and phytochemical researches of six *Polygonum L.* types from the Polygonaceae Juss family are represented. Features of anatomic-diagnostic characters of leaf-plate at the middle-aged generative plants, which have been collected in a blossoming phase, are revealed. It has been proved that distinctive diagnostic characters of *Polygonum L.* plants is absence or existence of receptacles; anomocytic or anisocytic (diacytic) stoma types; on epidermis formations of tectorial tissue in the form of simple hairs and glands with brownish liquid contents are traced; the peaked nodules of calcium oxalate from the lower party of a leaf and schizogenous intercellular space with liquid red-brown contents more often and also numerous glands with slimy epidermal surface and well developed aeriferous tissue are registered. Content of alkaloids, anthocyanins, anthraquinones, hydrolysable tannins, xanthon, coumarins, mono- and polysaccharides, flavonoids, amino acids and phenolic acids in six *Polygonum L.* types from Kazakhstan, by means of phytochemical analysis was shown. Data of the comparative component analysis with authentic samples for the identified structural types of vegetable metabolites are represented. Substances, which allow distinguishing the *Polygonum L.* plants from Kazakhstan and can be chemo-taxonomical characteristics of species in case of industrial preparations of plants, were identified. Features of a morphological and anatomic structure of plants, which can be used in case of diagnostics of medicinal vegetable raw materials, were revealed.

**Key words:** *Polygonum L.*, features of morphological and anatomic-diagnostic characters of leaf, phytochemical analysis.

Polygonaceae Juss. тұқымдасының таран (*Polygonum L.*) туысының алты түрінің анатомо-диагностикалық және фитохимиялық зерттеулерінің нәтижелері көрсетілген. Гүлдеу фазасында жиналған орташа жастағы генеративті өсімдіктердің жапырақ тақтасының анатомо-диагностикалық белгілерінің ерекшеліктері берілген. Қуыстардың болу немесе болмауы; устьица саңылауының аномоцитті немесе анизоцитті (диацитті) типті болуы; эпидермисінде қоңыр түсті сұйық құрамды бездер мен жай түктер түрінде жабындық ұлпалардың түзілуі; көбінесе жапырақтың төменгі бетінде кездесетін кальций оксалатының үшкір ұшты друздары мен қызыл-қоңыр түсті сұйық құрамды схизогенді қуыстардың болуы; сондай-ақ шырышты эпидермалы қабатты көптеген бездер мен жақсы дамыған ауалық ұлпалардың болуы таранның ерекше диагностикалық белгілері түрлерінің фитохимиялық талдауы зерттелген үлгілерде алкалоидтар, антоциандар, антрахинондар, гидролизденген типтің илік заттары, ксантондар, кумариндер, моно- және полисахаридтер, флавоноидтар, amino- және фенолқышқылдардың болатынын көрсетті.

**Түйін сөздер:** *Polygonum L.*, жапырақтың морфологиялық және анатомо-диагностикалық ерекшеліктері, фитохимиялық талдау.



**АНАТОМО-  
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ И  
ФИТОХИМИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ  
ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
ВИДОВ ГОРЦЕВ  
(POLYGONUM L.). II**

**Введение**

Для пополнения ассортимента официальных видов необходимо изучение особенностей биологических свойств и химического состава перспективных лекарственных растений. Актуальны исследования по динамике накопления биологически активных веществ с целью получения сырья с максимальным содержанием действующих компонентов, фармакологические исследования перспективных растений, а также поиск новых видов местной флоры.

Растительное сырье служит источником получения свыше трети всех промышленно выпускаемых лекарственных средств. Расширение арсенала лекарственных средств из растительного сырья, повышение требований к качеству используемых в настоящее время препаратов требуют нового подхода к их анализу. Все это влечет за собой совершенствование методов стандартизации и контроля качества заготавливаемого лекарственного сырья [1, 2]. Одной из целей стандартизации является повышение уровня безопасности жизни и здоровья граждан, а в дополнение к этому – обеспечение конкурентоспособности и качества, выпускаемой отечественными фармпредприятиями продукции. Проведение мероприятий по исследованию растительного сырья и фитопрепаратов требует от специалистов, работающих в этой области, тщательной систематизации и более детального анализа полученных в ходе экспериментов данных для их последующего включения в соответствующие разделы нормативного документа.

По данным Всемирной организации здравоохранения, лекарственные средства растительного происхождения для лечения и профилактики различных заболеваний используют около 80% населения. Для внедрения нового вида лекарственного растительного сырья в медицинскую практику необходимо проведение всего комплекса фармакогностических исследований, включая анатомо-морфологическое, фитохимическое и фармакологическое изучение надземной или подземной части данного конкретного растения [3].

Значимость анатомо-морфологических исследований заключается в выявлении диагностических признаков растительного сырья, в теоретическом обосновании и разработке единых

требований к микроскопическому описанию, в подборе условий и разработке методик определения подлинности и доброкачественности микроскопическим методом лекарственного растительного сырья и лекарственных форм из него. Кроме того анатомо-морфологические признаки растений являются достоверным показателем их эколого-морфологической приспособленности к среде [4].

Род *Polygonum* L. во флоре Казахстана представлен 49 видами, в том числе 1 вид является эндемичным [5]. В биологическом плане в большей или меньшей степени, изучено 20 видов флоры СНГ, казахстанские аналоги будут изучаться нами впервые. Из 123 видов флоры СНГ только 4 вида включены в Государственную фармакопею Республики Казахстан (горец птичий, г. змеиный, г. перечный, г. почечуйный) [6]. К полезным свойствам рассматриваемых видов относятся: горец земноводный в Забайкалье применяется для лечения подагры и диабета, на Алтае от геморроя. В народной медицине Австрии – при лечении носовых полипов и раковых опухолей. Смолоносное. Отвар и настой корней – диуретическое, антиневралгическое при подагре, ревматизме, сифилисе, водянке, истощении нервной и эндокринной систем, вместо корня тропической сарсапарели. В Таджикистане – при переломах костей. Дубитель при кустарном дублении. В Северной Америке – ценный дубильный материал. В Узбекистане – краситель для шелка и шерсти в синий и изабелловый цвета. Отвар и 10% настой надземной части обладают диуретическими свойствами. Настой из листьев – мочегонное, при мочекаменной болезни. В Армении используется против геморроя и как диуретическое средство [7]. Трава горца шероховатого вместе с горцем щавелелистным используется в виде водных и спиртовых настоек при геморрое, скрофулезе, как мочегонное, кровоостанавливающее и ранозаживляющее средство. Их настой обладает антибактериальной активностью против дизентерийной палочки флекснера (*Shigella flexneri* Ver.). Горец многолистный (волнистый) и горец джунгарский используются народной медициной Сибири наружно при кожных болезнях и для укрепления волос. Водные отвары и настои этих трав используют как мочегонное, противовоспалительное, ранозаживляющее средство, а также при раке кожи [7].

В этой связи, теоретический и практический интерес представляет изучение малоисследованных в ботаническом и фитохимическом аспекте видов местной флоры из семейства *Polygonaceae*

Juss.: *Polygonum scabrum* Moench., *Polygonum amphibium* L., *Polygonum undulatum* Murr. Comm. Gotting., *Polygonum minus* Huds. Fl. Angl., *Polygonum songoricum* Schrenk., *Polygonum viviparum* L., которые широко используются в народной медицине разных стран [7-9].

Целью настоящей работы было выявление и систематизация анатомо-морфологических особенностей, компонентного состава и хемотаксономических признаков шести казахстанских видов горцев (*Polygonum* L.), которые могут быть использованы при определении подлинности лекарственного растительного сырья.

### Материалы и методы исследования

Объекты исследования – казахстанские виды *Polygonum scabrum* Moench., *Polygonum amphibium* L., *Polygonum undulatum* Murr. Comm. Gotting., *Polygonum minus* Huds. Fl. Angl., *Polygonum songoricum* Schrenk., *Polygonum viviparum* L. были заготовлены в 2015 г. в фазу цветения в предгорьях Заилийского Алатау.

При диагностике внешних признаков сырья дополнительно были использованы данные Флоры Казахстана [5]. Согласно правилам Государственной фармакопеи Республики Казахстан, при идентификации растительного сырья проводят описание внешних и внутренних диагностических признаков строения вегетативных и генеративных органов рассматриваемых видов [6].

При изготовлении и описании препаратов использовались общепринятые в анатомии растений методы [10, 11]. Анатомические препараты изготовлены с помощью микротомы с замораживающим устройством ОЛ-ЗСО («Ин-медпром», Россия), а также сделаны вручную – с помощью обыкновенных бритв, с двояковогнутым лезвием. Изменение величины эпидермальных клеток и устьиц, диаметра эфиромасличных железок проведено десятикратных повторениях при увеличении бинокулярного микроскопа («Micros MC 20», Austria) 7x40 (280x).

Для проведения фитохимического анализа растительного сырья, надземную часть горцев живородящего, земноводного, малого, многолистного, джунгарского и шероховатого, высушивали, измельчали до размера частиц 3-7 мм и использовали для экстракции индивидуальными и смешанными экстрагентами (50% водным этанолом, диоксаном, хлороформом, 1:5 v/v, 4 ч., при температуре кипения экстрагента).

Качественный состав растительных образцов и фракций определяли методами хроматографии

на бумаге с использованием специфических реакций на основные группы природных соединений. Количественное определение обнаруженных групп природных соединений проводили по методикам Государственной фармакопеи и разработанной авторами методологии фитохимического анализа [6,12-14].

Определение компонентного состава выявленных первичных и вторичных метаболитов шести видов *Polygonum L.* проводилось на ВЭЖХ хроматографе DuPont 8800 («E.I. du Pont de Nemours and Company», США) в условиях обращенно-фазового процесса, с использованием аутентичных образцов Merck (Германия) (аминокислоты, фенолокислоты, углеводы), а также аутентичных образцов кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров КазНУ им. аль-Фараби (антоцианы, антрахиноны, дубильные вещества, ксантоны, кумарины, флавоноиды). Аминокислотный состав горцев анализировали с использованием неподвижной фазы (НФ) – InertsilODS-C<sub>8</sub>(«GL Sciences», США) и подвижной фазы (ПФ) – А: CH<sub>3</sub>CN – 0.1MCH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (5:95); В: CH<sub>3</sub>CN – 0.1MCH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (60:40) при градиентном элюировании: А/В от 100:0 до 0:100 за 14 мин, при УФ детектировании – 254 нм [14]. Для исследования компонентного состава антоциановых пигментов использовали ту же колонку и ПФ систему: А (ортофосфорная кислота-вода 1,5:98,5) и В (ортофосфорная кислота – уксусная кислота – ацетонитрил – вода 1,5:20:25:53,5) при увеличении содержания В в А от 15 до 35% за 25 мин., (520 нм) [15]. Антрахиноновый состав изучаемых видов определяли на НФ – Lichrospher100 RP<sub>18</sub>(«E.Merck», Германия) в смеси ацетонитрила, воды и муравьиной кислоты 25:72:3, с использованием УФ детектора 270 нм [16]. Компонентный состав танинов гидролизуемого типа определяли на той же колонке, с использованием элюентной системы – 0,01M метафосфорная кислота-0,01M дигидрофосфат калия-ацетонитрил (42,5:42,5:15) и УФ детектора при 280 нм [17]. Анализ ксантонов с той же НФ осуществляли в системе: метанол-вода состава (7:13) в условиях изократического элюирования при 237 нм [18]. Для идентификации флавоноидного состава горцев использовали систему: НФ – μ-Bondapak C<sub>18</sub>(«Waters», США), ПФ – метанол-вода-уксусная кислота (10:88:2) и УФ детектирование компонентов при 280 нм [15]. Кумарины изучаемых видов определяли на той же НФ в смеси диоксана и 0,01M раствора гидрофосфата натрия (36,3:63,7) (рН=7,3) при

использовании УФ-детектора (340 нм) [19]. Для исследования состава углеводных компонентов горцев использовали ту же колонку и воду в качестве подвижной фазы, с УФ контролем при 192 нм [14]. Фенолокислотный состав шести видов горцев идентифицировали с использованием НФ– Lichrospher100 RP<sub>18</sub>(«E.Merck», Германия) и ПФ – KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – этанол – этилацетат (42,5:42,5:10:5), при УФ детектировании – 276 нм [20].

### Результаты исследования и их обсуждение

Данные по анатомо-морфологическому анализу представлены описанием внешних и внутренних диагностических признаков в строении вегетативных и генеративных органов исследуемых видов.

Были выявлены следующие различия по морфологическим признакам. Растения многолетние (горец многолистный (волнистый), г. земноводный, г. живородящий, г. джунгарский) или однолетние (горец малый, г. шероховатый), от 15 см до 1 м высотой.

К морфологическим признакам цельного сырья относятся: *горец джунгарский (Polygonum songoricum Schrenk.)* – стебли слегка ветвистые, голые; листья широко-яйцевидные или яйцевидные, постепенно заостренные, при основании округлые или сердцевидные, снизу с редкими волосками; цветки в негустой, узкой метелке с веточками, часто почти горизонтально отклоненными и при плодах поникающими; околоцветник красный, нередко с белыми или зеленоватыми верхушками долей.

*Горец живородящий (Polygonum viviparum L.)*. Стебель одиночный или в числе нескольких, прямой, неветвистый, гладкий; листья продолговатые или ланцетные, заостренные, с сердцевидным или клиновидным основанием, снизу бледные, с сизоватым налетом, голые или покрытые курчавыми волосками, с немного завороченными краями, прикорневые длинно черешковые; цветки собраны на верхушке стебля густым, цилиндрическим колосом, в нижней части его цветки часто заменены луковичками; околоцветник белый или розовый, иногда красный, почти до основания пятираздельный; пыльники темно-фиолетовые.

*Горец земноводный (Polygonum amphibium L.)*. Стебель голый; листья у сухопутной формы продолговато-ланцетные, почти сидячие, прижато-волосистые, у водной – плавающие на поверхности воды, продолговатые, коротко за-

остранные, с округленным основанием, длинночерешковые, гладкие, лоснящиеся; раструбы, плотно охватывающие стебель, буроватые, гладкие тупые; соцветие верхушечное, колосовидное, плотное, на крепком цветоносе, околоцветник ярко-розовый или белый, глубоко рассеченный на туповатые доли.

*Горец малый* (*Polygonum minus* Huds. Fl. Angl.) – стебли тонкие; листья линейно-ланцетные или линейные, с неясно выраженными боковыми жилками; раструбы короткие, с длинными ресничками по краю и редкими волосками на поверхности, слабо прилегающие к стеблю; соцветия тонкие, прямые или слегка поникающие кисти, чаще непрерывные, длиной 1-5 см; околоцветник без точечных железок, немного глубже половины рассечен на 5 темно-розовых долей.

*Горец многолистный* (*горец волнистый*) (*Polygonum undulatum* Murr. Comm. Gotting.). Стебли голые или слегка волосистые; листья ланцетные, яйцевидно-ланцетные, в основании клиновидно суженные, редко – почти округлые, реже голые; раструбы с глубоко стеблеобъемлющим основанием, широко-яйцевидные, длиной до 2 см, по всей поверхности волосистые; соцветие в коротко ветвистой, густой, безлистой метелке, околоцветник белый, разделен на яйцевидно-эллиптические доли.

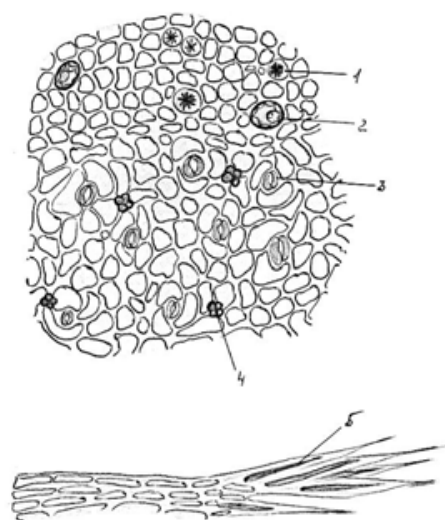
*Горец шероховатый*. (*Polygonum scabrum* Moench.). Стебли со слабо утолщенными узлами; листья продолговато-ланцетные, снизу голые с точечными железками, или паутинисто-опушен-

ные; раструбы широкие, не плотно прилегающие к стеблю, голые или опушенные, по краю с короткими ресничками; соцветия короткие, тупые, колосовидные кисти, а цветоносы густо усажены железками, околоцветник белый или зеленоватый, с многочисленными железками.

Исследованные виды имеют четкие диагностические морфологические особенности во внешнем строении.

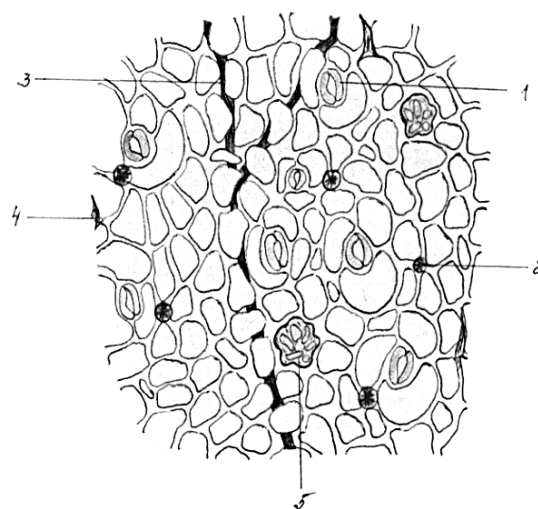
*Отличительные анатомо-диагностические признаки рассматриваемых видов.*

При рассмотрении листа *Polygonum songoricum* Schrenk. с поверхности видны клетки эпидермиса с прямыми, извилистыми стенками, нередко со светло-коричневым содержимым. Клетки верхнего эпидермиса распланные, со слабо извилистыми стенками. Устьица мелкие, округлые, аномоцитные (устьица с двух сторон листа, окружены 2-4 околоустьичными клетками), слегка погруженные в толщу ассимиляционной ткани. Устьица встречаются как на верхней стороне листа, так и на нижней, больше на нижнем эпидермисе. Характерным является наличие на поверхности листа мелких буроватых железок, состоящих из 4 клеток. По центральной жилке листа (нижний эпидермис), а также по краям листовой пластинки встречаются пучковые волоски, состоящие из нескольких клеток. Отмечены остроконечные друзы оксалата кальция, чаще встречающиеся с нижней стороны листа и схизогенные вместилища с жидкостным красновато-коричневым содержимым (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Анатомо-диагностические признаки листа *Polygonum songoricum* Schrenk.:

1 – друзы оксалата кальция, 2 – вместилища, 3 – устьица, 4 – железки, 5 – пучковые волоски



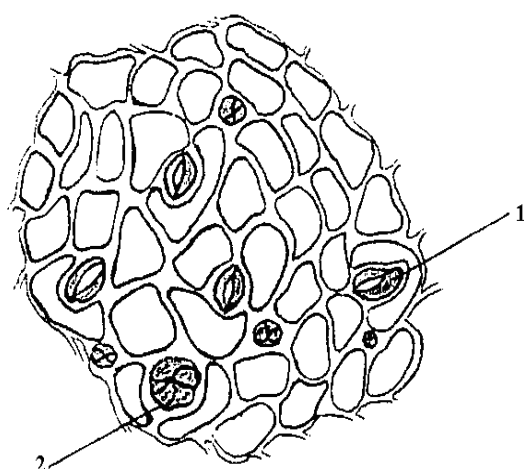
**Рисунок 2** – Анатомо-диагностические признаки листа *Polygonum viviparum* L.:

1 – устьица, 2 – друзы оксалата кальция, 3 – механические волокна, 4 – простой волосок, 5 – железки

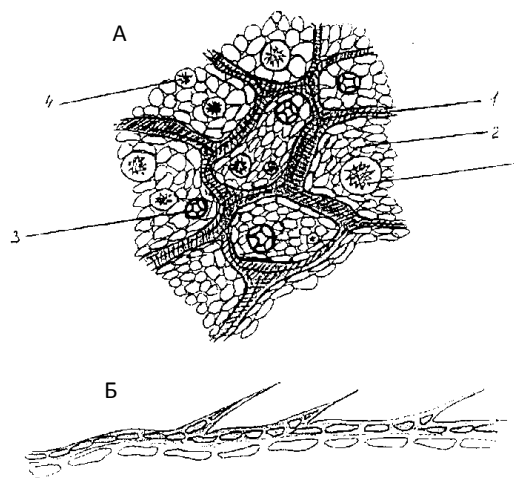
При рассмотрении листа *Polygonum viviparum* L. с поверхности видны клетки эпидермиса с прямыми слегка извилистыми стенками. Стенки клеток верхнего эпидермиса утолщены и плотно прилегают друг к другу. Устьица встречаются как на верхней стороне листа, так и на нижней, значительно больше на нижнем эпидермисе. Устьица окружены тремя клетками, из которых одна обычно меньше двух других (анизоцитный (неравноклеточный) тип). Характерным является наличие друз оксалата кальция и механических волокон с извилистым контуром

и утолщенными оболочками, расположенными над жилками и вдоль края пластинки листа. В ряде случаев, как на верхней стороне листа, так и на нижней встречаются простые волоски, а также пяти-шести клеточные железы с содержимым желто-коричневого цвета (рисунок 2).

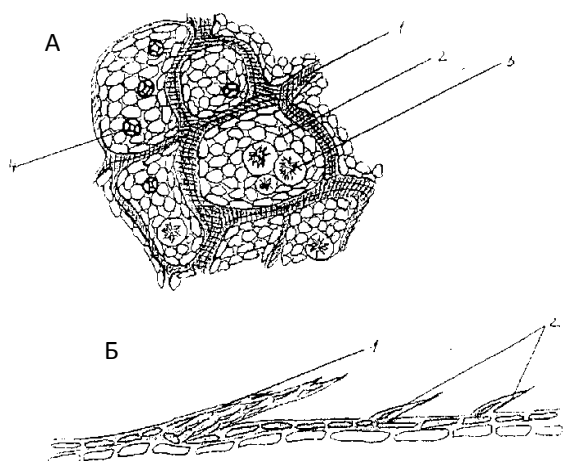
При рассмотрении листьев *Polygonum minus* Huds. (рисунок 3) *Polygonum scabrum* Moench. (рисунок 4), *Polygonum undulatum* Murr. (рисунок 5) и *Polygonum amphibium* L. (рисунок 6) были отмечены ряд схожих признаков в анатомическом строении:



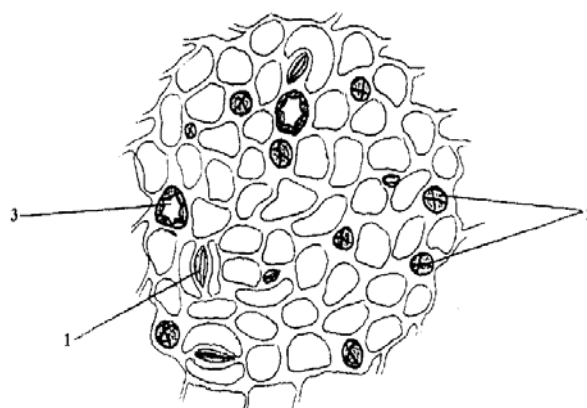
**Рисунок 3** – Анатомио-диагностические признаки листа *Polygonum minus* (верхний эпидермис):  
1 – устьица, 2 – железы



**Рисунок 4** – Анатомио-диагностические признаки листа *Polygonum scabrum*. А – поперечный срез листа (фрагмент): 1 – жилки, 2 – клетки палисадной ткани, 3 – вместилища, 4 – друзы кальция оксалата; Б – простые волоски



**Рисунок 5** – Анатомио-диагностические признаки листа *Polygonum undulatum*. А – поперечный срез листа (фрагмент): 1 – жилки, 2 – клетки палисадной ткани, 3 – вместилища, 4 – друзы кальция оксалата;  
Б: 1 – пучковые волоски, 2 – простые волоски.



**Рисунок 6** – Анатомио-диагностические признаки листа *Polygonum amphibium* (верхний эпидермис):  
1 – устьица, 2 – железы, 3 – вместилища.

Так, с поверхности видны клетки эпидермиса с прямыми утолщенными стенками, нередко с бурым содержимым, стенки клеток верхнего эпидермиса утолщены и плотно прилегают друг к другу. Устьица встречаются как на верхней стороне листа, так и на нижней, значительно больше на нижнем эпидермисе, за исключением горца земноводного. Устьица окружены обычно двумя-тремя околоустьичными клетками (дицитный или анизодитный тип). Характерным является наличие механических волокон с извилистым контуром и толстыми оболочками, расположенными над жилками и вдоль края пластинки листа. Во всех рассматриваемых видах горцев в большей или меньшей степени обнаруживаются друзы кальция оксалата, особенно в горце шероховатом и горце многолистном (волнистом), меньше всего их в горце земноводном.

Для травы горца малого (рисунок 3) характерным признаком является отсутствие вместилищ. На поперечном срезе листа горца шероховатого и горца многолистного (волнистого) (рисунки 4, 5) на эпидермисе прослеживаются эпидермальные образования в виде простых волосков и железок сжидкостным содержимым коричневатого цвета, а в паренхиме имеются погруженные вместилища. На поперечном срезе горца земноводного (рисунок 6) видны многочисленные железки и хорошо развитая аэренхимная (воздухоносная) ткань. Сильно выражена ослизненность эпидермальной поверхности.

Сводные данные по качественному компонентному и количественному фитохимическому определению основных групп биологически активных веществ надземной части 6 исследуемых видов *Polygonum L.*, приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Компонентный анализ основных групп БАВ надземной части горцев, в %, в пересчете на абсолютно сухое сырье

Компоненты <i>Polygonum L.</i>	PSc	PA	PU	PM	PSo	PV
1	2	3	4	5	6	7
<b>Алкалоиды, %</b>	0,28	0,19	0,33	0,07	0,24	0,41
<b>Аминокислоты, %</b>	1,09	0,96	0,77	1,32	1,40	0,81
Аланин	+	+	-	+	+	+
Аргинин	+	+	+	+	+	+
Валин	-	-	+	+	+	-
Глицин	-	+	-	+	+	+
Глутамин	+	+	+	+	+	+
Изолейцин	+	+	+	+	+	+
Лейцин	-	+	-	-	-	+
Лизин	-	+	-	-	+	-
Метионин	+	-	-	-	+	-
Пролин	+	-	-	+	-	+
Тирозин	+	+	+	+	-	+
Триптофан	+	+	+	-	+	-
Фенилаланин	+	-	-	+	-	+
<b>Антоцианидины, %</b>	0,17	0,09	0,11	0,14	0,23	0,26
3-О-β-D-галактопиранозид цианидина	-	+	-	+	-	+
3-О-β-D-глюкопиранозид пеонидина	+	-	+	+	-	-
3-О-β-D-галактопиранозид дельфинидина	-	+	+	-	+	-
3-О-β-D-глюкопиранозид пеларгонидина	+	+	-	-	+	+
<b>Антрахиноны, %</b>	7,99	8,32	7,45	6,61	5,09	8,84
Хризофанол	+	+	+	+	+	+
Эмодин	+	-	+	+	-	+
Фисцион	+	+	-	-	-	+

Компоненты <i>Polygonum L.</i>	PSc	PA	PU	PM	PSo	PV
1	2	3	4	5	6	7
Реин	+	+	+	+	+	+
Антрагаллол	+	+	+	-	+	-
2-оксиметилантрахинон-3-О-b	-	-	+	+	+	-
<b>Дубильные вещества, %</b>	<b>6,94</b>	<b>4,59</b>	<b>4,81</b>	<b>6,47</b>	<b>5,14</b>	<b>4,23</b>
2,3-ди-О-галлоил-D-глюкоза	+	+	+	+	+	+
1,2,4-три-О-галлоил-b	+	-	+	+	+	-
1,3,4-три-О-галлоил-b	+	+	+	-	-	+
3,6-О-гексаоксидифеноил-D-глюкоза	-	+	-	+	+	+
1,4-ди-О-галлоил-3,6-О-гексаоксидифеноил -b	+	+	+	+	+	+
<b>Ксантоны, %</b>	<b>0,51</b>	<b>0,38</b>	<b>0,55</b>	<b>0,82</b>	<b>0,73</b>	<b>0,47</b>
1,6-диокси-7-метоксиксантон	+	-	+	+	-	+
3,7-диметокси-4-оксиксантон	+	+	+	+	+	+
1,2,3-триметокси-5-оксиксантон	+	+	-	-	+	-
5-метокси-1,3,8-триоксиксантон	+	-	+	+	+	+
3,7-диметокси-1,8-диоксиксантон	-	+	+	-	+	-
<b>Кумарины, %</b>	<b>3,72</b>	<b>2,24</b>	<b>4,81</b>	<b>3,65</b>	<b>2,93</b>	<b>4,47</b>
Кумарин	+	-	-	+	-	-
4,5-диоксикумарин	+	+	+	+	+	+
7-оксикумарин	+	+	+	+	+	+
6-метокси-7-оксикумарин	-	-	+	+	-	+
6-метоксикумарин-7-О-b	-	+	-	-	+	+
7-оксикумарин-6-О-b	+	+	+	+	+	-
<b>Полисахариды, %</b>	<b>3,96</b>	<b>4,11</b>	<b>2,95</b>	<b>4,49</b>	<b>3,75</b>	<b>3,18</b>
<b>Углеводы, %</b>	<b>6,65</b>	<b>5,37</b>	<b>8,21</b>	<b>7,49</b>	<b>6,82</b>	<b>7,33</b>
Арабиноза	+	+	+	+	-	-
Галактоза	+	-	-	+	+	+
Глюкоза	+	+	+	-	+	+
Ксилоза	+	+	+	-	+	+
Рамноза	+	+	-	+	-	+
<b>Фенолокислоты, %</b>	<b>5,12</b>	<b>4,65</b>	<b>4,48</b>	<b>3,72</b>	<b>2,86</b>	<b>4,77</b>
Галловая	-	-	+	+	+	+
Коричная	+	+	+	-	-	+
Кофейная	-	-	+	-	+	-
п-оксибензойная	+	+	+	+	+	+
Протокатеховая	+	+	+	+	+	+
Сиреневая	+	+	-	-	-	+
<b>Флавоноиды, %</b>	<b>8,25</b>	<b>6,74</b>	<b>6,51</b>	<b>8,43</b>	<b>7,14</b>	<b>6,86</b>
Кемпферол	+	-	-	-	+	-
3-О-a	+	+	-	+	+	+
Кверцетин	+	+	+	+	+	+
3-О-b	+	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 1

Компоненты <i>Polygonum L.</i>	PSc	PA	PU	PM	PSo	PV
1	2	3	4	5	6	7
3-О-а	+	+				
3-О-рутинозид кверцетина	+	+	+	+	+	+
Мирицетин	-	-	-	+	+	-
3-О- $\alpha$ -L-рамнопиранозид мирицетина	-	+	+	-	-	-
Изорамнетин	+	+	-	-	-	+
Авикулярин	-	-	+	+	+	+

Примечание: PSc – *Polygonum scabrum* Moench., PA – *Polygonum amphibium* L., PU – *Polygonum undulatum* Murr. Comm. Gotting., PM – *Polygonum minus* Huds. Fl. Angl., PSo – *Polygonum songoricum* Schrenk., PV – *Polygonum viviparum* L.

Анализ представленных в таблице данных, показывает, что казахстанские виды горцев живородящего, земноводного, малого, многолистного, джунгарского и шероховатого, в фазу цветения накапливают значительные количества промышленно-значимых структурных типов БАВ: алкалоидов – до 0,41%, антрахинонов – до 8,84%, гидролизуемых дубильных веществ – до 6,94%, ксантонов – до 0,82%, кумаринов – до 4,81% и флавоноидов – до 8,43%. Такое содержание вторичных метаболитов, учитывая их описанную биологическую активность, позволяет рекомендовать все 6 изучаемых казахстанских горцев, в качестве перспективного растительного сырья для получения отечественных фитопрепаратов психотропного, антиэйджингового, противовоспалительного, ранозаживляющего, противоязвенного и противовирусного действия, а также для производства растительных дубителей для кожевенной промышленности.

Сравнение результатов фитохимического определения основных структурных типов БАВ в фазу цветения с ранее изученными данными по содержанию растительных метаболитов в фазу покоя 4 из 6 видов горцев: *Polygonum scabrum* Moench., *Polygonum amphibium* L., *Polygonum undulatum* Murr. Comm. Gotting., *Polygonum minus* Huds. Fl. Angl. [21] (*Polygonum songoricum* Schrenk. и *Polygonum viviparum* L. в фазу покоя не изучались), что, несмотря на несколько более низкое содержание БАВ в фазу покоя, период промышленной заготовки 4 указанных видов из 6, может быть расширен с фазы цветения до фазы покоя растений. Кроме того, в фазу цветения, нами было отмечено накопление 5 структурных типов БАВ, которые не были идентифицированы в фазу покоя аналогичных видов – алкалоидов, антоцианидинов, дубильных веществ, ксанто-

нов и полисахаридов. В компонентном составе каждого из типов БАВ также наблюдаются значительные различия, например, в фазу цветения видов, в их составе не идентифицируется аспарагиновая и глутаминовая кислоты, тирозин, фисцион, реин, 2-оксиметилантрахинон-3-О- $\beta$ -D-глюкопиранозид, гликозидированные формы кумаринов, 4,5-диоксикумарин, кемпферол и моногликозиды 3-оксифлавоноидов.

Сравнение данных компонентного анализа, доказывает, что казахстанские виды горцев, по каждому из основных структурных типов БАВ, характеризует наличие повторяющихся в каждом образце метаболитов, которые в сочетании могут служить надежными хемотаксономическими маркерами казахстанских видов *Polygonum L.* при их промышленной заготовке и видовой идентификации. Хемотаксономическими маркерами в ряду аминокислот являются аргинин, глутамин и изолейцин; в ряду антрахинонов – хризофанол и реин; в ряду дубильных веществ – 2,3-ди-О-галлоил-D-глюкоза и 1,4-ди-О-галлоил-3,6-О-гексаоксидифеноил - $\beta$ -D-глюкоза; в ряду ксантонов – 3,7-диметокси-4-оксиксантон; в ряду кумаринов – 7-оксикумарин и 4,5-диоксикумарин; в ряду феноло- и оксикоричных кислот – п-оксибензойная и протокатеховая кислоты; в ряду флавоноидных метаболитов – кверцетин и 3-О-рутинозид кверцетина.

Кроме того, из полученных результатов следует, что в зависимости от условий произрастания, тот или иной казахстанский вид *Polygonum L.*, имеет свои особенности морфологического и анатомического строения, которые также могут быть использованы при диагностике лекарственного растительного сырья.



## Литература

- 1 Машковский М.Д. Лекарственные средства. – М.: Эксмо, 2014. – 1216 с.
- 2 Самылина И.А., Баландина И.А. Пути использования лекарственного растительного сырья и его стандартизация // Фармация.- 2004. – №2. – С. 39-41.
- 3 Хабриев Р.У., Багирова В.Л., Герасимов В.Б. Руководство по стандартизации лекарственных средств. – М.: Медицина, 2006. – 352 с.
- 4 Сытник К.М., Мусатенко Л.И., Богданова Т.Л. Физиология листа. – Киев: Наукова думка, 1978. – 329с.
- 5 Флора Казахстана. – Алма-Ата: АН КазССР, 1960. – Т. 3. – С. 151-176.
- 6 Государственная фармакопея Республики Казахстан. – Т.1. – Алматы: Жибек жолы, 2008. – 592 с.
- 7 Федоров А.А. Растительные ресурсы СССР. – Л.: Наука, 1985, Т.5. – С. 255-271.
- 8 Турищев С.Н. Современная фитотерапия. – М.: Гэотар-Медиа, 2007. – 464 с.
- 9 Соколов С.Я., Замотаев И.П. Справочник по лекарственным растениям. Фитотерапия. – М.: Основа, 1993. – 448 с.
- 10 Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. Справочник по ботанической микротехнике. – М.: МГУ, 2004. – 313 с.
- 11 Пермяков А.И. Микротехника. – М.: МГУ, 1988. – С. 11-29.
- 12 Муzychкина Р.А., Королькин Д.Ю. Биологически активные вещества растений. Выделение, разделение, анализ. – Алматы: Атамұра, 2006. – 438 с.
- 13 Мамонов Л.К., Муzychкина Р.А. Введение в фитохимические исследования и выявление биологической активности веществ растений. – Алматы: Школа XXI века, 2008. – 216 с.
- 14 Муzychкина Р.А., Королькин Д.Ю. Методология исследования растительных метаболитов. – Алматы: MV-Print, 2012. – 324 с.
- 15 Королькин Д.Ю., Муzychкина Р.А., Абилов Ж.А., Толстикова Г.А. Природные флавоноиды. – Новосибирск: Гео, 2007. – 232 с.
- 16 Муzychкина Р.А. Природные антрахиноны. – М.: Фазис, 1998. – 864 с.
- 17 Kuda T., Yoshida T., Hatano T. New methods of analyzing tannins // J. Nat. Prod. – 1989. – Vol.52. – P. 1-31.
- 18 Walker E.B. HPLC analysis of selected xanthenes in mangosteen fruit // J. Sep. Sci. – 2007. – Vol. 30. – P. 1229-1234.
- 19 De Rosa S., Mitova M. Coumarin glucosides from *Cruciata taurica* // Phytochem. – 2002. – Vol.59. – P. 447-450.
- 20 Negishi O., Ozawa T. Determination of hydroxycinnamic acids, hydroxybenzoic acids, hydroxybenzaldehydes, hydroxybenzylalcohols and their glucosides by high-performance liquid chromatography // J. Chromatogr. A. – 1996. – Vol. 756. – P. 129-136.
- 21 Мухитдинов Н.М., Королькин Д.Ю., Муzychкина Р.А. Анатомо-морфологическое и фитохимическое исследование некоторых видов рода *Polygonum* L. // Вестник КазНУ, сер. биол. – 2015. – №1. – С. 261-270.

## References

- 1 Mashkovskii MD (2014) Pharmaceuticals [Lekarstvennye sredstva]. Eksmo, Moscow, Russia. (In Russian). ISBN: 978-5-7864-0218-7
- 2 Samylina IA, Balandina IA (2004) Ways of use of medicinal vegetable raw materials and its standardization. Farmacy [Puti ispolzovaniia lekarstvennogo rastitelnogo syria i ego standartizatsiia. Farmatsiia] 2:39-41. (In Russian)
- 3 Khabriev RU, Bagirova VL, Gerasimov VB (2006) Guide to standardization of medicines [Rukovodstvo po standartizatsii lekarstvennykh sredstv]. Medicine, Moscow, Russia. (In Russian) ISBN: 5-225-03953-7
- 4 Sytnik KM, Musatenko LI, Bogdanova TL (1978) Leaf physiology [Fiziologiya lista]. Naukova Dumka, Kiev, USSR (In Russian) ISBN: 978-966-400-170-7
- 5 Flora of Kazakhstan (1960) [Flora Kazakhstana]. KazSSR Academy of Sciences, Alma-Ata, USSR (In Russian) ISBN: 978-5-4458-5985-7
- 6 Kazakhstan State Pharmacopeia (2008) [Gosudarstvennaia farmakopeia Respubliki Kazakhstan], Zhibek Zholy, Almaty, Kazakhstan (In Russian) ISBN: 9965-759-97-9
- 7 Fedorov AA (1985) USSR Herbal Resources [Rastitelnye resursy SSSR]. Science, Leningrad, USSR (In Russian) ISBN: 978-5-0202-6634-5
- 8 Turishchev SN (2007) Modern Phytotherapy [Sovremennaiia fitoterapiia]. Geotar-Media, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 978-5-9704-0514-7
- 9 Sokolov SIa, Zamotaev IP (1993) Reference book on herbs. Phytotherapy [Spravochnik po lekarstvennym rasteniiam. Fitoterapiia]. Osнова, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-11-00981-3
- 10 Barykina RP, Veselova TD, Deviatov AG (2004) Reference book on the botanical microequipment [Spravochnik po botanicheskoi mikrotekhnike]. Moscow State University, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-211-06103-9
- 11 Permiakov AI (1988) Microequipment [Mikrotekhnika]. Moscow State University, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-211-00683-6
- 12 Muzychkina RA, Korulkin DIu (2006) Bio-Active Plant Substances. Extraction, Separation, and Analysis [Biologicheski aktivnye veshchestva rastenii. Vydelenie, razdelenie, analiz]. Atamura, Almaty, Kazakhstan (In Russian) ISBN: 9965-688-97-4
- 13 Mamonov LK, Muzychkina RA (2008) Introduction to Phytochemical Researches and Detection of Biological Activity of Plant Substances [Vvedenie v fitokhimicheskie issledovaniia i vyivlenie biologicheskoi aktivnosti veshchestv rastenii]. 21st Century School, Almaty, Kazakhstan (In Russian) ISBN: 9965-32-525-1
- 14 Muzychkina RA, Korulkin DIu (2012) Methodology of Research of Natural Metabolites [Metodologiya issledovaniia ras-

titelnykh metabolitov]. MV-Print, Almaty, Kazakhstan (In Russian) ISBN: 9965-784-85-X

15 Korulkin D Iu, Muzychkina RA, Abilov ZhA, Tolstikov GA (2007) Natural Flavonoids [Prirodnye flavonoidy]. Geo, Novosibirsk, Russia (In Russian) ISBN: 978-5-9747-0119-1

16 Muzychkina RA (1998) Natural Anthraquinones [Prirodnye antrakinony]. Phasis, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-7036-0041-3

17 Kuda T, Yoshida T, Hatano T (1989) New methods of analyzing tannins. J Nat Prod, 52:1-31. DOI: 10.1021/np50061a001

18 Walker EB (2007): HPLC analysis of selected xanthenes in mangosteen fruit. J. Sep. Sci., 30:1229-1234. DOI: 10.1002/jssc.200700024

19 De Rosa S, Mitova M (2002) Coumarin glucosides from *Cruciata taurica*. Phytochem, 59:447-450. DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00471-X

20 Negishi O, Ozawa T (1996) Determination of hydroxycinnamic acids, hydroxybenzoic acids, hydroxybenzaldehydes, hydroxybenzyl alcohols and their glucosides by high-performance liquid chromatography. J Chromatogr A, 756:129-136. DOI: 10.1016/S0021-9673(96)00634-6

21 Mukhitdinov NM, Korulkin D Iu, Muzychkina RA (2015) Anatomic-morphological and phytochemical research of some kinds of *Polygonum* L. species. KazSU Biological Bulletin [Anatomo-morfologicheskoe i fitokhimicheskoe issledovanie nekotorykh vidov roda *Polygonum* L. Vestnik KazNU, seriia biologicheskaja] 1:261-270. (In Russian)



<sup>1</sup>Нестерова С.Г., <sup>1</sup>Инелова З.А.,  
<sup>2</sup>Ерубайева Г.К., <sup>1</sup>Запарина Е.Г.,  
<sup>1</sup>Сейткадыр К.А.

<sup>1</sup>Казахский национальный  
университет им. аль-Фараби,  
Казахстан, г. Алматы  
<sup>2</sup>Университет «Туран»,  
Казахстан, г. Алматы

**Материалы к оценке  
разнообразия семейства  
*Caryophyllaceae* Juss  
Заилийского Алатау**

В статье приводится анализ видового состава семейства Caryophyllaceae Заилийского Алатау. Выявлено, что на территории исследований из семейства *Caryophyllaceae* распространено 89 видов, относящихся к 29 родам. Лидирующее положение в данном таксономическом составе занимают крупные рода *Silene* (17 видов), *Cerastium* (10 видов), *Stellaria* (8 видов). При оценке разнообразия семейства *Caryophyllaceae* Заилийского Алатау показано, что в регионе исследования в данном семействе по экологическим типам встречаются 3 группы по отношению к влаге: мезофиты, мезоксерофиты, ксеромезофиты. В результате экологического анализа флоры Заилийского Алатау, в основу которого принята классификация групп по отношению к влажности почв, выявлено, что большую часть составляют мезоксерофиты (50 видов, 56,2%). Анализ жизненных форм видов Заилийского Алатау показал, что преобладающими являются многолетники (59 видов или 66,29%). Выявлено, что во флоре Заилийского Алатау из семейства *Caryophyllaceae* встречается 21 хозяйственно значимый вид. Самыми многочисленными из них являются лекарственные растения. Во флоре Заилийского Алатау из семейства *Caryophyllaceae* встречается 1 эндемичный (*Silene tianschanica*), который относится также к редким видам.

**Ключевые слова:** флора, семейство *Caryophyllaceae*, род, вид, лекарственные растения.

<sup>1</sup>Nesterova S.G., <sup>1</sup>Inelova Z.A.,  
<sup>2</sup>Yerubayeva G.K., <sup>1</sup>Zaparina E.G.,  
<sup>1</sup>Seitkadyr K.A.

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty  
<sup>2</sup>«Turan» University, Kazakhstan, Almaty

**Materials to assess the diversity  
of the family *Caryophyllaceae*  
Juss of Trans-Ili Alatau**

The article provides an analysis of the species composition of the family *Caryophyllaceae* Trans-Ili Alatau. Revealed that the study area from the family *Caryophyllaceae* common 89 species belonging to 29 genera. Leading position in the taxonomic composition occupy large genus *Silene* (21 species), *Cerastium* (10 species), *Stellaria* (8 species). In assessing the diversity of the family *Caryophyllaceae* Trans-Ili Alatau shown that in the region of investigation in this family of environmental types found 3 groups with respect to moisture: mesophytes, mezoserofity, xeromesophyte. As a result, environmental analysis flora Trans-Ili Alatau, which is based on the classification adopted by the Group in relation to soil moisture, revealed that most of the up mezoserofity (50 species, 58.8%). Analysis of the types of life forms Trans-Ili Alatau showed predominant are perennials (59 species or 66,29%). It was revealed that in the flora of the Trans-Ili Alatau of the family *Caryophyllaceae* found 21 economically important species. Of these, the largest number of species – it is medicinal plants. In the flora of the Trans-Ili Alatau of the family *Caryophyllaceae* were found 1 endemic species (*Silene tianschanica*), which relates to rarespecies.

**Key words:** flora, the family *Caryophyllaceae*, genus, species, medicinal plants.

<sup>1</sup>Нестерова С.Г., <sup>1</sup>Инелова З.А.,  
<sup>2</sup>Ерубайева Г.К., <sup>1</sup>Запарина Е.Г.,  
<sup>1</sup>Сейткадыр Қ.А.

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық  
университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
<sup>2</sup>«Туран» университеті,  
Қазақстан, Алматы қ.

**Іле Алатауы *Caryophyllaceae*  
Juss тұқымдасының  
алуантүрлілігін бағалауына  
материалдар**

Мақалада Іле Алатауы *Caryophyllaceae* тұқымдасының түрлік құрамына талдау жасалынған. Зерттелген аймақ бойынша *Caryophyllaceae* тұқымдасында 29 туысқа жататын 89 түр таралғаны анықталған. *Silene* (17 түр), *Cerastium* (10 түр), *Stellaria* (8 түр) ірі туыстар көрсетілген таксономикалық құрамында жетекші орын алады. Іле Алатауы *Caryophyllaceae* тұқымдасының алуан түрлілігін бағалау барысында зерттеу аймағында бұл тұқымдаста ылғалдылыққа қатысты 3 экологиялық типтер анықталды: мезофиттер, мезоксерофиттер, ксеромезофиттер. Топырақтың ылғалдылығы бойынша топтарды классификациялау негізінде өткізілген Іле Алатауы флорасының экологиялық талдауы нәтижесінде мезоксерофиттер басым болып анықталды (50 вид, 56,2%). Іле Алатауы түрлерінің тіршілік формаларын талдау нәтижесінде көп жылдық өсімдіктер (59 түр немесе 66,29%) басым болып келетінін көрсетті. Іле Алатауы флорасында *Caryophyllaceae* тұқымдасынан шаруашылық маңызды 21 түр кездесетіні анықталған. Соның ішінде ең көп кездесетін дәрілік өсімдіктер болып табылады. Іле Алатауы флорасында *Caryophyllaceae* тұқымдасынан 1 эндемикалық (*Silene tianschanica*) түр кездеседі. Осы түр сирек кездесетін түрлердің қатарына жатады.

**Түйін сөздер:** флора, *Caryophyllaceae* тұқымдасы, туыс, түр, дәрілік өсімдіктер.

**МАТЕРИАЛЫ К ОЦЕНКЕ  
РАЗНООБРАЗИЯ  
СЕМЕЙСТВА  
*CARYOPHYLLACEAE*  
JUSS ЗАИЛИЙСКОГО  
АЛАТАУ**

Одной из характерных черт современного этапа развития общества является усиление антропогенного воздействия на окружающую среду. Этот процесс сопровождается синергетическими эффектами и приводит к ухудшению качества природной среды, что в долгосрочной перспективе ведет к сокращению биоразнообразия [1].

Казахстан, как сторона Конвенции по сохранению биологического разнообразия, имеет свои обязательства по сохранению биоразнообразия [2]. В соответствии с Конвенцией по сохранению биоразнообразия первым этапом для сохранения является инвентаризация [3]. Поэтому в современных условиях инвентаризация флоры и естественных растительных ресурсов, как на региональном, так и на общенациональном уровнях, наряду с обобщением и пополнением новыми сведениями о полезных свойствах растений, является фундаментом для разработки научно-обоснованного алгоритма рационального использования растительных богатств [4].

Растительный мир Казахстана, в том числе и Заилийского Алатау, характеризуется богатейшим генофондом и уникальными запасами полезных растений, в первую очередь дикорастущих видов, обладающих лекарственными свойствами, значительная часть которых перспективна для исследований химического состава и биологически активных веществ, представляющих собой наукоемкую и конкурентоспособную продукцию, пользующуюся всё возрастающим спросом на мировом рынке [5].

Заилийский Алатау – самый северный хребет Тянь-Шаня, протянулся в широтном направлении на 400 км, образовав дугу, несколько вытянутую в южную сторону. Высота вершин достигает 5017 м над уровнем моря. Территория Заилийского Алатау характеризуется сложным сочетанием форм и типов рельефа различного происхождения. М.Ж. Жандаев [6] выделяет здесь 7 типов рельефа, объединенных в 2 комплекса: эрозийно-тектонический (горный) и аккумулятивно-тектонический (равнинный). В целом весь Тянь-Шань представляет собой сравнительно молодую горную страну, созданную глыбовыми поднятиями и складкообразованием на месте старой, уже существовавшей, но сильно выровненной и пенепленизированной

ной [7]. По данным С.С. Шульца [8], завершение пенеппенизации произошло в конце палеогена, и только затем начались альпийские и новейшие четвертичные поднятия, вновь сделавшие Тянь-Шань горной страной. Природные условия этой огромной территории очень разнообразны.

Таким образом, богатое разнообразие природноклиматических условий обеспечивает богатое биоразнообразие Заилийского Алатау.

В связи с тем, что одним из хозяйственно значимых семейств Заилийского Алатау является семейство *Caryophyllaceae*, нами проведен анализ разнообразия представителей данного семейства. Основные изменения разнообразия флоры данного региона исследования можно проследить, наблюдая за экологической амплитудой данного семейства.

### Материалы и методы исследования

Использовались классические, современные методы флористики. Основным методом исследования был маршрутно-рекогносцировочный (рисунок 1).

При определении гербарных образцов использовали в качестве источников многотомные сводки «Флора СССР», «Флора Казахстана», «Определитель растений Средней Азии», «Иллюстрированный определитель растений Казахстана», определение семейств и родов проводилось с помощью «Флоры Казахстана» М.С. Байтенова [9-13]. Расположение видов и надвидовых категорий в конспекте флоры и флористическом спектре проведены согласно системе А.Л. Тахтаджяна [14]. Написание латинских названий, номенклатурные изменения таксонов были выверены в соответствии с С.К. Черепановым [15].

### Результаты исследования и их обсуждения

На территории исследований из семейства *Caryophyllaceae* распространено 89 видов, относящихся к 29 родам.

Из десяти ведущих родов первое место занимает род *Silene*, который содержит 17 видов. Второе место занимает род *Cerastium* – 10 видов, на третьем месте расположился род *Stellaria*, который содержит 8 видов (рисунок 2).

При оценке разнообразия семейства *Caryophyllaceae* Заилийского Алатау показано, что в регионе исследований в данном семействе по экологическим типам встречаются 3 группы по

отношению к влаге: мезофиты, мезоксерофиты, ксеромезофиты. В результате экологического анализа флоры Заилийского Алатау, в основу которого принята классификация групп по отношению к влажности почв, выявлено, что большую часть составляют во флоре исследованной территории – мезоксерофиты (50 видов, 56,2 %). Мезоксерофиты – это растения, приспособленные к условиям несколько менее, чем средним по запасам влаги в почве, промежуточные между ксеромезофитами и евксерофитами [16]. Второе место занимают мезофиты (24 видов, 26,9 %) – виды, приспособленные к жизни в условиях среднего водоснабжения (средняя влажность почв и воздуха). Растения данной экологической группы характерны для пойм рек и тугаев. К этой же группе относятся эфемеры и эфемероиды [17], которые формируют весеннюю флору.

Промежуточный экологический тип между собственно мезофитами и мезоксерофитами во флористическом спектре семейства *Caryophyllaceae* Заилийского Алатау занимают ксеромезофиты. Их во флоре региона исследования 12 видов или 13,4 %. Это растения, приспособленные к условиям с запасами влаги в почве несколько ниже среднего [16]. Также, нами были проанализированы жизненные формы флоры семейства *Caryophyllaceae* Заилийского Алатау. Под жизненной формой подразумевается совокупность взрослых особей данного вида в определенных условиях произрастания, обладающих своеобразным общим обликом (габитусом), включая надземные и подземные органы (подземные побеги и корневую систему) [18]. Анализ жизненных форм видов Заилийского Алатау представлен на рисунке 3. По количеству видов, преобладающими являются многолетники (59 видов или 66,29%), затем однолетники (25 видов или 28,09%), а наименьшая часть видов относится к двулетникам (5 видов или 5,62%).

Во флоре Заилийского Алатау из семейства *Caryophyllaceae* встречаются 21 хозяйственно значимых и 4 сорных видов. Среди полезных групп растений имеются кормовые, лекарственные, ядовитые, мыльные и декоративные. Из которых наибольшее количество видов приходится на долю лекарственных растений. На территории всего Казахстана лекарственные растения из семейства *Caryophyllaceae* представлены 41 видом относящимися к 21 роду [19]. На территории Заилийского Алатау встречается 21 вид или 51,22% от общего количества видов лекарственных растений из семейства *Caryophyllaceae*.

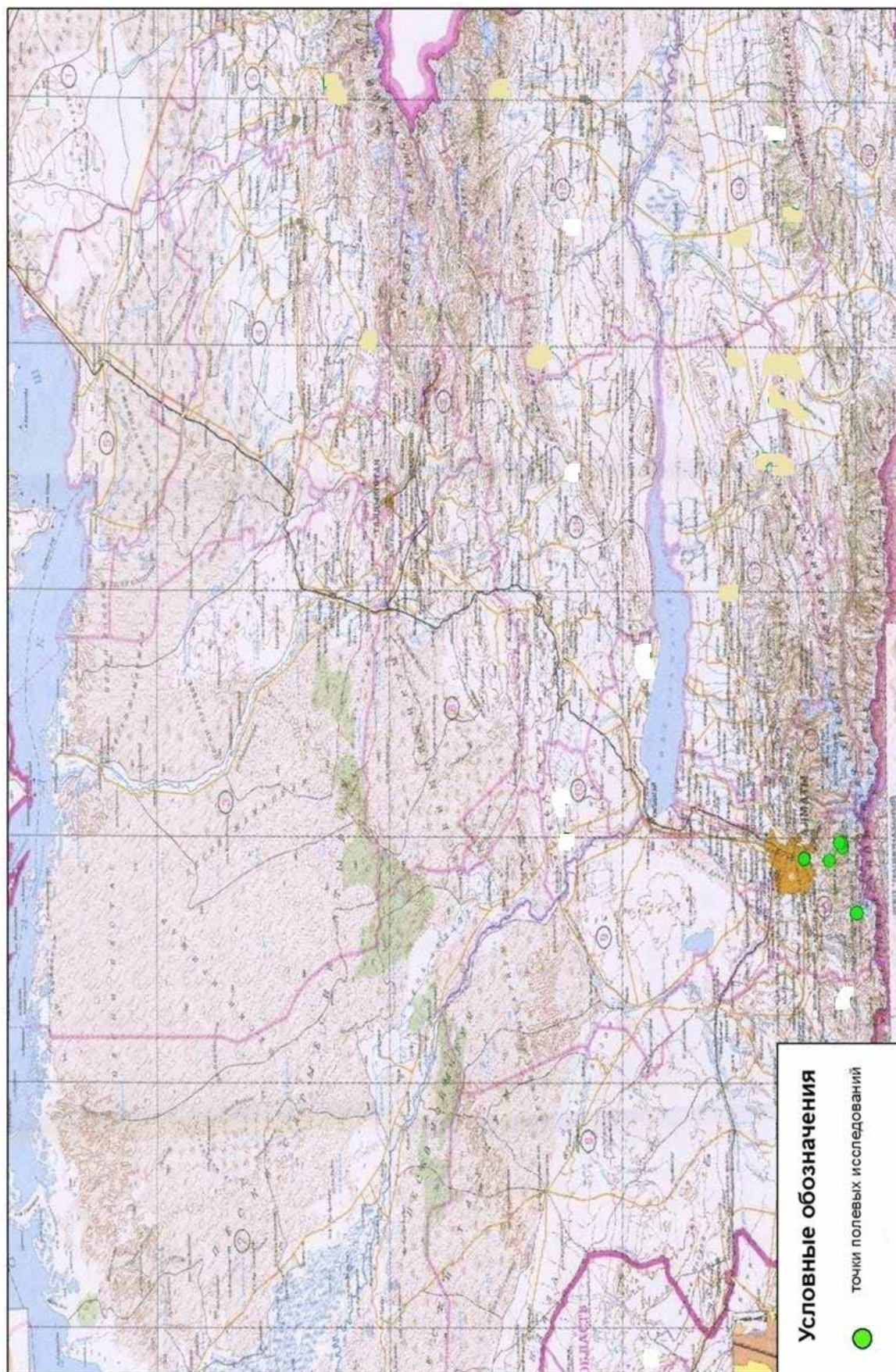


Рисунок 1 – Карта-схема полевых исследований Зайлийского Алатау

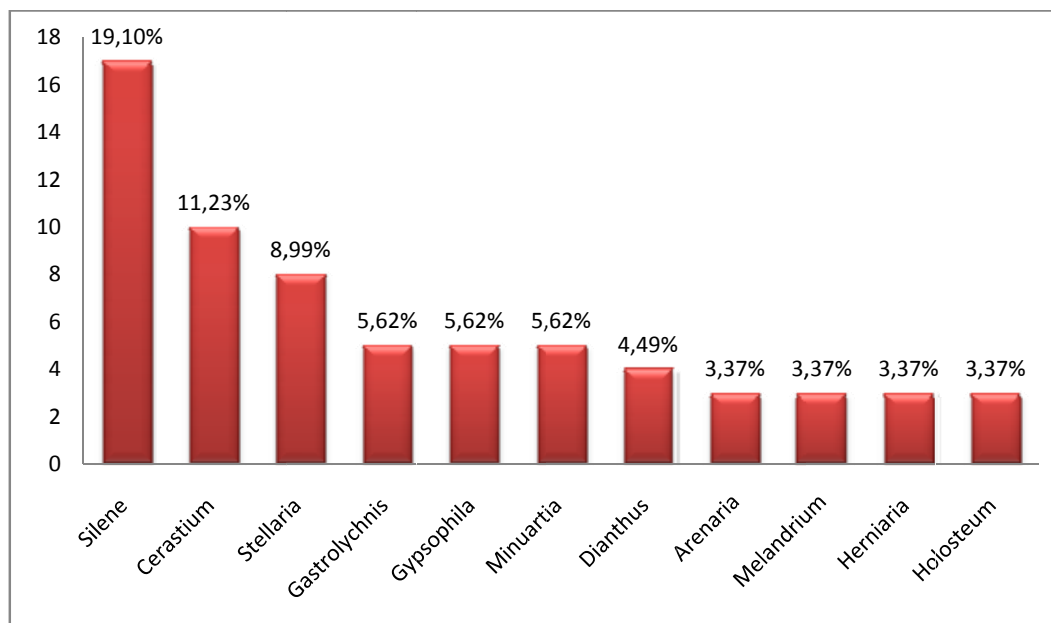


Рисунок 2 – Родовой спектр семейства *Caryophyllaceae* Заилийского Алатау

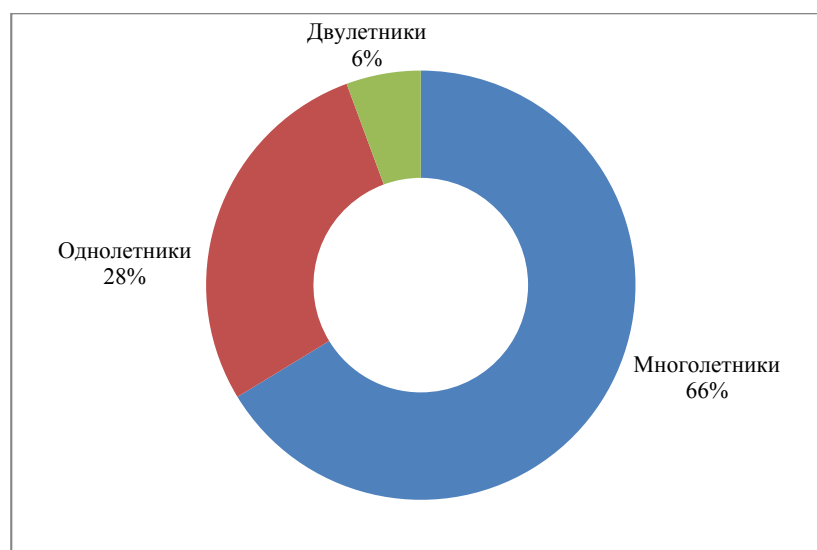


Рисунок 3 – Жизненные формы растений Заилийского Алатау семейства *Caryophyllaceae*

Представители лекарственной флоры данного региона находят применение при лечении различных заболеваний, таких как: сердечно-сосудистой и нервной системы, дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта, почек и мочевыводящих путей, гинекологических заболеваний. Также обладают такими свойствами как: жаропонижающие и противовоспалительные, отхаркивающие, ранозаживляющие и обезболивающие, антибактерицидные и анти-

фунгальные, глистогонные и антигельминтные и другими свойствами[20]. Приведем несколько примеров лекарственных растений. Например, *Acanthophyllumpungens* (Bunge). Boiss. Мн. Корень 5–15 мм толщ., вертикальный, многоглавый; стебли в числе нескольких, 15–35 см выс., от основания растопыренно-ветвистые, образующие почти шаровидный кустик, покрытые короткими волосками; листья 2–4 см дл. и 1–1,5 мм шир., шиловидно-колючие, горизонтально от-



стоящие, в пазухах их укороченные веточки из более мелких, шиловидных листьев; цветки на верхушке стеблей и ветвей в шишковидно-головчатых соцветиях; прицветники ланцетно-шиловидные, наверху отогнутые, колючие; чашечка 6–7 мм дл. и 1,5–2 мм шир., трубчатая, коротко опушенная, с широко треугольными, на конце шиловидно-колючими зубцами, около 1 мм дл.; лепестки красновато-розовые, в 1,5 раза длиннее чашечки; тычинки почти вдвое длиннее чашечки. Цв. V–VI [21].

Распространение. Встречается повсеместно на территории Казахстана, кроме севера и высокогорий.

Сбор и заготовка сырья. В качестве сырья используют корни растения.

Химический состав. Содержит тритерпеновые сапонины

Применение. Используется как отхаркивающее средство [19].

*Agrostemma githado* L. Куколь обыкновенный (народные названия: волошки, гвоздика полевая, гуголь, конкаль, кукловая путик, торица трава) – однолетнее мягковолосистое растение с прямым стеблем высотой 30–80 см. Листья линейные или линейно-ланцетные, острые цветки крупные, красные, изредка белые, без запаха. Лепестки цельные с выемкой на верхушке, постепенно суженные в коготок. Тычинок десять, пестик с пятью столбиками и верхней завязью. Плод – одногнездная коробочка, раскрывающаяся пятью створками, с почковидными крупными бугорчатыми черными ядовитыми семенами. Цветет летом и в начале осени.

Распространение. Распространен повсеместно на территории Казахстана, за исключением пустыни.

Сбор и заготовка сырья. С лечебной целью используются трава (стебли, листья, цветки), корни и семена. Траву заготавливают в июне-июле, корни и семена – осенью.

Химический состав. В семенах содержится до 6% сапонины гитагина, в состав которого входит агростемовая кислота. Растение ядовитое, семена сильно ядовиты.

Применение. Водный настой травы применяют при простудных заболеваниях и болях в желудке. Настой семян назначают при коклюше, маточных кровотечениях и как мочегонное, противоглистное и отхаркивающее средство.

Применение в народной медицине. Применяют траву и семена при лечении опухолей различного происхождения, фурункулеза, геморроя, дерматозов. Настоем травы и семян по-

лощут полость рта при зубной боли. Внутреннее применение куколя обыкновенного как ядовитого растения требует большой осторожности и врачебного контроля [19].

*Allochrysa gypsophiloides* (Regel) Schischk. Аллохрузакачимовидная. Многолетник. Корневище длинное, до 7 мм толщ.; стебли 50–80 см выс., прямые, голые, беловатые или пурпурово-окрашенные, в узлах сильно утолщенные, от основания с сильно отклоненными, длинными ветками; листья 1–2 см дл. и 0,5–3 мм шир., линейно-шиловидные, голые или очень редко чуть шероховатые, с толстой срединной жилкой и менее заметными 2 боковыми, на конце острые, чуть колючие, в пазухах с укороченными побегами; цветки на верхушках стебля и ветвей в рыхлых дихазиях, образующих широкое метельчатое соцветие; цветоножки 5–10 мм дл.; прицветники около 0,5 мм дл., ланцетные, прижатые к чашечке; чашечка 3 мм дл., узкоколокольчатая, голая, часто фиолетово-окрашенная, до надрезанная на широко треугольные, туповатые, узко бело-окаймленные зубцы; лепестки белые или розоватые, в 1,5 раза длиннее чашечки, широко-обратно-продолговатые, наверху округлые. Цв. V–VII [21].

Распространение. Встречается в предгорьях от Чу-Илийских гор до Западного Тянь-Шаня.

Сбор и заготовка сырья. Сырье: корни.

Химический состав. Содержит углеводы, сапонины тритерпеновые, антрагликозиды. Применение. Используется как отхаркивающее, ранозаживляющее средства; Используется так же в ветеринарии [19].

*Cerastium arvense* L. Ясколка луговая (полевая) – многолетнее травянистое растение высотой 10–40 см с распростертым стеблем, сильно ветвистым. Иногда все растение голое. Листья ланцетные или широколанцетные, иногда продолговатояйцевидные, 1–2 см длиной и 1,5–4 мм шириной, короткоопушенные, с бесплодными побегами в пазухах. Цветки на верхушке стебля в небольшом полузонтике. Чашелистики яйцевидноланцетовидные, 4–6 мм длиной и 1,5 мм шириной, железисто-опушенные, с пленчатым краем. Лепестки в 2–2,5 раза длиннее чашечки, на верхушке на одну треть надрезанные. Плод – коробочка, равная чашечке или в 1,5 раза длиннее ее. Цветет с конца весны по конец лета.

Распространение. Встречается повсеместно на территории Казахстана, кроме пустынь.

Сбор и заготовка сырья. С лечебной целью используется трава (стебли, листья, цветки), заготовленная во время цветения.

Химический состав. В надземной части растения обнаружены углеводы и родственные соединения, D-пинит, сапонины, фенолкарбоновые кислоты, кумарины, флавоноиды (витексин, сапонаретин, б»-0-глюкопиранозил-7-О-глюкопиранозид сапонаретина). Применение. Настой травы пьют как успокаивающее и используют для ванн при геморрое [19].

*C. davuricum* Fisch ex Spreng. Ясколка даурская. Многолетник. Растение голое, лишь иногда рассеянно-опушенное, стебли восходящие бороздчатые, 50-100 см выс.; листья яйцевидно-ланцетные или яйцевидные, 3-10 см дл. и 1,5-3 см шир.; цветки в негустых полузонтниках, цветоножки после цветения вниз отклоняющиеся; чашелистики яйцевидно-ланцетные, узко пленчато-окаймленные, голые, блестящие, 10 мм дл.; лепестки почти вдвое длиннее чашечки на верхушке до 1/3–1/4 выемчато-надрезанные, ноготки их слегка реснитчатые; коробочка 14–16 мм дл., с зубцами, завороченными наружу. Цв. VI–VIII [21].

Распространение. Встречается повсеместно на территории Казахстана.

Сбор и заготовка сырья. Сырье: надземная часть растения.

Химический состав. Содержит углеводы и родственные соединения, сапонины, фенолкарбоновые кислоты, кумарины, флавоноиды.

Применение. Используется как успокаивающее средство [19].

*C. holosteoides* Fries Ясколка обыкновенная (дернистая, костенецевидная) – однолетнее, двулетнее или многолетнее травянистое растение. Стебли высотой 8-30 см, приподнимающиеся, опушенные. Листья длиной до 3 см, шириной 3-10 мм, продолговатые или продолговато-яйцевидные, нижние с короткими черешками, верхние сидячие, опушенные. Цветки собраны в вильчатые полузонтники, сидят на удлиняющихся по отцветанию цветоножках. Прицветники травянистые, по краям пленчатые. Чашелистики длиной 5-6 мм, заостренные, по краям пленчатые, на спинке волосистые. Лепестки равны или короче чашелистиков, до трети надрезанные. Плод – коробочка, в 2 раза длиннее чашечки.

Распространение. Встречается в Джунгарском Алатау и Тянь-Шане.

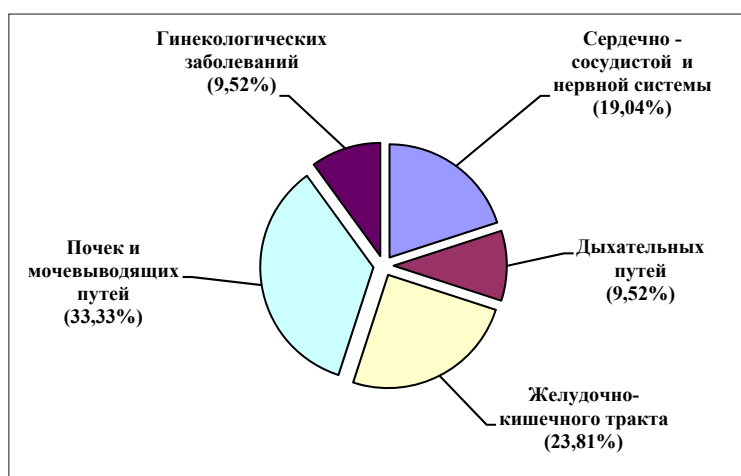


Рисунок 4 – Применение лекарственных растений семейства Caryophyllaceae Заилийского Алатау при лечении различных заболеваний

Сбор и заготовка сырья. С лечебной целью применяются корни, трава (стебли, листья, цветки), заготавливаемые во время цветения.

Химический состав. Растение содержит углеводы, сапонины, фенолкарбоновые кислоты, кумарины, флавоноиды.

Применение. В отечественной народной медицине настой травы применяется внутрь при геморрое, отвар травы используется при сыпи

и как противогрибковое, при авитаминозе, при конъюнктивите [19].

*Dianthus superbus* L. Гвоздика пышная – многолетнее травянистое растение высотой 15-60 см, с голым стеблем. Листья линейно-ланцетовидные, по краям шероховатые, острые, с 3-5 жилками. Цветки в числе 1-9, душистые, чашечка фиолетовая. Лепестки розовые, розово-пурпурные или пурпурные. Цветет в июне-июле.

Распространение. Встречается в пределах восточного Казахстана, в Заилийском Алатау.

Сбор и заготовка сырья. С лечебной целью используется трава (стебли, листья, цветки), цветки, корневища, корни, плоды, семена.

Химический состав. В траве обнаружены алкалоиды, дубильные вещества (производные пирокатехина), флавоноиды (ориентин, гомоориентин). В стеблях, корневищах, корнях – следы алкалоидов. Листья содержат сапонины, следы алкалоидов, цветки – сапонины, флавоноиды и следы алкалоидов.

Применение. Отвар корней и корневищ в народной медицине применяется при сердечных заболеваниях, а также как средство для укрепления волос. Настой и отвар травы употребляется как кровоостанавливающее при маточных и геморроидальных кровотечениях, а также при нервных заболеваниях, судорогах у детей; эпилепсии, эклампсии, обмороках, при головной боли и гонорее, как регулирующее менструальный цикл; для промывания глаз и при дерматозах. Отвар плодов в Японии применяется при заболеваниях мочевого пузыря, а отвар семян – как противовоспалительное средство. Отвар семян в китайской медицине используется как мочегонное, при дисменорее, гельминтозе (шистосоматозе). В России настоем травы пили от кашля и удушья, а отвар семян считали мочегонным средством, а также применяли при болезненном мочеиспускании, водянке и нефрите. Настоем семян и травы употребляли для обмывания глаз, как противовоспалительное средство. Экспериментально установлено, что трава повы-

шает тонус мускулатуры матки, обладает болеутоляющим и возбуждающим нервную систему действием. Семена вызывают выкидыши, ускоряют наступление менструации, поэтому противопоказаны беременным [19].

*Gastrolychnisbrachypetala* (Hornem.) Tolm. & Kozhanczikov. Гастролихнис коротколепестный. Многолетнее травянистое растение высотой 12-70 см. Стебли прямые или слегка согнутые в узлах, более или менее густо опушенные короткими светлыми волосками. Листья удлинненно-ланцетовидные, заостренные; прикорневые 2-9 м длиной и 3-10 мм шириной; стеблевых 3-5 пар. Цветки в количестве 2-6 расположены более или менее сомкнуто у верхушки стебля, во время цветения прямостоящие или наклонные; чашечка узкоколокольчатая; венчик белый или бледно-розовый; лепестки с неглубокой выемкой; семена мелкие, не окрыленные, бугорчатые. Цветет в июне-июле.

Распространение. Встречается от Алтая до северного Тянь-Шаня.

Сбор и заготовка сырья. С лечебной целью используется трава (стебли, листья, цветки).

Химический состав. В корнях, стеблях, листьях, цветках обнаружены следы алкалоидов.

Применение. Настой, отвар травы в тибетской медицине используется при гастритах, глухоте, рините [19].

Из изученных растений 33,33% или 7 видов применяются для лечения почек и мочевыводящих путей, по 28,57% занимают лекарственные растения использующиеся как отхаркивающие (6 видов), ранозаживляющие и обезболивающие (6 видов) (рисунки 4, 5).

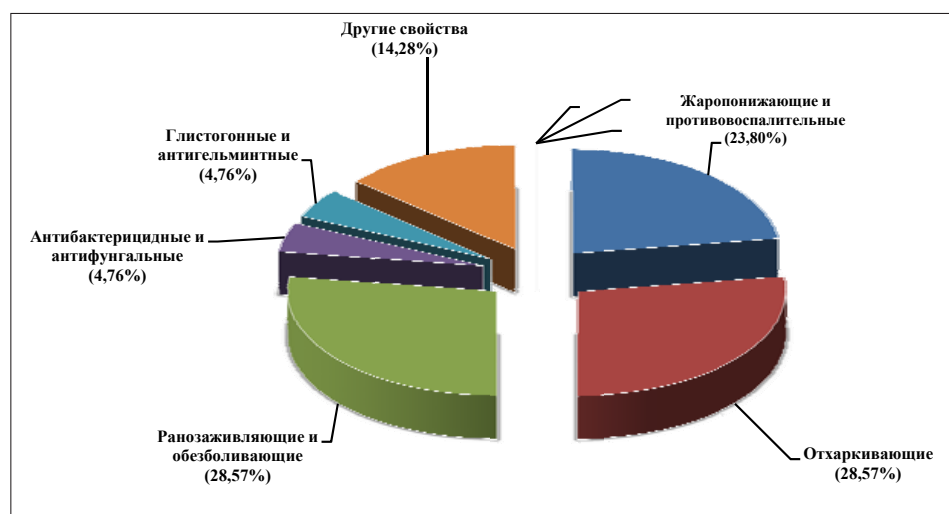


Рисунок 5 – Свойства лекарственных растений семейства Caryophyllaceae Заилийского Алатау

Помимо полезных растений во флоре Заилийского Алатау из семейства *Caryophyllaceae* встречается один эндемичный вид (*Silene tianschanica*), который также является и редким видом, относящийся ко II категории (U):

*Silenetianchanica* Schischk.

Семейство *Caryophyllaceae* Juss.

Статус. II категория. Редкий вид.

Морфология. Многолетнее травянистое растение. Стебли у оснований древеснеющие, ветвистые, 30-40 см в выс., голые. Листья линейно-ланцетные. Соцветие узкометельчатое. Чашечка узкоколокольчатая, кожистая, голая. Листья беловатые с пластинкой, почти до основания разделенные на продолговатые доли. Коробочка яйцевидная. Размножение семенное.

Цветет в июне-июле, плодоносит в июле. Растет медленно.

Распространение в Казахстане. Заилийский Алатау: горы Турайгыр.

Численность. Запасы крайне незначительны. Встречается единичными экземплярами

Экология и биология. Скалы и каменистые склоны низкогорий.

Меры охраны. Необходимо организовать заказник в горах Турайгыр [22].

Таким образом, в результате наших исследований было выявлено, что в семействе *Caryophyllaceae* Заилийского Алатау распространено 89 видов, относящихся к 29 родам.

Лидирующее положение из родов семейства занимает род *Silene*.

### Литература

- 1 География и мониторинг биоразнообразия // Колл. авторов. – М.: Научный и научно-методический центр, 2002. – 432 с.
- 2 Постановление Кабинета Министров Республики Казахстан от 19 августа 1994 года N 918
- 3 Конвенция о биологическом разнообразии. От 9 июня 1992.// ООН, 1992.
- 4 Романова Э. П., Куракова Л. И., Ермаков Ю. Г. Природные ресурсы мира. Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 304 с.
- 5 Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г. Список лекарственных растений Казахстана. – Алматы, 2012. – 139 с.
- 6 Жандаев Ж.Ж. Природа Заилийского Алатау. – Алма-Ата, 1978. – 160 с.
- 7 Станюкевич К.В. Растительность гор СССР. – Душанбе, 1973. – 416 с.
- 8 Шульц С.С. Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня. – М., 1948. – 223 с.
- 9 Флора СССР. – М.-Л., 1934-1964. – Т. 1-30.
- 10 Флора Казахстана. – Алма – Ата: Наука, 1956-1967. – Т.Т. 1-9.
- 11 Определитель растений Средней Азии. – Ташкент: ФАН, 1968-1996. – Т.Т. 1-10.
- 12 Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1969-1972. – Т.1-2.
- 13 Байтенов М.С. Флора Казахстана. – Алматы: Ғылым, 2001. – Т. 1-2.
- 14 Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. – Л.: Наука, 1987. – 439 с.
- 15 Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. – Л.: Наука, 1981. – 509 с.
- 16 Культиясов И.М. Экология растений. М.: Московского университета, 1982. – 348 с.
- 17 Серебряков И.Г. Экологические группы и жизненные формы растений // Ботаника (Анатомия и морфология растений). – М., 1978. – С. 431-461.
- 18 Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – М., 1952. – 390 с.
- 19 Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Нелина Н.В., Каржаубекова Ж.Ж. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана, том 20 (1): Справочное издание. – Алматы, 2014. – 200 с.
- 20 Мухитдинов Н.М., Паршина Г.Н. Лекарственные растения: Учебное пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2002. – 313 с.
- 21 Павлов Н.П., Гамаюпова А.П., Доброхотова К.В., Кузнецов Н.М., Поляков П.П. Флора Казахстана в 9 т./ Гл.ред. Павлов Н.В.: Из-во. Академия наук Казахской ССР, 1956-1966.
- 22 Красная книга Казахстана. – Изд.2-е. Том 2.: Растения. – Астана. ТОО «Арт PrintXXI», 2014. – 452 с.

### References

- 1 Geography and biodiversity monitoring. [Geografiyai monitoring bioraznობraziiya. Kollektivavtorov] (2002 ) Scientific and scientific-methodical center. Moscow: 432. (In Russian)
2. 918-1994 Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Kazakhstan dated August 19, 1994. [PostanovlenieKabinetaMinistrovRespublikiKazahstanot 19 avgusta 1994 goda N 918] (In Russian)
- 3 The Convention on Biological Diversity. UNEP (1992). [Konventsiya o biologicheskomraznობraziiOt 9 iyunya 1992]. (In Russian)
- 4 Romanova E.P., Kurakova L.I., Ermakov Y.G. (1993) World's natural resources. [Prirodnieresursyimira] MGU, Moscow: 304. (In Russian)

- 5 Grudzinskaya L.M, Gemedzhieva N.G. (2012) List of medicinal plants in Kazakhstan. [SpisoklekarstvennyihrasteniyKazahstana] Almaty: 139. (In Russian)
- 6 Jandaia J.J. (1978) Nature Trans-Ili Alatau. [PrirodaZailiyskogoAlatau] Almaty: 160. (In Russian)
- 7 Stanyukevich K.V. (1973) Flora of USSR mountains. [Rastitelnostgor SSSRP] Dushanbe: 416. (In Russian)
- 8 Schultz S.S. (1948) Analysis of recent tectonics and relief Tien Shanya. [AnaliznoveysheytekonikiirelefTyan-Shanya] Moscow: 223. (In Russian)
- 9 Flora of the USSR. [Flora SSSR] (1934-1964) Moscow. 1-30. (In Russian)
- 10 Flora of Kazakhstan. [FloraKazahstana] (1956-1967) Science, Alma – Ata. 3. (In Russian)
- 11 Guide to the Plants of Central Asia. [OpredelitelrasteniySredneyAzii] (1968-1996) Tashkent. 1-10. (In Russian)
- 12 Illustrated Manual of the plants in Kazakhstan. [IllyustrirovannyiyopredelitelrasteniyKazahstana] (1969-1972) Science, Alma-Ata. 1-2. (In Russian)
- 13 Baitenov M.S. (2001) Flora of Kazakhstan. [Flora Kazahstana]Gylym, Almaty. 1-2. (In Russian)
- 14 Takhtadzhyan A.L. (1987) Magnoliofitov system. [Sistema magnoliofitov] Science, Leningrad: 439. (In Russian)
- 15 Cherepanov S.K. (1981) Vascular plants of the Soviet Union. [Sosudistyierasteniya SSSR] Leningrad, Science: 509. (In Russian)
- 16 Kultiyasov I.M. (1982). Plant ecology. [Ekologiyarasteniy ] Moscow University. Moscow : 348. (In Russian)
- 17 Serebryakov I.G. (1978) Environmental groups and plant life forms. Botany (anatomy and morphology of plants). [Ekologicheskiegruppyiizhiznennyieformyirasteny. Botanika. Anatomiyaimorfologiyarasteny] Moscow: 431-461. (In Russian)
- 18 Serebryakov I.G. (1952) The morphology of the vegetative organs of higher plants. [Morfologiyavegetativnyihorganovyvishihrasteny]Moscow: 390. (In Russian)
- 19 Grudzinskaya L.M., Gemedzhieva N.G., Nelina N.V., Karzhaubekova J.J. (2014) Annotated list of medicinal plants in Kazakhstan.[AnnotirovannyiyispisoklekarstvennyihrasteniyKazahstana. Spravochnoeizdanie.] Reference book.Almaty. 20 (1): 200. (In Russian)
- 20 Mukhitdinov N.M., Parshina G.N. (2002) Medicinal plants. Textbook. [Lekarstvennyierasteniya: Uchebnoeposobie] Kazakh University. Almaty: 313. (In Russian)
- 21 Pavlov N.P., Gamayupova A.P., Dobrokhotova K.V., Kuznetsov N.M., Polyakov P.P. (1956-1966 ) Kazakhstan Flora. [Flora Kazahstana v 9 t] NV Gl.red.Pavlov. From-in. Kazakh SSR: 1-9. (In Russian)
- 22 The Red Book of Kazakhstan. [KrasnayaknigaKazahstana] (2014)2: 452.(In Russian)



2-бөлім  
**ЗООЛОГИЯ**

---

Раздел 2  
**ЗООЛОГИЯ**

---

Section 2  
**ZOOLOGY**

Кожабаета Э.Б.,  
Сапаргалиева Н.С.

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

**Морфобиологическая  
характеристика горчак  
(*Rhodeus* sp.) из р. Карашик**

С целью увеличения разнообразия ихтиофауны на водоемах территорий Казахстана проводились неоднократные мероприятия по акклиматизации ценных промысловых чужеродных видов рыб, которые меняют разнообразие местной ихтиофауны, вытесняют аборигенные виды, занимают их экологическую нишу, являются конкурентами в кормовой базе с местными обитателями. В настоящее время чужеродные виды заселили практически все водоемы Казахстана, вытесняя местную аборигенную ихтиофауну. В связи с чем, изучение чужеродных видов является актуальным вопросом. В одном из плановых работ по акклиматизации рыб в водоемы Казахстана вместе с промысловыми рыбами попали сорные чужеродные виды. Один из этих видов – горчак. В последние годы горчак многочисленно встречается в водоемах Казахстана. Биология горчак из бассейна Сырдарьи мало изучена. Показано, что в реке Карашик горчак является многочисленным видом. Результаты морфологического и биологического анализа рыб показывают, что исследуемая выборка является однородной. Среди исследованных экземпляров не обнаружено различие по морфологическим признакам. Даны рекомендации о необходимости регулирования численности горчак в р. Карашик для сохранения местной аборигенной ихтиофауны.

**Ключевые слова:** ихтиофауна, акклиматизация, горчак, чужеродный вид, морфология, биология.

Kozhabaeva E.B.,  
Sapargalieva N.S.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

**Morphological and biological  
characteristic of bitterling fish  
(*Rhodeus* sp.) from river Karashik**

Alien species – species which has been introduced in water bodies beyond their natural distribution intentionally or accidentally. In order to increase the diversity of fish fauna in Kazakhstan waters basins were regularly conducted acclimatization of alien species. However, check-in types in a new environment lead to change ecosystems: make an impact on the local fish fauna, replace niche imprint. Aborigine species are competitors in the stern-based local inhabitants. Therefore, the study of alien species becomes more pressing issue. One of the planned acclimatization of valuable species were brought a new alien species – bitterling (*Rhodeus* sp.). It refers to the weedy alien species. It should be noted, that the biology of bitterling from Syr Darya Basin has poorly studied. This study examines the current status and morphological and biological characteristics of bitterling (*Rhodeus* sp.) from river Karashik. Were analyzed the results of morphological and biological features.

**Key words:** fish fauna, acclimatization, bitterling fish, alien species, morphology, biology.

Кожабаета Э.Б.,  
Сапаргалиева Н.С.

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

**Қарашық өзеніндегі кекіре  
балығының (*Rhodeus* sp.)  
морфобиологиялық  
сипаттамасы**

Қазақстан территорияларында ихтиофаунаың алуантүрлілігін арттыру мақсатында бөгде балықтарды акклиматизациялау жұмыстары бірнеше рет жүргізілген. Алайда, жаңа тіршілік ортасына бөгде организмдерді жерсіндіру сол ортаның экосистемасының өзгеруіне әкеп соғады. Жергілікті ихтиофаунаың құрамы өзгереді, олар басқа орталарды иемденеді, жергілікті түрлерді ығыстырады, аборигенді түрлердің қоректік базасына бәсекелес болады. Қазіргі кезде жерсіндірілген балық түрлері, жергілікті түрлерді ығыстырып Қазақстанның барлық суқоймаларын жайлап кетті. Сол себепті, қазіргі таңда бөгде түрлерді зерттеу маңызды болып саналады. Қазақстан суқоймаларында жерсіндіру процесі кезінде бөгде түрлермен бірге кәсіптік маңызы жоқ жаңа балық түрлері де енген. Сол балық түрлерінің біреуі – кекіре. Соңғы жылдары Қазақстанның кейбір суқоймаларында кекіре балығы жиі және көптеп кездеседі. Сырдария бассейні суқоймаларында кездесетін кекіренің биологиясы аз зерттелген. Қазіргі таңда Сырдария бассейніне жататын Қарашық өзенінде кекіре балығы көптеп кездеседі. Кекіре балығына жасалған морфологиялық және биологиялық талдау нәтижелері зерттелген іріктемелердің біркелкі екенін көрсетеді. Зерттелген балықтардың арасында морфологиялық белгілері бойынша айырмашылықтар байқалмады. Қарашық өзеніндегі жергілікті аборигендік ихтиофаунаы сақтау мақсатында кекіре балығының санын реттеу керектігі ұсынылды.

**Түйін сөздер:** ихтиофауна, акклиматизация, кекіре, бөгде түр, морфология, биология.



**МОРФОБИОЛОГИЧЕСКАЯ  
ХАРАКТЕРИСТИКА  
ГОРЧАКА  
(*Rhodeus* sp.)  
ИЗ Р. КАРАШИК****Введение**

Современное состояние ихтиофауны водоемов Казахстана настолько изменилось, что в ряде водоемов сохранились следы существовавших недавно многочисленных видов. Существует несколько причин деградации аборигенных видов рыб. Это интенсификация промысла местными жителями, акклиматизация новых видов и гидростроительство. Из всех перечисленных проблем роль акклиматизации в изменении разнообразия ихтиофауны водоемов Казахстана огромна.

Бассейн р. Сырдарья является одним из наиболее освоенных человеком регионов Средней Азии. В последние четверти XX века нерациональное использование водных ресурсов привели к экологическому кризису бассейна р. Сырдарья. Обеднею разнообразие ихтиофауны, уменьшилась численность промысловых видов рыб. После чего, в бассейн р. Сырдарья были организованы мероприятия по вселению новых промысловых видов рыб.

История вселения чужеродных видов рыб в период естественного гидрологического режима и предкризисный период бассейна р. Сырдарья подробно описана Г.М. Дукравцом и В.П. Митрофановым [1]. Первый период акклиматизационных работ в Казахстане приходится к началу XX века [2]. Заселение чужеродных видов в водоемах Казахстана проводилась неоднократно. В настоящее время их можно встретить практически во всех равнинных водоемах бассейна реки Сырдарья.

В период акклиматизации были завезены как плановые так и неплановые виды рыб. В результате непланового заселения в начале 1960-х гг. горчак (род *Rhodeus*) проник в воды Сырдарьи из Аккурганского рыбокомбината, куда был завезён вместе с растительноядными рыбами с Дальнего Востока или из Китая [2]. В списке ихтиофауны Казахстана на период 1986-1990 гг. [3] глазчатый горчак *R. ocellatus* указан как интродуцент в бассейне р. Сырдарья, и впоследствии он неоднократно здесь отмечался [4]. Горчак обыкновенный предпочитает водоёмы со стоячей или слаботекущей водой. Питается, в основном, растительной пищей: нитчаткой, водорослями. Горчак способен к размножению на втором году жизни, при длине тела 3-4 см.

Икру горчаки откладывают весьма своеобразно. Ко времени нереста у самок вырастает довольно длинный яйцеклад, и с его помощью они откладывают икру во внутрь раковины живых двустворчатых моллюсков – перловиц (*Unio*) и беззубок (*Anodonta*). Самцы к этому времени окрашиваются более ярко. Чешуя приобретает розовато-перламутровый оттенок, на голове у них появляются небольшие эпителиальные бугорки, цвет плавников становится более насыщенным. Плодовитость у обыкновенного горчака небольшая, 220–280 икринок. Нерест порционный, до 5 икринок за один раз. Икринки развиваются под защитой крепких створок моллюска.

Большинство исследователей изучает в водоемах Казахстана промысловых вселенцев. При этом инвазийным видам уделено очень мало внимания. В связи с этим в качестве объ-

екта исследований мы выбрали чужеродный вид горчака. Целью работы являлось оценить современное состояние и дать морфологическую и биологическую характеристику горчака из р. Карашик.

Река Карашик берет свое начало на юго-западном склоне хребта Каратау в районе города Кентау (рисунок 1). Река протекает в глинистом широком логу, где выпасается скот. Древесная растительность вдоль берегов представлена преимущественно отдельно стоящими деревьями ивы и серебристого лоха, кустарниковая – отдельными небольшими группами чингиля.

Ширина реки составляет 3-5 м с плёсами шириной до 20 м и глубиной более 1,7 м. Дно реки илистое, илисто-песчаное и песчано-галечниковое. Большая часть воды используется для орошения, поэтому р. Сырдарья этот приток достигает лишь в многоводные годы.



Рисунок 1 – р. Карашик (Сырдарьинский бассейн – стрелкой показано начало реки)

### Материалы и методы исследования

В данной работе использованы материалы, собранные летом в 2016 г. в ходе экспедиции в Сырдарьинском бассейне. Для отлова рыб использовали рыболовные сачки различной конструкции с ячейей 3-5 мм. Для морфобиологического анализа было взято 74 экземпляров, из них морфологическому анализу подвергнуто 25 экз., биологическому анализу 49 экземпляров рыб. Рыб для морфобиологического анализа

фиксировали на месте в 4% растворе формалина, дальнейшая обработка материала проводилась в лаборатории по схеме, предложенной И.Ф. Правдиным [5]. Для описания морфологических и биологических характеристик использовались общепринятый ихтиологические обозначения. Анализ проводился по 6 счетным и 28 пластическим признакам.

Обозначения пластических признаков: антедорсальное расстояние (aD), антепектральное расстояние (aP), антевентральное расстояние

aV, антеанальное расстояние aA, длина хвостового стебля (lca), расстояние между грудного и брюшного плавников (PV), расстояние между брюшного и анального плавников (VA), длина головы (lc), длина рыло (ao), диаметр глаз (o), заглазничный отдел головы (op), длина верхней челюсти (lmx), длина нижней челюсти (lmd), расстояние между глаз (io), высота головы (hco), высота головы у затылка (hc), ширина ротового аппарата (wm), ширина лба (wo), наибольшая высота тела (H), наименьшая высота тела (h), длина основание спинного плавника (lD), высота спинного плавника (hD), длина основание анального плавника (lA), высота анального плавника (hA), длина грудного плавника (P), длина брюшного плавника (V), длина верхней лопасти хвостового плавника (Cs), длина нижней лопасти хвостового плавника (Ci), длина середины хвостового плавника (Cm) [5].

Схема измерения меристических признаков следующая: число чешуй в боковой линии (ll), число лучей в спинном плавнике (D), число лучей в анальном плавнике (A), число лучей в грудном плавнике (P), число лучей в брюшном плавнике (V), число позвонков (vertebra) [5].

Для биологического анализа использовали признаки: длина всей рыбы (L), длина без хвостового плавника (l), общий вес тела (Q), вес без внутренностей (q). Упитанность рыб высчитывалась по формулам Фультона и Кларк [5].

Измерение проводилось штангенциркулем (ЩЦ-1, Matrix, Китай) с точностью до 0,1 мм. Рыб взвешивали на электронных весах (Scout-Pro, ОНОУС, Китай) с точностью до 0,1 г. Показатели флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков оценивались по методике, предложенной В.М. Захаровым [6]. Для выявления асимметрии использовались показатели: число чешуй в боковой линии (ll) с левой и правой стороны, число лучей в грудном плавнике (P) с левой и правой стороны, число лучей в брюшном плавнике (V) с левой и правой стороны.

Для статистической обработки использовались минимум, максимум, среднее значение, среднее отклонение, стандартное отклонение, дисперсия и коэффициент вариации по руководству Г.Ф. Лакина [7].

### Результаты исследования и обсуждение

В результате исследований нами впервые проведен полный морфометрический анализ инвазионного вида горчак из р. Карашик Сырдарьинского бассейна. Изученные выборки гор-

чака представлены половозрелыми самками и самцами при длине от 36,00 до 56,00 мм. Анализированные рыбы характеризовались следующими морфологическими особенностями. Тело высокое, сжато с боков, на хвостовом стебле проходит черная полоса. На спинном плавнике у некоторых особей имеется черное пятно. Число лучей: в спинном плавнике – II-III – 10-11; в анальном плавнике – II- 10-11; в грудном плавнике (без разделения на ветвистые и не ветвистые) – 11-12; в брюшном плавнике (общее число всех лучей) 6-7 (рисунок 2).

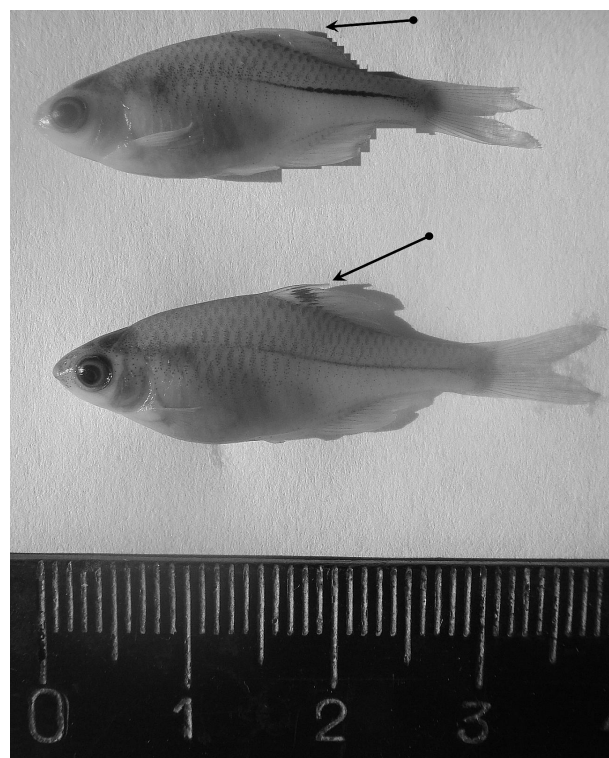


Рисунок 2 – Внешний вид горчак (сверху горчак без черного пятна в спинном плавнике, ниже горчак с черным пятном в спинном плавнике)

По окраске тела и внешнему виду в целом, горчак из реки Карашик не отличается по сравнению с опубликованными данными [4]. В исследованных выборках у 20% самок длина яйцевода достигала до конца хвостового плавника, у 24% особей яйцевод не достигал до хвостового плавника, на рисунке 3 показаны самки с яйцеводом.

Биологическая характеристика горчак представлена ниже в таблице 1. Результаты исследования морфобиологического анализа показали,

что пределы признаков изменились в пределах по сравнению с опубликованными работами. По известным данным у горчака из р. Или в изученных нами выборках биологические показатели уменьшились в минимальную сторону.

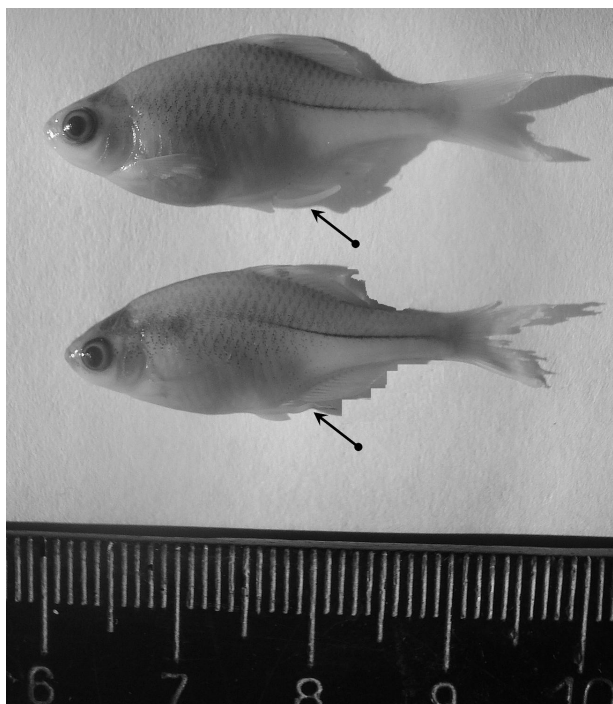


Рисунок 3 – Самки горчака с яйцекладом

Упитанность рыб меняется в пределах от 0,54 до 2,07 грамм. Анализированные рыбы имели жир в полости тела и по пятибалльной шкале соответствует 4-5 балла. Это указывает на то, что кормовая база р. Карашик для этого вида достаточна. У всех исследованных особей обнаружены зрелые половые железы на разных стадиях развития от II до V.

Численность самцов преобладала и составила 70% от общего числа. Остальные 30% принадлежат самкам. Гонады двух самок были на последней стадии зрелости (V), у остальных экземпляров на III-IV стадии зрелости. Число икринок этих особей составлял от 150 до 160 штук. Размер икринок был разным – мелкие и крупные, желтого цвета. Это показывает, что у горчака икрометание порционное и продолжается с весны до лета.

В таблице 2-3 представлены результаты пластических и меристических признаков горчака. Морфометрические признаки сравнивали с литературными данными горчака из р. Или [8], поскольку морфологическое описание для горчака из бассейна р. Сырдарья отсутствует.

Нами были обнаружены следующие различия: длина хвостового стебля, наибольшая высота, наименьшая высота, длина спинного плавника, длина анального плавника, высота головы у затылка показали меньшее значение. Увеличились максимальные значения антедорсального расстояния, диаметр глаз, межглазничное расстояние.

Таблица 1 – Биологическая характеристика горчака р. Карашик

Признаки	Мин – макс	М ±м	СО	Дисперсия	CV
L	36,00-56,00	43,4±3,79	4,982	24,823	11,491
l	27,00-44,00	33,7±3,18	4,110	16,893	12,204
Q	0,54-2,07	1,0±0,25	0,359	0,129	35,553
q	0,41-1,74	0,8±0,24	0,43	0,118	41,722
Fulton	2,11-2,96	2,6±0,20	0,242	0,059	9,435
Clark	1,76-2,54	2,1±0,17	0,214	0,046	10,391
Ass	0-0,67	0,3±0,21	0,260	0,068	88,753

Примечание: мин – минимум, макс- максимум, М- среднее значение, м – среднее отклонение, СО – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации, Fulton – упитанность по Фультону, Clark – упитанность по Кларк, Ass – флуктуирующая асимметрия.

**Таблица 2** – Морфологическая характеристика горчака из р. Карашик (группа пластических признаков)

Признаки	Мин – макс	M ±m	CO	Дисперсия	CV
aD	48,57-58,82	53,3±1,82	2,34	5,500	4,397
aP	22,73-29,63	25,9±1,34	1,74	3,056	6,749
aV	45,00-48,57	46,7±0,92	1,15	1,344	2,481
aA	56,76-87,50	76,4±8,08	1,25	1,568	1,449
lca	18,92-27,59	22,6±1,33	1,96	3,842	8,644
PV	20,00-24,24	21,9±0,91	1,15	1,338	5,260
VA	12,90-18,75	15,9±1,22	1,49	2,224	9,339
lc	21,43-27,59	24,2±1,36	1,64	2,699	6,782
ao	5,41-8,57	6,9±0,72	0,91	0,829	13,148
o	5,00-10,00	7,4±1,12	1,33	1,772	17,891
op	9,52-14,29	11,7±1,10	1,36	1,862	11,588
lmx	4,55-7,41	6,0±0,55	0,69	0,478	11,493
lmd	4,55-10,34	6,8±0,93	1,25	1,581	18,319
io	5,88-13,79	9,7±0,97	1,42	2,018	14,615
hco	11,11-17,24	13,1±1,09	1,45	2,117	11,061
hc	13,89-20,69	17,6±1,52	1,86	3,483	10,554
wm	4,55-7,41	6,0±0,55	0,69	0,478	11,493
wo	10,34-13,79	12,2±0,77	0,91	0,843	7,515
wc	10,00-15,63	13,0±1,31	1,61	2,594	12,300
H	5,88-40,63	34,8±4,76	8,70	75,798	24,988
h	9,38-13,79	11,6±0,72	1,00	1,003	8,574
ID	17,65-32,50	24,1±2,74	3,65	13,371	15,122
lA	15,63-24,32	20,5±2,07	2,51	6,334	12,245
P	16,67-23,33	19,6±1,31	1,67	2,794	8,495
V	12,50-20,00	15,0±1,13	1,56	2,444	10,426
Cs	2,86-36,67	29,6±3,32	6,17	38,142	20,800
Ci	10,00-34,48	29,7±2,96	4,78	22,863	16,059
Cm	13,64-20,59	17,6±1,53	1,85	3,448	10,526

Примечание: мин – минимум, макс- максимум, M- среднее значение, m – среднее отклонение, CO – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации,

Результаты меристических признаков показаны в таблице 3. Меристические признаки изученного нам горчака количество чешуй в боковой линии, количество позвонков совпадают

с литературными данными из р. Или, опубликованной В.Е. Карповым и С.С. Калдаевым [3], тогда как количество лучей в спинном и анальном плавнике имеют различия.

Таблица 3 – Морфологическая характеристика горчака из р. Карашик (группа меристических признаков)

Количество	Мин- макс	М ±м	СО	Дисперсия	CV
II	30-34	32,1±0,90	1,187	1,410	3,701
D невр	2-3	2,3±0,46	0,490	0,240	20,758
D ветв	9-12	10,7±0,65	0,792	0,627	7,385
A неветв	1-2	1,9±0,14	0,277	0,077	14,421
A ветв	9-12	10,3±0,71	0,860	0,740	8,303
P	11-14	12,4±0,82	1,000	1,000	8,065
V	6-7	6,2±0,32	0,408	0,167	6,585
vert	30-33	31,5±0,85	1,005	1,010	3,188

Примечание: мин – минимум, макс- максимум, М- среднее значение, м – среднее отклонение, СО – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации.

Таким образом, результаты морфобиологического анализа рыб показывают, что исследуемая выборка является однородной. Среди исследованных экземпляров не обнаружено различие по морфологическим признакам. Соотношение полов 1:2 с преобладанием самцов.

Результаты исследования показывают о необходимости регулирования численности гор-

чака в р. Карашик для сохранения местной аборигенной ихтиофауны. В связи с чем, для выявления влияния горчака на аборигенную и промысловую ихтиофауну требуется дальнейшее изучение биологии чужеродного горчака.

*Данная работа выполнена по гранту 2678/ГФ4 МОН РК.*

#### Литература

- 1 Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Сидорова А.Ф. Рыбы Казахстана. Акклиматизация, промысел. – Алма-Ата: Гылым, 1996. – Т. 5. – 464 с.
- 2 Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. – М.- Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Ч. 2. – С. 469-926.
- 3 Kner R. 1866. Specielles Verzeichniss der während der Reise der kaiserlichen Fregatte «Novara» gesammelten Fische. III. und Schlussabtheilung // Sitzungsber. Kaiser. Akad. Wissenschaften. Mathem.-Naturwis. Classe. V. 53. P. 543-550.
- 4 Карпов В.Е., Калдаев С.С. Морфобиологическая характеристика горчака (семейство Cyprinidae, *Rhodeus* sp.) Капшагайского водохранилища и р. Или // Рыбохозяйственные исследования в Республике Казахстан: история и современное состояние. – Алматы: Бастау, 2005. – 480 с.
- 5 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
- 6 Захаров В.М., Баранова А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
- 7 Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
- 8 Васильева Е.Д., Мамилев Н.Ш., Магда И.Н. Новые виды карпообразных рыб (Cypriniformes) в фауне Балхаш-Илийского бассейна Казахстана // Вопросы ихтиологии. – М., 2015. -Т. 55, № 4. – С. 379 – 384.

#### References

- 1 Mitrofanov VP, Dukravec GM, Sidorova AF (1992) Fishes of Kazakhstan, Acclimatization and fishery [Ryby Kazahstana. Akklimatizacija, promysel] Gylym, Almaty, Kazakhstan, pp. 464.
- 2 Berg LS (1949) Freshwater fish species of USSR and neighbor countries [Ryby presnyh vod SSSR i sopredel'nyh stran] AN SSSR, Moscow- Lenengrad, Russia, pp. 469-926.
- 3 Kner R. 1866. Specielles Verzeichniss der während der Reise der kaiserlichen Fregatte «Novara» gesammelten Fische. III. und Schlussabtheilung // Sitzungsber. Kaiser. Akad. Wissenschaften. Mathem.-Naturwis. Classe. V. 53. P. 543-550.
- 4 Karpov VE, Kaldaev SS (2005) Morfobiological characteristics of bettering (Cyprinidae, *Rhodeus* sp.) from Kapshagai reservoir. Fisheries research in the Republic of Kazakhstan: history and current status [Morfobiologicheskaja harakteristika gorchaka

(semejstvo Cyprinidae, Rhodeus sp.) Kapshagajskogo vodohranilishha i r. Ili. Rybohozajstvennye issledovanija v Respublike Kazahstan: istorija i sovremennoe sostojanie]. Bastau, Almaty, Kazakhstan, pp. 480.

5 Pravdin IF (1966) Guide on fish studies [Rukovodstvo po izucheniju ryb] Pishhevaja promyshdennost, Moscow, Russia, pp. 376.

6 Zaharov VM, Baranova AS, Borisov VI, Valeckij AV, Krjazheva NG, Chistjakova EK, Chubinishvili AT. (2000) The health of environment: the method of estimate [Zdorov'e sredy: metodika ocenki] Centr jekologicheskoy politiki Rosii, Moscow, Russia, p. 68.

7 Lakin GF. (1990) Biometrics [Biometrija] Vysshaja shkola, Moscow, Russia, p. 352.

8 Vasil'eva ED, Mamilov NSh, Magda IN. (2015) New species of cypriniformes in fish fauna of Ili-Balkhash basin, Kazakhstan, Journal of ichthyology [Novye vidy karpobraznyh ryb (Cypriniformes) v faune Balhash-Ilijskogo bassejna Kazahstana, Voprosy ihtiologii.] 55(4): 379 – 384.





3-бөлім  
**ӨСІМДІКТЕР ФИЗИОЛОГИЯСЫ  
ЖӘНЕ БИОХИМИЯСЫ**

---

Раздел 3  
**ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ  
РАСТЕНИЙ**

---

Section 3  
**PLANTS PHYSIOLOGY  
AND BIOCHEMISTRY**

Атабаева С.Д.,  
Нурмаханова А.С.,  
Кенжебаева Ш.К.,  
Асрандина С.Ш.,  
Кенжебаева С.С.,  
Алыбаева Р.А.,  
Нармуратова М.К.,  
Тыныбеков Б.М.

Казахский национальный университет  
аль-Фараби, Казахстана, г. Алматы

### Растения риса в условиях загрязнения среды ионами кадмия

Atabayeva S.D.,  
Nurmahanova A.S.,  
Kenzhebayeva Sh.K.,  
Asrandina S.Sh.,  
Kenzhebayeva S.S.,  
Alybayeva R.A.,  
Narmuratova M.K.,  
Tynybekov B.M.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

### Rice plants in cadmium polluted environment

Атабаева С.Д.,  
Нурмаханова А.С.,  
Кенжебаева Ш.К.,  
Асрандина С.Ш.,  
Кенжебаева С.С.,  
Алыбаева Р.А.,  
Нармуратова М.К.,  
Тыныбеков Б.М.

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

### Кадмий ионымен ластанған ортада өсірілген күріш өсімдігі

Был проведен скрининг различных сортов риса на устойчивость к действию различных концентраций сульфата кадмия по ростовым параметрам. В качестве объектов исследования были взяты различные сорта риса (*Oryza sativa* L.): Чапсары, Баракат, Бақанас, Виолетта, Анаит, Фишт, Маржан, Мадина. Растения выращивали 7 дней в растворах 0, 50, 100, 200, 400  $\mu\text{M}$  CdSO<sub>4</sub>. Установлено, что с увеличением концентрации кадмия рост и накопление биомассы растений снижаются. По сравнению с надземными органами корни оказались наиболее чувствительными к действию ионов кадмия. По линейному росту корней ряд устойчивости может выглядеть таким образом: Баракат (23%) > Чапсары (18%) > Виолетта (17%) > Фишт (7%) > Анаит (7%) > Маржан (5%) > Бақанас (4%). Биомасса корней растений подавлялась в большей степени, чем надземных органов. По росту надземных органов наиболее устойчивыми к действию высоких концентраций кадмия (400  $\mu\text{M}$  CdSO<sub>4</sub>) оказались сорта Мадина, Бақанас, Виолетта, в то время как сорта Маржан, Анаит и Фишт оказались чувствительными.

**Ключевые слова:** рис, кадмий, рост, устойчивость, сорт, биомасса.

The screening of different rice varieties to the effect of cadmium on growth parameters was done. As objects of the study were taken rice varieties – Chapsari, Barakat, Bakanas, Violetta, Anayt, Fisht, Marzhan, Madina. Plants were grown 7 days in solutions containing various concentrations of cadmium (Cd SO<sub>4</sub>). Plants were grown in 5 variants: control, 50  $\mu\text{M}$ , 100  $\mu\text{M}$ , 200  $\mu\text{M}$ , 400  $\mu\text{M}$  CdSO<sub>4</sub>. It was revealed that with increasing concentrations of cadmium the plants growth and accumulation of biomass are reduced. The biomass of the plant roots is inhibited to a greater degree than the above-ground organs. It was studied the action of cadmium on biomass accumulation of above-ground organs of rice. As a result of studies on the biomass accumulation by above-ground organs the rice varieties are located in the following way: Madina (75%) > Bakanas (62%) > Barakat (15%) > Chapsari (13%) > Violetta (10%) > Marzhan (3%) = Anayt (3%) > Fisht (2%). As the growth of the aerial organs most resistant to high concentrations of cadmium (CdSO<sub>4</sub> 400  $\mu\text{M}$ ) were Madina, Violetta varieties, the least – Fisht, Marzhan. In comparison with the above-ground organs the roots were the most sensitive to the effects of cadmium. According to a linear growth rice varieties are located in the following order: Barakat (23%) > Chapsari (18%) > Violetta (17%) > Fisht (7%) > Anayt (3%) > Marzhan (5%) > Bakanas (4%). It was studied the effect of cadmium on biomass accumulation by above-ground organs of rice. On the biomass accumulation by above-ground organs the rice varieties are located in the following way: Madina (75%) > Bakanas (62%) > Barakat (15%) > Chapsari (13%) > Violetta (10%) > Marzhan (3%) = Anayt (3%) > Fisht (2%).

**Key words:** rice, cadmium, growth, stability, variety, biomass.

Әсу көрсеткіші бойынша кадмий тұзы әсеріне төзімді күріштің әртүрлі сорттарына скрининг жүргізілді. Зерттеу жұмысын сапалы жүргізу үшін күріштің Чапсары, Бақанас, Виолетта, Анаит, Фишт, Маржан, Мадина әртүрлі сорттары алынды. Кадмийдің әртүрлі концентрациясынан дайындалған ерітіндіде 7 күн өсірілді: 0, 50, 100, 200, 400  $\mu\text{M}$  CdSO<sub>4</sub>. Кадмий концентрациясы жоғарылаған сайын, олардың өсуі мен биомасса жинақталуы тежелетіндігі анықталды. Тамырдың өсу деңгейі бойынша төзімді сорттарды келесі тізбек бойымен орналастырамыз: Баракат (23%) > Чапсары (18%) > Виолетта (17%) > Фишт (7%) > Анаит (7%) > Маржан (5%) > Бақанас (4%). Өсімдіктер тамырындағы биомасса жинақталуы жерүсті мүшелеріне қарағанда тежелгендігі байқалды. Кадмий тұзы иондарының әсерінен күріштің жерүсті мүшелеріндегі биомасса жинақталуы зерттелді. Жерүсті мүшелерімен салыстырғанда тамыр мүшесі кадмий иондарына төзімді екендігін көрсетті. Зерттеу нәтижесі бойынша алынған күріштің Мадина және Бақанас сорттары кадмий тұзы иондарының (400  $\mu\text{M}$  CdSO<sub>4</sub>) әсеріне төзімді екендігі, осы уақыттың ішінде күріштің Маржан, Анаит, Фишт сорттары сезімтал болып танылды.

**Түйін сөздер:** күріш, кадмий, өсу, төзімді, сорт, биомасса.

## **РАСТЕНИЯ РИСА В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ИОНАМИ КАДМИЯ**

### **Введение**

Степень загрязнения Cd почвы, удобряемой фосфорными удобрениями, может достигать 300 мг/кг сухого веса [1-7]. При действии кадмия снижается урожайность, наблюдается нарушение физиологических и биохимических процессов – снижение пигментов [8], нарушение фотосинтеза, эффективности водопотребления, минерального питания, метаболизм сахаров [9-12].

Мочковатая корневая система, увеличивающая поглощающую поверхность Cd [13], хелатирующие агенты, такие как органические кислоты, ризосферные микроорганизмы и фитосидерофоры, способствуют поглощению ионов Cd [14].

Низкие коэффициенты диффузии Cd в водный раствор показывают, что поглощение Cd корнями зависит от транспирации, что указывает на важность управления водными ресурсами в контроле за Cd [15]. Применение удобрений увеличивало концентрацию Cd в растениях [16, 17]. С увеличением ионной силы сорбция Cd частицами почвы снижается [18].

Механизм взаимодействия тяжелых металлов (ТМ) и растительного организма чрезвычайно сложен, это взаимодействие схематично можно представить следующей схемой: тяжелые металлы → клеточные мембраны → клетка → орган → система органов → организм → экологическая система.

Поступление ТМ в клетку растения осуществляется путем проникновения их через клеточные мембраны. Мембраны клеток являются первичной мишенью действия ТМ. Изменение проницаемости мембран – одно из проявлений ответных реакций растений на внешнее воздействие, которое свидетельствует о структурной перестройке мембран, которая в значительной мере определяет потенциально возможные механизмы растений противостоят неблагоприятным факторам среды [19].

Проницаемость пограничных клеточных мембран является также одним из специфических механизмов, на котором основана устойчивость растений. Проницаемость плазмалеммы для электролитов – это интегральный показатель функционального состояния клеточных мембран растений [20]. В связи с этим изучение действия ТМ на свойства клеточных мембран, в частно-

сти, на ее проницаемость, является показателем оценки устойчивости растений.

Многие внутриклеточные механизмы детоксикации, как и процессы, ограничивающие поступление ТМ в растения, неспецифичны. Так, связанный с белками теплового шока, клеточный ответ не является узко специализированным – это генерализованная система, активирующая транскрипцию ряда генов, обеспечивающих выживание клетки в экстремальных условиях. Все организмы реагируют на стресс на клеточном уровне быстрым синтезом так называемых стрессовых белков и одновременным ингибированием синтеза обычных белков. Предполагается, что в стрессовых условиях эти белки способствуют репарации денатурированных белков и защищают другие от повреждения. Это позволяет восстановиться и выжить клетке при стрессе [21].

Многие процессы, в которых участвует молекулярный кислород, сопровождаются образованием, так называемых активных форм кислорода (АФК). Постоянное образование АФК в растительной клетке является нормой и происходит главным образом в хлоропластах, митохондриях и пероксисомах. У растений накопление АФК ( $O_2^-$  и  $H_2O_2$ ) наблюдается при старении тканей, а также при стрессах, вызванных неблагоприятными условиями среды, как тяжелые металлы и засоление. В этом случае роль этих опасных молекул двойственная. С одной стороны, они провоцируют окислительные реакции, способные привести клетку к гибели, с другой – выступают как участники сигнальных каскадов, в результате которых происходит экспрессия генов, контролирующих синтез компонентов защитных систем. Стресс сопровождается не только чрезмерной генерацией АФК, но и изменением активности ферментов-антиоксидантов в ту или другую сторону. Полагают, что уровень антиоксидантной защиты и способность быстро среагировать на опасную ситуацию увеличением активности определяют устойчивость растений к стрессу. Содержание  $H_2O_2$  в клетке контролируется ферментами – антиоксидантами: супероксиддисмутазой, каталазой, аскорбатпероксидазой [22-24].

Как видно, существует целый ряд механизмов, который используют растения в борьбе с негативным влиянием стрессовых факторов окружающей среды. Изучение механизмов устойчивости к тяжелым металлам и засолению сельскохозяйственных культур, а также разработка физиологических и биохимических тест систем является очень актуальным и своевре-

менным в связи с увеличением антропогенной нагрузки на окружающую среду и представляет важный теоретический и практический интерес.

В Казахстане рис является важной импортозамещающей и экспортной культурой. Проблема загрязнения риса кадмием является актуальной в Казахстане в связи с широким применением фосфорных удобрений, а также из-за применения на засоленных почвах фосфогипса, который в своем составе содержит тяжелые металлы. В связи с этим выявление сортов риса, устойчивых к воздействию кадмия и наиболее полноценным составом минеральных веществ является необходимым шагом на пути обеспечения населения продуктами питания и использования этих сортов в селекции для получения высокопродуктивных сортов риса. Новизна исследования заключается в том, что в Казахстане впервые исследуются сорта риса на устойчивость к действию кадмия. Целью работы было выявление сортов риса (*Oryzasativa*L.), устойчивых к действию кадмия.

#### Материал и методы исследования

Объектами исследований явились различные сорта риса (*Oryzasativa*L.): Баканасский РМ-2000-183 – скороспелый сорт риса, полностью адаптированный к условиям рисосеяния на Акдалинском массиве орошения (Балхашский район Алматинской области, ТОО «Бирлик»); Маржан – среднеспелый сорт (оригинатор КазНИИ рисоводства, г. Кызылорда районирован в 1987 г. по Кызылординской области; Виолетта- глютинозный сорт риса (ВНИИ риса, 2001; Краснодар, Россия); Виолетта, Анаит и Фишт – амилозные сорта риса российской селекции; Баракат – китайский сорт, Чапсари – корейский сорт риса с большим содержанием клейковины.

Растения выращивали 7 дней в растворах, содержащих различные концентрации ионов кадмия в виде соли  $CdSO_4$  – 0, 50, 100, 200, 300, 400  $\mu$ M в факторостатных условиях при  $t-22^{\circ}C$  днем и  $18^{\circ}C$  ночью, с 14-ч фотопериодом.

Измерение биометрических показателей проводилось по общепринятым методам. Растения расчленили на надземную часть и корни. Измеряли среднюю лину корней и надземных органов. Для определения сухой биомассы растения сушили при  $105^{\circ}C$  до постоянного веса, охлаждали до комнатной температуры и взвешивали. Статистический анализ проводили, используя программу ANOVA, двухфакторный дисперсионный анализ.

### Результаты исследования и их обсуждение

При действии высоких концентраций ионов кадмия рост корней также значительно подавлялся у сортов риса. Так, например у сорта Баракат, Чапсари данный показатель снижался в наименьшей степени относительно контроля – на 76% и 81%, соответственно, в наибольшей степени снижался данный показатель у сортов Маржан, Фишт, Баканас и Анаит на 93, 94, 95 и 98%, соответственно (рисунок 1) ( $p < 0.01$ ).

Сорта Виолетта и Мадина занимали промежуточное положение. По линейному росту корней ряд устойчивости может выглядеть таким

образом ( $400 \mu\text{M CdSO}_4$ , % к контролю): Баракат (24%) > Чапсари (19%) > Виолетта (17%) > Мадина (14%) > Маржан (7%) > Фишт (6%) > Баканас (5%) > Анаит (2%).

При высокой концентрации кадмия ( $400 \mu\text{M}$ ) рост наземных органов значительно снижался. В наименьшей степени относительно контроля данный показатель снижался у сортов Виолетта, Мадина и Баканас: на 75, 77 и 80%, соответственно ( $p < 0.05$ ). В наибольшей степени снижался данный показатель у сортов Фишт и Маржан – на 96 и 97%, соответственно ( $p < 0.01$ ). Остальные сорта занимали промежуточное положение (рисунок 2).

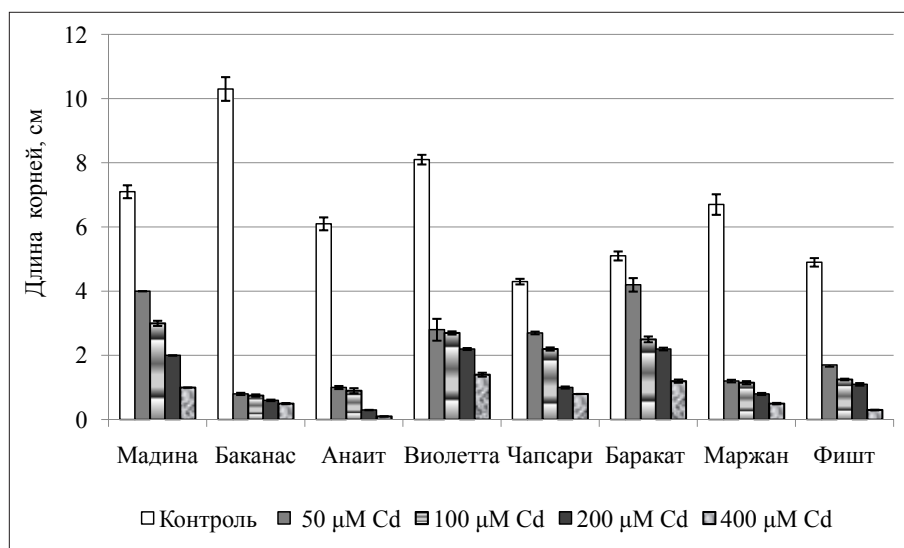


Рисунок 1 – Влияние ионов кадмия на линейный рост корней различных сортов риса

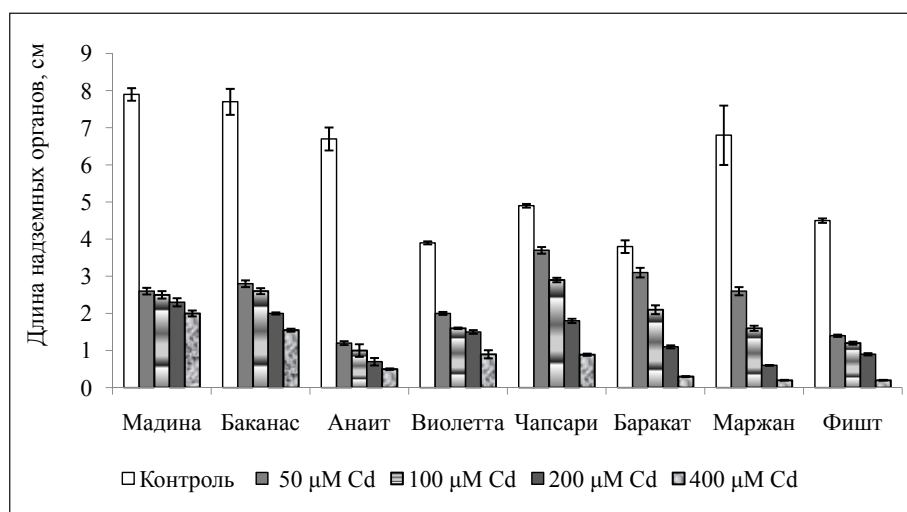


Рисунок 2 – Влияние ионов кадмия на линейный рост надземных органов различных сортов риса

По линейному росту надземных органов сорта риса расположились таким образом (400 мкМ CdSO<sub>4</sub>; % к контролю): Мадина (25%) > Виолетта (23%) > Баканас (20%) > Чапсари (18%) > Баракат (8%) = Анаит (8%) > Фишт (4%) > Маржан (3%).

*Влияние ионов кадмия на накопление биомассы сортами риса (Oryzasativa L.)*

Накопление биомассы корнями риса сильно подавлялось в результате действия высоких концентраций кадмия. У сортов Мадина и Баканас были более высокие показатели по сравнению с другими сортами. Накопление биомассы корнями у этих сортов подавлялось у сорта Баканас на 50%, у сорта Мадина – на 53% (рисунок 3). У сорта Чапсари биомасса корней снижалась на 17%. Сильнейшее снижение биомассы корней показали сорта Фишт, Баракат и Виолетта, у которых

накопление биомассы корнями снижалось на 92, 96 и 97% по сравнению с контрольным вариантом. У сортов Маржан и Анаит почти полностью подавлялось накопление биомассы корнями (на 99,5 и 99,7%, соответственно).

По накоплению биомассы корнями растений сорта при действии 400 мкМ можно расположить следующий ряд (% к контролю): Баканас (50%) > Мадина (47%) > Чапсари (17%) > Фишт (8%) > Баракат (4%) > Виолетта (3%) > Маржан (0,7%) > Анаит (0,5%) (p < 0.01).

Накопление биомассы надземными органами является интегральным показателем устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды, так как отражает интенсивность ассимиляционных процессов, в частности, фотосинтеза в условиях стресса.

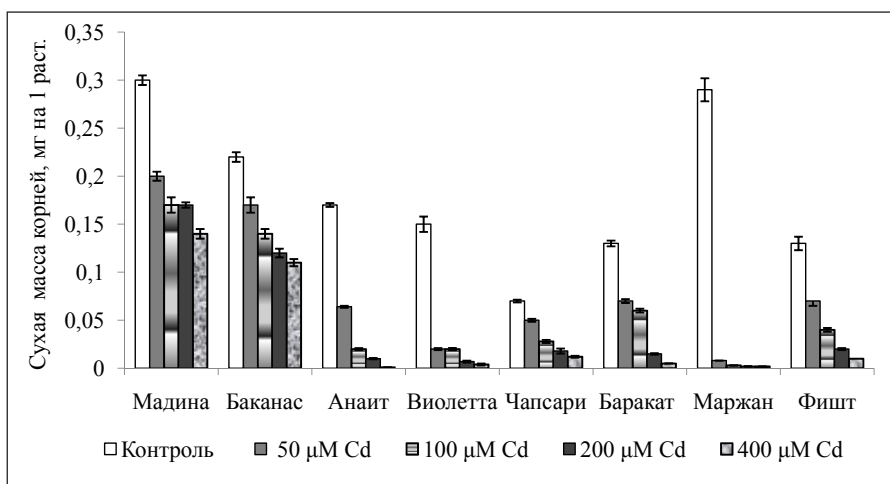


Рисунок 3 – Влияние ионов кадмия на накопление биомассы корнями различных сортов риса

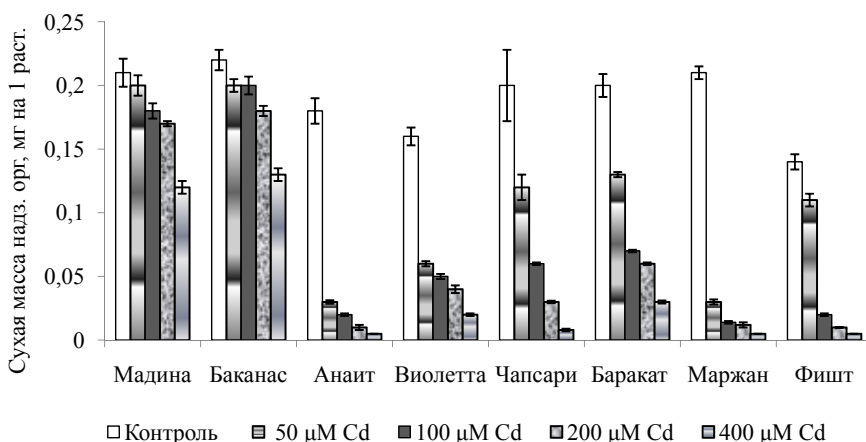


Рисунок 4 – Влияние ионов кадмия на накопление биомассы надземными органами различных сортов риса

По степени устойчивости при действии 400  $\mu\text{M}$   $\text{CdSO}_4$  сорта риса можно расположить следующим образом (% к контролю): Баканас (59%) > Мадина (57%) > Баракат (15%) > Виолетта (13%) > Чапсари (4%) = Фишт (4%) > Анаит (3%) > Маржан (2%) ( $p < 0.01$ ) (рисунок 4).

По результатам исследований установлено, что в наибольшей степени подавлялся процесс накопления биомассы надземными органами у сортов Чапсари, Фишт, Анаит, Маржан, у которых данный показатель снижался на 96, 96, 97 и 98%, соответственно

Относительно устойчивыми оказались сорта Баканас и Мадина, у которых накопление биомассы надземных органов подавлялся на

41 и 43%, соответственно. Накопление сухой биомассы корнями подавлялось в большей степени, чем длина корней. Таким образом, в результате скрининга различных сортов риса на устойчивость к действию кадмия были выявлены относительно устойчивые и чувствительные к действию кадмия сорта. По результатам исследований установлено, что в наибольшей степени подавлялся процесс накопления биомассы надземными органами у сортов Чапсари, Фишт, Анаит, Маржан, у которых данный показатель снижался на 96, 96, 97 и 98%, соответственно. Относительно устойчивыми оказались сорта Баканас и Мадина, у которых накопление биомассы надземных органов подавлялся на 41 и 43%, соответственно.

### Литература

- 1 Тovaжнянский Л.Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Комплексная переработка фосфогипса с извлечением редкоземельных элементов//Интегровані технології та енергозбереження-2008.-№ 2. -81 с.
- 2 Jones K.C., Johnston A.E. Cadmium in cereal grain and herbage from longterm experimental plots at Rothamsted // UK Environmental Pollution – 1989. – Vol. 57.- P. 199–216.
- 3 Kongshaug G., Bockman O.C., Kaarstad O., Morka H. Inputs of trace element to soils and plants // Proceedings of Chemical Climatology and Geomedical Problems, Norsk Hydro, Oslo, Norway. – 1992. –
- 4 Kpromblekou A.K., Tabatabai, M.A. Metal contents of phosphate rocks // Commun. Soil Sci. Plant Anal. – 1994. – Vol. 25. – P. 2871–2882.
- 5 Sheppard S.C., Grant C.A., Sheppard M.I., De Jong R., Long J. Risk indicator for agricultural inputs of trace elements to Canadian soils// J. Environ. Qual. – 2009 – Vol.38. – P. 919–932.
- 6 Tirado R., Allsop M., Phosphorus in agriculture: problems and solutions // Greenpeace Research Laboratories. Technical Report (Review) – 2012. (http://www.greenpeace.org).
- 7 Grant C.A., Monreal M.A., Irvine R.B., Mohr R.M., McLaren D.L., Khakbazan M. Preceding crop and phosphorus fertilization affect cadmium and zinc concentration of flaxseed under conventional and reduced tillage // Plant and Soil. – 2010. – Vol. 333. – P. 337–350.
- 8 Vassilev A., Lidon F. Cd-induced membrane damages and changes in soluble protein and free amino acid contents in young barley plants // Emirates Journal of Food and Agriculture – 2011. – Vol.23(2). – P.130–136.
- 9 Gill S.S., Tuteja N. Cadmium stress tolerance in crop plants—probing the role of sulfur // Plant Signal Behav. – 2011. – Vol.6(2). – P.215–222.
- 10 Wang F.Y., Wang H., Ma J.W. Adsorption of cadmium (II) ions from aqueous solution by a new low-cost adsorbent—bamboo charcoal // Journal of Hazard Materials – 2010. – Vol. 177. – P. 300–306.
- 11 Nazar R., Iqbal N., Masood A., Khan M.I.R., Syeed S., Khan N.A. Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation // AJPS. – 2012. – Vol. 3. – P. 1476–1489.
- 12 Tóth T., Zsiros O., Kis M., Garab G., Kovács L. Cadmium exerts its toxic effects on photosynthesis via a cascade mechanism in the cyanobacterium, *Synechocystis* PCC 6803 // Plant Cell Environment – 2012. – Vol.35(12). – P. 2075–2086.
- 13 Coudert Y., Périn C., Courtois B., Khong N.G., Ganet P. Genetic control of root development in rice, the model cereal // Trends Plant Science. – 2010. – Vol. 15(4). – P. 219–226.
- 14 Lui H., Zhang J., Christie P., Zhang F. Influence of iron plaque on uptake and accumulation of Cd by rice (*Oryza sativa* L.) seedling grown in soil // *Science of the Total Environment* – 2008. – Vol.394. -P.361–368.
- 15 Lux A., Martink M., Vaculik M., White P.J. Root responses to cadmium in the rhizosphere: a review // J. Exp. Bot. - 2011. – Vol.62(1). -P.21–37.
- 16 He Q.B., Singh B.R. Cadmium availability to plants as affected by repeated applications of phosphorus fertilizers // *Acta Agriculturae Scandinavica*- 1995.- Vol. 45. – P. 22–31.
- 17 Grant C.A., Monreal M.A., Irvine R.B., Mohr R.M., McLaren D.L., Khakbazan M. Preceding crop and phosphorus fertilization affect cadmium and zinc concentration of flaxseed under conventional and reduced tillage // Plant and Soil. – 2010. – Vol. 333. – P. 337–350.
- 18 Lambert R., Grant C., Sauve S. Cadmium and zinc in soil solution extracts following the application of phosphate fertilizers // *Sci. Total Environ.* – 2007. – Vol. 378. – P. 293–305.
- 19 Коваль С.Ф. Исследование свойств клеточных мембран и устойчивости растений по вымываемости электролитов // Изв. Сиб. Отд. АН СССР. Серия биол. наук. – 1974. – № 15 (3). – С.161-167.

- 20 Кожушко И.Н. Изучение засухоустойчивости мирового генофонда яровой пшеницы для селекционных целей. – Ленинград, 1991. – 90 с.
- 21 Cobbett C.S. Phytochelatin biosynthesis and function in heavy metal detoxification // *Curr. Opin. Plant Biol.* – 2000. – Vol. 3. – P. 211-216.
- 22 Mattuis J.M. Effects of antioxidant enzymes in the molecular control of reactive oxygen species toxicology // *Toxicology.* – 2000. – Vol. 153. – P. 83-104.
- 23 Rodrigues F.R., Francisco F.R., Pierre V.A. Changes in antioxidant enzyme activities in soybean under cadmium stress // *J. Plant Nutr.* – 2002. – N 2. – P. 327-342.
- 24 Romero M.C., Corpas F.J., Zabalza A., Rodrigues S. M. Differential expression and regulation of antioxidative enzymes by cadmium in plants // *J. Plant Physiol.* – 2007. – Vol. 164. – P. 1346-1357.

### References

- 1 Tovazhnyansky LL, Kapustenko PA, Yavin GL (2008) Complex processing of phosphogypsum with extraction of rare earth elements. Integration of energy conservation technologies [Kompleksnaya pererabotka fosfogipsa s izvlecheniem redkozemelnykh elementov. Integrovannyye tekhnologii na energosberezheniya] 2:81. (In Russian)
- 2 Jones KC, Johnston AE (1989) Cadmium in cereal grain and herbage from longterm experimental plots at Rothamsted, UK *Environmental Pollution*, 57:199–216
- 3 Kongshaug G, Bockman OC, Kaarstad O, Morka H (1992) Inputs of trace element to soils and plants, *Proceedings of Chemical Climatology and Geomedical Problems, NorskHydro, Oslo, Norway.*
- 4 Kpombekou AK, Tabatabai MA (1994) Metal contents of phosphate rocks, *Commun. Soil Sci. Plant Anal*, 25:2871–2882
- 5 Sheppard SC, Grant CA, Sheppard MI, De Jong R, Long J (2009) Risk indicator for agricultural inputs of trace elements to Canadian soils, *J. Environ. Qual.* 38: 919–932
- 6 Tirado R, Allsop M, (2012) Phosphorus in agriculture: problems and solutions, Greenpeace Research Laboratories, Technical Report (Review), (<http://www.greenpeace.org>).
- 7 Grant CA, Monreal MA, Irvine RB, Mohr RM, McLaren DL, Khakbazan M (2010) Preceding crop and phosphorus fertilization affect cadmium and zinc concentration of flaxseed under conventional and reduced tillage, *Plant and Soil.* 333: 337–350
- 8 Vassilev A, Lidon F (2011) Cd-induced membrane damages and changes in soluble protein and free amino acid contents in young barley plants, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 23(2): 130–136
- 9 Gill SS, Tuteja N (2011) Cadmium stress tolerance in crop plants—probing the role of sulfur, *Plant Signal Behav*, 6(2): 215–222
- 10 Wang FY, Wang H, Ma JW (2010) Adsorption of cadmium (II) ions from aqueous solution by a new low-cost adsorbent—bamboo charcoal, *Journal of Hazard Materials*, 177: 300–306
- 11 Nazar R, Iqbal N, Masood A, Khan MIR, Syeed S, Khan NA (2012) Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation, *AJPS.* 3: 1476–1489
- 12 Tóth T, Zsiros O, Kis M, Garab G, Kovács L (2012), Cadmium exerts its toxic effects on photosynthesis via a cascade mechanism in the cyanobacterium, *Synechocystis PCC 6803*, *Plant Cell Environment*, 35(12): 2075–2086
- 13 Coudert Y, Périn C, Courtois B, Khong NG, Ganet P (2010) Genetic control of root development in rice, the model cereal, *Trends Plant Science*, 15(4): 219–226
- 14 Lui H, Zhang J, Christie P, Zhang F (2008) Influence of iron plaque on uptake and accumulation of Cd by rice (*Oryza sativa* L.) seedling grown in soil, *Science of the Total Environment*, 394: 361–368
- 15 Lux A, Martink M, Vaculik M, White PJ (2011) Root responses to cadmium in the rhizosphere: a review, *J. Exp. Bot.* 62(1): 21–37
- 16 He QB, Singh BR (1995) Cadmium availability to plants as affected by repeated applications of phosphorus fertilizers, *Acta Agriculturae Scandinavica*, 45: 22–31
- 17 Grant CA, Monreal MA, Irvine RB, Mohr RM, McLaren DL, Khakbazan M (2010) Preceding crop and phosphorus fertilization affect cadmium and zinc concentration of flaxseed under conventional and reduced tillage, *Plant and Soil.* 333:337–350
- 18 Lambert R, Grant C, Sauve S. (2007) Cadmium and zinc in soil solution extracts following the application of phosphate fertilizers, *Sci. Total Environ.* 378:293–305
- 19 Koval S.F. (1974) Studying the properties of cell membranes and the resistance of plants by elution electrolytes. Series of Biological Sciences [Issledovanie svojstv kletochnykh membran i ustojchivosti rastenij po vymyvaemosti elektrolitov] 15 (3):161-167 (In Russian)
- 20 Kozhushko I.N. (1991) The study of global drought resistance winter wheat gene pool for breeding purposes, [Izuchenie zasuhoustojchivosti mirovogo genofonda yarovoj pshenicy dlya selekcionnykh celej] *Leningrad* : 90 (In Russian)
- 21 Cobbett CS (2000) Phytochelatin biosynthesis and function in heavy metal detoxification, *Curr. Opin. Plant Biol.* 3: 211-216
- 22 Mattuis JM, Effects of antioxidant enzymes in the molecular control of reactive oxygen species toxicology, *Toxicology*, 153: 83-104
- 23 Rodrigues FR, Francisco FR, Pierre VA (2002) Changes in antioxidant enzyme activities in soybean under cadmium stress, *J. Plant Nutr.* 2: 327-342
- 24 Romero MC, Corpas FJ, Zabalza A, Rodrigues S, M, (2007) Differential expression and regulation of antioxidative enzymes by cadmium in plants, *J. Plant Physiol.* 164:1346-1357





<sup>1</sup>Мурсалиева В.К.,  
<sup>1</sup>Кожебаева Ж.С.,  
<sup>1</sup>Рахимбаев И.Р.,  
<sup>2</sup>Гемеджиева Н.Г.

<sup>1</sup>Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, г. Алматы  
<sup>2</sup>Институт ботаники и фитоинтродукции, Казахстан, г. Алматы

**Качественный и количественный анализы сапонинов туркестанского мыльного корня *Allochrusa gypsophiloides* (Regel) Schischk**

Аллохруза качимовидная *Allochrusa gypsophiloides* (Regel) Schischk. (сем. Caryophyllaceae Juss.) туркестанский мыльный корень (ТМК) является одним из ценнейших технических и лекарственных растений, официально включен в отечественную фармакопею и имеет практическое применение во многих отраслях отечественной промышленности. Целью исследования было качественное и количественное изучение сапонинов ТМК, произрастающего на территории Южно-Казахстанской области. В результате качественных реакций в растительном сырье обнаружены тритерпеновые сапонины. Проведение ТСХ после кислотного гидролиза в различных системах растворителей позволило идентифицировать олеаноловую кислоту, которая является агликоном тритерпеновых сапонинов ТМК. Содержание сапонинов составило в корнях 7,63%, в надземной части – 2,29%. Выявлена высокая поверхностная активность (пенное число 1: 6660) и значительная гемолитическая активность (НІ 3333) водных и этанольных извлечений из корня, отличающихся повышенным содержанием сапонинов по сравнению с надземной частью растения ТМК.

**Ключевые слова:** *Allochrusa gypsophiloides*, туркестанский мыльный корень, тритерпеновые сапонины, олеаноловая кислота, пенное число, гемолитический индекс.

<sup>1</sup>Mursaliyeva V.K.,  
<sup>1</sup>Kozhebayeva Zh.S.,  
<sup>1</sup>Rakhimbayev I.R.,  
<sup>2</sup>Gemejiyeva N.G.

<sup>1</sup>Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty  
<sup>2</sup>Institute of Botany and Phytointroduction, Kazakhstan, Almaty

**Qualitative and quantitative analysis of saponins in *Allochrusa gypsophiloides* (Regel) Schischk**

*Allochrusa gypsophiloides* is one of the most valuable technical and medicinal plants, officially included into the national pharmacopoeia, and having practical applications in many fields of the domestic industry. The aim of this study was a qualitative and quantitative study of saponins from *Allochrusa gypsophiloides* collected in South Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan. The results of qualitative reactions show the presence of triterpenic saponins in plant material. The aglycone of triterpenic saponins as oleanolic acid was identified by thin layer chromatography in variety solvent systems after acid hydrolysis. The content of triterpenic saponins in *Allochrusa gypsophiloides* collected during flowering–fruiting phase was determined by the spectrophotometric method. The content of the sum of triterpenic saponins in terms of oleanolic acid in roots was 7.63% and 2.29% in aerial part of plant. The foaming and hemolytic activities of saponins extracted from *Allochrusa gypsophiloides* were evaluated. High surface (foaming ratio 1:6660) and significant hemolytic activities HI 3333 for aqueous and ethanolic extracts from roots differing with a high saponins content compared to aerial part of *Allochrusa gypsophiloides* it was revealed.

**Key words:** *Allochrusa gypsophiloides*, triterpenes saponins, oleanolic acid, hemolytic index.

<sup>1</sup>Мурсалиева В.К.,  
<sup>1</sup>Кожебаева Ж.С.,  
<sup>1</sup>Рахимбаев И.Р.,  
<sup>2</sup>Гемеджиева Н.Г.

<sup>1</sup>Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.  
<sup>2</sup>Ботаника және фитоинтродукция институты, Қазақстан, Алматы қ.

**Түркістандық сабыншөп *Allochrusa gypsophiloides* (Regel) Schischk сапониндерінің сапалық және сандық талдауы**

Түркістандық сабыншөп отандық фармакопеяға ресми енгізілген дәрілік және отандық өндірістің көптеген салаларында практикалық қолданылатын бағалы техникалық өсімдіктердің бірі болып табылады. Бұл зерттеу жұмысының мақсаты – Оңтүстік Қазақстан облысы аумағында өсетін түркістандық сабыншөптің *Allochrusa gypsophiloides* (Regel) Schischk. (Caryophyllaceae Juss.) сапониндерін сапалық және сандық зерттеу. Сапалық реакциялардың нәтижесінде өсімдік құрамында үштерпенді сапониндер анықталды. Өртүрлі ерітінділер жүйесінде қышқылдық гидролиздан кейін жұқа қабатты хроматография жүргізу нәтижесінде түркістандық сабыншөптің үштерпенді сапониндерінің агликоны болып табылатын олеанол қышқылы табылды. Тамырында сапониндердің мөлшері – 7,63%, ал жерүсті бөлігінде – 2,29%. Түркістандық сабыншөптің жерүсті бөлігімен салыстырғанда сапониндердің жоғары мөлшерімен ерекшеленген тамырдан бөлініп алынған сулы және этанолды сығындылардың жоғары беттік (көбіктену саны 1:6660) және айтарлықтай НІ 3333 гемолитикалық белсенділіктері анықталды.

**Түйін сөздер:** *Allochrusa gypsophiloides*, түркістандық сабыншөп, үштерпенді сапониндер, олеанол қышқылы, гемолитикалық индекс.

**КАЧЕСТВЕННЫЙ И  
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ  
АНАЛИЗЫ  
САПОНИНОВ  
ТУРКЕСТАНСКОГО  
МЫЛЬНОГО КОР-  
НЯ ALLOCHRUSA  
GYPSOPHILOIDES  
(REGEL) SCHISCHK**

*Allochrusa gypsophiloides* (Regel) Schischk. (*Acanthophyllum gypsophiloides* Rgl., аллохруза качимовидная, колючелистник качимовидный, туркестанский мыльный корень (ТМК), казах. – «жерсабын», англ. – «turkestan soaproot») эндемичный среднеазиатский вид из рода *Allochrusa* семейства Гвоздичные (*Caryophyllaceae* Juss.) [1].

Долгие годы ТМК являлся предметом экспорта как ценный источник растительных сапонинов. Промышленные заготовки мыльного корня осуществлялись на территории республик Средней Азии и Казахской ССР. Вследствие истощения естественных зарослей в среднеазиатских республиках, с 50-х годов Казахстан являлся единственным поставщиком ТМК. Ежегодные плановые объемы сбора сухих корней достигали 700–800 т [2]. В результате многолетних интенсивных и бессистемных заготовок ТМК как редкий вид с сильно сокращающейся численностью был занесен в 1981 г в Красную книгу КазССР [3].

По сравнению с аналогичными сапониносными растениями, произрастающими на территории СНГ (мыльнянка лекарственная *Saponaria officinalis*, качим метельчатый *Gypsophila paniculata* и др.), ТМК отличается повышенным уровнем в корнях тритерпеновых сапонинов олеанолового ряда. Из них выделены сапонины акантофиллазиды В, С и D – производные гипсогенина и квилаевой кислоты [4, 5].

Способность сапонинов ТМК образовывать с водой стойкую пену используется в быту (мыло, добавка в муку для выпечки пышного хлеба), при производстве шампуней, жидкостей для ванн и других моющих средств. Свойство сапонинов ТМК удерживать газы применяется в пищевой промышленности (при изготовлении халвы, кремов, взбитых сливок, шипучих вин, пива, прохладительных напитков), а также в качестве пенообразующего компонента при получении противопожарных смесей. В 60-80-х годах технический сапонин ТМК применялся при изготовлении пенобетона, для повышения технологических качеств бетона, теплоизоляционных свойств и долговечности бетонных сооружений, ирригационных систем. Следует отметить, что в последние десятилетия использование ТМК значительно ограничилось из-за резкого сокращения численности вида в результате бессистемных заготовок. В последнем

издании Красной книги Казахстана в качестве необходимых мер охраны природных зарослей ТМК указано, что «...необходимо введение лицензионного сбора. Ограничить ежегодный объем заготовок, контролировать состояние возобновления, шире вводить в культуру» [6].

В результате проводимых с 1999 года исследований сотрудниками Института ботаники и фитоинтродукции было установлено, что в местах, которые длительное время не были подвержены антропогенной нагрузке (а именно перевыпасу), природные популяции мыльного корня восстанавливаются и можно практиковать выборочные заготовки. Для восстановления и сохранения природных популяций оптимальнее возобновить выращивание туркестанского мыльного корня в культуре, которое было апробировано почти полвека назад в Казахстане и Узбекистане [7].

ТМК является одним из ценнейших лекарственных растений флоры Казахстана, который включен в официальную фармакопею [8]. Тритерпеновые сапонины ТМК применяют как отхаркивающие, мочегонные, слабительные и тонизирующие средства, а также в составе пероральных фитопрепаратов [9].

В недавних исследованиях выявлена высокая иммуностимулирующая [10], противовирусная [11], противоопухолевая [12] активность экстрактов ТМК, основанная на способности сапонинов усиливать иммуногенность различных антигенов.

Таким образом, проведенный анализ литературных источников свидетельствует о том, что ТМК является экономически важным отечественным сапониноносным растением.

*Цель исследования* – изучение качественного состава сапонинов ТМК и определение их количественного содержания.

### Материалы и методы исследования

Для проведения анализов использовали растительный материал аллохрузы качимовидной, собранный в фазе цветения – начале плодоношения в июле 2015 г. в ходе экспедиционного обследования природных популяций ТМК на территории Южно-Казахстанской области [13].

Собранные исследуемые образцы ТМК предварительно подвергались обработке и удалению механических примесей, а также сушке при комнатной температуре и измельчению до определенного состояния в соответствии с требованиями ГОСТА 24027. 1-80. Определение влажности

сырья и выхода экстрактивных веществ проводили в соответствии с ГОСТОМ 24027. 2-80. Макроскопический анализ сырья ТМК проводили по ГОСТУ 3448-78 Корень колючелистника. Технические условия.

Для качественного анализа готовили водное и спиртовое извлечение в соотношении 1:10 и проводили с ними специфически на присутствие сапонинов реакции: пенообразование, гемолитическая активность, осаждение ацетатом свинца, реакция Лафона, реакция Сальковского и др. [14].

Пенообразующую активность водного извлечения оценивали по трехбалльной системе: 1 балл – слабое пенообразование, не более 15 сек.; 2 балл – среднее пенообразование. образуется значительное количество пены, которая держится до 30 сек.; 3 балла – хорошее пенообразование, реакция держится более 1 мин.

Пенное число определяли по формуле  $A = 1/K$ , где А – показатель содержания сапонинов; К – наименьшая концентрация сапонинового извлечения, которое образует пену, не исчезающую в течение 1 минуты.

Для оценки гемолитической активности готовили извлечение на изотоническом растворе натрия хлорида 1:10 и настаиванием на кипящей водяной бане в течение 30 минут. Раствор охлаждали и пропускали через фильтр в мерную колбу и объем его доводили до 100 мл. К 2 мл извлечения добавляли 2 мл 2% взвеси дефибринированной крови. В присутствии сапонинов образуется прозрачный красный раствор («лаковая кровь»). При определении гемолитического индекса (НИ) готовили ряд разведений различной концентрации (1: 2000; 1: 1000; 1: 665; 1: 500; 1: 400; 1: 335; 1: 285; 1: 250; 1: 220; 1: 200). К каждому разведению добавляли по 1 мл взвеси эритроцитов (2% свежей дефибринированной бараньей крови в изотоническом растворе) и встряхивали. Результаты гемолиза оценивали через час и сутки и рассчитывали результат. Гемолитическая активность водной вытяжки оценивали по гемолитическому индексу НИ, который рассчитывали по формуле:

$$HI = \frac{m * v}{a * b}$$

где, m – исходная навеска; v – исходный объем; a – начальная концентрация раствора, %; b – объем первичного раствора в пробирке, содержащее которой вызывает полный гемолиз, мл.

Для подтверждения качественных реакций дальнейшую идентификацию сапонинов осуществляли методом тонкослойной хроматографии на пластинках «Sorbfil» (Сорбполимер, Россия) в различных системах растворителей: хлороформ-этиловый спирт-вода (13:6:1); н-бутанол-уксусная кислота-вода (4:5:1); хлороформ-метанол-вода (65:50:10); петролейный эфир-хлороформ-ацетон (20:20:5).

Для качественного определения методом ТСХ проводили пятикратную экстракцию 96%-ным этиловым спиртом на кипящей водяной бане с обратным холодильником. После фильтрации и выпаривания эликвоты объемом 10 мл проводили гидролиз сухого остатка в 10 мл смеси: кислота уксусная ледяная – кислота хлористоводородная – вода очищенная (3,5:1: 5,5), нагревая на водяной бане в течение 2 ч. После гидролизную смесь разбавляли двукратным объемом воды и фильтровали. Выпавший осадок на фильтре промывали водой и растворяли в 25 мл горячего 96% этилового спирта и собирали в мерной колбе на 25 мл. В качестве свидетеля использовали стандартный образец (СО) кислоты олеаноловой («SigmaAldrich», США). После хроматографирования пластинки после разделения в системах проявляли 10 % раствором серной кислоты. Обработанные пластинки высушивали в термостате в течение 10 мин при температуре 110°C. По литературным данным зоны адсорбции веществ тритерпеновой природы и СО олеаноловой кислоты должны иметь окраску розового-вишневого цвета, переходящего в голубой [15].

Определение содержания суммы тритерпеновых сапонинов проводили спектрофотометрическим методом после реакции взаимодействия с концентрированной серной кислотой, в результате которой тритерпеноиды протонируются по двойной связи с образованием карбокатиона, а при наличии карбоксильной группы при С-28 имеет место последующая лактонизация. При этом наблюдается характерный максимум поглощения при 310 нм [16, 17]. Данный метод позволяет количественно определить всю сумму тритерпеновых гликозидов, производных олеаноловой кислоты независимо от числа и структуры углеводных остатков в составе их молекул. УФ спектрофотометрическое определение тритерпеновых гликозидов при взаимодействии с серной кислотой применяется в анализе корневищ аралии маньчжурской [18], язвенника ранозаживляющего [19], золотарника кавказского [20], грыжника голого [21], ферулы хермонской [22] и др.

Оптическую плотность определяли на спектрофотометре Jenway 6305 (Англия) при длине волны 310 нм, раствор сравнения – концентрированная серная кислота. Параллельно выясняли оптическую плотность СО олеаноловой кислоты в аналогичных условиях проведения эксперимента. Расчет содержания суммы сапонинов в пересчете на олеаноловую кислоту проводили по формуле:

$$X \% = \frac{A_x * m_o * 250 * 25 * 100 * 100}{A_o * m_x * 25 * (100 - W_o)}$$

где,  $A_x$  – оптическая плотность исследуемого раствора;  $m_o$  – масса стандартного образца олеаноловой кислоты в г;  $m_x$  – масса сырья в г;  $A_o$  – оптическая плотность олеаноловой кислоты;  $W_o$  – потеря в массе сырья при высушивании.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием параметрического критерия Стюдента согласно ГФ XI [23].

### Результаты исследования

Проведенный макроскопический анализ показал, что собранное сырье корней ТМК полностью соответствовало стандартным требованиям: по внешнему виду собранное сырье представляло тяжелые, твердые, цилиндрической формы куски выкопанных корней, очищенные от земли и боковых ответвлений. Большей частью спирально перекрученные с неравномерной морщинистой поверхностью, покрытой сетью многочисленных мелких поперечных углублений (в виде тонких кольцевых линий), глубоких продольных бороздок и трещин, со следами округлых рубцов, оставшихся после удаления боковых корней. Излом корней неровный. Цвет корней – снаружи светло-бурый, внутри желтоватый с белыми прожилками, вкус – слегка жгучий, раздражающий (рисунок 1).



Рисунок 1 – Внешний вид туркестанского мыльного корня

Процент влажности надземной части растения составил в среднем  $9,84 \pm 0,14\%$ , у корней  $9,00 \pm 2,40\%$ . Содержание экстрактивных веществ в корнях варьировало в зависимости от природы используемого экстрагента и составило: вода –  $53,31 \pm 2,93\%$ ; 50 % этанол –  $54,20 \pm 1,51\%$ ; 90 % этанол –  $24,38 \pm 0,99$

%.

Количество экстрактивных веществ растений, извлекаемых водой и 50 % этиловым спиртом, достоверно не отличаются друг от друга.

Результаты проведения качественных реакций водным и спиртовым извлечениями из ТМК представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Результаты проведения качественных реакций на наличие тритерпеновых сапонинов в туркестанском мыльном корне

Качественная реакция	Извлечение (1:10)	Результаты реакции
Реакция на пенообразование в кислой и щелочной среде	водное	в обеих пробирках пена, ровная по объему и стойкости
Реакция осаждения средним ацетатом свинца	спиртовое	белый осадок через сутки
Реакция Лафона	водное спиртовое	при нагревании темно-зеленое окрашивание, внутри шарикообразный осадок белого цвета
Реакция Сальковского	спиртовое	верхняя фаза бежевый цвет, нижний слой в желто-красный цвет
Реакция со спиртовым раствором холестерина	спиртовое	бежевый осадок

Результаты идентификации тритерпеновых сапонинов в ТМК по характеру окраски пятен методом ТСХ на пластинках «Sorbfil» в различных системах растворителей до и после гидролиза представлены в таблице 2.

Данные оценки пенообразующей активности водной вытяжки в зависимости от разведения показаны в таблице 3.

Важным свойством сапонинов является способность вызывать разрушение эритроцитов вследствие их взаимодействия со стеринами мембраны эритроцитов, что приводит к увели-

чению их проницаемости и свободному выходу гемоглобина в плазму крови и образованию красного прозрачного раствора «лаковая кровь». Количественное определение сапонинов гемолитическим методом основано на предположении, что гемолитическое действие прямо пропорционально количеству вещества в растворе. Гемолитический индекс (HI) – это наименьшая концентрация извлечения из 1 г сырья, которая вызывает полный гемолиз эритроцитов, содержащихся в 1 мл 2 % раствора дефибрированной крови [9].

**Таблица 2** – Результаты ТСХ тритерпеновых сапонинов в спиртовом извлечении ТМК до и после гидролиза

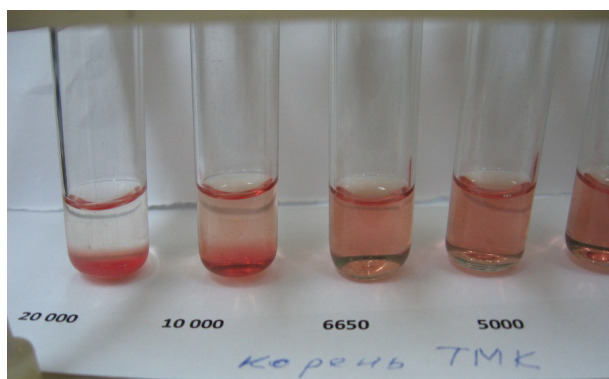
Система растворителей	Цвет пятен и $R_f$ на хроматограмме после проявления 10%-м раствором серной кислоты и нагревания					
	до гидролиза		после гидролиза		олеаноловая кислота	
Хлороформ-этиловый спирт-вода (13:6:1)	-		голубовато-фиолетовый	0,62	вишнево-фиолетовый	0,99
			вишнево-фиолетовый	0,95		
Бутанол-уксусная кислота-вода (4:5:1)	темно-серый	0,21	голубовато-фиолетовый	0,66	вишнево-фиолетовый	0,96
			вишнево-фиолетовый	0,96		
Хлороформ-метанол-вода (65:50:10)	темно-серый	0,92	вишнево-фиолетовый	0,95	вишнево-фиолетовый	0,95
Петролейный эфир-хлороформ-ацетон (20:20:5)	-		вишнево-фиолетовый	0,2	вишнево-фиолетовый	0,3

**Таблица 3** – Пенообразующая способность водных вытяжек туркестанского мыльного корня

Вытяжка, мл	Вода, мл	Конечное разведение	Пенообразование в баллах
вытяжка из корня (1:100)			
1	39	1:4000	3
0,6	39,4	1:6660*	3
0,5	39,5	1:8000	2- 3
0,4	39,6	1:10000	2
0,2	39,8	1:20000	2
вытяжка из надземной части (1:100)			
1	39	1:4000	1
0,6	39,4	1:6660	1
0,5	39,5	1:8000	0
0,4	39,6	1:10000	0
0,2	39,8	1:20000	0

Примечание : \* – наименьшее разведение, при котором образуется устойчивая пена, 3 – хорошее, 2 – среднее, 1 – слабое, 0 – полное отсутствие пены

На рисунке 2 приведен результат качественной реакции на гемолитическую активность вытяжки корней ТМК, приготовленной на изотоническом растворе.

**Рисунок 2** – Гемолитическая реакция вытяжки ТМК при различных разведениях

На приведенном рисунке 2 видно, что в пробирке с максимальным разбавлением водной вытяжки из корней ТМК наблюдается почти бесцветный раствор с осадком красных телец на дне, что свидетельствует об отсутствии реакции гемолиза эритроцитов. Потом следует пробирка с окрашенным в красный цвет раствором, но с осадком на дне (частичный гемолиз). В последующих пробирках раствор окрашен в ярко-красный цвет без осадка на дне, что указывает на наличие полного разрушения эритроцитов.

Результаты оценки гемолитической активности вытяжки сырья ТМК, приготовленного на изотоническом растворе представлены в таблице 4.

Результаты определения суммы сапонинов в корнях и надземной части аллохрузы качимовидной в пересчете на олеаноловую кислоту и абсолютно сухое сырье представлены в таблице 5.

### Обсуждение результатов

При проведении пробы на образование пены, характерной именно для сапонинов, обнаружено, что пена образуется как в кислом р-ре 0,1 н. HCl, так и в щелочном р-ре 0,1 н. NaOH, что свидетельствует о наличии в исследуемом сырье тритерпеновых сапонинов. При проведении с водным и спиртовым извлечениями реакции Лафона с концентрированной кислотой, этанолом и 10 % р-ром сернокислого железа после нагревания отмечали сине-зеленое окрашивание и появление внутри раствора характерного шарикообразного осадка. При смешивании спиртовой вытяжки в хлороформе с равным объемом концентрированной серной кислоты верхняя фаза раствора окрашивалась в бежевый цвет, нижний слой (серная кислота) в желто-красный цвет. При добавлении к спиртовой вытяжке спиртового раствора холестерина отмечалось появление бежевого осадка. Данные качественные реакции свидетельствуют о наличии в сырье ТМК тритерпеновых сапонинов.

**Таблица 4** – Оценка гемолитической активности водных вытяжек из надземной части и корней туркестанского мыльного корня

Физиологический раствор, мл	Вытяжка, мл	Разведение	Гемолиз, через час	Гемолиз, через сутки	HI
вытяжка из надземной части (1:100)					
0,9	0,1	1:2000	--	±	
0,8	0,2	1:1000*	--	+	500
0,7	0,3	1:665	+	+	
0,6	0,4	1:500	+	+	
0,5	0,5	1:400	+	+	
0,4	0,6	1:335	+	+	
0,3	0,7	1:285	+	+	
0,2	0,8	1:250	+	+	
0,1	0,9	1:220	+	+	
0	1	1:200	+	+	
вытяжка их корня (1:1000)					
0,9	0,1	1:20000	--	-	
0,8	0,2	1:10000	--	-	
0,7	0,3	1:6650*	+	+	3333
0,6	0,4	1:5000	+	+	
0,5	0,5	1:4000	+	+	
0,4	0,6	1:3350	+	+	
0,3	0,7	1:2850	+	+	
0,2	0,8	1:2500	+	+	
0,1	0,9	1:2200	+	+	
0	1	1:2000	+	+	

Примечание : HI – гемолитический индекс. + – наличие гемолиза, – отсутствие гемолиза, ± – частичный гемолиз, \* – наибольшее разведение, при котором происходит гемолиз

**Таблица 5** – Содержание тритерпеновых сапонинов в пересчете на олеаноловую кислоту в туркестанском мыльном корне

Часть растения	Содержание сапонинов, %	Метрологические характеристики (n=5, p=95 %, tp = 2,78)	
		S <sub>x</sub>	ε, %
Корень	7,63± 0,31	0,1125	4,10
Надземная часть	2,29 ± 0,17	0,0706	8,54

Примечание: S<sub>x</sub> – стандартное отклонение среднего значения, ε – относительная ошибка определения

Результаты качественных реакций подтверждены методом ТСХ в четырех различных системах растворителей. После хроматографирования суммарного спиртового извлечения проявилось неидентифицированное пятно в системах 2 и 3 с R<sub>f</sub> 0,21. Тогда как при разделении спиртового извлечения после гидролиза во всех 4 системах проявилось пятно, совпадающее по вишнево-

фиолетовой окраске и близкое по значению R<sub>f</sub> со стандартом олеаноловой кислоты (табл.2).

Оценка пенообразующей активности различных частей растения ТМК показала, что водная вытяжка из надземной части слабо пенится (1б), а из корней имеет хорошее пенообразование (3 б), которое продолжалось более 1 мин. Наиболее устойчивое пенообразование отмечалось



при разведении исходного отвара (1:100) в количестве 0,6 и 1 мл в 66,6 и 40 раз, при этом конечное разведение (или пенное число) составило 1:4000 и 1:6660 (табл.3). Проведенный анализ по методу пенообразования дает основание предположить, что растительное сырьё ТМК с высоким ПЧ 1:6660, собранное из природных популяций на территории ЮКО, содержит значительное количество тритерпеновых сапонинов.

Анализ данных, приведенных в таблице 4, свидетельствует о том, что вытяжка из надземной части ТМК (исходная 1:100) обладает гемолитической активностью, но вызывала разрушение эритроцитов только через сутки воздействия и при конечном разведении вытяжки 1:1000. Гемолитический индекс НИ вытяжки относительно невысокий и равен 500.

Гемолитическая активность более разбавленной вытяжки из корней (исходная 1:1000) была значительно выше. Заметно выраженный гемолиз проявлялся в течение первого часа при конечном наибольшем разведении 1: 6650. Высокий гемолитический индекс НИ 3333 связан с более высоким содержанием в корнях сапонинов.

Для сравнения гемолитические индексы, приведенные для других сапониноносных растений: семена каштана – 6000; корень солодки – 250–300; корень мыльнянки – 2600– 3900; корень сенегги – 2500–4500 [14].

По различным литературным источникам гемолитический индекс туркестанского мыльного корня составляет 1:1000 или 1:2860, а надземной части 1:240 [2, 4, 24]. Результаты собственных экспериментальных исследований выявили более высокий гемолитический индекс вытяжки ТМК, собранного из природных популяций на территории ЮКО на фазе цветения и начале плодоношения.

Спектрофотометрическое количественное определение сапонинов выявило высокое содержание в корнях 7,63% и почти в три раза меньше в надземной части, 2,29%. Результаты статистической обработки данных показали, что относительная ошибка определения при доверительной

вероятности 95 % находится в пределах, соответственно 4,10% и 8,54 %.

Сравнение полученных результатов по содержанию сапонинов с данными других исследователей несколько затруднительно, поскольку использовались разные методики количественного анализа, исследуемые образцы растений произрастали в различных природных условиях и, вероятно, отбирались для анализа на разных фазах развития. В наших исследованиях содержание сапонинов определяли спектрофотометрически в пересчете на олеаноловую кислоту, которая является агликоном тритерпеновых сапонинов (в том числе и сапонинов ТМК) по методу, разработанному для определения сапонинов в корневищах аралии маньчжурской [18].

В исследованиях ранее проведенных с аллохрузой качимовидной, произрастающей на территории Узбекистана, выявленное содержание сапонинов составило в надземной части 0,79%, в корнях от 14,19 до 22,16% в зависимости от их возраста [1, 2, 4].

Таким образом, проведенный качественный и количественный анализ сапонинов туркестанского мыльного корня, произрастающей на территории ЮКО выявил значительное содержание тритерпеновых сапонинов олеанолового ряда, обладающих высокой поверхностной и гемолитической активностью. Полученные данные позволяют утверждать, что создание сырьевой базы аллохрузы качимовидной *Allochrusa gypsophiloides* в условиях Южно-Казахстанской области является целесообразным и рекомендуется вид для дальнейшей интродукции в качестве перспективного источника тритерпеновых сапонинов с высокой биологической активностью.

Работа выполнена в рамках гранта «Разработка эффективных технологий размножения, сохранения гермоплазмы и восстановления деградирующих природных популяций эндемичного растения – туркестанского мыльного корня (*Allochrusa gypsophiloides* Regel) для рационального использования его генетических ресурсов в промышленности» (2015-2017 гг.)

### Литература

- 1 Eisenman S.W., Strume L., Zaurov D.E. Medical plants of Central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan. Springer Science & Business Media, 2012. – 340 p.
- 2 Беспаяев С.Б. Колочелистик качимовидный в Казахстане. (морфология, систематика, фитоценология, испытания в культуре): дис ... канд. биол. наук: 02.06.1966 / Казахский государственный университет им С.М. Кирова. – Алматы, 1966. – 183. – С. 3.
- 3 Красная книга Казахской ССР. Ч. 2. – Алма-Ата, 1981. – С. 25.

- 4 Kondratenko, E.S., Putieva, Z.M., Abubakirov, N.K. Triterpene glycosides of plants of the family Caryophyllaceae // *Chemistry of Natural Compounds*. – 1981. – N. 17. – P. 303–317.
- 5 Battger S., Melzig M.F. Triterpenoid saponins of the Caryophyllaceae and Illecebraceae family // *Phytochemistry Letters*, 2001. – V. 4. – N. 2. – P. 59-68.
- 6 Красная книга Казахстана. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – Том 2: Растения (колл. авторов). – Астана: ТОО «АртPrintXXI», 2014. – С. 60.
- 7 Кузьмин Э.В., Тугельбаев С.У., Ситпаева Г.Т.К вопросу о восстановлении популяции краснокнижного растения (*Allochrusa gypsophiloides* Rgl.) в Южном Казахстане: Изучение растительного мира Казахстана и его охраны // *Сб. научных статей*. – Алматы, 2001. – С. 191-194.
- 8 Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Нелина Н.В., Каржаубекова Ж.Ж. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана. – Алматы, 2014. – С. 55.
- 9 Карпук В.В. Фармакогнозия. Минск, 2011. – С. 202-221.
- 10 Khudaykova S.S., Bogoyavlenskij V.P., Tolmatscheva V.P., Berezin V.E. Salaš, P. Immunostimulating activity of saponins from Caryophyllaceae // *Proceedings of 9th Int. Conf. of Horticulture*. – 2001. – V. 2. – P. 343-347.
- 11 Алексюк П.Г., Молдаханов Е.С., Аканова К.С., Анаркулова Э.И., Богоявленский А.П. Стандартизация сапонинсодержащих препаратов, обладающих противовирусной активностью // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2014. – № 6. – С. 80-81.
- 12 Man S., Gao W., Zhang Y., Huang L., Liu C. Chemical study and medical application of saponins as anti-cancer agents // *Fitoterapia*. – 2010. – V.81 (7). – P. 703-714.
- 13 Гемеджиева Н.Г., Мурсалиева В.К., Муханов Т.М. Оценка современного состояния природных популяций *Allochrusa gypsophiloides* (Regel) Schischk. в Южно-Казахстанской области // *Известия НАН РК. Серия биологическая и медицинская*. – 2016. – №1 (313). – С. 22-29.
- 14 ёКовалев В.Н., Попова Н.В., Кисличенко В.С. Исакова Т.И. Практикум по фармакогнозии. – Харьков: Из-во «Золотые страницы», 2003. – С. 294 – 316.
- 15 Сур С.В. Методы выделения, идентификации и определения терпеновых соединений // *Химико-фармацевтический журнал*. – 1990. – № 5. – С.45-50.
- 16 Оганесян Э.Т. О механизме реакции тритерпенидов с серной кислотой // *Химия природных соединений*. – 1980. – №4. – С.647-651.
- 17 Мироненко И.В., Брежнева Т.А., Селеменев В.Ф. УФ-спектрофотометрическое определение тритерпеновых сапонинов – производных олеаноловой кислоты // *Химия растительного сырья*. – 2011. – №3. – С. 153-157.
- 18 Писарев Д.И., Мартынова Н.А., Нетребко Н.Н., Новиков О.О., Сорокопудов В.Н. Сапонины и их определение в корневищах аралии маньчжурской в условиях Белгородской области // *Химия растительного сырья*. – 2009. – № 4. – С. 197-198.
- 19 Шадрин Д.М., Пылина Я.И., Володина С.О., Володин В.В. Химический анализ растений *Anthyllis vulneraria* L., произрастающей на Европейском северо-востоке России // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2011. – Т. 13. – № 1(4). – С. 945 – 947.
- 20 Федотова В.В., Оганесян Э.Т., Челомбитько В.А. Тритерпеновые гликозиды травы *Soldagocausasica* Kem.- Nath. // *Фармация и фармакология*. – 2014. – № 4(5). – С. 52-56.
- 21 Эль Мабруки Х., Наухова И.Е., Сорокин В.В., Минина С.А. Разработка методики количественного определения сапонинов в траве грыжника голого – *Herniariaglabra* L. // *Научные ведомости. Серия медицина, фармация*. – 2014. – №24 (195). – В. 28. – С. 235- 238.
- 22 Федосеева Л.М., Дали Балтах Б. Изучение сапонинов в подземных органах ферулы хермонской // *Химия растительного сырья*. – 2016. – №1. – С. 181-184.
- 23 Государственная фармакопея СССР. Вып.2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. 11 изд. – М.: Медицина, 1991. – 400 с.
- 24 Battger S., Melzig M.F. Triterpenoidsaponins of the Caryophyllaceae and Illecebraceae family // *Phytochemistry Letters*. – 2001. – V. 4, N. 2. – P. 59-68.

#### References

- 1 Eisenman SW, Strume L, Zaurov DE (2012) *Medical plants of Central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan*. Springer New York, USA. ISBN 13: 978-1461439110
- 2 Bespayev SB (1966) *Acanthophyllum gypsophiloides* in Kazakhstan: morphology, taxonomy, phytosociology, testing in culture. Abstract thesis on scientific degree of candidate of biological sciences [Koljuchilistnik kachimovidnyj v Kazahstane: morfologija, sistematika, fitocenologija, ispytaniya v kul'ture. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskikh nauk]. Alma-Ata, Kazakhstan (In Russian)
- 3 Red Data Book of the Kazakh SSR (1981) [Krasnaja kniga Kazahskoj SSR]. Science, Alma-Ata, Kazakhstan, p. 25 (In Russian)
- 4 Kondratenko ES, Putieva ZM., Abubakirov NK (1981) Triterpenoid glycosides of plants of the family Caryophyllaceae, *Chemistry of Natural Compounds*, 17:303-317. DOI: 10.3762/bjoc.8.87
- 5 Battger S, Melzig MF (2001) Triterpenoid saponins of the Caryophyllaceae and Illecebraceae family. *Phytochemistry Letters*, 4 (2):59-68. DOI: 10.1016/j.phytol.2010.08.003

- 6 Red Data Book of the Kazakhstan. 2nd edition, revised and enlarged (2014) [Krasnaja kniga Kazahstana. Izd. 2-e, pererabotannoe i dopolnennoe] AprPrintXXI, Astana, Kazakhstan, 2: 60. (In Russian)
- 7 Kuzimin EV, Tugelibaev SU, Sitpaeva GT (2001) Plant population reconstruction of *Allochrysa gypsophiloides* Rgl. in Southern Kazakhstan: A Study of Kazakhstan flora and its protection. Collection of scientific articles [K voprosu o vosstanovlenii populiatsii krasnoknizhnogo rasteniia (*Allochrysa gypsophiloides* Rgl.) v Iuzhnom Kazahstane: Izuchenie rastitel'nogo mira Kazahstana i ego okhrany. Sbornik nauchnyh statej] 191-194. (In Russian)
- 8 Grudzinskaya L.M., Gemedzhieva N.G. (2012) List of medicinal plants in Kazakhstan. [Spisok lekarstvennyh rastenij Kazahstana]. Almaty, Kazakhstan. ISBN: 978-601-80248-6-3 (In Russian)
- 9 Karpuk VV (2011) Pharmacognosy [Farmakognozija] Minsk. ISBN: 978-985-518-430-1 (In Russian)
- 10 Khudaykova SS, Bogoyavlenskij VP, Tolmatsheva VP, Berezin VE, Salaš P(2001) Immunostimulating activity of saponin from Caryophyllaceae. Proceedings of 9th Inter. Conf. of Horticulture. Lednice, Czech Republic. 2: 343-347. ISBN 80-7157-524-0
- 11 Aleksyuk PG, Moldakhanov ES, Akanov KS, Anarkulova EI, Bogoiavlenskii AP (2014) Standardization of saponin's drugs with antiviral activity. International Journal of Applied and Fundamental Research [Standartizatsiia saponinsoderzhashchikh preparatov, obladaiushchikh protivovirusnoi aktivnost'iu. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij] 6:80-81. (In Russian)
- 12 Man S, Gao W, Zhang Y, Huang L, Liu C (2010) Chemical study and medical application of saponins as anti-cancer agents, *Fitoterapia*, 81 (7): 703-714. DOI:10.1016/j.fitote.2010.06.004
- 13 Gemejyeva N.G., Mursaliyeva V.K., Mukhanov T.V. Assessment of the current state of *Allochrysa gypsophiloides* (Regel) Schischk. Natural populations in the South-Kazakhstan region. News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Biology and Medicine [Ocenka sovremennoogo sostojaniya prirodnyh populacij *Allochrysa gypsophiloides* (Regel) Schischk v Juzhno-Kazahstanskoj oblasti. Izvestija NAN RK. Serija biologicheskaja i medicinskaja] 1 (313): 22-29. (In Russian)
- 14 Kovalev VN, Popova NV, Kislichenko VS, Isakova TI (2003) Practical work on Pharmacognosy. [Praktikum po farmakognozii] Kharkiv, 294-316. ISBN: 966-615-192-8; 966-8032-77-2 (In Russian)
- 15 Sur SB (1990) Methods of isolation, identification and determination of terpene compounds. *Pharmaceutical Chemistry Journal* [Metody vydeleniia, identifikatsii i opredeleniia terpenovykh soedinenii. Himiko-farmaceuticheskij zhurnal] 5:42-50. (In Russian)
- 16 Oganessian ET (1980) On the mechanism of triterpenoids reaction with sulfuric acid. *Chemistry of Natural Compounds* [O mekhanizme reaktsii triterpenoidov s sernoi kislotoi. Himija prirodnyh soedinenij] 4:647-651. (In Russian)
- 17 Mironenko IV, Brezhneva TA, Selemenev VF (2011) UV spectrophotometric determination of triterpene saponins – oleanolic acid derivatives. *Chemistry of plant raw materials* [UF-spektrofotometricheskoe opredelenie triterpenovykh saponinov – proizvodnykh oleanolovoi kisloty. Himija rastitel'nogo syr'ja] 3:153-157. (In Russian)
- 18 Pisarev DI, Martynova NA, Netebko NN, Novikov OO Sorokopudov VN (2009) Saponins and their definition in the rhizomes *Aralia manchuriana* from the Belgorod region. *Chemistry of plant raw materials* [Saponiny i ikh opredelenie v kornevishchakh aralii man'chzhurskoj v usloviakh Belgorodskoj oblasti. Himija rastitel'nogo syr'ja] 4:197-198. (In Russian)
- 19 Shadrin DM, Pylina YI, Volodina SO, Volodin VV (2011) Chemical analysis of plant *Anthyllis vulneraria* L., growing in the European north-east of Russia. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Khimicheskii analiz rastenii *Anthyllis vulneraria* L., proizrastaiushchei na Evropeiskom severo-vostoce Rossii. Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk] 13.1(4):945 – 947. (In Russian)
- 20 Fedotova VV, Oganessian AT, Chelombitko BA (2014) Triterpene glycosides in herb of *Solidago caucasica* Kem.- Nath. *Pharmacy and Pharmacology* [Triterpenovye glikozidy travy *Soldago caucasica* Kem.- Nath. armatsiia i farmakologija] 4(5):52-56. (In Russian)
- 21 El Mabrouk X., Naukhova IE, Sorokin VV, Minina SA (2014) Development of method quantitative determination of saponins in the grass *gryzhnika* naked – *Herniaria glabra* L. *Scientific statements. Series Medicine, Pharmacy* [Razrabotka metodiki kolichestvennogo opredelenija saponinov v trave gryzhnika gologo – *Herniaria glabra* L. Nauchnye vedomosti. Serija meditsina, farmatsiia] 24 (195):28:235- 238. (In Russian)
- 22 Fedoseyev LM, Dali Baltakh B. (2016) The study of saponins in the underground organs of ferrule kherson. *Chemistry of plant raw materials* [Izuchenie saponinov v podzemnyh organah feruly hermonskoj. Khimiia rastitel'nogo syr'ia] 1:181-184. (In Russian)
- 23 State Pharmacopoeia of the USSR. Is. 2. General methods of analysis. Medicinal plant material. 11 ed. (1991) [Gosudarstvennaia farmakopeia SSSR. Vyp.2. Obshchie metody analiza. Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e. 11 izd] Moscow, ISBN: 5-225-00382-6 (In Russian)
- 24 attger S, Melzig MF (2001) Triterpenoid saponins of the Caryophyllaceae and Illecebraceae family. *Phytochemistry Letters*, 4 (2):59-68. DOI: 10.1016/j.phytol.2010.08.003

Омирбекова Н.Ж.,  
Асканбаева Б.Н.,  
Егизтаева Б.Н.,  
Кенжебаева С.С.,  
Жусупова А.И.,  
Жунусбаева Ж.К.,  
Сафонов Д.П.

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

**Сравнительное изучение  
влияния *Puccinia recondita*  
на элементы продуктивности  
и содержание белка в зерне  
мягкой пшеницы *Triticum*  
*aestivum* и дикого злака  
*Brachypodium distachyon***

Omirebekova N.Zh.,  
Askanbayeva B.N.,  
Yegiztayeva B.T.,  
Kenzhebayeva S.S.,  
Zhussupova A.I.,  
Zhunusbayeva Zh.K.,  
Safonov D.P.

Al-Farabi Kazakh National  
University, Almaty, Kazakhstan

**Comparative study of *Puccinia*  
*recondita* influence on elements  
of productivity and protein  
contents in grain of soft wheat  
*Triticum aestivum* and its  
wild relative *Brachypodium*  
*distachyon***

Өмірбекова Н.Ж.,  
Асканбаева Б.Н.,  
Егізтаева Б.Т.,  
Кенжебаева С.С.,  
Жүсіпова А.И.,  
Жүнісбаева Ж.Қ.,  
Сафонов Д.П.

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

**Жұмсақ бидайдың *Triticum*  
*aestivum* және жабайы  
астық дақыл *Brachypodium*  
*distachyon* өсімдігінің өнімділік  
элементтеріне және дәндегі  
белок мөлшеріне *Puccinia*  
*recondita* әсерін салыстырмалы  
зерттеу**

Современные теории прогнозов болезней растений основываются на результатах изучения закономерностей патогенеза и влияния на него факторов внешней среды. Исследование генетических основ устойчивости растений мягкой пшеницы, поиск генов устойчивости, создание устойчивых сортов и их введение в селекционную практику расширяет возможности предотвращения распространения бурой листовой ржавчины, одного из опасных заболеваний пшеницы. Цель данной работы – оценить влияние бурой листовой ржавчины на элементы продуктивности и содержание белка в зерне мягкой яровой пшеницы казахстанской селекции сорта Казахстанская 19, Казахстанская раннеспелая и нового модельного объекта *Brachypodium distachyon*, и их связи. Результаты сравнительного анализа влияния биотического стресса на элементы продуктивности показали, что *Puccinia recondita* статистически достоверно снижает все показатели продуктивности у сортов пшеницы Казахстанская 19, Казахстанская раннеспелая и модельного объекта *Brachypodium distachyon*. Содержание белка в зерне мягкой пшеницы местной селекции Казахстанская 19, Казахстанская раннеспелая и дикого злака *B.distachyon* при инфицировании бурой листовой ржавчиной не изменяется.

**Ключевые слова:** *Brachypodium distachyon*, мягкая пшеница, бурая листовая ржавчина, устойчивость, элементы продуктивности.

Modern theories of plant diseases prediction are based on results of investigations on laws of pathogenesis and influence of environmental factors on it. Study of genetic basis of plant resistance of soft wheat, search for resistance genes, creation of resistant varieties and their introduction into the breeding practice expands the possibility of preventing the spread of brown leaf rust, one of the most dangerous wheat diseases. The aim of this work is to estimate the influence of brown leaf rust on the elements of productivity and protein content in grain of local varieties of soft wheat Kazakhstanskaya 19, Kazakhstanskaya early and new model object *Brachypodium distachyon* along with their correlation. The results of the comparative study of the impact of biotic stress on the elements of productivity have shown that *Puccinia recondita* statistically significantly reduces the productivity of all parameters in wheat varieties Kazakhstanskaya 19, Kazakhstanskaya early and model object *Brachypodium distachyon*. The protein content in the grain of wheat of local breeding varieties Kazakhstanskaya 19, Kazakhstanskaya early and wild cereal *B. distachyon* is not changed when infected with brown leaf rust.

**Key words:** *Brachypodium distachyon*, soft wheat, brown leaf rust, resistance, elements of productivity.

Қазіргі заманғы өсімдіктердің ауруларын бағдарлау патогенездің заңдылықтары оның сыртқы орта факторларына әсерін зерттеу нәтижелеріне негізделген. Жұмсақ бидай өсімдіктерінің төзімділігінің генетикалық негізін зерттеу, төзімділік генін табу, төзімді сорттарды алу және оларды селекциялық тәжірибеге енгізу бидайдағы қауіпті аурулардың бірі қоңыр жапырақ татының таралуын алдын алуға болатын мүмкіндіктер арта түседі. Жұмыстың мақсаты – қоңыр жапырақ татының қазақстандық селекциясының жаздық жұмсақ Казахстанская 19, Казахстанская раннеспелая сорттары мен жаңа модельдік объект *Brachypodium distachyon* дәнінің белок мөлшері мен өнімділік элементтеріне әсерін және олардың байланысын бағалау. Биотикалық стрестің өнімділік элементтеріне салыстырмалы талдау нәтижелері *Puccinia recondita*ның жаңа модельдік объект *Brachypodium distachyon* және Казахстанская 19, Казахстанская раннеспелая сорттарының статистикалық сенімділікте барлық өнімділік элементтерін төмендететінін көрсетті. Жергілікті селекцияның Казахстанская 19, Казахстанская раннеспелая жұмсақ бидай сорттары мен *B. distachyon* жабайы дақылдың қоңыр жапырақ татымен зақымдану кезінде дәндеріндегі белок мөлшері өзгермеген.

**Түйін сөздер:** *Brachypodium distachyon*, жұмсақ бидай, қоңыр жапырақ таты, төзімділік, өнімділік элементтері.

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ  
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ  
*PUSCINIA RECONDITA*  
НА ЭЛЕМЕНТЫ  
ПРОДУКТИВНОСТИ  
И СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА  
В ЗЕРНЕ  
МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ  
*TRITICUM AESTIVUM*  
И ДИКОГО ЗЛАКА  
*BRACHYPODIUM-  
DISTACHYON***

**Введение**

Сельское хозяйство Казахстана относится к зоне критического земледелия, с характерной периодической засухой. В природных условиях адаптация зерновых культур к биотическим (различные виды болезней, вызываемых патогенами) и абиотическим факторами среды (засуха, засоление) сопровождается снижением их продуктивностью. Согласно данным Организации по продовольствию и сельскому хозяйству (ФАО) ООН, мировые потери урожая сельскохозяйственных растений от болезней ежегодно оцениваются на сумму около 25 млрд. долларов [1].

Мягкая пшеница – приоритетная колосовая злаковая культура Казахстана, одного из признанных мировых экспортеров зерна, подвергается значительным колебаниям продуктивности, которые опосредованы действием абиотических и биотических стрессов. Зерновые культуры, и в частности, пшеница, являются основным продуктом питания населения, повышению урожайности и качеству зерна придается наиважнейшее значение. Одной из приоритетных задач практической селекции является создание устойчивых к болезням и пластичных сортов пшеницы.

Бурая листовая ржавчина, вызываемая спорами *Puccinia arecondita*, является одним из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний злаковых культур. Создание устойчивых к патогенам сортов культурных растений методами традиционной селекции продолжительно по времени, а эволюция патогенов опережает возможности практической селекции, в результате чего получение устойчивых сортов к патогенам растений опаздывает с их внедрением в производство. В связи с этим одной из первоочередных задач сельского хозяйства и современной селекции является выявление и разработка мобильных методов и путей формирования устойчивости растений к патогенам [2, 3].

Модельный объект *Arabidopsis* предоставляет уникальные возможности для изучения ключевых физиолого-биохимических особенностей биологии растений, в том числе устойчивости к болезням. Однако грибы родов *Puccinia*, *Septoria* и

*Fusarium*, вызывающие заболевания ржавчиной, септориозом, фузариозом не способны заражать *Arabidopsis*. Эти биологические особенности *Arabidopsis* не позволили использовать его в исследовании этих наиболее вредоносных и распространенных заболеваний злаковых культур.

*Brachypodium distachyon* (коротконожка пурпурная), относится к подсемейству *Pooideae*, была рекомендована в качестве новой модельной системы для умеренных злаков. *Brachypodium distachyon* имеет ряд преимуществ для понимания клеточной, генетической и молекулярной биологии умеренных злаков, в том числе и потому, что это единственный однолетний дикий злак, филогенетически самый близкий к значимым культурным злакам – пшеница, ячмень, рис [4, 5].

Дикий злак, помимо различных форм ржавчины заражается фузариозом и септориозом. Инфекционные агенты микотоксинов вызывают у злаковых увядание колоса. Перальди с соавторами провели исследования по оценке взаимодействия представителей рода фузариум и *Brachypodium distachyon* для применения ее в качестве модельного объекта изучения различных видов данного патогена. Впервые была показана способность *F. graminearum* и *F. culmorum* заражать все ткани инфицируемого растения. Была проведена оценка восприимчивости к патогенам и микотоксину у двух экотипов *B. distachyon*, свидетельствующая о различной степени устойчивости между ними, показана значимая роль клеток волосков колоса как инфекционных сайтов [6].

Необходимость привлечения модельных организмов в исследовании механизмов устойчивости при поражении пшеницы септориозом показана рядом авторов при оценке взаимодействия между *Zymoseptoria tritici* (штамм IPO323) и *B. distachyon*. Полученные данные позволяют предположить, что *B. distachyon* является несовместимым реципиентом для инфекции *Z. tritici*, и может служить в качестве подходящей модели патосистемы для исследования механизмов, лежащих в основе несовместимой реакции организма реципиента на *Z. tritici* [7, 8].

В настоящее время проводятся исследования по изучению влияния стрессовых факторов среды на устойчивость и восприимчивость к стеблевой ржавчине у *Brachypodium*, способствующие расшифровке генетической основы механизмов ответных реакций с применением рекомбинантных инбредных популяций от родительских форм с разным уровнем восприим-

чивости. В частности, были получены индуцированные мутанты с нарушенной устойчивостью к стеблевой ржавчине, которые позволят познать молекулярную биологию устойчивости и восприимчивости растений к ржавчине [9]. Также выявлены геномные регионы *Brachypodium*, связанные с количественной устойчивостью к ржавчине. *Puccinia brachypodii*. Инбредные линии Bd3-1 и Bd1-1, отличающиеся по уровню устойчивости к *P. brachypodii*, были скрещены для получения поколения F<sub>2</sub>. Три локуса количественных признаков, ответственных за устойчивость к ржавчине выявлены на хромосомах 2, 3 и 4. Устойчивость к ржавчине контролируется несколькими локусами [10]. Было проведено первичное определение районов генома, ассоциированных с устойчивостью к ржавчине в двух инбредных линиях Bd3-1 (устойчивая) и Bd1-1 (чувствительная), смоделированием генов, участвующих в различных метаболизмах: гликолиз, обмен аминокислот и азота [11]. Генетические основы устойчивости *B. distachyon* к стеблевой ржавчине пшеницы были изучены методом картирования при скрещивании устойчивой и неустойчивой форм в поколениях F<sub>4-5</sub>. Выявлено влияние одного доминантного и одного рецессивного генов, один из которых локализован в хромосоме 3 [12].

В Казахстане *B. distachyon*, в качестве модельного объекта, используется впервые для изучения влияния вызванного патогеном бурой ржавчины.

Известно, что инфекционные болезни растений пшеницы являются не только причиной снижения урожайности, но и ухудшения качества зерна. Исследование генетических основ устойчивости растений мягкой пшеницы, поиск генов устойчивости, создание устойчивых сортов и их введение в селекционную практику расширяет возможности предотвращения распространения бурой листовой ржавчины, одной из опасных ее заболеваний.

Цель данной работы – оценить влияние бурой листовой ржавчины на элементы продуктивности и содержание белка в зерне мягкой яровой пшеницы казахстанской селекции сорта Казахстанская 19, Казахстанская раннеспелая и нового модельного объекта *Brachypodium distachyon*, и их связи.

## Материалы и методы

В работе изучено два сорта яровой мягкой пшеницы *Triticumaestivum* L. местной селекции:

Казахстанская раннеспелая, Казахстанская 19 и *Brachypodium distachyon* 21 линия (Bd21). Семена Bd21 были предоставлены Центром биоресурсов RIKEN BRC (Япония). Основанием для выбора сортов пшеницы являлась степень устойчивости или чувствительности к листовой ржавчине. По результатам оценки лаборатории иммунитета и защиты растений КазНИИ земледелия и растениеводства (пос. Алмалыбак, Карасайский район, Казахстан) и НИИ проблем биологической безопасности (п.г.т. Гвардейский, Кордайский район Казахстан), показали, что сорт Казахстанская 19 проявляет комплексную устойчивость к бурой (15%) и желтой ржавчинам [13]. По данным лаборатории технологической оценки качества зерна Госкомиссии РК по сортоиспытанию, сорта Казахстанская раннеспелая и Казахстанская 19 отвечают требованиям для сильной пшеницы [14].

Посев семян мягкой пшеницы и дикого злака проводили вручную на делянках шириной 1 м, ширина междурядий 15 см. В каждый ряд высаживали по 20 семян пшеницы, *Brachypodium distachyon* высаживали по 10 семян. Агротехника выращивания растений в полевых условиях была общепринятой [15]. Посев проводили в апреле 2016 года на опытных полях КазНИИЗиР МСХ РК.

Анализ элементов продуктивности проводили по таким компонентам как высота растений, продуктивная кустистость, длина, число и масса зерен главного колоса, масса 1000 зерен [15] у растений яровой пшеницы и Bd21, выращенных в контрольных полевых условиях и в условиях искусственного заражения спорами гриба *Puccinia recondita*.

Инфекционным материалом для заражения служил инокулят спор гриба *Puccinia recondita* казахстанской популяции, предоставленный Научно-исследовательским институтом проблем биологической безопасности МОН РК (п.г.т. Гвардейский, Казахстан).

Заражение спорами растений опытного варианта проводили в фазе кушения, путем инокуляции урединиоспорами. Инокулом активировали 30 минут при температуре 37-40° С, и обводняли во влажной камере в течение 4 часов. Растения опрыскивали водной суспензией спор *Puccinia recondita*, которая содержала 0,001% Твин-80, инфекционная нагрузка спор патогена – 20 мг/м<sup>2</sup> [16]. Обработку растений проводили после предварительного увлажнения в вечернее время и создавали условия высокой влажности. Контролем служили необработанные

растения. Симптомы заражения у растений регистрировали на 7-9-е сутки. Они проявлялись на верхней стороне листьев, реже на листовых влагалищах в виде бурых пустул диаметром 0,5-2,0 мм. В полевых условиях проводили скрининг на устойчивость к бурой ржавчине растений пшеницы и *B. distachyon* [17].

Определение содержания белка в зерне яровой пшеницы и Bd21 проводили при помощи анализатора зерна по белку и влажности, основанного на методе ближней инфракрасной спектроскопии (NIR), GrainAZX-50 portable grain analyzer, фирмы Zeltex (США). Для калибровки ближнего инфракрасного спектрофотометра использовали стандартизированный аналитический метод определения белка по содержанию азота, как метод Къельдаля. Автоматическая калибровка прибора для зерна осуществлялась с помощью программного обеспечения. Измерения содержания белка в зерне пшеницы проводили на 25 зернах, Bd21 на 50 зернах. Содержание белка в зерне выражали в % к сухой массе (веса) зерна.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программы EXCELL и согласно П.Ф. Рокицкому [18].

### Результаты исследований

*Определение элементов продуктивности пшеницы и Bd21.*

Одним из основных элементов урожая у сортов пшеницы является продуктивность колоса, характеризующаяся по сравнению с урожайностью, менее сложной генотипической природой, и следовательно, меньшей генотип-средовой изменчивостью. Кроме того, продуктивность колоса является сложным признаком, который зависит от совокупного, прямого и опосредованного взаимодействия ряда признаков, таких как длина побега и колоса, число колосков в колосе, плотность колоса, число зерен в колосе, озерненность колоска, масса 1000 зерен [19].

В таблице 1 приведены данные влияния заражения растений пшеницы *Puccinia recondita* на элементы продуктивности мягкой пшеницы и Bd21.

Анализ сорта пшеницы Казахстанская 19 показал, что признак «высота растений» снижается на 5 %, относительно контроля: высота растений в контрольном варианте составляла 124,61±0,40 см, в опытном – 119,23±0,49 см (таблица 1). Продуктивная кустистость у этого сорта статистически достоверно уменьшилась на 42% относительно контроля (5,50±0,51 шт в контроле,

и  $3,18 \pm 0,38$  шт в опытном варианте). По признаку «длина колоса» в контрольном варианте –  $10,48 \pm 0,43$  см, опытный вариант –  $8,38 \pm 0,37$  см. Таким образом, при заражении выявлено снижение длины колоса на 20%.

Два основных показателя элементов продуктивности колоса, признаки «число зерен» и «масса зерна» главного колоса показали следующее:

числозерен уменьшается на 13,32% (контроль –  $46,58 \pm 0,50$  шт, опыт –  $40,28 \pm 0,45$  шт); масса зерна главного колоса этого сорта также изменяется под влиянием патогена (таблица 1). Отмечено значительное его снижение на 55% (контроль –  $2,81 \pm 0,33$  г, опыт –  $1,31 \pm 0,32$  г). Наблюдается также снижение элемента продуктивности масса 1000 зерен на 31% относительно контроля.

**Таблица 1** – Влияние патогена *Puccinia recondita* на элементы продуктивности у мягкой пшеницы сорта Казахстанская 19, Казахстанская раннеспелая и Bd21

Вариант опыта	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, шт	Главный колос			Масса 1000 зерен, г
			длина колоса, см	число зерен, шт	масса зерна, г	
<i>Казахстанская 19</i>						
контроль	$124,61 \pm 0,40$	$5,50 \pm 0,51$	$10,48 \pm 0,43$	$46,58 \pm 0,50$	$2,81 \pm 0,33$	$45,86 \pm 0,49$
опыт	$119,23 \pm 0,49^{**}$	$3,18 \pm 0,38^{**}$	$8,38 \pm 0,37^{**}$	$40,28 \pm 0,45^{**}$	$1,31 \pm 0,32^{***}$	$31,64 \pm 0,30^{***}$
<i>Казахстанская раннеспелая</i>						
контроль	$126,38 \pm 0,48$	$5,68 \pm 0,47$	$10,24 \pm 0,49$	$42,40 \pm 0,65$	$3,03 \pm 0,23$	$43,41 \pm 0,58$
опыт	$108,16 \pm 0,35^{***}$	$3,15 \pm 0,36^{***}$	$8,28 \pm 0,44^*$	$37,08 \pm 0,47^{***}$	$1,52 \pm 0,47^*$	$35,44 \pm 0,41^{***}$
<i>Brachypodium distachyon</i>						
контроль	$21,63 \pm 0,46$	$14,44 \pm 0,65$	$2,94 \pm 0,33$	$51,04 \pm 0,68$	$0,22 \pm 0,01$	$4,01 \pm 0,27$
опыт	$12,01 \pm 0,45^{***}$	$5,84 \pm 0,37^{***}$	$1,66 \pm 0,21^{**}$	$45,16 \pm 0,47^{***}$	$0,16 \pm 0,01^{***}$	$2,80 \pm 0,18^{**}$

Примечание: \* при  $P < 0,05$ ; \*\* при  $P < 0,01$ ; \*\*\* при  $P < 0,001$  относительно контроля

Рассмотрим структурный анализ сорта Казахстанская раннеспелая. Признак «высота растений» статистически достоверно снижается на 14,41 %, контрольный вариант –  $126,38 \pm 0,48$  см, опытный –  $108,16 \pm 0,35$  см. Продуктивная кустистость этого сорта статистически достоверно уменьшилась на 44,54 % ( $5,68 \pm 0,47$  шт в контроле и  $3,15 \pm 0,38$  шт в опытном варианте). По признаку «длина колоса» получены следующие результаты: контроль –  $10,24 \pm 0,49$  см, опытный вариант –  $8,28 \pm 0,44$  см, отмечено уменьшение длины колоса на 19,14 %. Признак «число зерен» главного колоса снижается на 12,54 % (контроль –  $42,40 \pm 0,65$  шт., опыт –  $37,08 \pm 0,47$  шт). Значительное влияние бурая листовая ржавчина оказывает на признак «масса зерна» главного колоса сорта Казахстанская раннеспелая, который снизился на 49,83 % относительно контрольного варианта (контроль –  $3,03 \pm 0,23$  г, опыт –  $1,52 \pm 0,47$  г). Основным показателем элементов продуктивности, признак «масса 1000 зерен» достоверно уменьшается на 18,35% (контроль –  $43,41 \pm 0,58$  шт, опыт  $35,44 \pm 0,41$  шт –  $35,44 \pm 0,41$  шт).

Показатель «высота растений» в контроле –  $21,63 \pm 0,46$  см, заражение бурой листовой ржавчиной приводит к почти двукратному снижению этого элемента продуктивности у растений Bd21 и составило  $12,01 \pm 0,45$  см. Продуктивная кустистость статистически достоверно уменьшилась на 40 % (контроль  $14,44 \pm 0,65$  шт., опыт –  $5,84 \pm 0,37$  шт).

Изучение влияния биотического стресса на элементы продуктивности Bd21 показало, что бурая ржавчина статистически достоверно снижает все показатели продуктивности (таблица 1).

Структурный анализ признаков главного колоса: «длина», «число зерен» и «масса зерен» показал: длина главного колоса Bd21  $2,94 \pm 0,33$  см в контроле, статистически достоверно уменьшается до  $1,66 \pm 0,21$  см, что составляет 44% относительно контроля. Показатель «число зерен» также достоверно уменьшается на 12 % (контроль  $51,04 \pm 0,68$  шт., опыт –  $45,16 \pm 0,47$  шт). Масса зерна главного колоса Bd21 под влиянием патогена уменьшается на 28% (контроль  $0,22 \pm 0,01$  г, опыт –  $0,16 \pm 0,01$  г). Основным показателем элементов



продуктивности «масса 1000 зерен» достоверно уменьшается на 31% ( $4,01 \pm 0,27$  г – контроль и  $2,80 \pm 0,18$  г – опыт).

*Определение содержания белка в зерне пшеницы и дикого злака Vd21*

Сравнительное изучение влияния *Puccinia-recondita* на содержание белка в зерне мягкой пшеницы и дикого злака Vd21, определенное с использованием анализатора зерна по белку и влажности, основанного на методе ближней инфракрасной спектроскопии представлено в таблице 2.

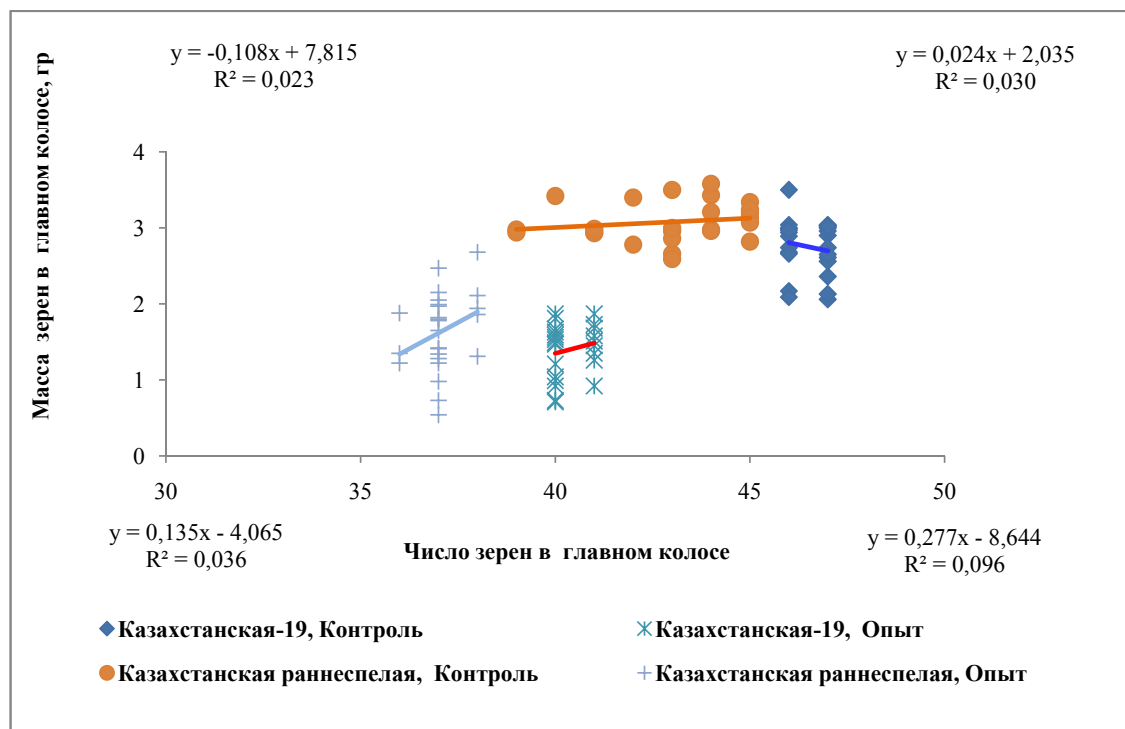
Содержание белка в зерне сорта Казахстанская 19 в контрольном варианте составляет  $15,28 \pm 0,04\%$ , при заражении патогеном бурой листовой ржавчины  $15,16 \pm 0,05\%$ . Количество содержания белка в зерне обоих вариантов практически не изменялось. Влияние патогена на содержание белка в зерне у сорта Казахстанская раннеспелая также не отмечено (контроль –  $15,22 \pm 0,11\%$ , опыт –  $15,12 \pm 0,08\%$ ).

Полученные данные показали, что содержание белка в зерне Vd21 при инфицировании бурой ржавчиной не изменяется (таблица 2), Содержание белка в контрольном варианте составляло  $14,96 \pm 0,13\%$ , в опытном –  $14,66 \pm 0,11\%$ .

**Таблица 2** – Влияние патогена *Puccinia-recondita* на содержание белка в зерне пшеницы сортов мягкой пшеницы и *Brachypodium distachyon*

Вариант опыта	Содержание белка в зерне, %
Казахстанская 19	
контроль	$15,28 \pm 0,04$
опыт	$15,16 \pm 0,05$
Казахстанская раннеспелая	
контроль	$15,22 \pm 0,11$
опыт	$15,12 \pm 0,08$
<i>Brachypodium distachyon</i>	
контроль	$14,96 \pm 0,13$
опыт	$14,66 \pm 0,11$

Точечные графики данных определений параметров продуктивности, как число и масса зерен в главном колосе у сортов яровой пшеницы Казахстанская 19 и Казахстанская раннеспелая, а также Vd21 контрольного и опытного вариантов приведены на рисунках 1 и 2.



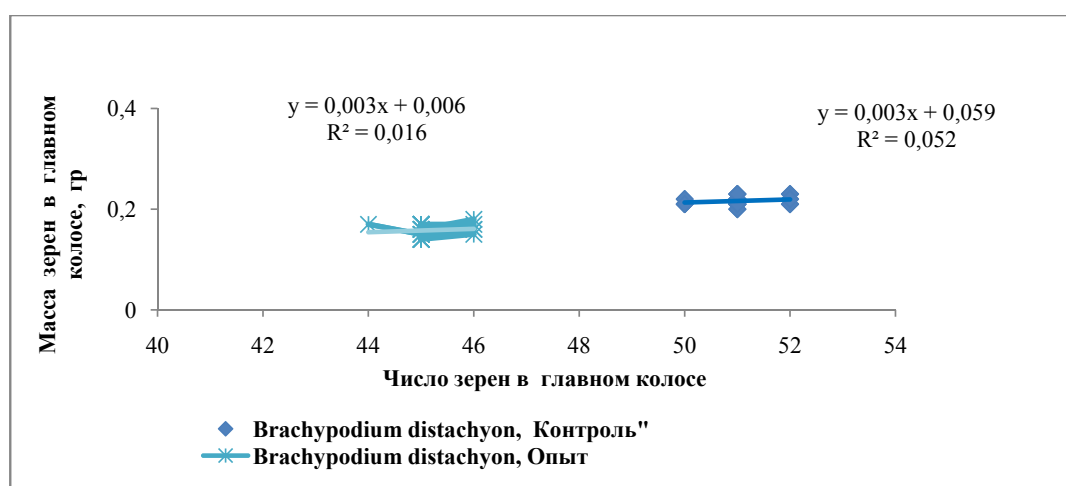
**Рисунок 1** – Зависимость элемента продуктивности «число зерен в главном колосе» от продуктивности «масса зерна главного колоса» при инфицировании *Puccinia-recondita*

Эти графики, иллюстрирующие разброс полученных значений по параметрам продуктивности и установления корреляционной линии, были использованы для выявления доказательств зависимости между изученными элементами продуктивности в условиях контроля и опыта. Полученные данные показывают, что для контрольного варианта сорта Казахстанская раннеспелая, в отличие от сорта Казахстанская 19 существует большая зависимость между элементом продуктивности, как число зерен и масса зерен в главном колосе ( $r=0.024$ ). Сравнивая распределение точек элементов продуктивности на рисунке 1 для опытных вариантов можно отметить, что для сорта Казахстанская раннеспелая в условиях заражения патогеном, также сохраняется большая зависимость между массой и числом зерен в главном колосе. У данного сорта инфекционное заражение приводит к более высокому уровню изменчивости числа зерен в

главном колосе по сравнению с сортом Казахстанская 19.

Результаты определения зависимости между элементами продуктивности у Bd21 свидетельствуют, что при заражении таковая связь снижается, компонент продуктивности как число зерен в главном колосе в большей степени уменьшается по сравнению с массой зерен в главном колосе.

Контроль за формированием урожая дает возможность не только оценивать потенциальную продуктивность растений на самых разных этапах, но определять, за счет каких элементов складывается потенциал продуктивности. Он позволяет выявить критические этапы в органогенезе растений, во время которых проходит процесс редукции элементов потенциальной продуктивности, а также определять, какие элементы продуктивности наиболее устойчивы при неблагоприятных условиях [20].



**Рисунок 2** – Зависимость элемента продуктивности «число зерен в главном колосе» от продуктивности «масса зерна главного колоса» при инфицировании *Puccinia recondita*

Анализ вклада морфогенеза в продуктивность с помощью метода структурного анализа созревших растений по элементам продуктивности побега наиболее перспективен вследствие своей информативности [21].

### Выводы

В результате проведенного сравнительного исследования влияния *Puccinia recondita* на сорта мягкой пшеницы и модельный объект *Brachypodium distachyon* установлено, что зара-

жение бурой листовой ржавчиной статистически достоверно снижает основные показатели элементов продуктивности.

Инфицирование патогеном бурой листовой ржавчины снижает все элементы продуктивности сорта пшеницы Казахстанская 19: продуктивная кустистость до 42%, длина колоса до 20%; число зерен и масса зерна главного колоса на 13% и 55 % соответственно. Масса 1000 зерен понижается на 31% относительно контроля. Анализ сорта Казахстанская раннеспелая также показал влияние патогена на элементы продук-

тивности. Кустистость сорта статистически достоверно уменьшается на 44 %, длина колоса на 19 %. Число зерен главного колоса снижается на 12 %. Значительное влияние бурая листовая ржавчина оказывает массу зерна главного колоса, этот показатель снизился на 49 % относительно контрольного варианта. Основной показателем элементов продуктивности – масса 1000 зерен уменьшается на 18%.

Изучение влияния биотического стресса на элементы продуктивности Vd21 показало, что бурая ржавчина статистически достоверно снижает все показатели продуктивности: длина главного колоса Vd21 уменьшается на 44% относительно контроля, число зерен также достоверно уменьшается на 12 %, масса зерна уменьшается на 28%. Основным показателем элементов продуктивности масса 1000 зерен уменьшается на 31%.

Выявлено, что содержание белка в зерне контрольного и опытного вариантов у сортов пшеницы и Vd21 при заражении патогеном практически не изменяется. Одной из причин выявленных незначительных различий по содержанию белка в зерне, вероятно, является высокий естественный фон заражения *Puccinia recondita* контрольного поля, вызванного дождливыми погодными условиями весны-лета 2016 года.

*Данное исследование выполнено при поддержке грантового финансирования научных исследований фонда науки Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2015-2017 гг. «Внедрение нового модельного объекта *Brachypodium distachyon* L. в селекционную практику для повышения устойчивости злаковых культур к биотическим факторам среды», № 3643/ГФ4.*

#### Литература

- 1 Поисково-справочная система по экологии: ru-ecology.info.
- 2 Абиев С.А. Ржавчинные грибы злаковых растений Казахстана. – Алматы: НИЦ «Гылым». – 2002. – 296 с.
- 3 Boyd L.A., Ridout Ch., O'Sullivan D.M., Leach J.E., Leung H. Plant-pathogen interactions: disease resistance in modern agriculture // Trends in Genetics. – 2013. – Vol. 29, No. 4. – P. 233-240.
- 4 Peraldi A., Goddard R., Nicholson P. *Brachypodium distachyon* provides insights into plant trade-offs between growth and stress tolerance // ISB news report. – 2015. – P. 6-10.
- 5 Ayliffe M., Singh D., Park R., Moscou M., Pryor T. Infection of *Brachypodium* with selected grass rust pathogens // Mol Plant Microbe Interact. – 2013. – Vol. 26, No. 8. – P. 946-957.
- 6 Peraldi A., Beccari G., Steed A., Nicholson P. *Brachypodium distachyon*: a new pathosystem to study *Fusarium* head blight and other *Fusarium* diseases of wheat // BMC Plant Biol. – 2011. – Vol. 11, No. 100. – P. 1-14.
- 7 O'Driscoll A., Doohan F., Mullins E. Exploring the utility of *Brachypodium distachyon* as a model pathosystem for the wheat pathogen *Zymoseptoria tritici* // BMC Res Notes. – 2015. – Vol. 8, No. 132. – P. 1-10.
- 8 Bluemke A., Sode B., Ellinger D., Voigt C. Reduced susceptibility to *Fusarium* head blight in *Brachypodium distachyon* through priming with the *Fusarium* mycotoxin deoxynivalenol: DON priming in pathogen resistance // Molecular Plant Pathology. – 2014. – Vol. 16, No. 5. – P. 472-483.
- 9 Garvin D.F. Investigating rust resistance with the model grass *Brachypodium* // Proceedings of the 2011 Borlaug Global Rust Initiative Technical Workshop. – USA, 2011. – P. 88-91.
- 10 Barbieri M., Marcel T.C., Niks R.E., Francia E., Pasquariello M., Mazzamuro V., Garvin D.F., Pecchioni N. QTLs for resistance to the false brome rust *Puccinia brachypodii* in the model grass *Brachypodium distachyon* L. // Genome. – 2012. – Vol. 55. – P. 152-163.
- 11 Mazzamuro V., Marcel T., Milc J., Francia E., Roncaglia E., Malagoli G., Bicciato S., Tagliafico E., Pecchioni N. Transcriptome analysis in the interaction *Brachypodium*–*Puccinia brachypodii* // 1<sup>st</sup> International *Brachypodium* Conference. – Italy, 2013. – P. 73.
- 12 Bettgenhaeuser J., Gardiner M., Opanowicz M., Hubbard A., Bayles R., Doonan J., Wulff B.B.H., Moscou M.J. Deciphering the genetic basis of wheat stripe rust resistance in *Brachypodium distachyon* // 1<sup>st</sup> International *Brachypodium* Conference. – Italy, 2013. – P. 76.
- 13 Методы выявления ценных сортов зерновых культур среди интродуцированных селекционных материалов (методическая рекомендация) // Рсалиев Ш.С., Тилеубаева Ж.С., Рсалиев А.С., Агабаева А.Ч. – пгт. Гвардейский, 2004. Инв. № 828. – 15 с.
- 14 Ахметова А.А., Зеленский Ю.И., Карабаев М.К., Моргун А.И. Урожайность и устойчивость к ржавчине питомников КАСИБ // Материалы совещания Казахстанско-Сибирской сети по улучшению яровой пшеницы (КАСИБ). – Новосибирск, 2014. – С.3-8.
- 15 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
- 16 Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. – М.: Колос. – 1973. – 206 с.
- 17 Stakman E.C., Levine M.N. The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* spp. // Minn. Agr. Exp. St. Technol. Bull. – 1922. – No. 8 – P. 38-41.

- 18 Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. – М.: Колос. – 1973. – 327 с.
- 19 Натрова З., Смочек Я. Продуктивность колоса зерновых культур. – М.: Колос. – 1983. – 45 с.
- 20 Calderini D.F., Dreccer M.F., Slafer G.A. Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A re-examination of previous results and the latest trends // Plant Breed. – 1995. – Vol. 114. – P. 108-112.
- 21 Морозова З.А. Методология использования закономерностей морфогенеза колосовых злаков в селекции. – М.: МАКСПресс. – 2013. – 366 с.

### References

- 1 Search and reference system on ecology at: ru-ecology.info
- 2 Abiyev SA (2002) Rust fungi of Kazakhstani cereal grains [Rzhavchinnye griby zlakovyh rastenij Kazahstana]. Gylym, Almaty, Kazakhstan, pp. 296 p. (in Russian)
- 3 Boyd LA, Ridout Ch, O'Sullivan DM, Leach JE, Leung H (2013) Plant-pathogen interactions: disease resistance in modern agriculture, Trends in Genetics, 29(4):233-240. DOI: 10.1016/j.tig.2012.10.011
- 4 Peraldi A, Goddard R, Nicholson P (2015) Brachypodium distachyon provides insights into plant trade-offs between growth and stress tolerance. ISB news report, USA. P. 6-10.
- 5 Ayliffe M, Singh D, Park R, Moscou M, Pryor T (2013) Infection of Brachypodium distachyon with selected grass rust pathogens, Mol Plant Microbe Interact, 26(8):6-957. DOI 10.1094/MPMI-01-13-0017-R
- 6 Peraldi A, Beccari G, Steed A, Nicholson P (2011) Brachypodium distachyon: a new pathosystem to study Fusarium head blight and other Fusarium diseases of wheat, BMC Plant Biol, 11(100). DOI: 10.1186/1471-2229-11-100
- 7 O'Driscoll A, Doohan F, Mullins E (2015) Exploring the utility of Brachypodium distachyon as a model pathosystem for the wheat pathogen Zymoseptoria tritici, BMC Res Notes, 8 (132). DOI: 10.1186/s13104-015-1097-9
- 8 Bluemke A, Sode B, Ellinger D, Voigt C (2014) Reduced susceptibility to Fusarium head blight in Brachypodium distachyon through priming with the Fusarium mycotoxin deoxynivalenol: DON priming in pathogen resistance, Molecular Plant Pathology, 16(5):472-483. DOI: 10.1111/mpp.12203
- 9 Garvin DF (2011) Investigating rust resistance with the model grass Brachypodium. Proceedings of the 2011 Borlaug Global Rust Initiative Technical Workshop, USA. P. 88-91.
- 10 Barbieri M, Marcel TC, Niks RE, Francia E, Pasquariello M, Mazzamurro V, Garvin DF, Pecchioni N (2012) QTLs for resistance to the false brome rust Puccinia brachypodii in the model grass Brachypodium distachyon L., Genome, 55:152-163. DOI: 10.1139/G2012-001
- 11 Mazzamurro V, Marcel TC, Mile J, Francia E, Roncaglia E, Malagoli G, Biccato S, Tagliafico E, Pecchioni N (2013) Transcriptome analysis in the interaction Brachypodium – Puccinia brachypodii. 1<sup>st</sup> International Brachypodium Conference, Italy. P. 73.
- 12 Bettgenhaeuser J, Gardiner M, Opanowicz M, Hubbard A, Bayles R, Doonan J, Wulff BBH, Moscou MJ (2013) Deciphering the genetic basis of wheat stripe rust resistance in Brachypodium distachyon. 1<sup>st</sup> International Brachypodium Conference, Italy. P. 76.
- 13 Rsaliev SS, Tileubaeva ZS, Rsaliev AS, Agabaeva Ach (2004) Methods for detection of valuable varieties of crops among introduced breeding materials (methodical recommendations) [Metody vyjavlenija cennyh sortov zernovykh kul'tursrediintroducirovannyh selekcionnykh materialov. Metodicheskae rekomendacija]. Inv. № 828, pp. 15.
- 14 Akhmetov AA, Zelensky YI, Karabaev MK, Morgunov AI (2014) Productivity and resistance to rust at KASIB nurseries. Proceedings of the Kazakhstan-Siberia Network Meeting on the Advancement of spring wheat (KASIB) [Urozhajnost' i ustojchivost' k rzhavchine pitomnikov KASIB. Materialy soveshhanija Kazahstansko-Sibirskoj setipouluchshenija ruvojnospshenicy]. Novosibirsk, pp. 3-8.
- 15 Dosepohov BA (1985) Methods of field experiment [Metodika polevogo opyta]. Kolos, Moscow, Russia, pp. 351 (in Russian)
- 16 Geshele EE (1973) Bases of phytopathological evaluation in plant breeding [Osnovy fitopatologiceskoj ocenki v selekciirastenij]. – Kolos, Moscow, Russia, pp. 206 (in Russian)
- 17 Stakman E.C., Levine M.N. (1922) The determination of biologic forms of Puccinia graminis on Triticum spp. Minn. Agr. Exp. St. Technol. Bull, USA. P. 38-41.
- 18 Rokitsky PF (1973) Biological Statistics [Biologiceskaja statistika]. – Kolos, Moscow, Russia, pp. 327 (in Russian)
- 19 Natrova Z, Smochek Y. (1983) Productivity of spikes of grain cultures [Produktivnost' kolosazernovykh kul'tur]. – Kolos, Moscow, Russia, pp. 45 (in Russian)
- 20 Calderini DF, Dreccer MF, Slafer GA (1995) Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A re-examination of previous results and the latest trends, Plant Breed, 114:108-112. DOI: 10.1111/j.1439-0523.1995.tb00772.x
- 21 Morozova ZA (2013) Methodology for laws of spiked cereals morphogenesis application in breeding [Metodologija ispol'zovanija zakonov morfoformirovanija kolosov zlakov v selekcii]. – Max Press, Moscow, Russia, pp. 366 (in Russian).

4-бөлім  
**АДАМ ЖӘНЕ ЖАНУАРЛАР  
БИОХИМИЯСЫ**

---

Раздел 4  
**БИОХИМИЯ  
ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

---

Section 4  
**HUMAN AND ANIMAL  
BIOCHEMISTRY**

<sup>1</sup>Дюсембаев К.А.,  
<sup>1</sup>Кулатаева М.С.,  
<sup>2</sup>Шалахметова Г.А.,  
<sup>1</sup>Аликулов З.

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Астана  
<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

**Новый быстрый метод определения молибден ксантинооксидазы молока животных**

Dusembaev K.A.,  
Kulataeva M.S.,  
Shalakhmetova G.A.,  
Alikulov Z.

<sup>1</sup>L.N. Gumilev Euroasian National University, Kazakhstan, Astana  
<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

**New fast method of molybdenum determination in xanthine oxidase of animal milk**

Дүйсембаев К.А.,  
Кулатаева М.С.,  
Шалахметова Г.А.,  
Әліқұлов З.

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.  
<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

**Жануарлардың сүтіндегі ксантиноксидазаның молибденін анықтаудың жаңа жылдам әдісі**

Изучение нитратредуктазной (NaP) и нитритредуктазной (NiP) активностей молибденсодержащего фермента, ксантинооксидазы (КО) показало, что в козьем, верблюьем и кобыльем молоке КО находится в безмолибденовой и неактивной форме. Нами предложен метод активирования КО молока экзогенным молибденом и тиолами при термообработке молока при 85оС в течение 10 минут. Во время термообработки молока использовались различные антиоксиданты для защиты SH-групп кофактора. Для определения количества нитрита используются сульфаниламид и N-(1-нафтил)-этилендиамин. Нами было обнаружено, что в присутствии фосфата, антиоксидантов, дитиотрейтола, аскорбата и дитионита экзогенный молибдат окрашивался сульфаниламидом в синий цвет (максимум поглощения 695 нм). При использовании цистеина или глутатиона в качестве антиоксидантов молибдат не окрашивался сульфаниламидом, т.е. они не мешали определению нитрита. Используя дитиотрейтол, фосфат и сульфаниламид, установлено включение экзогенного молибдата в молекулу КО мицелл жировых глобул сливки.

**Ключевые слова:** нитратредуктаза, нитритредуктаза, ксантинооксидаза, молоко, молибден, дитиотрейтол, сульфаниламид.

Study on nitrate reductase (NaR) and nitrite reductase (NiR) activities of molybdenum containing enzyme xanthine oxidase (XO) showed that in milk of goat, camel and mare XO exists in molybdenum free form and is inactive. XO is activated by heat treatment of milk at 85°C in 10 min in the presence of exogenous molybdate (Mo) and thiols. Mo atoms bind to sulfhydryle (SH) groups of molybdenum cofactor in the active center of XO. However, denaturation of XO by heat treatment leads to the oxidation of these SH-groups by oxygen. Therefore, in order to defense of these groups of the cofactor during heat treatment of milk different antioxidants were used. One assay was used to determine NaR as well as NiR activities of milk XO: (1) nitrite formation from nitrate by NaR, and (2) nitrite utilization by NiR. For quantitative determination of nitrite sulfanilamide and N-(1-naphthyl)-ethylenediamine were used. We found that in the presence of phosphate, antioxidants dithiothreitol, ascorbate and dithionite Mo forms blue color (absorption maximum at 695 nm) by sulfanilamide. When cysteine or glutathione were used as an antioxidants molybdenum was not colored by sulfanilamide, i.e. they did not interfering nitrite determination. Using dithiothreitol, phosphate and sulfanilamide it was shown the incorporation of exogenous molybdenum in XO molecule which located in fat globule micelles of milk cream.

**Key words:** nitrate reductase, nitrite reductase, xanthine oxidase, milk, molybdenum, dithiothreitol, sulfanilamide.

Молибденді фермент ксантиноксидазаның (КО) нитратредуктаздық (NaP) және нитритредуктаздық (NiP) активтіктерін зерттеулер ешкінің, түйенің және биенің сүтінің құрамындағы КО молибденсіз, сондықтан ол активтігі жоқ күйінде болатынын көрсетті. Біз сырттан берілген молибдат және тиолдарды қосып, 85оС температурада 10 минут қыздыру арқылы сүттің КО-сын активтендіру әдісін ұсындық. Сүтті температурамен өңдеу кезінде кофактордың SH-топтарын қорғау үшін әртүрлі антиоксиданттар қолданылды. Нитраттың мөлшерін анықтау үшін сульфаниламид және N-(1-нафтил)-этилендиаминді пайдаланады. Біз фосфат, дитиотрейтол, аскорбат және дитионит секілді антиоксидантты қосқанда сульфаниламид молибдатты көк түске (сіңіру максимумы 695 нм) бояйтынын байқадық. Цистеин немесе глутатионды антиоксидант ретінде пайдаланғанда молибден сульфаниламидпен боялмады, яғни олар нитритті анықтауға кесір келтірмейді. Дитиотрейтолды, фосфатты және сульфаниламидті пайдалану арқылы сырттан берілген молибдаттың қаймақтағы май глобулаларының мицеллаларының құрамындағы КО-ның молекуласына кіретіні анықталды.

**Түйін сөздер:** нитратредуктаза, нитритредуктаза, ксантинооксидаза, сүт, молибден, дитиотрейтол, сульфаниламид.

**НОВЫЙ БЫСТРЫЙ  
МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
МОЛИБДЕН  
КСАНТИНОКСИДАЗЫ  
МОЛОКА ЖИВОТНЫХ****Введение**

Молибден – один из основных микроэлементов в питании животных, человека и растений. Молибден входит в состав молибдоферментов, которые могут играть важную роль в окислительном стрессе. Как известно, окислительный стресс может вызывать различные болезни у человека и животных [1]. Исследования в области медицины показывают, что молибдоферменты могут играть антиканцерогенную роль. Например, рак пищевода, особенно широко распространенный в Южной Африке, в регионе Транскей и в Лин Ксиан (LinXian) – регион в провинции Хонан (Honan) на севере Китая, который был известен, как область с наиболее высоким процентом заболеваемости раком пищевода и желудка среди местного населения [2]. Проведенные исследования почвы этих регионов показали низкое содержание в ней молибдена. А внесение в почву молибденовых удобрений значительно уменьшило процент заболеваемости населения. Сделано заключение о том, что недостаток молибдена в почве приводит к снижению или к потере активности молибденсодержащих ферментов растений, животных и человека. В результате этого в организме человека и животных повышается уровень нитритов и канцерогенных нитрозаминов, которые не окисляются молибдоферментами до их безвредных производных. Выявлено, что включение в рацион крыс молибдена ингибирует развитие рака пищевода и желудка даже после введения сложного эфира N-нитрозосаркозинэтила. Добавление молибдена в питьевую воду крыс ингибирует грудной канцерогенез, вызванный N-нитрозо-N-метилуреатом [3]. По данным американских ученых, почвы в штатах Колорадо и Огайо богаты молибденом и там обнаружена самая низкая встречаемость рака пищевода [2]. Таким образом, содержание молибдена в пищевых продуктах животного и растительного происхождения существенно зависит от его содержания в почве и воде. Молибден включен Объединенной Комиссией ФАО/ВОЗ в ряд обязательных элементов при гигиеническом контроле пищевых продуктов. Суточная потребность человека в молибдене составляет 1-2 мг. В то же время в ГОСТах и международных

стандартах отсутствуют методики определения молибдена в пищевых продуктах.

У животных и человека содержатся три молибденсодержащих фермента: альдегидоксидаза, ксантинооксидаза и сульфитооксидаза. Альдегидоксидаза и ксантинооксидаза играют важную роль в метаболизме гетероциклических ксенобиотиков, тем самым обезвреживают их и защищают организм от опасных азотсодержащих гетероциклов, поэтому их высокое содержание обнаружено в печени животных [1]. Ксантинооксидаза катализирует превращение пурина гипоксантина в ксантин, а затем в мочевую кислоту. Как известно, пуриновые основания являются составными компонентами нуклеиновых кислот, т.е. РНК и ДНК. Альдегидоксидаза принимает участие в реакциях биотрансформации ксенобиотиков – природных и чужеродных для организма человека и животных веществ, порожденных в той или иной степени хозяйственной деятельностью человека и не входящих естественным образом в биотический круговорот. Именно со способностью альдегидоксидазы катализировать окисление в организме канцерогенных ксенобиотиков связывают предполагаемую антираковую активность молибдена [2,3]. Сульфитооксидаза, находясь в митохондриях, участвует в метаболизме серосодержащих аминокислот – цистеина и метионина – и катализирует окисление сульфита в сульфат.

В растениях также хорошо изучены три молибденсодержащих фермента: нитратредуктаза, ксантиндегидрогеназа и альдегидоксидаза. Ассимиляция нитратов является фундаментальным процессом в царстве растений и поэтому фермент нитратредуктаза, восстанавливающий нитрат, рассматривается как лимитирующий фактор роста, развития, образования белка и конечной урожайности растений. В катаболизме пуринов растений ксантиндегидрогеназа окисляет ксантин через мочевую кислоту до уреидов (аллантиналлантиноновая кислота). Уреиды являются легкоусвояемой запасной и транспортной формой азота для тканей растений. Установлено, что альдегидоксидаза катализирует превращения индолуксусного и абсцизового альдегидов в соответствующие фитогормоны – индолоуксусную и абсцизовую кислоты [3].

Таким образом, вышеприведенные сведения показывают важную роль молибдена в метаболизме живых организмов. Поэтому, контроль уровня молибдена является важным компонентом оценки качества пищевых продуктов расти-

тельного и животного происхождения, а также почвы и воды окружающей среды.

Высокие концентрации молибдена определяют методами атомно-абсорбционной спектроскопии, вольтамперометрии, спектрофотометрии часто в сочетании с экстракцией. Для определения содержания молибдена в молоке домашних животных, некоторые авторы для устранения матричных влияний и снижения предела обнаружения молибдена в молоке использовали процедуру предварительного концентрирования и отделения матрицы с использованием ионообменника Амберлита, 5% раствора гидроксида натрия в качестве элюента [4]. А для улучшения метрологических характеристик определения молибдена в обезжиренном молоке предлагают добавку европия и сложную предварительную процедуру обработки графитовой печи раствором ниобия [5]. Несмотря на это, существующие методики не удовлетворяют аналитиков из-за длительности определения, наличия дополнительных стадий отделения компонентов матрицы, применения токсичных газов, недостаточного предела обнаружения и плохой воспроизводимости. Предложены новые палладий-комплексные химические модификаторы (комплексы Pd(II) с хромазулолом S и ксиленоловым оранжевым) для определения молибдена в молоке после его сухой минерализации использовали электротермическую атомно-абсорбционную спектроскопию, позволяющую снизить предел обнаружения Mo в 12 раз [6].

Количество методов определения низких содержаний молибдена в природных и биологических объектах невелико, а имеющиеся являются либо достаточно продолжительны по времени и требуют высококвалифицированного персонала, либо особых реактивов и условий работы (кинетические, радиохимические методы). Практически нет методов определения молибдена в полевых условиях (тест-методы), простых и не требующих специального оборудования, подходящих для нужд экологов, биологов, медиков и поэтому методы определения молибдена в окружающей среде и биологических материалах постоянно совершенствуются. В связи с этим возникла необходимость создания быстрого и несложного метода определения молибдена в биологических объектах.

### Материалы и методы исследований

В экспериментах использованы молибдат натрия ( $M = 241.95$ ), сульфаниламид ( $M = 172.21$ ),



N-(1-нафтил)-этилендиаминдигидрохлорид (M = 259,18) фирмы AppliChem (Германия), цистеин (M = 157,6), дитиотритол (M=154,2) фирмы Sigma (Германия).

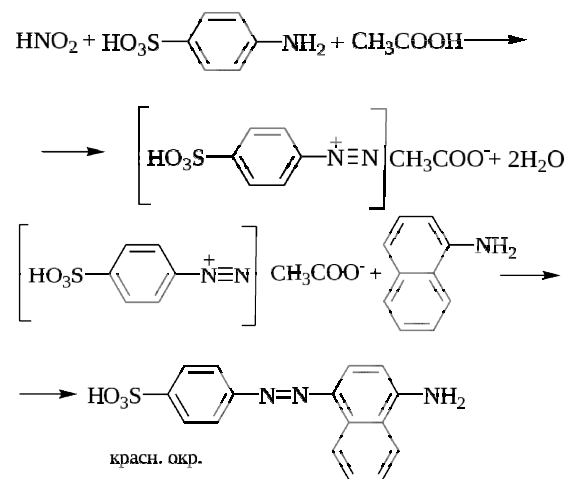
Для определения ферментативных активностей и содержания молибдена в наших экспериментах было использовано козье парное молоко, также использованы сливки и обрат, полученных сепарацией на сепараторе «Сибирь» (производство Россия).

*Подготовка молока для определения различных ферментативных активностей.* Перед обработкой в коровье и козье молоко добавляли 10 мкМ ЭДТА для связывания тяжелых металлов. Для кипячения в козье парное молоко вливали в узкие конические пробирки в объеме 2 мл. Затем для дальнейшего определения ферментативной активности, пробирки прогревали в водяной бане при температуре 85°C и держали в течение от 2-х до 10 минут, и быстро охлаждали в холодной воде.

*Нитратредуктазную* активность ксантиноксидазы парного молока, определяли по образованию нитритов в реакционной среде в результате каталитической реакции фермента. **Нитритредуктазную** активность – по исчезновению нитритов в реакционной среде. В качестве донора электронов использовали 25 мкМ НАДН (в конечной концентрации) или 1,0 мкМ метилвиологен (бензилвиологен), восстановленный дитионитом. Поскольку НАДН и метилвиологен дают сравнимые результаты, определения этих активностей проводили с использованием последнего донора электронов (значительно дешевле реагент по сравнению с НАДН)[7].

*Определения концентрации нитритов с использованием N-(1-нафтил)-этилендиаминдигидрохлоридом и сульфамиламидом.* Концентрацию нитритов определяли с добавлением 0,5 мл раствора сульфаниламида и 0,5 мл N-(1-нафтил)-этилендиаминдигидрохлорида в 500 мл реакционной смеси. В реакционную смесь входит: 300 мкл 0.2 М раствор натрий-фосфатного буфера (pH 6.5), 100 мкл парного молока, 50 мкл дитиотритол и 50 мкл сульфаниламида. Эти реагенты готовили следующим образом: 6 грамм сульфаниламида растворялся в 1 литре 20% HCl и 1,23 грамм N-(1-нафтил)-этилендиаминдигидрохлорида в 1 литре дистиллированной воды. 48 мг дитионита (гидросульфита натрия, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) растворяли в 6 мл 95 мМ бикарбоната натрия. При pH 2-2,5, азотистая кислота образует с сульфамиламидом diazonиевое соединение. Последнее вступает в реакцию

сочетания с N-(1-нафтил) – этилендиаминдигидрохлоридом, с образованием азокрасителя красного цвета [7]:



Полученный окрашенный раствор фотометрировали при длине волны 548 нм спектрофотометра (Specol-2000, Germany). Для измерения концентрации нитритов строили калибровочную кривую – возрастающие концентрации нитритов измеряли при длине волны 548 нм. В качестве стандарта использовали водный раствор Na<sub>2</sub>NO<sub>2</sub>.

*Ксантиноксидазную* активность определяли по образованию мочевой кислоты из гипоксантина при pH 8.5. Концентрация мочевой кислоты определяли по ее поглощению при 295 нм с использованием спектрофотометра [8].

*Определение содержания молибдена атомно-абсорбционным методом.* Содержание молибдена определяли на атомно-абсорбционном спектрометре AAS-IN (Karl Zeiss, Germany). Из сметаны, выделенной из молока, молибден экстрагировали методом влажной минерализации. Влажную минерализацию проводили по следующей процедуре: сметану смешивали с концентрированной HNO<sub>3</sub> и эту смесь нагревали в керамической чашке под потоком воздуха. Выпаривали смесь, нагреванием, до уменьшения объема (от 50 мл концентрировали до 5 мл). Затем концентрированный экстракт снова смешивали с концентрированной кислотой, центрифугировали и в супернатанте определяли молибден [9]. Этот трудоемкий ААС-метод использован для сравнения с нашим методом.

*Новый метод определения молибдена.* Реакционная смесь для определения NaP и NiP активностей КО козьего молока в отсутствие

молока при добавлении сульфаниламида и N-(1-нафтил)-этилендиамина окрашивалась в синий цвет. Реакционная смесь содержала 200 мкл 0,1М натрий фосфатного буфера ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{KH}_2\text{PO}_4$  1:9) pH 6.0, 10 мкл 10 мкМ ЭДТА, 100 мкл парного молока, 100 мкл 0.1 М  $\text{KNO}_3$  (или 0.4 мМ  $\text{KNO}_2$ ), 10 мкл 0.1 М  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ , 10 мкл 0.1 М аскорбиновой кислоты (аскорбат), 100 мкл 0.1 М метил-виологена (или бензилвиологен) и 50 мкл дитионита. После инкубации в течение 15 минут при 37°C добавляли 0.5 мл сульфаниламида и 0.5 мл N-(1-нафтил)-этилендиамина, нитрит окрашивался в красный цвет в течение 2-4 минут. Нами было обнаружено, что в отсутствие молока развивался темно-синий цвет в течение минуты. Максимум поглощения синего цвета при видимой области спектра спектрофотометра был 695 нм. Для измерения концентрации молибдена строили калибровочную кривую: возрастающие концентрации водного раствора молибдата натрия ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) окрашивали сульфаниламидом в присутствии фосфата и дитиотреитола и измеряли при длине волны 695 нм спектрофотометра.

### Результаты исследования и их обсуждение

При изучении активации ксантинооксидазы молока животных (коровы, козы, верблюда и кобылы) экзогенным молибденом, нами было обнаружено, что в присутствии восстановителей, таких как аскорбиновая кислота и дитионит, молибден окрашивается в смеси сульфаниламида и N-(1-нафтил)-этилендиаминдигидрохлорида [8]. Обычно смесь этих реагентов используется для обнаружения нитритов. По количеству нитритов определяют активность нитратредуктазы растений и микроорганизмов. Общеизвестно, что молибденсодержащий фермент – нитратредуктаза (NaP) при нитратном питании растений и микроорганизмов восстанавливает нитрат ( $\text{NO}_3^-$ ) до нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ). Нитрит далее восстанавливается нитритредуктазой (NiP) до гидросиламина (далее гидросиламин ферментативно превращается в аммоний, который включается в состав вновь синтезируемых аминокислот). У животных до сих пор не идентифицирована НР. Однако ранее нами впервые было обнаружено, что гомогенный молибденсодержащий фермент – ксантинооксидаза (КО), выделенный из парного коровьего молока, обладает высокими NaP и NiP активностями [8]. Природным донором электронов для таких активностей был НАДН, искусственным донором

– метилвиологен (или бензилвиологен), восстановленный дитионитом.

В следующих экспериментах из реакционной смеси отдельные компоненты исключались, и выяснялось их участие в проявлении синего цвета. После смешивания компонентов реакционная смесь окрашивалась сразу при комнатной температуре без инкубации. Суммарные результаты этих экспериментов представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Участие отдельных компонентов в окрашивании реакционной смеси в синий цвет (в реакционной смеси отсутствовало молоко)

№ вариантов	Компоненты реакционной смеси*	Поглощение при 695 нм
1	Все компоненты	0.650
2	Минус нитрат	0.655
3	Минус нитрит	0.653
4	Минус молибдат	0.0
5	Минус аскорбиновая кислота	0.0
6	Минус фосфатный буфер	0.0
7	Минус метил виологен	0.645
8	Минус бензилвиологен	0.645
9	Минус дитионит	0.428
10	Минус сульфаниламид	0.0
11	Минус N-(1-нафтил)-этилендиамин	0.642
12	Минус ЭДТА	0.637
13	Все компоненты, но вместо молибдена вольфрам	0.0

Примечание: \* вместо компонента, исключенного из смеси, добавляли дистиллированную воду

Результаты этих экспериментов убедительно показали, что в окрашивании реакционной смеси участвуют четыре компонента: молибдат натрия, аскорбиновая кислота, фосфатный буфер и сульфаниламид. При использовании вольфрамата вместо молибдата не происходило окрашивание реакционной смеси (вариант 13). Если для окрашивания нитритов было совершенно необходимо одновременное присутствие сульфаниламида и N-(1-нафтил)-этилендиамина, то для окрашивания молибдена второй реактив не был обязательным. Отсутствие в реакционной смеси дитионита несколько снижало окрашивание смеси. Поскольку дитионит является сильным химическим восстановителем (антиоксидантом), было сделано предположение, что для окраши-

вания необходимо также присутствие антиоксидантов. Отсутствие ЭДТА также значительно снижало образования синей окраски. Поэтому, в следующих экспериментах проверяли эффект различных антиоксидантов и ЭДТА в окрашивании реакционной смеси. Суммарные результаты этих экспериментов представлены в таблице 2.

**Таблица 2** – Эффекты различных восстановителей на окрашивание реакционной смеси, состоящей из молибдата, фосфата и сульфаниламида

№ варианта	Антиоксидант (восстановитель)	Поглощение при 695 нм
1	Аскорбиновая кислота	0.656
2	Дитионит	0.324
3	Дитиотрейтол	0.843
4	Глутатион	0.063
5	Цистеин	0.032
6	Унитиол	0.122
7	Меркаптоэтанол	0.072
8	Вольфрамат + фосфат + сульфаниламид + отдельные антиоксиданты	0.0

Результаты, представленные в таблице 2 показывают, что в окрашивании реакционной смеси, состоящей из молибдата, фосфата и сульфаниламида, самым эффективным антиоксидантом является дитиотрейтол (и в этом случае при замене молибдата на вольфрамат никакой вид антиоксиданта не вызывал окрашивание (вариант 15). Слабее были аскорбиновая кислота и дитионит. Следует особо отметить, что дитиотрейтол ингибировал нитратредуктазную и нитритредуктазную активности ксантиноксидазы молока животных. Как было сказано выше, эти активности проявляются только после термообработки молока в присутствии экзогенного молибдата и цистеина. По-видимому, дитиотрейтол связывается с молибденом и не позволяет молибдену включаться в активный центр ксантиноксидазы.

В результате дальнейших экспериментов нами была установлена оптимальная концентрация дитиотрейтола, фосфатного буфера и сульфаниламида для определения содержания молибдена в реакционной среде. Оптимальная конечная концентрация дитиотрейтола для реакционной среды была 6 мМ, натрий-фосфатного буфера – 30 мМ и сульфаниламида – 3.5 мМ. Чувствительность этого метода определения со-

ставляла 4.1 мкг молибдена в мл реакционной смеси.

*Активация безмолибденовых форм КО экзогенным молибденом.* Так, нами было установлено, что большая часть молекул КО в коровьем, козьем, верблюжьем и кобыльем молоке, не содержит молибден и фермент неактивен. Прогревание молока животных при 80°C в течение 5 минут в присутствии молибдата, натрия и цистеина (или глутатиона) с последующим охлаждением до комнатной температуры привело к резкому повышению собственной активности КО и ее ассоциированных НаР и НиР активностей. При использовании вольфраматанатрия вместо молибдата исходная активность КО и ее НаР и НиР молока полностью исчезла. Общеизвестно, что для идентификации любого молибденсодержащего фермента в среду роста при выращивании организма вместо молибдата добавляют вольфрамат. В таких условиях вольфрам, как химический аналог молибдена, включается в молекулу фермента. Однако вольфрамовый фермент становится неактивным, так как атомы вольфрама неспособны переносить электроны от донора к акцептору при каталитическом акте молибдофермента. Использование специфического ингибитора КО – аллопуринола после термообработки молока в присутствии молибдата и цистеина привело к полной инактивации фермента. Все эти результаты показывают, что большая популяция молекул КО находится в безмолибденовой форме, экзогенный молибден включается в активный центр КО и все каталитические реакции происходят в молибденовом участке фермента. [8].

Такие же данные получены другими авторами. Так, сравнение содержания молибдена и уровня активности КО человека и коровы позволяет оценить активности фермента на основе 100%-го содержания молибдена. КО, очищенная из человеческого молока содержала 0.08 атома Мо, вместо теоретического 2 атома. Гомогенная КО человека содержала в 25 раз меньше Мо и ферментативной активности, соответственно [10]. Очищенная КО козьего и овечьего молока содержала 0.09 и 0.18 атома молибдена [11]. Таким образом, в молоке человека и коровы также существуют безмолибденовые формы КО.

Для определения ксантиноксидазной, нитрат- и нитритредуктазной активностей и содержания молибдена проводили следующую процедуру: парное козьемолоко разделили на 3 варианта, в 1-ом варианте 2 л молока (для облегчения сепарирования) добавляли 10 мл 0.5 М

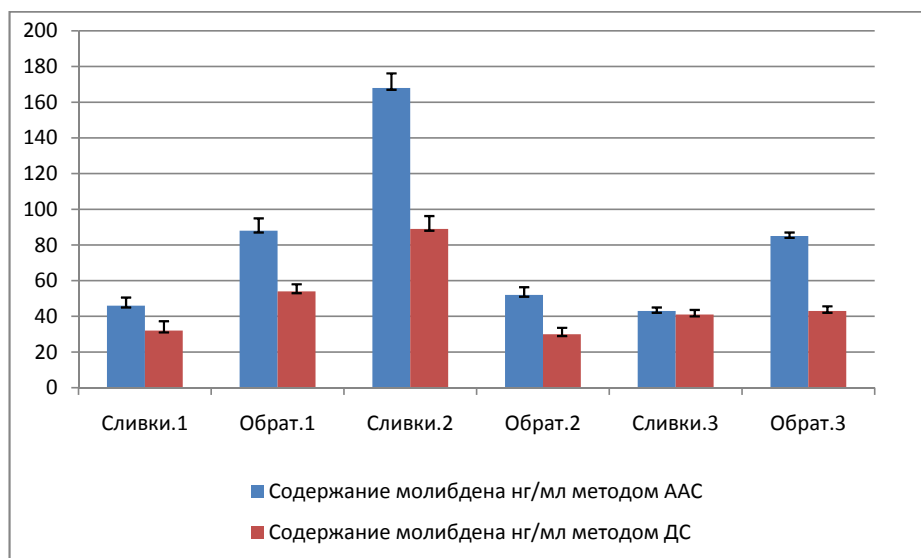
раствор молибдата натрия (2.5 мМ в конечной концентрации в молоке); во 2-ом варианте в такой же объем молока добавлялись молибдат и 10 мл 1.0 мМ цистеина (5.0 мкМ в конечной концентрации) и 3-й контрольный вариант – без добавлений. Варианты разделили на две части по 1-му литру. Первую часть была оставлена без

обработки (контрольные варианты), а вторую часть прогревали при 80°C в течение 5 минут и затем охлаждали до 35°C. Во всех вариантах были определены НаР и НиР активность с использованием восстановленного метилвиологена (или бензилвиологена). Из всех вариантов были выделены сливки.

**Таблица 3** – Ксантинооксидазная, нитрат- и нитритредуктазная активности в сливках и обратах, полученных сепарацией прогретого при 80 °С парного козьего молока после различной обработки

Варианты	Компоненты после сепарации	Ферментные активности		
		*КО	**НаР	***НиР
1	Сливки	0.0	0.0	0.0
	Обрат	0.0	0.0	0.0
2	Сливки	25.6	48.6	78.6
	Обрат	0.9	0.0	0.0
3	Сливки	0.0	0.0	0.0
	Обрат	0.0	0.0	0.0

Примечание: \*ммоль образованного мочевой кислоты/мл молока; \*\*ммоль образованного NO<sub>2</sub>-/мл молока; \*\*\*ммоль утилизированного NO<sub>3</sub>-/мл молока



По абсцисс – содержание молибдена в нанограммах (нг) в миллилитре. ААС – молибден был определен методом атомно-абсорбционной спектрометрии, ДС – молибден был определен с использованием дитиотрейтола и сульфаниламида.

**Рисунок 1** – Содержание молибдена в сливках и обратах, полученных сепарацией парного козьего молока после различной обработки

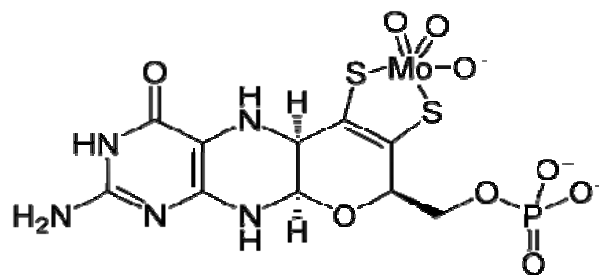
Известно, что в некоторых случаях сливки выделяют из прогретого при 80-90°C молока. Из каждого варианта получили около 20% сливок из общей массы молока. В полученных

сливках и обратах (обезжиренное молоко) определялась вышеуказанная активность, а также содержание молибдена в сливках с использованием дитиотрейтола и сульфаниламида, впервые

предложенного нами метода и метода атомно-абсорбционной спектрометрии[9]. Полученные результаты представлены в таблице 3 (результаты контрольных вариантов не были включены в таблицу, так как без термообработки в молоке не обнаруживаются собственная активность и ассоциированные активности ксантиноксидазы) и содержание молибдена- на рисунке 1.

Результаты, представленные на рисунке 1 показывают, что при термообработке (80°C) в присутствии молибдата и цистеина (или глутатиона) происходит включение атомов молибдена в молекулу КО, находящейся в составе мицелл жировых глобул молока результате активируются все активности, связанные с молекулой КО. В отсутствие цистеина не происходит включение молибдена в молекулу фермента, т.е. не обнаруживаются активность, связанная с КО.

*Предполагаемые механизмы активации КО молока.* Одним из возможных путей освобождения КО из внутренней мембраны является разрушение мембран жировых глобул молока (МЖГМ). Общеизвестно, что КО относится к термостабильным ферментам – она не теряет свою активность при 75-80°C температуре в течение нескольких минут. Таким образом, прогревание молока при такой температуре приводит к разрушению МЖГМ и молекулы КО несколько «обнажаются». С другой стороны, при высокой температуре молекулы КО частично денатурируются и повышается доступ кислорода в активный центр фермента. В этом случае безмолибденовые формы молекул могут быстро необратимо инактивироваться в результате окисления активного центра двух сульфгидрильных (-SH) групп молибдокофактора. Во всех молибдоферментах атом молибдена связывается с этими SH-группами кофактора (рисунок 1).



**Рисунок 2** – Структура молибдокофактора и его связь с атомом молибдена в активном центре ксантиноксидазы

Поэтому, для их защиты от окисления необходимо присутствие антиоксиданта (восстановителя). К таким восстановителям относятся природные антиоксиданты – аскорбиновая кислота, цистеин и глутатион. Таким образом, при прогревании: (а) МЖГМ частично денатурируются, обнажая молекулы КО, (б) частично денатурируется молекулы фермента – при этом доступ экзогенного молибдена и антиоксидантов к молибдокофактору резко повышается. Антиоксиданты защищают SH-группы молибдокофактора от окисления, атом молибдена легко связывается с сульфгидрильными группами кофактора, и активность КО восстанавливается.

Таким образом, разработанный нами метод определения молибдена в биологических материалах представляет собой очень быстрый (несколько минут), дешевый (всего три недорогих реактива) и безвредной (сульфаниламиды известны как антибиотики) процедурой. По сравнению с некоторыми известными методами, чувствительность нашего метода может быть несколько ниже, однако концентрирование биологического материала перед определением молибдена не представляет особого труда.

### Литература

- 1 Beedham C. Molybdenum hydroxylases // In: Costas Ioannidis. (ed.) Enzyme systems that metabolize drug and xenobiotics. – John Wiley & Sons Ltd, 2001. – P. 146-188
- 2 Blot W.J., Li J.Y., Taylor P.R. Nutrition intervention trials in Linxian, China: supplementation with specific vitamin/mineral combinations, cancer incidence and disease-specific mortality in the general population// J Natl Cancer Inst. – 1993. – N 85.– P.1483-1942.
- 3 Brewer G.J., Dick R.D., Grover D.K. Treatment of metastatic cancer with tetrathiomolybdate, an anticopper, antiangiogenic agent: Phase I study. // Clin Cancer Res. – 2000. – N6. – P.1-10.
- 4 Lopez-Garcia I., Vinas P., Romero-Romero R., Hernandez-Cordoba M. Liquid chromatography–electrothermal atomic absorption spectrometry for the separation and preconcentration of molybdenum in milk and infant formulas// AnalyticaChimicaAct. – 2007. – N597. – P.187-194.
- 5 Flavia Regina de Amorim, Milton Batista Franco, Clesia Cristina Nascentes, Jose Bento Borba da Silva .Direct Determination of Molybdenum in Milk and Infant Food Samples Using Slurry Sampling and Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry // Food Anal Methods. – 2011. – N 4. – P. 41-48.

- 6 Щепина Н.Д. Новые химические модификаторы при электротермическом атомно-абсорбционном определении молибдена в молоке // Вестник Донецкого национального университета. Природные науки. – 2012. – № 2. – С.152-156.
- 7 Аликулов З.А., Львов Н.Л., Кретович В.Л. Нитрат-и нитритредуктазная активность ксантинооксидазы молока // Биохимия. – 1980. – № 9. – С.1714-1719.
- 8 Аликулов З.А. Антагонизм между молибденом и вольфрамом в биологических системах.// Вестник ЕНУ им. Гумилева. – 2008. – № 67. – С. 57-63.
- 9 Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. – М.: Техносфера, 2009. – 784 с.
- 10 Godber B.L., Schwarz G., Mendel R., Lowe D., Bray R., Eisenthal R., Harrison R. Molecular characterization of Human Xanthine Oxidase: The enzyme is grossly deficient in molybdenum and substantially deficient in iron-sulphur centers// Biochemical Journal. – 2005. – N 17. – P. 1-29.
- 11 Atmani D., Benboubetra M., Harrison R. (). Goat's milk xanthine oxidoreductase is grossly deficient in molybdenum//J. Dairy Res. – 2004. – N71. – P.7-13.

#### References

- 1 Beedham C. (2001) Molybdenum hydroxylases. In: Costas Ioannidis (ed.) Enzyme systems that metabolize drug and xenobiotics. John Wiley & Sons Ltd., pp.146-188.
- 2 Blot WJ, Li JY, Taylor PR (1993) Nutrition intervention trials in Linxian China: supplementation with specific vitamin/mineral combinations, cancer incidence and disease-specific mortality in the general population. J Natl Cancer Inst, 85:1483-1942.
- 3 Brewer GJ, Dick RD, Grover DK(2000) Treatment of metastatic cancer with tetrathiomolybdate, an anticopper, antiangiogenic agent: Phase I study. ClinCancerRes, 6:1-10.
- 4 Lopez-Garcia I, Vinas P, Romero-Romero R, Hernandez-Cordoba M (2007) Liquid chromatography–electrothermal atomic absorption spectrometry for the separation and preconcentration of molybdenum in milk and infant formulas. AnalyticaChimicaActa, 597:187-194.
- 5 Flavia Regina de Amorim, Milton Batista Franco, Clesia Cristina Nascentes, Jose Bento Borba da Silva (2011) Direct Determination of Molybdenum in Milk and Infant Food Samples Using Slurry Sampling and Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry. Food Anal Methods , 4: 41-48.
- 6 Shepina ND (2012) New chemical modifiers in the electrothermal atomic absorption determination of molybdenum in milk. Bulletin of Donetsk National University Natural science [Novyiyekhimicheskiemodifikatoryprielektrotermicheskomatomno-absorbicionnomopredeleniimolibdena v moloke. VestnikDoneckogonacionalnogouniversiteta.Prirodnuyenauki] 2:152-156 (In Russian)
- 7 Alikulov Z , Lvov N, Kretovich V. (1980) Nitrate and nitrite reductase activity of xanthine oxidase milk. Biochemistry [Nitratinitritreduktaznayaaktivnostksantinoksidazymoloka].45(9): 1714-1719 (In Russian)
- 8 Alikulov ZA (2008) Antagonism between molybdenum and tungsten in biological systems. Bulletin of ENU [Antagonizmmezhdumolibdenom I volframovvbiologicheskisistemah] 6 67:57-63 . (In Russian)
- 9 Pupyshchev AA. Atomic absorption spectral analysis –M : Technosphere-2009-784p. (In Russian)
- 10 Godber BL , Schwarz G, Mendel R, Lowe D, Bray R, Eisenthal R, Harrison R. (2005). Molecular characterization of Human Xanthine Oxidase: The enzyme is grossly deficient in molybdenum and substantially deficient in iron-sulphur centers. Biochemical Journal Immediate Publication, 17: 1-29.
- 11 Atmani D, Benboubetra M, Harrison R. (2004). Goat's milk xanthine oxidoreductase is grossly deficient in molybdenum. J. Dairy Res, 71:7-13.



Tormanov N.T.,  
Ablayhanova N.T.,  
Ablayhanova N.T.,  
Tusupbekova G.A.,  
Ursheeva B.I., Ydyrys A.,  
Tangirbergenova A.O.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

### **The effect of ambient temperature on the human blood cells**

Adaptation and extract the onslaught of external factors, the new environment is an important issue. The response to adverse environmental factors makes changes in the human body. It primarily affects greatly the immune system and the circulatory system. The regulation of body temperature in the heat is critical, because of the great potential for lethal hyperthermia. To study attended 10 local people and 10 people, who came from other regions of Kazakhstan. People create heat stress lasting 1 hour at ambient temperature + 42 – 45 ° C and 76 – 80% relative humidity once and daily for 14 days. In people of all groups was measured rectal temperature and measured changes in blood cells by method Shilling. Blood for research was taken from the vein. The number of blood cells was determined by the standard technique with using hematology analyzer. The study set that mechanisms of regulation of body temperature on multiple high temperatures correspond to the maximum and minimum periodic rises of the body temperature. Adaptive responses to high ambient temperatures most adaptable people aged 15-18 than in aged 55-60.

**Key words:** blood, hyperthermia, adaptation, acclimatization, stress, homeostasis.

Торманов Н.Т.,  
Абылайханова Н.Т.,  
Абылайханова Н.Т.,  
Түсіпбекова Г.А.,  
Уршеева Б.И., Ыдырыс Ә.,  
Тәңірбергенова Ә.Ө.

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

### **Сыртқы орта температурасының адам ағзасының қан жасушаларына әсері**

Сыртқы ортаның қолайсыз факторларына жауап реакциясы ретінде адам ағзасында үнемі өзгерістер орын алып отырады. Ол ең алдымен ағзаның иммунитет жүйесі мен қан айналым жүйесіне жоғары әсер етеді. Сыртқы ортаның жоғары температурасы жағдайында дене температурасын бақылау маңызды болып саналады, себебі ол гипертермияға себеп болуы мүмкін. Сыртқы ортаның жоғары температурасының адам ағзасында қан жасушаларына әсерін анықтау мақсатында зерттеуге қатысқан бүкіл топ адамдары ауа температурасы +42-45° C және ылғалдылық 76-80% жағдайында күнделікті 14 күн аралығында температуралық стресске ұшырады. Барлық топ адамдарында қан клеткаларындағы өзгерістер Шиллинг әдісімен анықталды. Зерттеу жұмыстары үшін қан көктамырдан алынды. Қан жасушаларының санын анықтау мақсатында гематологиялық анализатор пайдаланылады. Зерттеу жұмыстары нәтижесінде, сыртқы ортаның жоғары температурасының әсерінен қан жасушаларының қалыпты мөлшерінен әртүрлі өзгерістерге ауытқулары болатындығы анықталды. Алынған мәліметтер нәтижесінде сыртқы ортаның жоғары температурасының қан жасушаларының физиологиялық көрсеткіштеріне стрессорлық әсер ететіндігі байқалды. Сондай-ақ, бұл өзгерістер ағзаның жастық және жыныстық ерекшеліктеріне сәйкес әртүрлі деңгейде болатындығы байқалды.

**Түйін сөздер:** бейімделу, акклиматизация, гомеостаз, гипертермия, қан клеткалары, стресс.

Торманов Н.Т.,  
Абылайханова Н.Т.,  
Абылайханова Н.Т.,  
Тусупбекова Г.А.,  
Уршеева Б.И., Ыдырыс А.,  
Танирбергенова А.О.

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

### **Влияние температуры окружающей среды на клетки крови человека**

Адаптация и выдержка натиска внешних факторов новой среды обитания является важной проблемой. Ответная реакция на неблагоприятные факторы внешней среды вносит изменения в организме человека. Она в первую очередь сильно влияет на иммунную систему организма и систему кровообращения. Для изучения влияния теплового стресса на клетки крови люди всех групп подвергались действию теплового стресса продолжительностью 1 час при температуре воздуха +42 – 45° C и относительной влажностью 76 – 80 % однократно и ежедневно в течение 14 дней. У людей всех групп определяли изменения в клетках крови методом Шиллинга. Кровь для исследований брали из вены. Для получения числа клеток крови использовали гематологический анализатор. В результате исследования установлено, что приспособительные реакции к высокой температуре окружающей среды наиболее выражены у людей в возрасте 15-18, чем у людей в возрасте 55-60 лет. У людей развивается лимфопения и эозинопения.

**Ключевые слова:** температура, адаптация, клетки крови, стресс, гомеостаз, акклиматизация.



## **THE EFFECT OF AMBIENT TEMPERATURE ON THE HUMAN BLOOD CELLS**

### **Introduction**

Today on our planet almost no place where people don't live. Humanity has spread over the entire surface of the Earth and able to adapt to a variety of climate-geographical conditions with using active means of protection from harmful influences and to create an artificial environment. However, completely eliminate the influence of climate on the human organism is impossible. In countries with a hot climate lives much of the population of the Earth, and constant influence of environmental factors has a certain effect on the inhabitants of these regions of the world.

During the functioning the body of humans and animals are constantly faced with various stressors. Currently, stress is attracts attention of researchers of various branches of biology, medicine and veterinary. This is due mainly to the fact that stress on the one hand, determines the maintenance of homeostasis of the organism, on the other – it leads to the development of adaptation and finally the cause of diseases [1].

Studies of the effect of various stress factors in experimental and natural conditions are devoted to the study of the state of the natural and specific immunity. The research results indicate the effect of stress on the immune system and that changes in the activity of the immune system under stress. Heat acclimation or acclimatization plays a large part in the body's physical responses and overall ability to cope with heat exposure. Heat acclimation is a broad term that can be loosely defined as a complex series of changes or adaptations that occur in response to heat stress in a controlled environment over the course of 7 to 14 days. These adaptations are beneficial to exercise in the heat and allow the body to better cope with heat stress. Heat acclimatization describes the same process, but happens in a natural environment.

Other changes include decreased salt losses in sweat and urine as well as an improved blood pressure response.

It is also important to note that factors affecting these changes determine the extent to which adaptations occur. For example, acclimation in hot and dry environments has been shown to be different from that in hot and humid environments (a greater sweat rate increase has been seen in the latter case)

Complete heat acclimatization requires up to 14 days, but the systems of the body adapt to heat exposure at varying rates. The early adaptations (initial 1-5 days) involve an improved control of cardiovascular function, including expanded plasma volume, reduced heart rate, and autonomic nervous system habituation which redirects cardiac output to skin capillary beds and active muscle. Plasma volume expansion resulting from increased plasma proteins and increased sodium chloride retention, ranges from +3 to +27%, and is accompanied by a 15-25% decrease in heart rate. This reduction of cardiovascular strain reduces rating of perceived exertion, which is proportional to central cardiorespiratory stress, also decreases during the first five days of exercise-heat exposure. Plasma volume expansion is a temporary phenomenon, which decays during the 8th to 14th days of heat acclimatization (as do fluid-regulatory hormone responses, see below), and then is replaced by a longer-lasting reduction in skin blood flow that serves to increase central blood volume [2].

The regulation of body temperature in the heat is critical, because of the great potential for lethal hyperthermia. Thermoregulatory adaptations (i.e., increased sweat rate, earlier onset of sweat production), coupled with cardiovascular adjustments, result in a decreased central body temperature. This response is maximized after 5 to 8 days of heat acclimatization. However, the adaptations of eccrine sweat glands are different during humid and dry heat exposures. Heat acclimatization performed in a hot-humid condition stimulates a greater sweat rate than heat acclimatization in a hot-dry environment. Also, the absolute rate of sweating influences thermoregulation. If hourly sweat rate is small (<400-600 ml), a peripheral adaptation of whole body sweat rate may not occur.

Humans live their entire lives within a very small, fiercely protected range of internal body temperatures. The maximal tolerance limits for living cells range from about 0°C (ice crystal formation) to about 45°C (thermal coagulation of intracellular proteins); however, humans can tolerate internal temperatures below 35°C or above 41°C for only very brief periods of time. To maintain internal temperature within these limits, people have developed very effective and in some instances specialized physiological responses to acute thermal stresses. These responses—designed to facilitate the conservation, production or elimination of body heat—involve the finely controlled coordination of several body systems [3].

By far, the largest source of heat imparted to the body results from metabolic heat production (M).

Even at peak mechanical efficiency, 75 to 80% of the energy involved in muscular work is liberated as heat. At rest, a metabolic rate of 300 ml O<sub>2</sub> per minute creates a heat load of approximately 100 Watts. During steady-state work at an oxygen consumption of 1 l/min, approximately 350 W of heat are generated—less any energy associated with external work (W). Even at such a mild to moderate work intensity, body core temperature would rise approximately one degree centigrade every 15 min were it not for an efficient means of heat dissipation. In fact, very fit individuals can produce heat in excess of 1,200 W for 1 to 3 hours without heat injury (Gisolfi and Wenger 1984).

Heat can also be gained from the environment via radiation (R) and convection (C) if the globe temperature (a measure of radiant heat) and air (dry-bulb) temperature, respectively, exceed skin temperature. These avenues of heat gain are typically small relative to M, and actually become avenues of heat loss when the skin-to-air thermal gradient is reversed. The final avenue for heat loss—evaporation (E)—is also typically the most important, since the latent heat of vaporization of sweat is high—approximately 680 W-h/l of sweat evaporated. These relations are discussed elsewhere in this chapter.

In particular, heavy work (high energy expenditure which increases M -W), excessively high air temperatures (which increase R + C), high humidity (which limits E) and the wearing of thick or relatively impermeable clothing (which creates a barrier to effective evaporation of sweat) create such a scenario. Finally, if exercise is prolonged or hydration inadequate, E may be outstripped by the limited ability of the body to secrete sweat (1 to 2 l/h for short periods).

For purposes of describing physiological responses to heat and cold, the body is divided into two components—the «core» and the «shell». Core temperature (T<sub>c</sub>) represents internal or deep body temperature, and can be measured orally, rectally or, in laboratory settings, in the oesophagus or on the tympanic membrane (eardrum). The temperature of the shell is represented by mean skin temperature (T<sub>sk</sub>).

When confronted with challenges to thermal neutrality (heat or cold stresses), the body strives to control T<sub>c</sub> through physiological adjustments, and T<sub>c</sub> provides the major feedback to the brain to coordinate this control. While the local and mean skin temperature are important for providing sensory input, T<sub>sk</sub> varies greatly with ambient temperature, averaging about 33 °C at thermoneutrality and reaching 36 to 37 °C under conditions of heavy work

in the heat. It can drop considerably during whole-body and local exposure to cold; tactile sensitivity occurs between 15 and 20 °C, whereas the critical temperature for manual dexterity is between 12 and 16 °C. The upper and lower pain threshold values for  $T_{sk}$  are approximately 43 °C and 10 °C, respectively [4].

Precise mapping studies have localized the site of greatest thermoregulatory control in an area of the brain known as the pre-optic/anterior hypothalamus (POAH). In this region are nerve cells which respond to both heating (warm-sensitive neurons) and cooling (cold-sensitive neurons). This area dominates control of body temperature by receiving afferent sensory information about body temperature and sending efferent signals to the skin, the muscles and other organs involved in temperature regulation, via the autonomic nervous system.

The body's control system is analogous to thermostatic control of temperature in a house with both heating and cooling capabilities. When body temperature rises above some theoretical «set point» temperature, effector responses associated with cooling (sweating, increasing skin blood flow) are turned on. When body temperature falls below the set point, heat gain responses (decreasing skin blood flow, shivering) are initiated. Unlike home heating/cooling systems however, the human thermoregulatory control system does not operate as a simple on-off system, but also has proportional control and rate-of-change control characteristics. It should be appreciated that a «set point temperature» exists in theory only, and thus is useful in visualizing these concepts. Much work is yet to be done toward a full understanding of the mechanisms associated with the thermoregulatory set point.

Early laboratory studies on women seemed to show that they were relatively intolerant to work in heat, compared with men. However, we now recognize that nearly all of the differences can be explained in terms of body size and acquired levels of physical fitness and heat acclimatization. However, there are minor sex differences in heat dissipation mechanisms: higher maximal sweat rates in males may enhance tolerance for extremely hot, dry environments, while females are better able to suppress excess sweating and therefore conserve body water and thus heat in hot, humid environments. Although the menstrual cycle is associated with a shift in basal body temperature and slightly alters thermoregulatory responses in women, these physiological adjustments are too subtle to influence heat tolerance and thermoregulatory efficiency in real work situations.

Adapting to hot environments is as complex as adapting to cold ones. However, cold adaptation is usually more difficult physiologically for humans since we are not subarctic animals by nature.

The effect of heat on our bodies varies with the relative humidity of the air. High temperatures with high humidity make it harder to lose excess body heat. This is due to the fact that when the moisture content of air goes up, it becomes increasingly more difficult for sweat to evaporate. The sweat stays on our skin and we feel clammy. As a result, we do not get the cooling effect of rapid evaporation [5].

*Scientific novelty of the research:* Firstly given comparative characteristics to functional behavior of the system, which ensuring consistency of homeostasis with single and daily operation of the thermal stress factor to the different ages human organism. Studied the morphological and biochemical composition of the blood of humans exposed to daily for fourteen days exposed to temperature stress factor. Installed stages of oppression and improve of natural immunity, the timing of reversal of functional systems after termination of the actions of critical temperature.

*Purpose and objectives of the study.* To study of adaptive reactions of humans of different ages to the single and frequentative effect of the thermal stress factor.

## Material and methods

To achieve the goals and objectives, studies were conducted in treatment-and-health center «Saryagash», which is located in the South Kazakhstan region, Saryagash district, village Kokterek and in the research centre of medical clinic DostarMed in June and July. To study attended 10 local people and 10 people, who came from other regions of Kazakhstan. Most of them from North Kazakhstan region. All people, who involved in the study divided to 2 groups. The ages of people in Group 1 was 15-18 years old, and in Group 2 was 55-60 years old. Local people were regarded as control group. The ages of people in local group was 55-60 years old.

People create heat stress lasting 1 hour at ambient temperature + 42 – 45 °C and 76- 80% relative humidity once and daily for 14 days. In people of all groups blood for research was taken from the vein before and after 5 minutes, 8 and 24 hours of single thermal exposure. Then, after three, seven, fourteen times heat exposure.

The number of red blood cells and white blood cell count, hemoglobin, erythrocyte sedimentation

rate was determined by the standard technique with using hematology analyzer.

Digital material of results of the study were treated by variational statistics with using Microsoft Excel computer program. The statistical accuracy of the survey results, \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$ , compared with Student's  $t$ -distribution.

## Results and discussion

On 7-fold influence of critical temperature the organism of group 1 peoples decrease in quantity of erythrocytes by 13,2% and hemoglobin 12,8% in comparison with control. To 10 – and 15-fold thermal impacts on an organism group 1 peoples led to decrease in maintenance of erythrocytes by 22,6% and 19,2%, and hemoglobin for 25,6% and 13,2%, respectively in comparison with control.

Group 1 peoples on 3-and 7-fold influence of a stressor have answered with decrease in maintenance of erythrocytes to  $4,6 \pm 0,4 \times 10^{12}/l$  ( $p < 0,05$ ) that is 24% lower than value in control. Content of hemoglobin after the 7th influence was  $9,8 \pm 0,2$  g/l ( $p < 0,05$ ) that below control for 13,3% and SSE was  $2,3 \pm 0,4$  mm/h, above control for 35,3%. During the period with 10th on the 15th influences the maintenance of erythrocytes and hemoglobin was lower 11% and 4,5%, respectively, in comparison with control group. SSE in group 1 was  $2,2 \pm 0,2$  mm/h, in control  $1,8 \pm 0,2$  mm/h

It is established that in response to influence of critical temperature there is a certain reaction of leukocytes. After 3-fold influence the quantity of leukocytes increases by 21,8%, and 7-fold decreases to  $5,9 \pm 0,2 \times 10^9/l$ , at norm  $6,1 \pm 0,5 \times 10^9/l$ . Reliable decrease in leukocytes to  $4,5 \pm 0,0 \times 10^9/l$  ( $p < 0,01$ ) is noted after 14-fold influence (32,8%) and 15-fold thermal impact on 38,7% in comparison with control. Research of maintenance of leukocytes during the post-stressful period has shown that for the 3rd day the quantity of leukocytes in blood of control group has reached values of control group and had no differences during all term of researches.

Important component of blood are leukocytes. All types of leukocytes participate in protective reactions of an organism, each look carries out it in the special way (production of interferon, a lizotsim, properdin, histamine and other biologically active agents, the main role of humoral immunity).

The organism of group 1 people reacted to single thermal influence increase of maintenance of leukocytes to  $7,4 \pm 0,2 \times 10^9/l$  ( $p < 0,05$ ) that is 32,1% higher, than in control group. The blood test after 8 hours has shown that the maintenance of leuko-

cytes in group 1 has decreased to  $5,4 \pm 0,2 \times 10^9/l$ , and after 24 hours has reached values of control group –  $5,6 \pm 0,5 \times 10^9/l$

At group 1 people have established reliable increase in maintenance of young neutrophils up to  $1,1 \pm 0,1\%$  ( $p < 0,05$ ) and the stab neutrophils to  $31,3 \pm 2,9\%$  ( $p < 0,05$ ). In group 1 decrease in small lymphocytes to  $32,8 \pm 0,8\%$ , average to  $9,6 \pm 0,8\%$  and big to  $3,9 \pm 0,7\%$ .

After 8 hours from single thermal influence contents young and the segmented neutrophils remained raised –  $1,4 \pm 0,7\%$  and  $24,7 \pm 2,6\%$ , respectively, and big lymphocytes were below control group and has made  $3,9 \pm 0,8\%$ , the maintenance of average lymphocytes has increased to  $10,7 \pm 0,8\%$ .

Restoration of percentage of neutrophils in blood of group 1 people came within 24 hours after influence. During this period the maintenance of young neutrophils has decreased to  $0,5 \pm 0,2\%$ , and the stab neutrophils to  $19,6 \pm 1,3\%$ . Decrease in percent of highly segmented neutrophils to  $2,5 - 2,7\%$  has been noted in both of group.

Single impact of critical temperature on an organism of group 2 people has led to decrease in maintenance of leukocytes to  $5,3 \pm 0,2 \times 10^9/l$  that is 20,9% lower than control group. In 8 hours after influence a stress factor observed increase of maintenance of leukocytes up for 14,9% of a reference level. In 24 hours the maintenance of leukocytes in skilled group corresponded to control

Peoples of control group had an increase of maintenance of leukocytes in blood. So, for the 7th day of researches the quantity of leukocytes in blood has increased by 8,9%, on the 14th – for 19,6%. Authentically high value  $6,8 \pm 0,2 \times 10^9/l$ , ( $p < 0,05$ ), in comparison with initial level, was for the 14th day after the last influence. Leukocytic reactions reflect a condition of an organism more precisely. Proceeding from it we have carried out studying the leukocytic reactions at group 1 peoples (Table 1).

14-fold influence of critical temperature, in comparison with 7-fold, has caused decrease in number the segmented neutrophils to  $20,7 \pm 1,6\%$ , but exceeding value of control for 3,2% ( $17,5 \pm 1,7\%$ ). The quantity of highly segmented neutrophils in control has made  $3,3 \pm 0,7\%$ , in skilled group of  $2,4 \pm 0,2\%$ . During this period the low level of lymphocytes remained

During the period from the 3rd on 14-fold thermal influences in group 2 the maintenance of eosinophils was low –  $0,8 \pm 0,2\%$  –  $0,6 \pm 0,2\%$ , in comparison with control of  $1,3 \pm 0,3\%$ , and after the 14th influence their contents has increased to –  $1,2 \pm 0,1\%$ .

**Table 1** – Leukocytochemogram for 15-18 years old people at repeated exposure of the critical temperature (+42 – 45°C) duration 1 hour

Leucocytes		Control group	Initial indexes	After 1st influence of stress	After 7th influence of stress	After 10th influence of stress	After 14th influence of stress
Total number of white blood cells, $\times 10^9/l$		5,6	5,6	5,6	6,7	5,9	4,5
Neutrophils, %	Young	0,4	0,4	0,6	0,9	1,3	1,3
	Segmented	20,3	19,9	19,6	31,4	30,1	26,2
	Stab	19,3	20,6	14,7	17,9	23,5	20,7
Eosinophils, %		0,9	0,9	1,6	0,8	0,6	0,6
Basophils, %		0,7	0,8	0,5	0,5	0,6	1,1
Monocytes, %		2,4	2,0	2,7	2,3	2,2	1,9
Lymphocytes, %	Small	38,2	37,6	41,5	36,4	30,7	36,3
	Average	12,2	11,7	12,5	9,6	7,6	9,4
	Big	6,6	6,1	6,4	1,1	3,4	2,5

Increase of total of leukocytes in group 2 was after the 3rd influence to 16,6% and after the 14th impact on 9,2% of a reference level. On the 14th influence of high temperature the maintenance of leukocytes in group 2 was  $6,9 \pm 0,6 \times 10^9/l$ , in control –  $6,5 \pm 0,9 \times 10^9/l$ . Only for the 14th day observed increase of leukocytes in group 2 for 10,6%.

On 7-fold influence thermal a stress factor the maintenance of young neutrophils was raised, and the stab neutrophils has decreased to  $16,5 \pm 1,5\%$ . During this period contents the segmented neutrophils to

$19,5 \pm 1,3\%$  has increased ( $p < 0,05$ ). With increase of percent the segmented neutrophils the maintenance of the hyper segmented neutrophils has increased to  $7,9 \pm 0,8\%$  ( $p < 0,01$ ). The percent of eosinophils has considerably decreased to  $0,6 \pm 0,1\%$  ( $p < 0,01$ ). The maintenance of basophils in control and group 2 was identical. In group of lymphocytes the low maintenance of average lymphocytes and raised small remained. Lymphocytes has increased to  $47,3 \pm 2,4\%$  ( $p < 0,05$ ). In this time the maintenance of monocytes has decreased to  $1,7 \pm 0,4\%$  ( $p < 0,05$ ) (table 2).

**Table 2** – Leukocytochemogram for 55-60 years old people at repeated exposure of the critical temperature (+42 – 45°C) duration 1 hour

Leucocytes		Control group	Initial indexes	After 1st influence of stress	After 7th influence of stress	After 10th influence of stress	After 14th influence of stress
Total number of white blood cells, $10^9/l$		6,3	5,8	6,6	7,1	6,1	6,7
Neutrophils, %	Young	0,6	0,5	0,5	1,3	1,2	1,1
	Segmented	12,1	11,5	11,3	16,6	15,6	20,2
	Stab	14,1	12,4	14,2	14,3	16,5	10,1
Eosinophils, %		2,3	3,0	2,0	1,6	0,6	0,4
Basophils, %		1,2	1,3	1,4	2,1	1,8	1,1
Monocytes, %		2,1	2,1	2,0	2,6	2,2	1,7
Lymphocytes, %	Small	37,4	36,5	41,0	41,6	41,5	43,7
	Average	19,3	23,5	16,0	9,1	10,1	9,8
	Big	4,5	3,4	5,6	3,6	4,4	5,3

## Conclusions

1. We regard the changes of indicators of blood established in experiences as responses of an organism to thermal influence. At humans organism of all two skilled groups the quantity of erythrocytes and hemoglobin decreased at once after single thermal influence. In group of 15-18 years old people the maintenance of erythrocytes has gone down for 20,7%, and hemoglobin for 10,4%. In group of 55-60 years old people the maintenance of erythrocytes has decreased 25,5%.

2. In our work we have tracked recovery of the contents of erythrocytes after single influence of high temperature. So, the maintenance of erythrocytes and hemoglobin reached values of control group at 15-18 years old people within 24 hours after thermal influence, in group of 55-60 years old people these indicators came back to norm within 24 hours that is connected with more perfect mechanisms of system of thermal control.

3. The analysis of a leukogramma has shown dynamics of changes in the maintenance of various

groups of leukocytes on a thermal stress. Single influence of high temperature caused reliable increase in percent young and the stab neutrophils in all age groups. The increased contents young and the stab neutrophils in group of 15-18 years old people remained till 24 o'clock after single influence. At 55-60 years old people in 8 hours after the 1st influence the maintenance of young neutrophils has gone down to values of control group, and the stab neutrophils in 24 hours. At 55-60 years old people in 24 hours after single influence contents young and the stab neutrophils authentically didn't differ from values of control group.

4. At humans develops limfopeniye and an eozinopeniye, (development signs a stress reaction). At 15-18 years old people the level of monocytes respectively decreases by 34,7% and 58,4%, at 55-60 years old people the limfopeniya is characterized by relative increase of quantity of small lymphocytes, against decrease in average and big lymphocytes. The system of blood of 55-60 years old people for preservation of a homeostasis reacts increase of level of basophiles in blood.

## References

- 1 Chrousos G.P. The concepts of stress systems disorders: overview of behavioral and physical homeostasis / G.P. Chrousos, P.W. Gold // J.A.M.A. – 1992. – Vol.267. -P.1244-1252.
- 2 Boarder M.R. Opioid Peptides in human adrenal: partial characterization and presence of adrenal peptide / M.R. Boarder, W.E. McArdle // J. Clin. Endocrinol. – 1985. -Vol.61, №4. -P.658-665.
- 3 Gavrilovic L. Sympatho – adrenomedullary system responses to various chronic stress situation / Gavrilovic Ljubica, Dronjak Sladana // Yugoslavian, med. biochem. – 2006. – Vol.25, №1. – P. 14-15.
- 4 Harbuz M.S. Stress and hypothalamo-pituitary-adrenal axis: acute, chronic and immunological activation / M.S. Harbuz, S.L. Lightman // J. Endocrinol. – 1992. – Vol.134. – P.327-339.
- 5 Heller E.D. Short heat stress as an immunostimulant in chicks // Avian Pathol. – 1979. – Vol. 8, №3. – P. 195-203

## References

- 1 Chrousos GP(2002) The concepts of stress systems disorders: overview of behavioral and physical homeostasis, Avian Pathol, 267:1244-1252.
- 2 Boarder MR (2015) Opioid Peptides in human adrenal: partial characterization and presence of adrenal peptide, J. Clin. Endocrinol, 4:658-665.
- 3 Gavrilovic L. (2006) Sympatho – adrenomedullary system responses to various chronic stress situation, Yugoslavian med. Biochem, 1:14-15.
- 4 Harbuz MS (2014) Stress and Hypothalamo-Pituitary-adrenal axis: acute, chronic and immunological activation, J. Endocrinol, 134:327-339.
- 5 Heller ED(2010) Short heat stress as an immunostimulant in chicks, Avian Pathol,3:195-203.

5-бөлім  
**МОЛЕКУЛАЛЫҚ  
БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕНЕТИКА**

---

Раздел 5  
**МОЛЕКУЛЯРНАЯ  
БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА**

---

Section 5  
**MOLECULAR  
BIOLOGY AND GENETICS**

<sup>1</sup>Ниязова Р.Е.,  
<sup>1</sup>Атамбаева Ш.А.,  
<sup>1</sup>Пинский И.В.,  
<sup>1</sup>Акимниязова А.Н.,  
<sup>1</sup>Мамирова А.А.,  
<sup>1</sup>Пыркова А.Ю.,  
<sup>1</sup>Ивашченко А.Т., <sup>2</sup>Лабейт З.Б.

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы  
<sup>2</sup>Медицинский центр университета Гейдельберга, Германия, г. Мангейм

### MicroRNA и гены, связанные с метаболическим синдромом

Создана база данных генов и miRNA, участвующих в развитии метаболического синдрома. mRNA 118 генов, связываются с 94 miRNA с величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  более 90%. Для 48 miRNA сайты связывания располагаются в CDS, 19 miRNA – в 5'UTR, 43 miRNA – в 3'UTR. Для некоторых miRNA в mRNA генов-мишеней имеются полисайты: для miR-466 – четыре сайта в mRNA гена CD36 и девять сайтов в mRNA гена JAK2; для miR-619-5p – три сайта в mRNA гена LDLR и для miR-3960 – три сайта связывания в mRNA гена CEBPA. Некоторые miRNA имеют несколько генов-мишеней, участвующих в развитии метаболического синдрома. miR-3960 связывается с mRNA 4 генов, miR-466 – 6, miR-1273f, miR-5095 – 7, miR-1285-5p – 8, miR-5096 – 9, miR-5585-3p – 10, miR-1273g-3p, miR-619-5p – 13 генов-мишеней. Из 42 miRNA, принимающих участие в развитии метаболического синдрома, экспрессия 33 miRNA повышается, а девяти miRNA понижается. Некоторые miRNA имеют по семь и более генов-мишеней: miR-185-3p, miR-378g имеют по 11 генов, miR-197-3p, miR-378d – по десять, miR-150-3p, miR-378a-3p, miR-378i – по девять, miR-145-3p – восемь, miR-197-5p, miR-378b – по семь генов-мишеней.

**Ключевые слова:** miRNA, mRNA, сайты связывания, гены-мишени, метаболический синдром.

<sup>1</sup>Niyazova R.Y.,  
<sup>1</sup>Atambayeva S.A.,  
<sup>1</sup>Pinsky I.V.,  
<sup>1</sup>Akimniyazova A.N.,  
<sup>1</sup>Mamirova A.A.,  
<sup>1</sup>Pyrkova A.Y.,  
<sup>1</sup>Ivashchenko A.T., <sup>2</sup>Labeit S.B.

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty  
<sup>2</sup>University Medical Centre Mannheim of University of Heidelberg, Germany, Mannheim

### MicroRNAs and genes associated with metabolic syndrome

It was created the database of genes and miRNAs, involved in the development of metabolic syndrome. 118 mRNA of genes bind with 94 miRNAs with the value of  $\Delta G/\Delta G_m$  more than 90%. For 48 miRNAs binding sites are located in the CDS, 19 miRNA – 5'UTR, 43 miRNA – 3'UTR. Some miRNAs have polysites: miR-466 – four in mRNA of the CD36 gene, nine mRNA in mRNA of JAK2 gene, miR-619-5p – three mRNA of LDLR gene, miR-3960 – three mRNA CEBPA gene. miR-3960 binds to mRNA of four target genes, miR-466 – six, miR-1273f, miR-5095 – seven, miR-1285-5p – eight, miR-5096 – nine, miR-5585-3p – ten, miR-1273g-3p, miR-619-5p – 13 target genes. Of the 42 miRNA, the expression of 33 miRNA rises and nine miRNA decreases in metabolic syndrome. Some miRNAs have a large number of target genes: miR-185-3p, miR-378g have 11 target genes, miR-197-3p, miR-378d – ten, miR-150-3p, miR-378a-3p, miR-378i – nine target genes, miR-145-3p – eight, miR-197-5p, miR-378b – seven target genes.

**Key words:** miRNA, mRNA, binding sites, target genes, metabolic syndrome.

<sup>1</sup>Ниязова Р.Е.,  
<sup>1</sup>Атамбаева Ш.А.,  
<sup>1</sup>Пинский И.В.,  
<sup>1</sup>Акимниязова А.Н.,  
<sup>1</sup>Мамирова А.А.,  
<sup>1</sup>Пыркова А.Ю.,  
<sup>1</sup>Ивашченко А.Т., <sup>2</sup>Лабейт З.Б.

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
<sup>2</sup>Гейдельберг Университетінің Медициналық орталығы, Германия, Мангейм қ.

### Метаболиттік синдроммен байланысты микроРНК мен гендер

Метаболиттік синдромның дамуына қатысатын гендер мен miRNAдың мәліметтер базасы құрастырылған. 118 гендердің mRNAмен 94 miRNA байланысады,  $\Delta G/\Delta G_m$  90% астам. 48 miRNA үшін байланысу сайттар CDS, 19 miRNA үшін 5'UTR, 43 miRNA үшін 3'UTRде орналасқан. Кейбір miRNA үшін нысана гендердің mRNAда полисайттар бар екені анықталған: miR-466 – төрт сайт CD36 геннің mRNAда, тоғыз сайт JAK2 геннің mRNAда, miR-619-5p – үш сайт LDLR геннің mRNAда, miR-3960 – үш сайт CEBPA геннің mRNAда. Кейбір miRNA үшін метаболиттік синдромның дамуына қатысатын бірнеше нысана гендер анықталған. miR-3960 үшін төрт нысана гендер, miR-466 – алты, miR-1273f, miR-5095 – жеті, miR-1285-5p – сегіз, miR-5096 – тоғыз, miR-5585-3p – он, miR-1273g-3p, miR-619-5p – 13 нысана гендер бар. Метаболиттік синдромның дамуына қатысатын 42 miRNA қатарынан, 33 miRNAдың экспрессиясы жоғарылайды, тоғыз miRNAдың экспрессиясы төмендейді. Кейбір miRNA үшін бірнеше нысана гендері бар: miR-185-3p, miR-378g – 11 нысана гендер, miR-197-3p, miR-378d – он ген, miR-150-3p, miR-378a-3p, miR-378i – тоғыз ген, miR-145-3p – сегіз ген, miR-197-5p, miR-378b – жеті нысана гендер.

**Түйін сөздер:** miRNA, mRNA, байланысу сайттары, нысана гендер, метаболиттік синдром.



<sup>1\*</sup>Ниязова Р.Е., <sup>1</sup>Атамбаева Ш.А., <sup>1</sup>Пинский И.В.,  
<sup>1</sup>Акимниязова А.Н., <sup>1</sup>Мамирова А.А., <sup>1</sup>Пыркова А.Ю.,  
<sup>1</sup>Иващенко А.Т., <sup>2</sup>Лабейт З.Б.

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Республика Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Медицинский центр университета Гейдельберга, Германия, г. Мангейм

\*E-mail: raiguln@mail.ru

## **MicroRNA И ГЕНЫ, СВЯЗАННЫЕ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ**

Метаболический синдром (МС) представляет собой кластер родственных метаболических нарушений, среди которых ожирение, гипертензия, дислипидемия, гипергликемия, и резистентность к инсулину [1, 2]. Двумя наиболее значимыми факторами риска для развития метаболического синдрома является большое количество жира вокруг брюшной полости (висцеральное ожирение) и сопротивление периферических тканевых клеток к действию инсулина. Метаболический синдром представляет совокупность факторов высокого риска, которые приводят к развитию ишемической болезни и сахарного диабета 2 типа. Метаболический синдром становится все более распространенной проблемой в мире, из-за малоподвижного образа жизни, чрезмерного потребления калорий, и ухудшения условий окружающей среды. Он наблюдается у 30% населения среднего и старшего возраста [2]. Лица с метаболическим синдромом имеют в два раза повышенный риск развития сердечно-сосудистых заболеваний по сравнению с пациентами без синдрома. МС повышает риск развития сахарного диабета 2 типа примерно в 5 раз. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в большинстве стран 20-30% взрослого населения могут быть охарактеризованы как имеющие метаболический синдром. В некоторых группах населения распространенность еще выше [3, 4].

Метаболический синдром представляет собой прогрессирующее состояние, включающее в себя широкий спектр нарушений со специфическими метаболическими нарушениями. Эти нарушения могут быть обнаружены и контролироваться с помощью биомаркеров сыворотки [1, 5]. Открытие циркулирующих miRNA в экзосомах обуславливает их важность как эндокринных сигнальных молекул и как потенциальных маркеров заболевания. Их дисрегуляция при метаболических заболеваниях, таких, как ожирение, сахарный диабет 2-го типа и атеросклероз подчеркивает их потенциал для терапевтических целей. Большое количество микроРНК вовлечены в развитие метаболического синдрома и сахарного диабета, но в настоящее время, не существует четко выявленных микроРНК, характеризующих различные субфенотипы болезни обмена веществ [6]. микроРНК выступают в качестве ма-

стер-регуляторов широкого спектра клеточных процессов путем модуляции экспрессии гена. Определены 42 микроРНК дифференцировано выраженных у истощенных ксенотрансплантатов, выращенных при МС мыши, которые могут быть перспективными биомаркерами или терапевтическими мишенями. Экспрессия hsa-let-7e-3p, hsa-miR-4448, АСП-miR-223-3p, hsa-miR-3151-5p, hsa-miR-940, hsa-miR-378a-3p и hsa-miR-146a-5P была обнаружена при раке [7]. Несмотря на то, что точный механизм действия еще предстоит выяснить, микроРНК могут регулировать экспрессию гена на транскрипционном или пост-транскрипционном уровне, путем подавления белок-кодирующих генов, или расщеплением mRNA. Необходимы дальнейшие исследования всего потенциала микроРНК в качестве новых биомаркеров и терапевтических агентов при МС [8].

### Материалы и методы исследования

Все нуклеотидные последовательности mRNA генов заимствовали из GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Нуклеотидные последовательности miRNA получены из базы miRBase (<http://www.mirbase.org>). Программа RNAHybrid использовалась для поиска сайтов связывания, свободной энергии связывания ( $\Delta G$ ) и схемы их взаимодействия. Величину  $\Delta G/\Delta G_m$  использовали в качестве сравнительного количественного критерия силы взаимодействия miRNA с mRNA, где  $\Delta G_m$  равна энергии связи miRNA с полностью комплементарной ей нуклеотидной последовательностью. Программа E-RNAhybrid рассчитывает отношение  $\Delta G/\Delta G_m$ , значение достоверности, определяет область расположения сайта microRNA в 5'-нетранслируемом участке (5'UTR), белок-кодирующей части (CDS) или 3'-нетранслируемом участке (3'UTR). Поиск генов-мишеней для miRNA проводили по программе MirTarget [9, 10].

### Результаты исследования и их обсуждение

Создана база данных генов, участвующих в развитии метаболического синдрома, включающая 181 генов, информация о которых приведена в таблице 1.

М. Troseid с соавторами показали роль интерлейкина 18 как независимого прогностического фактора сердечно-сосудистых осложнений с МС [11]. IL-18 связан с различными маркерами атеросклероза. Известно, что повышенные уровни

IL-18 прогнозируют сердечно-сосудистые осложнения и смертельный исход при метаболическом синдроме.

Полиморфизмы в человеческом гене *KL* связаны с такими сердечно-сосудистыми осложнениями как инсульт и ишемическая болезнь сердца, а также сердечно-сосудистыми факторами риска, такими как пониженный уровень холестерина в липопротеинах высокой плотности и повышенное систолическое кровяное давление. Также было показано, что ген *KL* вовлечен в проявление резистентности к инсулину [12].

Компоненты метаболического синдрома являются широкоизвестными факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний, при совокупности этих компонентов риск заболевания ССЗ увеличивается. Ghattas М.Н. с соавторами выявили потенциальный биомаркер МС – ген *RLN3*. Было продемонстрировано, что риск метаболического синдрома увеличивается с повышением уровня экспрессии *RLN3* [13].

ABCA1, белки семейства APO, CETP, белки семейства CYP, LDLR, NPY, OLR1, PLTP принимают участие в метаболизме холестерина. Изменения экспрессии генов *ADRB2*, *APLN*, *CAPN10*, *ENPPI1*, *FAAH*, *GHRL*, *HNF4A*, *HP*, *HSD11B1*, *IDE*, *IL6*, *INPPL1*, *INSR*, *IRS1*, *LPIN1*, *LRP5*, *PPARG*, *SH2B1*, *STEAP4*, *TCF7L2*, *TM6SF2* связаны с резистентностью к инсулину и развитием сахарного диабета. Высокий уровень экспрессии генов *ACE1*, *AGTR1*, *GNB3*, *SGK1* связан с изменением артериального давления и объема сердечно-сосудистой системы.

Согласно нашим расчетам, mRNA генов, участвующих в развитии метаболического синдрома, связываются с 94 miRNA с величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  более 90% (таблицы 2 и 3). Для 48 miRNA сайты связывания располагаются в CDS, для 19 miRNA – в 5'UTR, для 43 miRNA – в 3'UTR. Для некоторых miRNA в mRNA генов-мишеней имеются полисайты: для miR-466 – четыре сайта в mRNA гена *CD36*, девять сайтов в mRNA гена *JAK2*, для miR-619-5p – три сайта в mRNA гена *LDLR*, для miR-3960 – три сайта в mRNA гена *CEBPA* с  $\Delta G/\Delta G_m$  более 90%. Данные miRNA ранее упоминались нами как уникальные [9, 14-15]. Наличие полисайтов говорит о большей вероятности связывания данных miRNA в mRNA генов-мишеней и регуляции экспрессии данных генов. miR-619-5p и miR-5096 имеют сайты с наибольшей энергией связывания 121 kJ/m с  $\Delta G/\Delta G_m$  равным 100%. Некоторые miRNA имеют несколько генов мишеней, участвующих в

развитии метаболического синдрома. miR-3960 связывается с mRNA четырех генов, miR-466 – шести, miR-1273f, miR-5095 – семи, miR-1285-5p – восьми, miR-5096 – девяти, miR-5585-3p – десяти, miR-1273g-3p, miR-619-5p – 13 генов-мишеней.

**Таблица 1** – Гены, участвующие в развитии метаболического синдрома

Ген	Полное название гена	Ген	Полное название гена
<i>ABCA1</i>	ATP binding cassette subfamily A member 1	<i>IGF1</i>	insulin like growth factor 1
<i>ACE</i>	angiotensin I converting enzyme	<i>IGF2BP1</i>	insulin like growth factor 2 mRNA binding protein 1
<i>ACSL1</i>	acyl-CoA synthetase long-chain family member 1	<i>IGF2BP3</i>	insulin like growth factor 2 mRNA binding protein 3
<i>ACVR1C</i>	activin A receptor type 1C	<i>IGFBP1</i>	insulin like growth factor binding protein 1
<i>ADAM28</i>	ADAM metalloproteinase domain 28	<i>IGFBP2</i>	insulin like growth factor binding protein 2
<i>ADIPOQ</i>	adiponectin, C1Q and collagen domain containing	<i>IL1RN</i>	interleukin 1 receptor antagonist
<i>ADIPOR1</i>	adiponectin receptor 1	<i>IL6</i>	interleukin 6
<i>ADRA1A</i>	adrenoceptor alpha 1A	<i>IL6R</i>	interleukin 6 receptor
<i>ADRA2A</i>	adrenoceptor alpha 2A	<i>IL6ST</i>	interleukin 6 signal transducer
<i>ADRA2B</i>	adrenoceptor alpha 2B	<i>IL10</i>	Interleukin 10
<i>ADRB2</i>	adrenoceptor beta 2	<i>IL15</i>	Interleukin 15
<i>ADRB3</i>	adrenoceptor beta 3	<i>IL17A</i>	interleukin 17A
<i>AFM</i>	afamin	<i>IL18</i>	Interleukin 18
<i>AGTR1</i>	angiotensin II receptor type 1	<i>INPPL1</i>	inositol polyphosphate phosphatase like 1
<i>AGTR2</i>	angiotensin II receptor type 2	<i>INS</i>	insulin
<i>AHL1</i>	Abelson helper integration site 1	<i>INSIG1</i>	insulin induced gene 1
<i>AHSG</i>	alpha 2-HS glycoprotein	<i>INSIG2</i>	insulin induced gene 2
<i>AKT1</i>	AKT serine/threonine kinase 1	<i>INSR</i>	insulin receptor
<i>ALDH2</i>	aldehyde dehydrogenase 2 family	<i>IRS1</i>	insulin receptor substrate 1
<i>ANGPT2</i>	angiotensinogen 2	<i>JAK2</i>	Janus kinase 2
<i>ANGPTL3</i>	angiotensinogen like 3	<i>KL</i>	klotho
<i>ANGPTL4</i>	angiotensinogen like 4	<i>LBP</i>	lipopolysaccharide binding protein
<i>ANGPTL6</i>	angiotensinogen like 6	<i>LCAT</i>	lecithin-cholesterol acyltransferase
<i>APLN</i>	apelin	<i>LCN2</i>	Lipocalin 2
<i>APOA1</i>	apolipoprotein A1	<i>LDLR</i>	low density lipoprotein receptor
<i>APOA2</i>	apolipoprotein A2	<i>LEP</i>	leptin
<i>APOA5</i>	apolipoprotein A5	<i>LEPR</i>	leptin receptor
<i>APOB</i>	apolipoprotein B	<i>LIPG</i>	lipase G, endothelial type
<i>APOC1</i>	apolipoprotein C1	<i>LMNA</i>	lamin A/C
<i>APOC3</i>	apolipoprotein C3	<i>LPIN1</i>	lipin 1
<i>APOE</i>	apolipoprotein E	<i>LPL</i>	lipoprotein lipase
<i>AR</i>	androgen receptor	<i>LRP5</i>	LDL receptor related protein 5
<i>BCHE</i>	butyrylcholinesterase	<i>LRP6</i>	LDL receptor related protein 6
<i>BDNF</i>	brain derived neurotrophic factor	<i>LTA</i>	lymphotoxin alpha
<i>BRAP</i>	BRCA1 associated protein	<i>MC4R</i>	melanocortin 4 receptor
<i>BTN2A1</i>	butyrophilin subfamily 2 member A1	<i>MIF</i>	macrophage migration inhibitory factor
<i>CAPN10</i>	Calpain 10	<i>MKKS</i>	McKusick-Kaufman syndrome

Ген	Полное название гена	Ген	Полное название гена
<i>CAV1</i>	Caveolin 1	<i>MMP2</i>	matrix metalloproteinase 2
<i>CD34</i>	CD34 molecule	<i>MMP9</i>	matrix metalloproteinase 9
<i>CD36</i>	CD36 molecule	<i>MTHFR</i>	methylenetetrahydrofolate reductase
<i>CDH13</i>	Cadherin 13	<i>MTMR9</i>	myotubularin related protein 9
<i>CEBPA</i>	CCAAT/enhancer binding protein alpha	<i>MTRR</i>	5-methyltetrahydrofolate-homocysteine methyltransferase reductase
<i>CETP</i>	cholesteryl ester transfer protein	<i>MTPP</i>	microsomal triglyceride transfer protein
<i>CFTR</i>	cystic fibrosis transmembrane conductance regulator	<i>NEDD4L</i>	neural precursor cell expressed, developmentally down-regulated 4-like, E3 ubiquitin protein ligase
<i>CIDEA</i>	cell death-inducing DFFA-like effector a	<i>NGF</i>	nerve growth factor
<i>CLOCK</i>	clock circadian regulator	<i>NOS3</i>	nitric oxide synthase 3
<i>CNR1</i>	cannabinoid receptor 1 (brain)	<i>NPY</i>	neuropeptide Y
<i>CRP</i>	C-reactive protein, pentraxin-related	<i>NPY2R</i>	neuropeptide Y receptor Y2
<i>CST3</i>	cystatin C	<i>NR3C1</i>	nuclear receptor subfamily 3 group C member 1
<i>CUL7</i>	Cullin 7	<i>OLR1</i>	oxidized low density lipoprotein receptor 1
<i>CXCL16</i>	C-X-C motif chemokine ligand 16	<i>PDK4</i>	pyruvate dehydrogenase kinase 4
<i>CXCR6</i>	C-X-C motif chemokine receptor 6	<i>PLIN1</i>	Perilipin 1
<i>CYP2C19</i>	cytochrome P450 family 2 subfamily C member 19	<i>PLTP</i>	phospholipid transfer protein
<i>CYP3A4</i>	cytochrome P450 family 3 subfamily A member 4	<i>PNPLA3</i>	patatin like phospholipase domain containing 3
<i>CYP4F2</i>	cytochrome P450 family 4 subfamily F member 2	<i>PON1</i>	Paraoxonase 1
<i>CYP11B2</i>	cytochrome P450 family 11 subfamily B member 2	<i>PPARG</i>	peroxisome proliferator activated receptor gamma
<i>CYP46A1</i>	cytochrome P450 family 46 subfamily A member 1	<i>PRDM16</i>	PR domain 16
<i>DIO2</i>	deiodinase, iodothyronine, type II	<i>PRL</i>	prolactin
<i>DYRK1B</i>	dual specificity tyrosine phosphorylation regulated kinase 1B	<i>PTEN</i>	phosphatase and tensin homolog
<i>ENPP1</i>	ectonucleotide pyrophosphatase/phosphodiesterase 1	<i>PTH</i>	parathyroid hormone
<i>EPO</i>	erythropoietin	<i>PTPN1</i>	protein tyrosine phosphatase, non-receptor type 1
<i>ESR1</i>	estrogen receptor 1	<i>PYY</i>	peptide YY
<i>ESR2</i>	estrogen receptor 2	<i>RBP4</i>	retinol binding protein 4
<i>FAAH</i>	fatty acid amide hydrolase	<i>RETN</i>	resistin
<i>FABP2</i>	fatty acid binding protein 2	<i>RLN3</i>	Relaxin 3
<i>FABP3</i>	fatty acid binding protein 3	<i>SCAP</i>	SREBF chaperone
<i>FABP4</i>	fatty acid binding protein 4	<i>SCD</i>	stearoyl-CoA desaturase
<i>FADS2</i>	fatty acid desaturase 2	<i>SCG3</i>	secretogranin III
<i>FGF19</i>	fibroblast growth factor 19	<i>SERPINE1</i>	serpin family E member 1
<i>FGF21</i>	fibroblast growth factor 21	<i>SGK1</i>	serum/glucocorticoid regulated kinase 1
<i>FGF23</i>	fibroblast growth factor 23	<i>SH2B1</i>	SH2B adaptor protein 1
<i>FTO</i>	fat mass and obesity associated	<i>SHBG</i>	sex hormone binding globulin
<i>GCKR</i>	glucokinase (hexokinase 4) regulator	<i>SIRT1</i>	sirtuin 1
<i>GHRL</i>	ghrelin/obestatin prepropeptide	<i>SLC22A12</i>	solute carrier family 22 member 12
<i>GIP</i>	gastric inhibitory polypeptide	<i>SREBF2</i>	sterol regulatory element binding transcription factor 2
<i>GNB3</i>	G protein subunit beta 3	<i>STEAP4</i>	STEAP4 metalloproteinase

Ген	Полное название гена	Ген	Полное название гена
<i>GPT</i>	glutamic--pyruvic transaminase	<i>TCF7L2</i>	transcription factor 7 like 2
<i>GPX1</i>	glutathione peroxidase 1	<i>TGFB1</i>	transforming growth factor beta 1
<i>GPX3</i>	glutathione peroxidase 3	<i>TH</i>	tyrosine hydroxylase
<i>H6PD</i>	hexose-6-phosphate dehydrogenase/glucose 1-dehydrogenase	<i>TIMP1</i>	TIMP metalloproteinase inhibitor 1
<i>HAMP</i>	hepcidin antimicrobial peptide	<i>TM6SF2</i>	transmembrane 6 superfamily member 2
<i>HMGAI</i>	high mobility group AT-hook 1	<i>TNF</i>	tumor necrosis factor
<i>HMOX1</i>	heme oxygenase 1	<i>TPM1</i>	Tropomyosin 1
<i>HNF1A</i>	homeobox A	<i>TRIB1</i>	tribbles pseudokinase 1
<i>HNF4A</i>	hepatocyte nuclear factor 4 alpha	<i>TRIB3</i>	tribbles pseudokinase 3
<i>HP</i>	haptoglobin	<i>UCP1</i>	uncoupling protein 1
<i>HSD11B1</i>	hydroxysteroid 11-beta dehydrogenase 1	<i>UCP3</i>	uncoupling protein 3
<i>HTR2A</i>	5-hydroxytryptamine receptor 2A	<i>USF1</i>	upstream transcription factor 1
<i>HTR2C</i>	5-hydroxytryptamine receptor 2C	<i>VDR</i>	vitamin D (1,25- dihydroxyvitamin D3) receptor
<i>ICAM1</i>	intercellular adhesion molecule 1	<i>VEGFA</i>	vascular endothelial growth factor A
<i>IDE</i>	insulin degrading enzyme		

**Таблица 2** – Характеристики связывания по одной miRNA в mRNA генов, участвующих в развитии метаболического синдрома

Ген	Характеристика связывания miRNA	Ген	Характеристика связывания miRNA
<i>ABCA1</i>	miR-4435, 332-5, 91	<i>IGFBP1</i>	miR-6869-5p, 162-5, 92
<i>ADIPOR1</i>	miR-6768-3p, 331-C, 89	<i>INSR</i>	miR-466, 4883-3, 89
<i>ADRA2A</i>	miR-3960, 262-5, 92	<i>IRS1</i>	miR-4655-3p, 2380-C, 91
<i>AHSG</i>	miR-6794-5p, 956-C, 93	<i>JAK2</i>	miR-466, 5182-7337-3, 89-93
<i>AKT1</i>	miR-6769a-3p, 299-5, 91	<i>LEPR</i>	miR-3136-5p, 3591-3, 89
<i>ANGPTL6</i>	miR-4685-5p, 3-5, 86	<i>LIPG</i>	miR-8089, 127-5, 88
<i>BRAP</i>	miR-1908-5p, 234-C, 91	<i>LTA</i>	miR-6831-5p, 582-C, 90
<i>CAV1</i>	miR-6515-3p, 236-5, 94	<i>MC4R</i>	miR-4725-3p, 1107-C, 90
<i>CEBPA</i>	miR-3960, 653-657-C, 92	<i>MMP2</i>	miR-1285-5p, 1376-C, 92
<i>CETP</i>	miR-671-5p, 1311-C, 89	<i>MTTP</i>	miR-5088-3p, 3437-3438-3, 96
<i>CNR1</i>	miR-4743-3p, 375-5, 92	<i>NOS3</i>	miR-6501-3p, 983-C, 90
<i>CYP4F2</i>	miR-378i, 176-C, 92	<i>OLR1</i>	miR-574-5p, 1504-1508-3, 89-93
<i>DIO2</i>	miR-4753-3p, 2010-3, 92	<i>PON1</i>	miR-5003-3p, 331-C, 92
<i>DYRK1B</i>	miR-6805-3p, 1444-C, 90	<i>SCAP</i>	miR-3960, 105-107-5, 91-93
<i>ESR1</i>	miR-6879-5p, 3593-3, 90	<i>SCG3</i>	miR-7110-5p, 282-5, 91
<i>FADS2</i>	miR-1224-3p, 2763-3, 96	<i>SERPINE1</i>	miR-4758-3p, 277-C, 90
<i>FGF19</i>	miR-6784-3p, 170-5, 90	<i>SHBG</i>	miR-6746-5p, 822-C, 90
<i>FTO</i>	miR-1273g-3p, 3672-3, 91	<i>SIRT1</i>	miR-4767, 236-C, 94
<i>GIP</i>	miR-6832-3p, 156-C, 92	<i>SREBF2</i>	miR-6756-5p, 564-C, 92
<i>GNB3</i>	miR-6736-3p, 1168-C, 91	<i>TCF7L2</i>	miR-6124, 308-5, 92
<i>GPX1</i>	miR-1181, 93-C, 92	<i>TH</i>	miR-149-3p, 1836-3, 91
<i>GPX3</i>	miR-466, 1109-3, 91	<i>TPM1</i>	miR-1247-5p, 348-C, 90

Ген	Характеристика связывания miRNA	Ген	Характеристика связывания miRNA
<i>HAMP</i>	miR-149-3p, 336-3, 93	<i>TRIB1</i>	miR-4669, 360-5, 91
<i>HMOX1</i>	miR-3155a, 1228-3, 91	<i>TRIB3</i>	miR-596, 732-C, 91
<i>HNFI1A</i>	miR-3605-5p, 2565-3, 90	<i>UCP3</i>	miR-6769b-5p, 2248-3, 89
<i>HTR2C</i>	miR-3942-3p, 2282-3, 91	<i>VEGFA</i>	miR-1277-5p, 2085-3314-3, 88

**Таблица 3** – Характеристики связывания по две и более miRNA в mRNA генов, участвующих в развитии метаболического синдрома

Ген	Характеристика связывания miRNA
<i>ADIPOQ</i>	miR-1273f, 1694-3, 94; miR-5585-5p, 1741-3, 91
<i>ADRA1A</i>	miR-1273f, 1757-C, 96; miR-1273g-3p, 1723-C, 95; miR-1972, 1977-3, 91; miR-1273g-3p, 1724-C, 91; miR-1273d, 1758-C, 87
<i>ADRB3</i>	miR-6845-5p, 964-C, 96; miR-466, 2444-2464-3, 89-95
<i>AHI1</i>	miR-5096, 4539-3, 100; miR-619-5p, 4461-4462-3, 91; miR-4452, 4508-3, 91; miR-5096, 4538-3, 91
<i>ALDH2</i>	miR-4687-3p, 171-C, 91; miR-1226-5p, 156-C, 86
<i>ANGPT2</i>	miR-5585-3p, 3221-3, 93; miR-5096, 3152-3, 92; miR-7110-3p, 4997-3, 91; miR-4452, 3124-3, 89
<i>APLN</i>	miR-1233-3p, 162-5, 93; miR-3661, 1261-3, 90
<i>CAPN10</i>	miR-5008-3p, 793-C, 95; miR-4669, 2076-C, 90
<i>CD34</i>	miR-6124, 1302-3, 92; miR-4716-3p, 2459-3, 91
<i>CD36</i>	miR-619-5p, 4169-4042-3, 96-100; miR-5585-3p, 4176-3, 93; miR-5096, 4107-4108-3, 91-92; miR-466, 3531-3543-3, 89-93
<i>CUL7</i>	miR-6792-5p, 49-5, 91; miR-4679, 2163-C, 90; miR-329-5p, 1155-C, 89
<i>CXCL16</i>	miR-1273f, 1707-3, 98; miR-1273g-3p, 1673-1674-3, 93
<i>CYP3A4</i>	miR-619-5p, 2293-3, 95; miR-5096, 2367-3, 94; miR-5095, 2287-3, 91; miR-6751-3p, 2534-3, 91; miR-6835-3p, 2667-3, 89
<i>ENPP1</i>	miR-1273f, 6646-3, 98; miR-1273g-3p, 6280-6281-3, 91-96; miR-1273g-3p, 6280-3, 91; miR-1273e, 6656-3, 91; miR-1273d, 6647-3, 87; miR-1273a, 6591-3, 87
<i>FGF23</i>	miR-326, 853-C, 93; miR-6878-3p, 49-5, 91
<i>GHRL</i>	miR-4686, 141-C, 91; miR-1254, 113-C, 89
<i>H6PD</i>	miR-619-5p, 5754-3, 100; miR-1273g-3p, 8762-3, 96; miR-1273e, 4684-3, 95; miR-1285-5p, 5829-3, 94; miR-1273f, 4674-3, 94; miR-1273g-3p, 8761-3, 91; miR-5585-3p, 5892-3, 91; miR-1273a, 8740-3, 89
<i>HMGA1</i>	miR-6086, 1696-3, 94; miR-4290, 762-C, 94; miR-3154, 1701-3, 93; miR-4432, 777-C, 92; miR-3154, 1700-3, 91
<i>HTR2A</i>	miR-1285-5p, 3407-3579-3, 94-96; miR-4452, 3378-3, 91
<i>ICAM1</i>	miR-1273g-3p, 3031-3032-3, 93-98; miR-3621, 326-C, 93; miR-466, 2989-3, 91
<i>IGF1</i>	miR-1273f, 6042-3, 98; miR-1273g-3p, 6008-6009-3, 96; miR-574-5p, 4042-4062-3, 93; miR-1273e, 6052-3, 93; miR-1273d, 6043-3, 87
<i>IL10</i>	miR-619-5p, 1216-3, 98; miR-5095, 1210-3, 98; miR-5096, 1290-3, 94
<i>IL18</i>	miR-5096, 903-904-3, 91-100; miR-619-5p, 830-3, 98; miR-5095, 824-3, 95
<i>IL6R</i>	miR-5095, 4090-3, 98; miR-619-5p, 4096-3, 95; miR-1273h-3p, 3233-3, 93; miR-6089, 346-5, 93; miR-3921, 4984-3, 91; miR-6809-3p, 2604-3, 91; hsa-mir-210-5p, 5414-3, 90
<i>INPPL1</i>	miR-762, 50-56-5, 92; miR-6810-3p, 1759-C, 92; miR-6862-3p, 3718-3719-C, 91; miR-6777-5p, 3312-C, 89
<i>KL</i>	miR-559, 4887-3, 91; miR-4734, 20-C, 90

Ген	Характеристика связывания miRNA
<i>LCAT</i>	miR-6792-5p, 1306-C, 91; miR-3666, 628-C, 91
<i>LDLR</i>	miR-1285-5p, 4149-4322-3, 91-94; miR-1303, 4159-3, 91; miR-5095, 3897-3, 95; miR-5585-3p, 4043-3, 96; miR-619-5p, 3903-4517-3, 98; miR-6751-5p, 1438-C, 90
<i>LEP</i>	miR-619-5p, 3100-3, 98; miR-5095, 3094-3, 95; miR-5585-3p, 3240-3, 93; miR-5096, 3171-3172-3, 91-92
<i>LMNA</i>	miR-6124, 2485-3, 96; miR-877-3p, 3034-3, 95; miR-7111-3p, 3034-3, 93; miR-6756-5p, 2814-3, 92; miR-3155a, 1948-C, 91; miR-4433b-5p, 2260-3, 91; miR-520g-5p, 2535-3, 91
<i>LRP5</i>	miR-4651, 4844-C, 93; miR-6515-3p, 875-C, 92; miR-412-3p, 204-C, 92
<i>LRP6</i>	miR-4693-3p, 9160-3, 94; miR-6752-5p, 69-5, 90; miR-1277-5p, 6096-6098-3, 88
<i>MTHFR</i>	miR-619-5p, 6861-3, 95; miR-5095, 6855-3, 95; miR-5585-3p, 6300-7003-3, 93-95; miR-1285-5p, 6399-3, 92; miR-8089, 3460-3, 88
<i>MTMR9</i>	miR-5585-3p, 6103-3, 96; miR-619-5p, 5962-3, 95; miR-1285-5p, 4089-3, 91; miR-1273h-3p, 4038-3, 90; miR-4763-3p, 184-185-5, 88
<i>NEDD4L</i>	miR-1273g-3p, 6469-3, 98; miR-4459, 855-C, 92; miR-744-5p, 7621-3, 90
<i>PNPLA3</i>	miR-619-5p, 2462-3, 93; miR-5585-3p, 2469-3, 93; miR-3960, 153-5, 92; miR-4452, 2373-3, 89
<i>PRDM16</i>	miR-4748, 1495-C, 91; miR-4494, 163-C, 90
<i>SH2B1</i>	miR-6848-5p, 4111-4112-C, 88-89; miR-4763-3p, 3238-C, 88
<i>SLC22A12</i>	miR-6876-5p, 1340-C, 91; miR-432-3p, 2172-C, 91; miR-6511a-5p, 2919-3, 89
<i>STEAP4</i>	miR-1273g-3p, 3164-3, 98; miR-1273f, 3197-3, 94; miR-5684, 3158-3, 92; miR-5585-5p, 3244-3, 91

Согласно экспериментальным данным 42 miRNA принимают участие в развитии метаболического синдрома [16-22]. Краткая информация о них приведена в таблице 4. Из них экспрессия 33 miRNA повышается, а девяти понижается при метаболическом синдроме.

Уменьшение холестерина, липопротеинов с высокой (ЛПВП) и низкой плотностью в плазме наблюдаются после ингибирования miR-122. Эти изменения в липидном обмене коррелируют с понижением экспрессии генов *ACC2* и *SCD1*, которые являются ключевыми при регулировании синтеза и окисления жирных кислот [16].

Экспериментально обнаружено, что уровни циркулирующих miRNA (**let-7g** и **miR-221**) повышены у пациентов с МС. Повышение уровня **let-7g** в сыворотке коррелирует с низким уровнем ЛПВП и высоким кровяным давлением [17].

Показано, что содержание miR-197, miR-23 и miR-509-5p в крови положительно коррелируют с индексом массы тела, а повышение циркулирующих miR-130a и miR-195 связано с высоким кровяным давлением. Используя анализ *in silico*, авторы предсказали, что гены-мишени этих miRNA могут быть вовлечены в пути, связанные

с метаболизмом сфинголипидов, жирных кислот и передачей сигналов в сосудах [18].

Heneghan и соавторы сравнили профили экспрессии циркулирующих miRNA у страдающих ожирением и здоровых пациентов и обнаружили уменьшение miR-132 и miR-17-5p в крови у страдающих ожирением пациентов [19].

Анализ репортерного гена люциферазы показал, что miR-148, miR-27, miR-144, miR-145 и miR-33a/33b значительно подавляют активность гена *ABCA1*. **MiR-143** участвует в дифференцировке адипоцита и является потенциальной терапевтической мишенью для лечения ожирения и связанных с ним нарушений обмена веществ [20].

Повышенная экспрессия miR-17 ускоряет дифференцировку адипоцита, и возможно является фактором, способствующим накоплению триглицеридов при МС [21].

miR-758 на посттранскрипционном уровне контролирует *ABCA1* в различных клетках и регулирует уровень холестерина, воздействуя на ген *apoA1* [22].

В таблице 5 приведены характеристики связывания miRNA с mRNA генов-мишеней, принимающих участие в развитии метаболического синдрома.

Таблица 4 – miRNA, участвующие в развитии метаболического синдрома

miRNA	Экспрессия при MC	miRNA	Экспрессия при MC	miRNA	Экспрессия при MC	miRNA	Экспрессия при MC
let-7g	up	miR-150	down	miR-23a	up	miR-378	up
let-7e	up	miR-155	up	miR-27a	up	miR-509-5p	up
miR-103	down	miR-17-3p	down	miR-29a	up	miR-584	down
miR-122	up	miR-17-5p	up	miR-29b	up	miR-652	down
miR-125a	down	miR-183	down	miR-30c	up	miR-758	up
miR-126	up	miR-185	up	miR-320a	up	miR-92a	down
miR-130a	up	miR-192	down	miR-322	up	miR-96	up
miR-132	up	miR-195	up	miR-33	up	miR-99a	up
miR-143	up	miR-197	up	miR-33a	up	miR-146a	up
miR-144	up	miR-221	up	miR-33b	up		
miR-145	up	miR-223	up	miR-33b	up		

Таблица 5 – Характеристики связывания miRNA с mRNA генов-мишеней, принимающих участие в развитии метаболического синдрома

miRNA, длина, н.	Ген-мишень	Пози-ция, н.	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	miRNA, длина, н.	Ген-мишень	Пози-ция, н.	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %
let-7e-3p, 22	<i>AN-KRD13D</i>	104**	-108	91	miR-29a-5p, 22	<i>CA3</i>	1385	-100	90
	<i>TLL11</i>	3689	-108	91		<i>FIGN</i>	1465*	-100	90
let-7e-5p, 22	<i>EPB41L4A</i>	2299*	-104	92		<i>GPATCH8</i>	1604*	-100	90
	<i>GPR83</i>	1580	-102	91		<i>UGT3A1</i>	2943	-102	92
	<i>HIF3A</i>	2800	-102	91	miR-30c-2-3p, 22	<i>PAX1</i>	4048	-106	91
	<i>TACC2</i>	7289*	-102	91		<i>PURG</i>	422*	-106	91
let-7g-3p, 21	<i>FZD7</i>	2155	-110	95		<i>SIPAIL1</i>	4056*	-106	91
	<i>GRN</i>	809*	-106	91		miR-320a, 22	<i>PCSKIN</i>	469*	-108
	<i>NYAP2</i>	2080*	-106	91			<i>ZFYVE1</i>	4275	-108
	<i>ZFC3H1</i>	3117*	-106	91	miR-33b-3p, 22	<i>CIDEB</i>	303**	-115	90
miR-103a-3p, 23	<i>ADAMTS7</i>	1460*	-110	91		<i>CNNM1</i>	337*	-115	90
miR-122-5p, 22	<i>KCNIP2</i>	2371	-104	91		<i>GLDC</i>	792*	-115	90
	<i>STARD9</i>	3287*	-104	91		<i>NLGN2</i>	2334*	-115	90
miR-125a-3p, 22	<i>CELSR2</i>	5802*	-110	91	miR-378i, 21	<i>AKT3</i>	1650	-102	91
	<i>OBSCN</i>	1592*	-110	91		<i>CLTB</i>	1064	-102	91
	<i>PIDD</i>	2814*	-110	91		<i>CYP4F2</i>	176*	-104	92



miRNA, длина, н.	Ген- мишень	Пози-ция, н.	$\Delta G$ , kJ/ mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	miRNA, длина, н.	Ген- мишень	Пози-ция, н.	$\Delta G$ , kJ/ mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %
miR-145- 3п, 22	<i>CNOT8</i>	565*	-102	91		<i>KIAA0141</i>	2854	-102	91
	<i>COL11A2</i>	3876*	-102	91		<i>MGAT3</i>	2747	-104	92
	<i>COL25A1</i>	1923*	-104	92		<i>NFASC</i>	9131	-108	96
	<i>FUT1</i>	3664	-102	91		<i>SDR9C7</i>	93**	-102	91
	<i>LRRC66</i>	1854*	-102	91		<i>TRABD2B</i>	3324	-104	92
	<i>MAGEB4</i>	35**	-102	91		<i>ZBTB20</i>	114**	-104	92
	<i>MUC16</i>	15785*	-102	91	miR-378a- 5п, 22	<i>C9orf142</i>	538*	-110	91
	<i>SPDYC</i>	200*	-102	91		<i>CACTIN</i>	3108	-110	91
miR-145- 5п, 23	<i>ARNTL</i>	1867*	-110	90		<i>COL7A1</i>	5130*	-119	98
	<i>COL4A4</i>	3566*	-110	90		<i>VAV3</i>	2145*	-110	91
	<i>PRICKLE4</i>	1024*	-113	91	miR-378b, 19	<i>GPR144</i>	2840*	-96	94
<i>SNX24</i>	951	-110	90	<i>METTL6</i>		100**	-98	96	
<i>WWOX</i>	1154*	-110	90	<i>MLH3</i>		6100	-96	94	
miR-146a- 3п, 22	<i>KCTD9</i>	1225*	-104	92		<i>SEC24B</i>	969*	-96	94
	<i>MAML1</i>	3252*	-104	92		<i>TC- TEX1D4</i>	230**	-96	94
	<i>METTL8</i>	5586	-102	91		<i>VTN</i>	446*	-96	94
	<i>SLC27A1</i>	2125	-102	91		<i>WIPF1</i>	1123*	-98	96
	<i>SLC31A1</i>	3557	-104	92					
miR-150- 3п, 22	<i>AATK</i>	3293*	-113	90	miR-378d, 20	<i>ATP1B4</i>	4057	-96	92
	<i>AHRR</i>	1473*	-113	90		<i>C9orf5</i>	7481	-98	94
	<i>ALPI</i>	2344	-113	90		<i>GF11</i>	1621	-98	94
	<i>C19orf48</i>	882**	-115	92		<i>GSG1L</i>	2071	-96	92
	<i>CASZ1</i>	6204	-113	90		<i>LDLRAD2</i>	1852	-98	94
	<i>EPHA8</i>	4100	-113	90			4250**	-98	94
	<i>MMP21</i>	406*	-113	90		<i>TMEM245</i>	7481	-98	94
	<i>NTN3</i>	797*	-113	90		<i>VTN</i>	445*	-96	92
	<i>PLXNB3</i>	3576*	-113	90		<i>ZBTB20</i>	114**	-98	94
miR-183- 5п, 22	<i>ATP13A3</i>	6261	-104	92		<i>ZBTB20</i>	115**	-96	92
	<i>KLHL6</i>	4492	-102	91					
miR-185- 3п, 22	<i>CELF3</i>	670**	-113	91					
	<i>CPNE6</i>	1266*	-113	91	miR-378e, 19	<i>BAHCC1</i>	5835*	-96	94
	<i>EHD1</i>	2921	-117	95		<i>BEST3</i>	1675*	-96	94
	<i>HES5</i>	614	-110	90		<i>GSG1L</i>	2072	-98	96
	<i>ITPK1</i>	491*	-110	90		<i>KNDC1</i>	5080*	-96	94

miRNA, длина, н.	Ген-мишень	Пози-ция, н.	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	miRNA, длина, н.	Ген-мишень	Пози-ция, н.	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %
	<i>PCGF3</i>	2195	-110	90		<i>LDLRAD2</i>	1853	-98	96
	<i>PROC</i>	745*	-110	90		<i>ZBTB20</i>	116**	-98	96
	<i>SLC28A1</i>	795*	-110	90	miR-378f, 20	<i>C9orf5</i>	7481	-100	92
	<i>SLC2A8</i>	58*	-110	90		<i>CCDC149</i>	3421	-100	92
	<i>ZNF469</i>	1856*	-113	91		<i>FANCG</i>	462**	-100	92
	<i>ZNF469</i>	1855*	-110	90		<i>TMEM245</i>	7481	-100	92
miR-185-5p, 22	<i>ELL3</i>	1006*	-110	95		<i>ZNF727</i>	83**	-102	94
	<i>PMVK</i>	91**	-106	91		<i>C9orf5</i>	7481	-100	92
miR-192-3p, 22	<i>C12orf68</i>	175**	-108	93	miR-378g, 20	<i>FANCG</i>	462**	-100	92
	<i>DTX2</i>	609*	-106	91		<i>HDGFRP2</i>	1280*	-100	92
	<i>THBS2</i>	1597*	-108	93		<i>MARK2</i>	646*	-100	92
miR-195-5p, 21	<i>DCLK3</i>	2229*	-100	92		<i>SPTBN2</i>	2237*	-100	92
	<i>VSIG10L</i>	1614*	-100	92		<i>SYNJ2</i>	7053	-100	92
miR-197-3p, 22	<i>CELF5</i>	2894	-110	91		<i>TMEM245</i>	7481	-100	92
	<i>CTAG2</i>	497*	-113	93		<i>TRABD2B</i>	3324	-102	94
	<i>DAAM2</i>	3461	-110	91		<i>TRABD2B</i>	3325	-100	92
	<i>DPF2</i>	140*	-110	91		<i>VTN</i>	445*	-104	96
	<i>HEATR8</i>	3035*	-113	93		<i>ZCCHC3</i>	2082	-100	92
	<i>MORC2</i>	3697*	-113	93	miR-378h, 21	<i>MGAT3</i>	2747	-102	91
	<i>MROH7</i>	3035*	-113	93		<i>MYH9</i>	4101*	-102	91
	<i>SDK2</i>	958*	-110	91		<i>PPFIBP2</i>	2718*	-102	91
	<i>TMTC2</i>	329**	-113	93		<i>AKT3</i>	1650	-102	91
miR-197-5p, 23	<i>FMN2</i>	3018*	-119	90	miR-378i, 21	<i>CLTB</i>	1064	-102	91
	<i>MAP3K10</i>	2609*	-119	90		<i>CYP4F2</i>	176*	-104	92
	<i>PRDM1</i>	3535	-119	90		<i>KIAA0141</i>	2854	-102	91
	<i>TNRC18</i>	1344*	-119	90		<i>MGAT3</i>	2747	-104	92
	<i>ZFP36L1</i>	684**	-119	90		<i>NFASC</i>	9131	-108	96
miR-221-5p, 22	<i>PARP14</i>	6886	-100	90		<i>SDR9C7</i>	93**	-102	91
	<i>PARP14</i>	6887	-100	90		<i>TRABD2B</i>	3324	-104	92
miR-223-3p, 22	<i>C5orf42</i>	2201*	-102	91		<i>ZBTB20</i>	114**	-104	92
	<i>VNN1</i>	1160*	-102	91	miR-378j, 19	<i>ABHD5</i>	1019*	-93	94

miRNA, длина, н.	Ген-мишень	Пози-ция, н.	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	miRNA, длина, н.	Ген-мишень	Пози-ция, н.	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %
miR-23a-5p, 22	<i>HECTD1</i>	5870*	-110	91		<i>FAM196A</i>	248**	-93	94
	<i>PLA2G4E</i>	4369	-113	93	miR-584-3p, 22	<i>GFOD1</i>	40**	-110	91
	<i>RAB44</i>	2515*	-110	91		<i>GPR3</i>	608*	-110	91
miR-27a-3p, 21	<i>CD93</i>	318*	-102	91	miR-652-3p, 21	<i>ANKS6</i>	597*	-104	91
	<i>CTTNB-P2NL</i>	27**	-104	92		<i>CLCN4</i>	1318*	-104	91
	<i>LYL1</i>	1044*	-104	92		<i>DUPD1</i>	501*	-104	91
	<i>PCDHGA2</i>	427*	-102	91		<i>FDX1</i>	1588	-110	96
						<i>GPR179</i>	1600*	-104	91

Примечание: 3'UTR, \* - CDS, \*\* - 5'UTR.

Некоторые miRNA имеют большую свободную энергию связывания с mRNA нескольких генов. miR-378a-5p, состоящая из 22 н. связывается с mRNA гена *COL7A1* с свободной энергией связывания равной -119 kJ/mole, что составляет 98% от максимальной свободной энергии связывания. miR-197-5p состоящая из 23 н. связывается с mRNA генов *FAM212B*, *FMN2*, *C22orf46*, *PRDM1*, *ZFP36L1*, *MAP3K10*, *TNRC18* с свободной энергией связывания равной -119 kJ/mole, что составляет 90% от максимальной свободной энергии связывания. Некоторые miRNA имеют большое количество генов-мишеней: miR-185-3p, miR-378g имеют по 11 генов-мишеней miR-197-3p, miR-378d – 10, miR-150-3p, miR-378a-3p, miR-378i – по 9 генов-мишеней, miR-145-3p – 8, miR-197-5p, miR-378b – 7 генов-мишеней. Семейство miRNA miR-378 имеют сайты связывания в 3'UTR, 5'UTR и CDS множества генов-мишеней. miR-378a-3p, имеющая длину 21 н., связывается с mRNA 9 генов-мишеней, из которых шесть сайтов локализованы в 3'UTR, два – в CDS, один – в 5'UTR. miR-378a-3p име-

ет длину 22 н. и связывается с mRNA четырех генов-мишеней, три из которых расположены в CDS, один – в 3'UTR. miR-378b (длина 19 н.) имеет семь генов-мишеней, miR-378d – десять, miR-378e – шесть, miR-378f – пять, miR-378g – 11, miR-378h – три, miR-378i – девять, miR-378j – два гена-мишени.

Уникальные miR-466, miR-3960, miR-619-5p, имеющие множественные сайты связывания могут использоваться в качестве диагностических маркеров. Полученные данные позволяют рекомендовать для диагностики MC ассоциации miR-466 с генами мишенями *CD36*, *JAK2*, ассоциации miR-619-5p с геном *LDLR*, miR-3960 с mRNA гена *CEBPA*. miRNA, имеющие несколько генов-мишеней также могут быть рекомендованы в качестве диагностических маркеров. Среди таких miRNA miR-3960, связывающаяся с mRNA четырех генов, miR-466 – шести, miR-1273f, miR-5095 – семи, miR-1285-5p – восьми, miR-5096 – девяти, miR-5585-3p – десяти, miR-1273g-3p, miR-619-5p – 13 генов-мишеней, а также miRNA семейства miR-378.

#### Литература

- 1 Srikanthan K., Feyh A., Visweshwar H., Shapiro J.I., Sodhi K. Systematic Review of Metabolic Syndrome Biomarkers: A Panel for Early Detection, Management, and Risk Stratification in the West Virginian Population // International Journal of Medical Sciences. – 2016. – V.13(1). – P.25-38. Doi:10.7150/ijms.13800
- 2 Ramic E., Prasko S., Mujanovic O.B., Gavran L. Metabolic syndrome – theory and practice // Mater Sociomed. – 2016. – V.28(1). – P.71-73. Doi: 10.5455/msm.2016.28.71-73

- 3 Grundy S.M. Metabolic Syndrome Pandemic // *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* – 2008. – V.28. – P.629-636. Doi:10.1161/atvbaha.107.151092
- 4 Grundy S.M. Metabolic syndrome update // *Trends in cardiovascular medicine.* – 2016. – V.26. – P.364-373. Doi:10.1016/j.tcm.2015.10.004
- 5 O'Neill S., Bohl M., Gregersen S., Hermansen K., O'Driscoll L. Blood-Based Biomarkers for Metabolic Syndrome // *Trends Endocrinol Metab.* – 2016. – V.27(6). – P.363-374. Doi:10.1016/j.tem.2016.03.012
- 6 Vienberg S., Geiger J., Madsen S., Dalgaard L.T. MicroRNAs in metabolism // *Acta Physiol.* – 2016. – [Epub ahead of print]. Doi:10.1111/apha.12681
- 7 De Luca P., Dalton G.N., Scalise G.D., Moiola C.P., Porretti J. CtBP1 associates metabolic syndrome and breast carcinogenesis targeting multiple miRNAs // *Oncotarget.* – 2016. – V.7(14). – P. 18798-18811. Doi:10.18632/oncotarget.7711
- 8 Kassi E., Pervanidou P., Kaltsas G., Chrousos G. Metabolic syndrome: definitions and controversies // *BMC Medicine.* – 2011. – V.9. – P.48. Doi:10.1186/1741-7015-9-48
- 9 Ivashchenko A., Berillo O., Pyrkova A., Niyazova R., Atambayeva S. MiR-3960 binding sites with mRNA of human genes // *Bioinformation.* – 2014. – V.10(7). – P.423-427. Doi:10.6026/97320630010423
- 10 Ivashchenko A., Pyrkova A., Niyazova R. A method for clustering of miRNA sequences using fragmented programming // *Bioinformation.* – 2016. – V.12(1). – P.15-18. Doi:10.6026/97320630012015
- 11 Hjerkin E., Arnesen H. Arterial stiffness is independently associated with interleukin-18 and components of the metabolic syndrome // *Atherosclerosis.* – 2010. – V.209. – P.337-339. Doi:10.1016/j.atherosclerosis.2009.09.028
- 12 Arking D.E., Krebsova A., Macek Sr. M. Association of human aging with a functional variant of klotho // *Proc Natl Acad Sci USA.* – 2002. – V.99. – P.856-861. Doi:10.1073/pnas.022484299
- 13 Majumdar V., Christopher R. Association of exonic variants of Klotho with metabolic syndrome in Asian Indians // *Clinica Chimica Acta.* – 2011. – V.412. – P.1116-1121. Doi:10.1016/j.cca.2011.02.034
- 14 Niyazova R., Atambayeva S., Akimniyazova A., Pinsky I., Alybaeva A., Faye B., Ivashchenko A.T. Features of mir-466-3p binding sites in mRNA genes with different functions // *International Journal of Biology and Chemistry.* – 2015. – V.8 (2). – P.44-51
- 15 Ivashchenko A., Berillo O., Pyrkova A., Niyazova R., Atambayeva S. The properties of binding sites of miR-619-5p, miR-5095, miR-5096 and miR-5585-3p in the mRNAs of human genes // *Biomed Research International.* – 2014. – V.2014. – P.1-8. DOI:10.1155/2014/720715
- 16 Esau C., Davis S., Murray S.F., et al. Monia: miR-122 regulation of lipid metabolism revealed by in vivo antisense targeting // *Cell Metabolism.* – 2006. – V.3. – P.87-98. Doi:10.1016/j.cmet.2006.01.005
- 17 Wang Y.T., Tsai P.C., Liao Y.C., Hsu C.Y., Juo S.H. Circulating microRNAs have a sex-specific association with metabolic syndrome // *Journal of Biomedical Science.* – 2013. – V.20. – P.72. Doi:10.1186/1423-0127-20-72
- 18 Karolina D.S., Tavintharan S., Armugam A., et al. Circulating miRNA profiles in patients with metabolic syndrome // *J Clin Endocrinol Metab.* – 2012. – V.97. – P.E2271-2276. Doi:10.1210/jc.2012-1996
- 19 Heneghan H.M., Miller N., McAnena O.J., O'Brien T., Kerin M.J. Differential miRNA expression in omental adipose tissue and in the circulation of obese patients identifies novel metabolic biomarkers // *J Clin Endocrinol Metab.* – 2011. V.96. – P.E846-850. Doi:10.1210/jc.2010-2701
- 20 Esau C., Kang X., Peralta E., et al. Griffey: MicroRNA-143 Regulates Adipocyte Differentiation // *The Amer Soc for Biochem and Mol Biol.* – 2004. – V.279. – P.52361-52365. Doi:10.1074/jbc.C400438200
- 21 Karolina D.S., Tavintharan S., Armugam A., et al. Circulating miRNA Profiles in Patients with Metabolic Syndrome // *J Clin Endocrinol Metab.* – 2012. – V.97(12). – P.E2271-E2276. Doi:10.1210/jc.2012-1996
- 22 Ramirez C.M., Dávalos A., Goedeke L., et al. miR-758 regulates cholesterol efflux through post-transcriptional repression of ABCA1 // *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* – 2011. – V.31(11). – P.2707-2714. Doi:10.1161/ATVBAHA.111.232066

### References

- 1 Srikanthan K, Feyh A, Visweshwar H, Shapiro JI, Sodhi K (2016) Systematic Review of Metabolic Syndrome Biomarkers: A Panel for Early Detection, Management, and Risk Stratification in the West Virginian Population, *International Journal of Medical Sciences*, 13(1):25-38. Doi:10.7150/ijms.13800
- 2 Ramic E, Prasko S, Mujanovic OB, Gavran L (2016) Metabolic syndrome – theory and practice, *Mater Sociomed*, 28(1):71-73. Doi: 10.5455/msm.2016.28.71-73
- 3 Grundy SM (2008) Metabolic Syndrome Pandemic, *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 28:629-636. Doi:10.1161/atvbaha.107.151092
- 4 Grundy SM (2016) Metabolic syndrome update, *Trends in cardiovascular medicine*, 26:364-373. Doi:10.1016/j.tcm.2015.10.004
- 5 O'Neill S, Bohl M, Gregersen S, Hermansen K, O'Driscoll L (2016) Blood-Based Biomarkers for Metabolic Syndrome, *Trends Endocrinol Metab*, 27(6):363-74. Doi:10.1016/j.tem.2016.03.012
- 6 Vienberg S, Geiger J, Madsen S, Dalgaard LT (2016) MicroRNAs in metabolism, *Acta Physiol*. Doi:10.1111/apha.12681
- 7 De Luca P, Dalton GN, Scalise GD, Moiola CP, Porretti J (2016) CtBP1 associates metabolic syndrome and breast carcinogenesis targeting multiple miRNAs, *Oncotarget*, 7(14). Doi:10.18632/oncotarget.7711
- 8 Kassi E, Pervanidou P, Kaltsas G, Chrousos G (2011) Metabolic syndrome: definitions and controversies, *BMC Medicine*, 9:48. Doi:10.1186/1741-7015-9-48

- 9 Ivashchenko A, Berillo O, Pyrkova A, Niyazova R, Atambayeva S (2014) MiR-3960 binding sites with mRNA of human genes, *Bioinformatics*, 10(7):423-427. Doi:10.6026/97320630010423
- 10 Ivashchenko A, Pyrkova A, Niyazova R (2016) A method for clustering of miRNA sequences using fragmented programming, *Bioinformatics*, 12(1):15-18. Doi:10.6026/97320630012015
- 11 Hjerkin E, Arnesen H (2010) Arterial stiffness is independently associated with interleukin- 18 and components of the metabolic syndrome, *Atherosclerosis*, 209: 337-339. Doi:10.1016/j.atherosclerosis.2009.09.028
- 12 Arking DE, Krebsova A, Macek Sr M (2002) Association of human aging with a functional variant of klotho, *Proc Natl Acad Sci USA*, 99:856-61. Doi:10.1073/pnas.022484299
- 13 Majumdar V, Christopher R (2011) Association of exonic variants of Klotho with metabolic syndrome in Asian Indians, *Clinica Chimica Acta*, 412:1116-1121. Doi:10.1016/j.cca.2011.02.034
- 14 Niyazova R, Atambayeva S, Akimniyazova A, Pinsky I, Alybaeva A, Faye B, Ivashchenko AT (2015) Features of mir-466-3p binding sites in mRNA genes with different functions, *International Journal of Biology and Chemistry*, 8 (2):44-51
- 15 Ivashchenko A, Berillo O, Pyrkova A, Niyazova R, Atambayeva S (2014) The properties of binding sites of miR-619-5p, miR-5095, miR-5096 and miR-5585-3p in the mRNAs of human genes, *Biomed Research International*, 2014:1-8. DOI:10.1155/2014/720715
- 16 Esau C, Davis S, Murray SF, et al (2006) Monia: miR-122 regulation of lipid metabolism revealed by in vivo antisense targeting, *Cell Metabolism*, 3:87-98. Doi:10.1016/j.cmet.2006.01.005
- 17 Wang YT, Tsai PC, Liao YC, Hsu CY, Juo SH (2013) Circulating microRNAs have a sex-specific association with metabolic syndrome, *Journal of Biomedical Science*, 20:72. Doi:10.1186/1423-0127-20-72
- 18 Karolina DS, Tavintharan S, Armugam A, et al (2012) Circulating miRNA profiles in patients with metabolic syndrome, *J Clin Endocrinol Metab*, 97:E2271-2276. Doi:10.1210/jc.2012-1996
- 19 Heneghan HM, Miller N, McAnena OJ, O'Brien T, Kerin MJ (2011) Differential miRNA expression in omental adipose tissue and in the circulation of obese patients identifies novel metabolic biomarkers, *J Clin Endocrinol Metab*, 96:E846-850. Doi:10.1210/jc.2010-2701
- 20 Esau C, Kang X, Peralta E, et al (2004) Griffey: MicroRNA-143 Regulates Adipocyte Differentiation, *The Amer Soc for Biochem and Mol Biol*, 279:52361-52365. Doi:10.1074/jbc.C400438200
- 21 Karolina DS, Tavintharan S, Armugam A, et al (2012) Circulating miRNA Profiles in Patients with Metabolic Syndrome, *J Clin Endocrinol Metab*, 97(12):E2271-E2276. Doi:10.1210/jc.2012-1996
- 22 Ramirez CM, Dávalos A, Goedeke L, et al (2011) miR-758 regulates cholesterol efflux through post-transcriptional repression of ABCA1, *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 31(11): 2707-2714. Doi:10.1161/ATVBAHA.111.232066

Ивашенко А.Т., Ниязова Р.Е.,  
Атамбаева Ш.А., Пинский И.В.,  
Пыркова А.Ю., Алыбаева А.Ж.,  
Акимниязова А.Н.,  
Мамирова А.А.

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

### **МикроРНК и гены, связанные с развитием ишемической болезни сердца**

Ivashchenko A.T., Niyazova R.Y.,  
Atambayeva S.A., Pyrkova A.Y.,  
Pinsky I.V., Alybayeva A.Z.,  
Akimniyazova A.N.,  
Mamirova A.A.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

### **microRNAs and mRNAs genes associated with the development of ischemic heart disease**

Ивашенко А.Т., Ниязова Р.Е.,  
Атамбаева Ш.А., Пыркова А.Ю.,  
Пинский И.В., Алыбаева А.Ж.,  
Акимниязова А.Н.,  
Мамирова А.А.

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

### **Жүректің ишемиялық ауруының дамуымен байланысты микроРНКдар мен гендер**

Изучены характеристики взаимодействия miRNA с mRNA генов, участвующих в развитии ишемической болезни сердца (ИБС). В mRNA генов, участвующих в развитии ИБС, для 2564 miRNA найдены 268 сайтов связывания miRNA в 5'UTR, CDS и 3'UTR. Для диагностики ИБС рекомендуются: ассоциации miR-1272 с генами ANGPTL2, C3 и IGFBP3; ассоциации miR-1285-5p с генами FGF2 и MMP2; ассоциации miR-3960 с геном DAB2IP. По шесть miRNA связываются с mRNA AS3MT, F2RL3, IL6R, MLXIPL, PPP1R3B и TGFB1. По семь miRNA связываются с mRNA LDLR и NPC1L1. С mRNA IL6R связываются девять miRNA. Экспрессия многих генов зависит от уникальных miRNA: miR-619-5p имеет 14 генов-мишеней, miR-5095 и miR-5096 имеют по 10 генов. Семейство miR-1273a,c,d,e,f,g,h имеет 38 сайтов связывания. mRNA IL10, IL18, IL6R сильно связываются с miR-619-5p, miR-5095 и miR-5096. В mRNA нескольких генов имеются сайты связывания miR-619-5p с miR-5585-3p. mRNA NOS1 содержит сайты связывания miR-619-5p, miR-5095, miR-1273g-3p, miR-574-5p и miR-466. miR-466 имеет множественные сайты в mRNA ICAM1, TNFSF4, MLXIPL и PLA2G7. miR-574-5p имеет множественные сайты в mRNA IGF1 и PPARA.

**Ключевые слова:** miRNA, mRNA, сайты связывания, гены-мишени, ишемическая болезнь сердца.

There was identified 268 binding sites for 2564 miRNAs in 5'UTR, CDS and 3'UTR of mRNA of genes, participating in the development of IHD. It is recommended to use in diagnosis of IHD: associations of miR-1272 with ANGPTL2, C3 and IGFBP3 genes; miR-1285-5p with FGF2 and MMP2 genes; miR-3960 with DAB2IP gene. Over six miRNA bind with mRNA of AS3MT, F2RL3, IL6R, MLXIPL, PPP1R3B and TGFB1 genes. The nine miRNA bind with mRNA of IL6R gene. The expression of many genes is dependent on the unique miRNAs: miR-619-5p has 14 target genes, miR-5095 and miR-5096 have 10 target genes. The family of miR-1273a,c,d,e,f,g,h have 38 binding sites. mRNA of IL10, IL18, IL6R genes with high degree binds with miR-619-5p, miR-5095 and miR-5096. In mRNA of several genes presented binding sites with miR-619-5p, miR-5585-3p. mRNA of NOS1 gene contains binding sites for miR-619-5p, miR-5095, miR-1273g-3p, miR-574-5p and miR-466. miR-466 has multiple binding sites in mRNA of ICAM1, TNFSF4, MLXIPL and PLA2G7. miR-574-5p has multiple binding sites in IGF1 and PPARA genes.

**Key words:** miRNA, mRNA, binding sites, target genes, ischemic heart disease.

Жүректің ишемиялық ауруының (ЖИА) дамуына қатысатын miRNA мен гендер mRNA-дың байланысу сайттарының сипаттамалары зерттелген. 2564 miRNA үшін ЖИА дамуына қатысатын гендер mRNA-нда 5'UTR, CDS және 3'UTR 268 сайттар табылған. ЖИА диагностикалау үшін келесі ассоциациялар ұсынылады: miR-1272 мен ANGPTL2, C3, IGFBP3 гендер; miR-1285-5p мен FGF2, MMP2 гендер; miR-3960 мен ген DAB2IP. Алты miRNA мен AS3MT, F2RL3, IL6R, MLXIPL, PPP1R3B және TGFB1 гендердің mRNA-лары байланысады. Жеті miRNA мен LDLR және NPC1L1 гендердің mRNA-лары байланысады. IL6R геннің mRNA-мен тоғыз miRNA байланысады. Көп гендердің экспрессиясы уникалды miRNA-ға тәуелді: miR-619-5p үшін 14 нысана гендер, miR-5095 және miR-5096 – 10 нысана гендер бар. miR-1273a,c,d,e,f,g,h отбасы өкілдерінің 38 байланысу сайттар анықталды. IL10, IL18, IL6R гендердің mRNA-лары miR-619-5p, miR-5095 және miR-5096 күшті байланысады. Кейбір гендердің mRNA-да miR-619-5p және miR-5585-3p байланысу сайттары бар. NOS1 геннің mRNA-да miR-619-5p, miR-5095, miR-1273g-3p, miR-574-5p және miR-466 байланысу сайттары бар. miR-466 үшін ICAM1, TNFSF4, MLXIPL және PLA2G7 mRNA-нда көп байланысу сайттар табылды. miR-574-5p үшін IGF1 және PPARA гендер mRNA көп сайттар бар.

**Түйін сөздер:** miRNA, mRNA, байланысу сайттар, нысана гендер, жүректің ишемиялық ауруы.

**\*Иващенко А.Т., Ниязова Р.Е., Атамбаева Ш.А.,  
Пинский И.В., Пыrkова А.Ю., Алыбаева А.Ж.,  
Акимниязова А.Н., Мамирова А.А.**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
\*E-mail: a\_ivashchenko@mail.ru

## **МикроРНК И ГЕНЫ, СВЯЗАННЫЕ С РАЗВИТИЕМ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА**

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) относятся к социально значимым заболеваниям в Казахстане и во всем мире. Ишемическая болезнь сердца (ИБС) представляет собой обусловленное расстройством коронарного кровообращения поражение миокарда, возникающее в результате нарушения равновесия между коронарным кровотоком и метаболическими потребностями сердечной мышцы. Иными словами, миокард нуждается в большем количестве кислорода, чем его поступление с кровью. ИБС может протекать остро (в виде инфаркта миокарда), а также хронически (периодические приступы стенокардии).

Ишемическая болезнь сердца – очень распространенное заболевание, одна из основных причин смертности, а также временной и стойкой утраты трудоспособности населения в развитых странах мира. В связи с этим проблема ИБС занимает одно из ведущих мест среди важнейших медицинских проблем XXI века. Сердечно-сосудистые патологии – многофакторные заболевания с многочисленными звеньями патогенеза. Например, дисфункция эндотелия сосудов является одним из важнейших компонентов патогенеза практически всех ССЗ, включая атеросклероз, артериальную гипертонию, ишемическую болезнь сердца, хроническую сердечную недостаточность, эндокардит. Для таких заболеваний характерен сложный механизм формирования фенотипа, в основе которого лежит взаимодействие генетических факторов с факторами внешней среды. В последние годы большое количество экспериментальных работ посвящено поиску генетических факторов, приводящие к развитию ИБС, так называемых генов-кандидатов [1-14]. При этом для каждого конкретного заболевания необходимо выделить группу генов-кандидатов, продукты которых могут прямо или косвенно участвовать в развитии патологии. Исследуется генетическая основа ишемической болезни сердца и фибрилляции предсердий, проводится поиск механизмов болезни и терапевтических мишеней [15]. Изучена возможная связь между множеством генетических вариантов с повышенным риском развития ишемической болезни сердца и риском внезапной сердечной смерти [16]. Показана связь между полиморфизмом альфа-фактора некроза опухоли и риском возникновения ишемической болезни

сердца [17]. Установлена связь между генетическим полиморфизмом аполипопротеина А1, С3 и риском ишемической болезни сердца [18, 19]. Несмотря на множество исследований в области генетики ИБС [20-23], до сих пор нет единой базы установленных генов, участвующих в развитии ишемической болезни сердца.

Недавно было выявлено, что на экспрессию генов-кандидатов могут влиять эффективные регуляторы, так называемые микроРНК, которые играют большую роль во всех ключевых биологических процессах, в том числе и при различных патологиях сердечно-сосудистой системы [24-32]. Эти наноразмерные молекулы вызывают развитие многих заболеваний, в том числе ССЗ. Установление белок-кодирующих генов, связанных с ишемическим заболеванием сердца, имеет большое значение для диагностики и лечения данного заболевания.

Недавно изучены ключевые гены и микроРНК, связанные с развитием ишемической болезни сердца [33]. Была построена регуляторная сеть микроРНК и отобранных генов, ассоциированных с ИБС. В общей сложности были исследованы 270 дифференциально экспрессируемых генов (167 активированных и 103 репрессированных) на основе базы GSE20680 и 2268 генов (534 активированных и 1734 репрессированных) на основе базы GSE12288 [34]. 214 дифференциально экспрессированных микроРНК в образцах ИБС были идентифицированы и подвергнуты скринингу (102 активированные и 112 репрессированных) [35]. Интерферон-регулирующий фактор 2 (*IRF2*) и индуцирующий клеточную смерть DFFA-подобный эффектор b (*CIDEB*), которые регулируются с помощью передатчика сигнала и активатора транскрипции 3 (*STAT3*) и Мус-ассоциированного фактора X (*Max*), были идентифицированы как обыкновенные гены для ишемической болезни сердца [36].

Во время этого исследования были выявлены *IRF2* и *CIDEB* в качестве ключевых генов и miR-455-5p, miR-455-3p и miR-1257 вместе с их генами-мишенями *POMC*, *TLR4* и *CALR* в качестве микроРНК, участвующих в развитии ИБС [37]. Таким образом, данное исследование может послужить основой для дальнейшего изучения механизма прогрессирования ишемической болезни сердца.

На основе последних данных научной литературы и других информационных ресурсов нами была создана единая база генов, отвечающих за развитие ИБС [38]. В результате работы было установлено, что 174 гена связаны

с развитием ишемического заболевания сердца. Выявленные гены участвуют во множестве биологических процессов и это усложняет установление их вклада в развитие различных патологий.

Анализ генов, участвующих в развитии ишемической болезни сердца показывает, что многие из этих генов участвуют в развитии других заболеваний. Например, изменение экспрессии или возникновение мутаций генов транскрипционных факторов *TCF21* и *ZPR1* могут вызывать несколько заболеваний. Поэтому всегда требуется выяснять, какие мутации гена могут вызвать соответствующее заболевание [38].

### Материалы и методы исследования

Все нуклеотидные последовательности mRNA генов заимствовали из GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Нуклеотидные последовательности miRNA получены из базы miRBase (<http://www.mirbase.org>). Программа RNAHybrid использовалась для поиска сайтов связывания, свободной энергии связывания ( $\Delta G$ ) и схемы их взаимодействия. Величину  $\Delta G/\Delta G_m$  использовали в качестве сравнительного количественного критерия силы взаимодействия miRNA с mRNA, где  $\Delta G_m$  равна энергии связи miRNA с полностью комплементарной ей нуклеотидной последовательностью. Программа E-RNAhybrid рассчитывает отношение  $\Delta G/\Delta G_m$ , значение достоверности, определяет область расположения сайта microRNA в 5'-нетранслируемом участке (5'UTR), белок-кодирующей части (CDS) или 3'-нетранслируемом участке (3'UTR). Поиск генов-мишеней для miRNA проводили по программе MirTarget [39].

### Результаты исследования и их обсуждение

В базе имеется 48 miRNA, которые определялись при ишемическом заболевании сердца в клетках эндотелия, моноцитах, тромбоцитах, цельной крови, плазме, сыворотке (таблица 1). Уровень экспрессии большинства miRNA изменялся двунаправленно: повышался или понижался. Для некоторых miRNA не установлено изменение их концентрации. Из полученных результатов следует, что при ишемическом заболевании сердца изменение концентрации miRNA в ткани, в крови и в биологических жидкостях слабо изучено, так как количественные данные практически отсутствуют. Однако, даже эти данные позволяют надеяться, что при ишеми-



ческом заболевании сердца экспрессия miRNA изменяется и, следовательно, miRNA можно использовать в диагностике заболевания. Остается

неизвестным экспрессия каких miRNA является следствием заболевания и экспрессия каких miRNA вызывает это заболевание.

**Таблица 1** – Характеристики связывания miRNA с mRNA генов, участвующих в развитии ишемической болезни сердца и связывающих по одной miRNA

Ген	Характеристики связывания miRNA	Ген	Характеристики связывания miRNA
<i>ABCA1</i>	miR-4435, 332-5, 91	<i>HMOX1</i>	miR-3155a, 1228-3, 91
<i>ABCB1</i>	miR-6751-3p, 2064-C, 93	<i>HNFI1A</i>	miR-3605-5p, 2565-3, 90
<i>AGT</i>	miR-3126-5p, 327-5, 91	<i>HTR2C</i>	miR-3942-3p, 2282-3, 92
<i>ANGPTL2</i>	miR-1272, 2693-3, 81	<i>IGFBP3</i>	miR-1272, 399-C, 81
<i>APOC2</i>	miR-623, 174-C, 90	<i>IRF8</i>	miR-4725-3p, 813-C, 90
<i>C3</i>	miR-1272, 1029-C, 81	<i>LEPR</i>	miR-3136-5p, 3591-3, 90
<i>CD163</i>	miR-4742-3p, 2549-C, 90	<i>LIPG</i>	miR-8089, 127-5, 89
<i>CETP</i>	miR-671-5p, 1311-C, 89	<i>LTA</i>	miR-6831-5p, 582-C, 90
<i>CNR1</i>	miR-4743-3p, 375-5, 92	<i>MMP2</i>	miR-1285-5p, 1376-C, 93
<i>CTCF</i>	miR-1298-3p, 2554-C, 93	<i>NCAN</i>	miR-6803-5p, 1619-C, 90
<i>CYP2C8</i>	miR-4709-5p, 50-5, 91	<i>NOS3</i>	miR-6501-3p, 983-C, 90
<i>DAB2IP</i>	miR-3960, 2749-C, 92	<i>NPC1</i>	miR-4459, 1032-C, 93
<i>DDAH2</i>	miR-6812-3p, 343-C, 91	<i>PON1</i>	miR-5003-3p, 331-C, 92
<i>ESR1</i>	miR-6879-5p, 3593-3, 90	<i>PRKCH</i>	miR-874-3p, 273-5, 92
<i>F7</i>	miR-1909-5p, 2994-3, 91	<i>SERPINE1</i>	miR-4758-3p, 277-C, 90
<i>FCGR2A</i>	miR-1273g-3p, 1510-3, 98	<i>TCF21</i>	miR-7110-5p, 253-5, 91
<i>FGF2</i>	miR-1285-5p, 3098-3, 91	<i>TFR2</i>	miR-5571-3p, 1182-C, 94
<i>FOLH1</i>	miR-6809-3p, 2530-C, 91	<i>THRA</i>	miR-4640-5p, 343-5, 89
<i>GP1BA</i>	miR-4632-3p, 1813-C, 90	<i>TNFSF4</i>	miR-466, 2492-2500-3, 91
<i>GSTM1</i>	miR-7107-3p, 745-3, 80	<i>VEGFA</i>	miR-1277-5p, 2085-3275-3314-3, 88
<i>HFE</i>	miR-5095, 2196-3, 95	<i>VKORC1</i>	miR-3679-5p, 831-3, 92
<i>HIF1A</i>	miR-6789-5p, 54-5, 90	<i>VWF</i>	miR-202-3p, 575-C, 92
<i>HMGR</i>	miR-3920, 915-C, 90	<i>ZNF259</i>	miR-6786-5p, 88-C, 93

Примечание. Во втором столбце последовательно указаны: miRNA, начало позиции сайта связывания miRNA в mRNA (нт), величина  $\Delta G/\Delta G_m$  (%); -5, -C и -3 – сайты локализованы в 5'UTR, CDS и 3'UTR, соответственно.

Приведенные в таблице 1 данные по характеристикам mRNA 44 генов имеют только по одному сайту связывания miRNA. mRNA генов *ANGPTL2*, *C3* и *IGFBP3* связываются с miR-1272. miR-1285-5p имеет сайты связывания в генах *FGF2* и *MMP2*. miR-3960 и miR-466 имеют множественные сайты связывания в mRNA генов *DAB2IP* и *TNFSF4*, соответственно. Величина  $\Delta G/\Delta G_m$ , характеризующая взаимодействие miRNA с mRNA представленных в таблице генов не превышает 95%, кроме взаимодействия miR-1273g-3p с mRNA гена *FCGR2A* с величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  равной 98%.

Полученные данные позволяют рекомендовать ассоциации miR-1272 с генами мишенями *ANGPTL2*, *C3* и *IGFBP3* для диагностики ишемической болезни сердца. Ассоциации miR-1285-5p с генами *FGF2* и *MMP2* тоже рекомендуются для диагностики ИБС. Уникальные miR-3960 и miR-466, имеющие множественные сайты связывания в mRNA генов *DAB2IP* и *TNFSF4*, тоже могут использоваться в качестве диагностических маркеров. Отметим, что в mRNA для генов, участвующих в развитии ишемического заболевания сердца, нет сайтов связывания для уникальных miRNA: miR-619, miRNA семейства

miRNA 1273, miR-574. То есть, ассоциации пар miRNA и генов мишеней, участвующих в развитии ишемического заболевания сердца, отличаются от ассоциаций miRNA и генов мишеней при инфаркте миокарда.

Нами проведен поиск сайтов связывания miRNA с mRNA 17510 генов человека и расчет характеристик взаимодействия miRNA с mRNA генов, участвующих в развитии ишемического заболевания сердца. Эти данные приведены в таблице

1. В mRNA 187 генов, участвующих в развитии ишемической болезни сердца, для 2564 miRNA найдено 268 сайтов связывания miRNA. Из них 52 сайта расположены в CDS, 23 находятся в 5'UTR и 193 сайта имеются в 3'UTR. Из базы данных по miRNA, участвующих в развитии ишемической болезни сердца, ни одна miRNA не имели сайтов связывания в mRNA 187 генов. В таблице 2 приводятся гены мишени miRNA, участвующих в развитии ишемической болезни сердца.

**Таблица 2** – Характеристики связывания miRNA с mRNA генов, участвующих в развитии ишемической болезни сердца и связывающих более одной miRNA

Ген	Характеристики связывания miRNA
<i>ADIPOQ</i>	miR-1273f, 1694-3, 94; miR-5585-5p, 1741-3, 91
<i>ALDH2</i>	miR-1226-5p, 156-C, 86; miR-4687-3p, 171-C, 91
<i>ANGPT2</i>	miR-4452, 3124-3, 89; miR-5096, 3152-3, 93; miR-5585-3p, 3221-3, 93; miR-7110-3p, 4997-3, 91
<i>AS3MT</i>	miR-619-5p, 1383-3, 97; miR-1273e, 1845-3, 91; miR-1273g-3p, 1802-3, 93; miR-1285-5p, 1627-3, 93; miR-1972, 2042-3, 93; miR-5096, 1457-3, 94
<i>CD36</i>	miR-466, 3531-3543-3, 89-93; miR-619-5p, 4042-4169-3, 97-100; miR-5096, 4107-4108-3, 91-93; miR-5585-3p, 4176-3, 93
<i>CELSR2</i>	miR-125a-3p, 5802-C, 91; miR-887-5p, 4456-C, 93; miR-4728-5p, 6039-C, 89
<i>CSMD1</i>	miR-762, 129-5, 94; miR-1277-5p, 13274-13278-3, 88-92; miR-6858-5p, 8980-C, 92
<i>CXCL16</i>	miR-1273g-3p, 1673-1674-3, 93; miR-1273f, 1707-3, 98
<i>CYP3A4</i>	miR-619-5p, 2293-3, 95; miR-5095, 2287-3, 91; miR-5096, 2367-3, 94; miR-6751-3p, 2534-3, 91; miR-6835-3p, 2667-3, 89
<i>ENPP1</i>	miR-1273a, 6591-3, 87; miR-1273d, 6647-3, 88; miR-1273e, 6656-3, 91; miR-1273f, 6646-3, 98; miR-1273g-3p, 6280-6281, 91-96
<i>EPHX2</i>	miR-6124, 5-5, 94; miR-6749-3p, 90-5, 91
<i>F2RL3</i>	miR-619-5p, 1532-1667-1862-2188-3, 91-98; miR-1285-5p, 1936-2107-3, 91; miR-4452, 1578-2234-3, 89; miR-5096, 1606-2262-3, 91; miR-5585-3p, 1674-2008-3, 91-93
<i>FADS2</i>	miR-1224-3p, 2763-3, 96; miR-6789-5p, 190-C, 88
<i>FGB</i>	miR-1285-5p, 2306-3, 94; miR-5096, 2171-3, 96
<i>GHR</i>	miR-1273a, 3878-3, 87; miR-1273c, 3880-3, 93; miR-1273f, 3932-3, 94
<i>HTR2A</i>	miR-1285-5p, 3407-3578-3579-3, 91-96; miR-4452, 3378-3, 91
<i>ICAM1</i>	miR-466, 2989-3, 91; miR-1273g-3p, 3031-3032-3, 93-98; miR-3621, 326-C, 93
<i>IGF1</i>	miR-574-5p, 4042-4062-3, 90-93; miR-1273d, 6043-3, 89; miR-1273e, 6052-3, 93; miR-1273g-3p, 6008-6009-3, 96; miR-1273f, 6042-3, 98
<i>IL10</i>	miR-619-5p, 1216-3, 98; miR-5095, 1210-3, 98; miR-5096, 1290-3, 94
<i>IL18</i>	miR-619-5p, 830-3, 98; miR-5095, 824-3, 95; miR-5096, 903-904-3, 91-100
<i>IL6R</i>	miR-619-5p, 4096-3, 95; miR-1273h-3p, 3233-3, 93; miR-3921, 4984-3, 91; miR-6089, 346-5, 93; miR-5095, 4090-3, 98; miR-6809-3p, 2604-3, 91
<i>ITGA2</i>	miR-619-5p, 5931-3, 91; miR-5095, 5925-3, 91; miR-5096, 6003-3, 98
<i>ITGB3</i>	miR-3126-5p, 3351-3, 95; miR-7107-5p, 2925-3, 92
<i>LCAT</i>	miR-3666, 628-C, 91; miR-6792-5p, 1306-C, 91
<i>LDLR</i>	miR-619-5p, 4378-4379-4517-3, 93; miR-1285-5p, 4149-4322-4451-3, 91-94; miR-1303, 4159-3, 91; miR-5095, 3897-3, 95; miR-5585-3p, 4043-3, 96; miR-6751-5p, 1438-C, 90

Ген	Характеристики связывания miRNA
<i>MEF2A</i>	miR-1273f, 306-5, 96; miR-1273g-3p, 272-273-5, 95; miR-1277-5p, 2197-3, 91
<i>MLXIPL</i>	miR-466, 3200-3, 89; miR-3130-3p, 138-C, 91; miR-3926, 2467-C, 93; miR-4685-5p, 1894-C, 87; miR-5196-5p, 1440-C, 90; miR-6760-5p, 2997-3, 90
<i>MTHFR</i>	miR-619-5p, 6861-3, 95; miR-1285-5p, 6399-3, 95; miR-5095, 6855-3, 95; miR-5585-3p, 6300-7003-3, 93-95; miR-8089, 3460-3, 88
<i>MTR</i>	miR-1273a, 4995-3, 90; miR-1273g-3p, 5017-3, 93; miR-5585-3p, 9584-3, 91
<i>NOS1</i>	miR-466, 5559-5569-3, 89-91; miR-512-3p, 931-C, 91; miR-574-5p, 12001-12016-3, 90-93; miR-619-5p, 9183-3, 93; miR-1236-5p, 7000-3, 91; miR-1273g-3p, 8384-3, 91; miR-1303, 10419-3, 96; miR-5095, 11412-3, 91; miR-6811-3p, 5465-3, 91
<i>NPC1L1</i>	miR-1273d, 3247-C, 88; miR-1273f, 3246-C, 94; miR-1273g-3p, 3213-C, 93; miR-3129-5p, 1492-C, 93; miR-3130-5p, 2224-C, 91; miR-7107-3p, 4590-3, 82; miR-7160-3p, 4132-C, 91
<i>NQO1</i>	miR-1273g-3p, 1681-1682-3, 93-98; miR-2054, 2561-3, 90
<i>PCSK9</i>	miR-139-3p, 2017-C, 89; miR-6877-3p, 2469-3, 91
<i>PLA2G7</i>	miR-466, 1644-1652-3, 91-93; miR-4722-5p, 41-5, 90
<i>PPARA</i>	miR-574-5p, 9024-9036-C, 90-93; miR-619-5p, 2406-3, 97; miR-1913, 3950-3, 90; miR-5096, 2344-2345-3, 91-93; miR-5585-3p, 2413-3, 91; miR-5708, 2259-2260-3, 96-98
<i>PPARD</i>	miR-4632-5p, 2738-3, 89; miR-4751, 517-C, 89
<i>PPP1R3B</i>	miR-619-5p, 2130-2761-3, 93-97; miR-1285-5p, 2371-3, 94; miR-4740-5p, 904-C, 90; miR-5095, 2124-3, 91; miR-5096, 2835-3, 98; miR-5585-3p, 2272-3, 91
<i>SMARCA4</i>	miR-762, 1052-C, 91; miR-1273d, 303-5, 92; miR-1273g-3p, 269-5, 95; miR-3187-3p, 685-C, 93
<i>TGFB1</i>	miR-877-3p, 233-5, 93; miR-4651, 2087-3, 95; miR-6089, 2060-2065-3, 89-91; miR-6742-5p, 2047-C, 90; miR-6824-5p, 708-5, 90; miR-6877-5p, 5-5, 90
<i>TRIB1</i>	miR-1183, 1161-C, 81; miR-4669, 360-5, 91
Примечание. Во втором столбце последовательно указаны: miRNA, начало позиции сайта связывания miRNA в mRNA (нт), величина $\Delta G/\Delta G_m$ (%); -5, -C и -3 – сайты локализованы в 5'UTR, CDS и 3'UTR, соответственно.	

Характеристики взаимодействия miRNA с mRNA 85 генов-мишеней приведены в таблице 2. mRNA некоторых генов могут связывать пять и более miRNA. По пять miRNA связываются с mRNA генов *IGF1*, *MTHFR*, *PLA2G7*. По шесть miRNA связываются с mRNA генов *AS3MT*, *F2RL3*, *IL6R*, *MLXIPL*, *PPP1R3B* и *TGFB1*. По семь miRNA связываются с mRNA генов *LDLR* и *NPC1L1*. С mRNA гена *IL6R* связывается девять miRNA. Эти данные свидетельствуют о сильной зависимости экспрессии этих генов от miRNA. Экспрессия значительной части генов, участвующих в развитии ишемической болезни сердца, может зависеть от этих уникальных miRNA. Например, miR-619-5p имеет 14 генов-мишеней, miR-5095 и miR-5096 имеют по 10 генов мишеней. Семейство miR-1273a,c,d,e,f,g,h имеет 38 сайтов связывания включая 19 сайтов связывания miR-1273g-3p в mRNA 17 генов. mRNA генов интерлейкинов *IL10*, *IL18*, *IL6R* в сильной степени связывается группой уникаль-

ных miRNA: miR-619-5p, miR-5095 и miR-5096. В mRNA нескольких генов имеются сайты связывания miR-619-5p, с miR-5585-3p.

По разнообразию miRNA связывающихся с mRNA первое место занимает ген *NOS1*. mRNA этого гена содержит сайты связывания для большинства уникальных miRNA: miR-619-5p, miR-5095, miR-1273g-3p, miR-574-5p и miR-466. Следовательно, экспрессия гена *NOS1* находится под очень сильным контролем нескольких уникальных miRNA и его экспрессия в норме должна быть подавлена. Кроме mRNA гена *NOS1*, miR-466, имеющая множественные сайты связывания, может взаимодействовать с mRNA генов *ICAM1*, *MLXIPL* и *PLA2G7*. miR-574-5p, тоже имеющая множественные сайты связывания в mRNA, кроме гена *NOS1* имеет гены мишени *IGF1* и *PPARA*.

Некоторые miRNA имеют большую свободную энергию связывания с mRNA нескольких генов. miR-1273d состоящая из 25 н. свя-

зывается с mRNA гена *SMARCA4* с свободной энергией связывания равной -125 kJ/mole, что составляет 92% от максимальной свободной энергии связывания. miR-762 состоящая из 22 н. связывается с mRNA гена *CSMD1* с свободной энергией связывания равной -127 kJ/mole, что составляет 94% от максимальной свободной энергии связывания. **miR-6789-5p** состоящая из 24 н. связывается с mRNA генов *FADS3* и *HIF1A* с свободной энергией связывания равной -129 kJ/mole и 132 kJ/mole, что составляет

88% и 90% от максимальной свободной энергии связывания, соответственно. miR-6089-5p состоящая из 24 н. связывается с mRNA гена *TGFBI* в двух сайтах с свободной энергией связывания равной -132 kJ/mole и 136 kJ/mole, что составляет 89% и 91% от максимальной свободной энергии связывания, соответственно. Эта же miRNA связывается с mRNA гена *IL6R* с свободной энергией связывания равной -138 kJ/mole, что составляет 93% от максимальной свободной энергии связывания.

**Таблица 3** – Сайты связывания miRNA, участвующих в развитии ишемической болезни сердца с mRNA генов-мишеней

miRNA	Ген-мишень	Позиция, н.	Участок	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_{m, \%}$	Длина, н.
let-7i-3p	<i>SEMA4F</i>	101	5'UTR	-113	93	22
miR-122-5p	<i>KCNIP2</i>	2370	3'UTR	-104	91	22
miR-147a	<i>GCFC2</i>	4094	3'UTR	-96	90	20
miR-19b-2-5p	<i>TRIQQ</i>	2689	3'UTR	-106	96	22
miR-222-3p	<i>KCNJ10</i>	1504	3'UTR	-102	91	21
miR-222-5p	<i>RS1</i>	1598	3'UTR	-106	91	22
miR-29a-5p	<i>UGT3A1</i>	2942	3'UTR	-102	92	22
miR-378a-3p	<i>TRABD2B</i>	3323	3'UTR	-102	91	21
miR-378b	<i>TCTEX1D4</i>	229	5'UTR	-96	94	19
miR-378b	<i>WDR5B</i>	1871	3'UTR	-93	92	19
miR-378b	<i>SPN</i>	1544	3'UTR	-91	90	19
miR-378b	<i>TENM4</i>	10334	3'UTR	-91	90	19
miR-378b	<i>SLC35C1</i>	2109	3'UTR	-91	90	19
miR-378b	<i>SLC45A4</i>	2984	3'UTR	-91	90	19
miR-378d	<i>VANGL1</i>	8157	3'UTR	-93	90	20
miR-378d	<i>TRABD2B</i>	3323	3'UTR	-93	90	20
miR-378d	<i>ZNF727</i>	82	5'UTR	-93	90	20
miR-378d	<i>ZCCHC3</i>	2080	3'UTR	-93	90	20
miR-378e	<i>ZCCHC3</i>	2081	3'UTR	-93	92	19
miR-378e	<i>ZCCHC3</i>	2082	3'UTR	-93	92	19
miR-378e	<i>ZBTB4</i>	4042	3'UTR	-91	90	19
miR-378e	<i>VANGL1</i>	8159	3'UTR	-91	90	19
miR-378e	<i>VAMP1</i>	870	3'UTR	-91	90	19
miR-378f	<i>ZNF727</i>	82	5'UTR	-102	94	20
miR-378f	<i>GIMAP8</i>	1929	3'UTR	-98	90	20
miR-378g	<i>TRABD2B</i>	3323	3'UTR	-102	94	20
miR-378g	<i>ZCCHC3</i>	2081	3'UTR	-100	92	20
miR-378g	<i>SDR9C7</i>	93	5'UTR	-98	90	20
miR-378g	<i>GIMAP8</i>	1929	3'UTR	-98	90	20
miR-378g	<i>TMEM246</i>	3291	3'UTR	-98	90	20

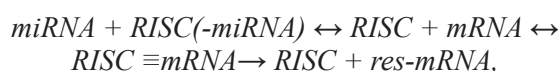
miRNA	Ген-мишень	Позиция, н.	Участок	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_{m, \%}$	Длина, н.
miR-378i	<i>TRABD2B</i>	3323	3'UTR	-104	92	21
miR-378i	<i>SDR9C7</i>	92	5'UTR	-102	91	21
miR-378j	<i>VPS53</i>	6832	3'UTR	-91	91	19
miR-378j	<i>ZNF727</i>	83	5'UTR	-91	91	19
miR-499a	<i>TXLNB</i>	4474	3'UTR	-93	90	21

Полученные данные показывают, что взаимодействия рассмотренных miRNA и mRNA могут служить основой для выбора ассоциаций miRNA и mRNA для диагностики ишемической болезни сердца. Под ассоциацией понимается связь одной miRNA с mRNA одного или нескольких генов, либо одной или нескольких miRNA с mRNA одного гена.

В литературе очень мало сведений об участии miRNA в развитии ишемической болезни сердца [40]. Все miRNA включенные в нашу базу данных не имели в качестве мишеней гены входящие в базу данных составленную нами. Только каждая из семи miRNA имели по одному сайту связывания в mRNA только по одному гену (таблица 3). Восемь miRNA семейства miR-378 имели в качестве мишеней 16 генов. Наибольшее число генов мишеней имела miR-378b, которая взаимодействовала с mRNA семи генов (таблица 3).

Следовательно, ассоциации miR-378 с mRNA 14 генов мишеней могут использоваться для диагностики ишемической болезни сердца. Отметим, что ни один из генов с изменяющейся экспрессией при инфаркте миокарда не был мишенью ни для одной miRNA семейства miR-378.

Проведенные исследования по выявлению ассоциаций miRNA с mRNA генов мишеней позволили выявить несколько ассоциаций miRNA с mRNA которые селективно могут диагностировать ишемическую болезнь сердца от инфаркта миокарда. Конечно, предложенные ассоциации miRNA с mRNA необходимо верифицировать, однако эта задача в миллионы раз проще по сравнению с выявлением таких ассоциаций без компьютерных методов предсказания сайтов взаимодействия miRNA с mRNA.



где RISC(-miRNA) – ассоциация всех белков комплекса RISC без miRNA; RISC  $\equiv$  mRNA –

комплекс RISC с mRNA за счет водородных связей; res-mRNA – restricted mRNA.

На схеме изображены следующие процессы. miRNA связывается с группой белков RISC(-miRNA), образуя RISC. Далее RISC связывается с mRNA посредством водородных связей ( $\equiv$ ) и блокирует синтез белка, либо RISC разрезает mRNA, которая далее разрушается с помощью цитоплазматических рестриктаз. Стадия связывания RISC с mRNA обратима и при отсутствии их взаимодействия, mRNA может служить матрицей для синтеза белка.

Из этой схемы следует, что от соотношения концентраций miRNA и mRNA могут наблюдаться различные эффекты. Допустим, что miRNA полностью комплементарна к сайту связывания в mRNA, то есть обладает высоким сродством к mRNA. Несмотря на это, при малых концентрациях miRNA по сравнению с mRNA, комплекс будет слабо влиять на синтез белка, поскольку будет блокировать малую часть mRNA. Если же концентрация miRNA сравнима или больше концентрации mRNA, то синтез белка будет замедлен, либо будет полностью заторможен. При среднем сродстве взаимодействия miRNA с mRNA, эффект полного подавления синтеза белка может быть достигнут при концентрациях miRNA много больших, чем mRNA. Следовательно, при расчете вероятности степени угнетения экспрессии гена посредством miRNA, недостаточно знать их сродство miRNA к mRNA.

Кроме этого нужно учитывать и степень внутримолекулярного взаимодействия сайтов связывания miRNA с другими участками mRNA. Как правило, внутримолекулярные взаимодействия слабее, чем взаимодействия miRNA с mRNA, однако известны случаи почти полностью или полностью комплементарного внутримолекулярного взаимодействия этих участков. В этом случае необходима энергия для разрыва связей mRNA с mRNA сравнимая с энергией связывания miRNA с mRNA. Следовательно,

расчет вероятности связывания miRNA с mRNA только на основе известных программ предсказания сайтов связывания не адекватен.

Рассмотренные варианты условий взаимодействия miRNA с mRNA реализуются в клетках. Известно, что концентрация miRNA может изменяться в клетках в сотни раз [41]. Синтез mRNA в зависимости от функционального состояния клетки тоже может изменяться в сотни раз [42]. Кроме этого, экспрессия генов и синтез miRNA являются тканеспецифичными [43].

Даже в экспериментах по изучению влияния miRNA на синтез белка часто не указываются концентрации miRNA и mRNA. Важным фактором изучения взаимодействия miRNA с mRNA в условиях *in vivo* является трудно учитываемый эффект интронных miRNA, которые, как правило, синтезируются согласованно с экспрессией хозяйского гена. Около половины всех miRNA человека составляют интронные miRNA, и это обстоятельство тоже необходимо принимать во внимание.

### Литература

- 1 Trenkwalder T., Kessler T., Schunkert H., Erdmann J. Genetics of coronary artery disease: Short people at risk? // *Expert Review of Cardiovascular Therapy*. – 2015. – V.13(11). – P. 1169-1172.
- 2 Arbour L., Asuri S., Whittome B., Polanco F., Hegele RA. The Genetics of Cardiovascular Disease in Canadian and International Aboriginal Populations // *Can J Cardiol*. – 2015. – V.31(9). – P. 1094-1115.
- 3 Brønne I., Civelek M., Vilne B. Prediction of Causal Candidate Genes in Coronary Artery Disease Loci // *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. – 2015. – V.35(10). – P. 2207-2217.
- 4 Hamrefors V. Common genetic risk factors for coronary artery disease: new opportunities for prevention? // *Clin Physiol Funct I*. – 2015. – V.17. – P.128-141.
- 5 Cole C.B., Nikpay M., Stewart A.F., McPherson R. Increased genetic risk for obesity in premature coronary artery disease // *Eur J Hum Genet*. – 2016. – V. 29. – P. 53-69.
- 6 Yamada Y., Matsui K., Takeuchi I., Fujimaki T. Association of genetic variants with coronary artery disease and ischemic stroke in a longitudinal population-based genetic epidemiological study // *Biomedical Reports*. – 2015. – V. 3(3). – P. 413-419.
- 7 Ozaki K., Tanaka T. Molecular genetics of coronary artery disease // *J Hum Genet*. – 2016. – V. 61. – P.71-77.
- 8 Neelankavil J., Rau C.D., Wang Y. The Genetic Basis of Coronary Artery Disease and Atrial Fibrillation: A Search for Disease Mechanisms and Therapeutic Targets // *J Cardiothor Vasc An*. – 2015. – V. 29(5). – P. 1328-1332.
- 9 Hernesniemi J.A., Lyytikäinen L.P., Oksala N., et al. Predicting sudden cardiac death using common genetic risk variants for coronary artery disease // *Eur Heart J*. – 2015. – V. 36(26). – P. 1669-1675.
- 10 Cheng Y., An B., Jiang M., Xin Y., Xuan S. Association of Tumor Necrosis Factor-alpha Polymorphisms and Risk of Coronary Artery Disease in Patients With Non-alcoholic Fatty Liver Disease // *Hepat Mon*. – 2015. – V. 15(3). – P. e26818.
- 11 Liao B., Cheng K., Dong S., Liu H., Xu Z. Effect of apolipoprotein A1 genetic polymorphisms on lipid profiles and the risk of coronary artery disease // *Diagn Pathol*. – 2015. – V. 10. – P. 102.
- 12 Cui F., Li K., Li Y., Zhang X., An C. Apolipoprotein C3 genetic polymorphisms are associated with lipids and coronary artery disease in a Chinese population // *Lipids Health Dis*. – 2014. – V. 13. – P. 170.
- 13 Arslan S., Korkmaz Ö., Özbilüm N., Berkan Ö. Association between NF-κB1 and NF-κBIA polymorphisms and coronary artery disease // *Biomedical Reports*. – 2015. – V.3(5). – P. 736-740.
- 14 Ahmadi Z., Senemar S., Toosi S., Radmanesh S. The Association of Lipoprotein Lipase Genes, HindIII and S447X Polymorphisms With Coronary Artery Disease in Shiraz City // *Journal of Cardiovascular and Thoracic Research*. – 2015. – V. 7(2). – P. 63-67.
- 15 Xiao J., Luo X., Lin H., Zhang Y., Lu Y., Wang N., Zhang Y., Yang B., Wang Z. MicroRNA miR-133 represses HERG K<sup>+</sup> channel expression contributing to QT prolongation in diabetic hearts // *J Biol Chem*. – 2011. – V. 282(17). – P. 12363-12367.
- 16 Shan H., Zhang Y., Cai B., et al. Upregulation of microRNA-1 and microRNA-133 contributes to arsenic-induced cardiac electrical remodeling // *Int J Cardiol*. – 2013. – V.167(6). – P. 2798-2805.
- 17 Luo X., Lin H., Pan Z., Xiao J., Zhang Y., Lu Y., Yang B., Wang Z. Down-regulation of miR-1/miR-133 contributes to re-expression of pacemaker channel genes HCN2 and HCN4 in hypertrophic heart // *J Biol Chem*. – 2008. – V. 283(29). – P. 20045-20052.
- 18 Wang N., Zhou Z., Liao X., Zhang T. Role of microRNAs in cardiac hypertrophy and heart failure // *International Union of Biochemistry and Molecular Biology Life*. – 2009. – V.61(6). – P.566-571.
- 19 Ye Y., Perez-Polo J.R., Qian J., Birnbaum Y. The role of microRNA in modulating myocardial ischemia-reperfusion injury // *Physiol Genomics*. – 2011. – V.43(10). – P.534-542.
- 20 Ono K., Kuwabara Y., Han J. MicroRNAs and cardiovascular diseases // *FEBS J*. – 2011. – V.278(10). – P.1619-1633.
- 21 Papoutsidakis N., Delftereos S., Kaoukis A., Bouras G., Giannopoulos G., Theodorakis A., Angelidis C., Hatzis G., Stefanadis C. MicroRNAs and the heart: small things do matter // *Curr Top Med Chem*. – 2013. – V.13(2). – P.216-230.
- 22 Camm A.J., Luscher T.F., Serruys P. The ESC Textbook of Cardiovascular Medicine, second edition. Oxford Academy, Great Britain. – 2009. – 100с.
- 23 Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – Москва: Медицина. – 1990. – 191с.

- 24 Бабушкина Г.В., Картелишев А.В. Низкоинтенсивная лазерная терапия. – Москва: «Техника». – 2015. – 50с.
- 25 Paciaroni M., Bogousslavsky J. How did stroke become of interest to neurologists?: a slow 19th century saga // *Neurology*. – 2009. – V.73(9). – P.724-728.
- 26 Subramaniam A., Shanmugam M.K., Perumal E., Li F., Nachiyappan A., Dai X., Swamy S.N., Ahn K.S., Kumar A.P., Tan B.K., Hui K.M., Sethi G. Potential role of signal transducer and activator of transcription (STAT)3 signaling pathway in inflammation, survival, proliferation and invasion of hepatocellular carcinoma // *Biochim Biophys Acta*. – 2013. – V.1835(1). – P.46-60.
- 27 Батищева Е.И., Кузнецов Е.И. Современные методы хирургической вторичной профилактики ишемического инсульта // *Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И.Пирогова*. – 2008. – № 3(2). – С.83-88.
- 28 O'Gara P.T., Kushner F.G., Ascheim D.D., Casey D.E., Chung M.K., Lemos J.A., Ettinger S.M., Fang J.C., Fesmire F.M., Franklin B.A. ACCF/AHA Guideline for the Management of ST-Elevation Myocardial Infarction: A Report of the American College of Cardiology Foundation // *Journal of American College of Cardiology*. – 2013. – V.61(4). – P.e78-e140.
- 29 Roffi M., Patrono C., Collet J.P., et al. ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: Task Force on the management of ST-segment elevation acute myocardial infarction of the European Society of Cardiology (ESC) // *Eur Heart J*. – 2015. – V.37(3). – P.267-315.
- 30 Всероссийское научное общество кардиологов. Кардиоваскулярная профилактика // Приложение 2 к журналу Кардиоваскулярная терапия профилактика. – 2011. – №10(6). – С.1-64.
- 31 Xin Y., Yang C., Han Z. Circulating miR-499 as a potential biomarker for acute myocardial infarction // *Annual of Translational Medicine*. – 2015. – V.4(7). – P.135.
- 32 Samanta S., Balasubramanian S., Rajasingh S., Patel U., Dhanasekaran A., Dawn B., Rajasingh J. MicroRNA: A new therapeutic strategy for cardiovascular diseases // *Trends Cardiovas Med*. – 2016. – V.26(5). – P.407-419.
- 33 Chaturvedi A., Martz R., Dorward D., Waisberg M., Pierce S.K. Endocytosed BCRs sequentially regulate MAPK and Akt signaling pathways from intracellular compartments // *Natural Immunology*. – 2011. – V.12(11). – P.1119-1126.
- 34 Li Y., Li A., Yang Z.Q. Molecular cloning, genomic organization, chromosome mapping, tissues expression pattern and identification of a novel splicing variant of porcine CIDEb gene // *Biochem Biophys Res Commun*. – 2016. – V.1. – P.S0006-291X(16)30778-1.
- 35 Ai J., Zhang R., Li Y., Pu J., Lu Y., Jiao J. Circulating microRNA-1 as a potential novel biomarker for acute myocardial infarction // *Biochem Biophys Res Commun*. – 2010. – V.391(1). – P.73-77.
- 36 Alessandra Y.D., Devanna P., Limana F., Straino S., Carlo A.D., Brambilla P.G. Circulating microRNAs are new and sensitive biomarkers of myocardial infarction // *Eur Heart J*. – 2010. – V.31(22). – P.2765-2773.
- 37 Yin C., Salloum F.N., Kukreja R.C. A novel role of microRNA in late preconditioning: upregulation of endothelial nitric oxide synthase and heat shock protein 70 // *Circ Res*. – 2009. – V.104(5). – P.572-575.
- 38 Иващенко А.Т., Атамбаева Ш.А., Ниязова Р.Е., Пинский И.В. Гены, связанные с развитием ишемической болезни сердца // *Вестник КазНУ, серия биологическая*. – 2015. – №3 (65). – С. 100-108.
- 39 Ivashchenko A., Berillo O., Pyrkova A., Niyazova R. Binding Sites of miR-1273 Family on the mRNA of Target Genes // *Biomed Research International*. – 2014. – V.2014. – P.1-11.
- 40 Ivashchenko A., Berillo O., Pyrkova A., Niyazova R., Atambayeva S. The properties of binding sites of miR-619-5p, miR-5095, miR-5096 and miR-5585-3p in the mRNAs of human genes // *Biomed Research International*. – 2014. – V.2014. – P.1-8.
- 41 Ivashchenko A., Berillo O., Pyrkova A., Niyazova R., Atambayeva S. MiR-3960 binding sites with mRNA of human genes // *Bioinformation*. – 2014. – V.10(7). – P.423-427.
- 42 Ivashchenko A., Berillo O., Pyrkova A., Niyazova R., Atambayeva S. The binding sites of unique miRNAs in the human mRNAs // *Journal of Biotechnology*. – 2014. – V.185S. – P.S37-S125.
- 43 Атамбаева С., Ниязова Р.Е., Берилло О., Иващенко А.Т. Особенности сайтов связывания miR-574-5p и miR-574-3p с мРНК генов-мишеней // *Вестник КазНУ, биологическая серия*. – 2015. – №1(63). – С.349-354.

## References

- 1 Trenkwalder T, Kessler T, Schunkert H, Erdmann J (2015) Genetics of coronary artery disease: Short people at risk?, *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, 13(11):1169-1172. DOI: 10.1586/14779072.2015.1094377
- 2 Arbour L, Asuri S, Whittome B, Polanco F, Hegele RA (2015) The Genetics of Cardiovascular Disease in Canadian and International Aboriginal Populations, *Can J Cardiol*, 31(9):1094-1115. DOI: 10.1016/j.cjca.2015.07.005
- 3 Brønne I, Civelek M, Vilne B (2015) Prediction of Causal Candidate Genes in Coronary Artery Disease Loci, *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 35(10):2207-2217. DOI: 10.1161/ATVBAHA.115.306108
- 4 Hamrefors V (2015) Common genetic risk factors for coronary artery disease: new opportunities for prevention?, *Clin Physiol Funct I*, 17:128-141. DOI: 10.1111/cpf.12289
- 5 Cole CB, Nikpay M, Stewart AF, McPherson R (2016) Increased genetic risk for obesity in premature coronary artery disease, *Eur J Hum Genet*, 29:53-69. DOI: 10.1038/ejhg.2015.162
- 6 Yamada Y, Matsui K, Takeuchi I, Fujimaki T (2015) Association of genetic variants with coronary artery disease and ischemic stroke in a longitudinal population-based genetic epidemiological study, *Biomedical Reports*, 3(3):413-419. DOI: 10.3892/br.2015.440.
- 7 Ozaki K, Tanaka T (2016) Molecular genetics of coronary artery disease, *J Hum Genet*, 61: 71–77. DOI:10.1038/jhg.2015.70
- 8 Neelankavil J, Rau CD, Wang Y (2015) The Genetic Basis of Coronary Artery Disease and Atrial Fibrillation: A Search for Disease Mechanisms and Therapeutic Targets, *J Cardiothor Vasc An*, 29(5):1328-1332. DOI: 10.1053/j.jvca.2015.01.031

- 9 Hernesniemi JA, Lyytikäinen LP, Oksala N, Seppälä I, Kleber ME, Mononen N, März W, Mikkelsen J, Pessi T, Louhelainen AM, Martiskainen M, Nikus K, Klopp N, Waldenberger M, Illig T, Kähönen M, Laaksonen R, Karhunen PJ, Lehtimäki T (2015) Predicting sudden cardiac death using common genetic risk variants for coronary artery disease, *Eur Heart J*, 36(26):1669-1675. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv106
- 10 Cheng Y, An B, Jiang M, Xin Y, Xuan S (2015) Association of Tumor Necrosis Factor- $\alpha$  Polymorphisms and Risk of Coronary Artery Disease in Patients With Non-alcoholic Fatty Liver Disease, *Hepat Mon*, 15(3):e26818. DOI: 10.5812/hepatmon.26818
- 11 Liao B, Cheng K, Dong S, Liu H, Xu Z (2015) Effect of apolipoprotein A1 genetic polymorphisms on lipid profiles and the risk of coronary artery disease, *Diagn Pathol*, 10:102. DOI: 10.1186/s13000-015-0328-7
- 12 Cui F, Li K, Li Y, Zhang X, An C (2014) Apolipoprotein C3 genetic polymorphisms are associated with lipids and coronary artery disease in a Chinese population, *Lipids Health Dis*, 13:170. DOI: 10.1186/1476-511X-13-170
- 13 Arslan S, Korkmaz Ö, Özbilüm N, Berkan Ö (2015) Association between NF- $\kappa$ B1 and NF- $\kappa$ B1A polymorphisms and coronary artery disease, *Biomedical Reports*, 3(5):736-740. DOI: 10.3892/br.2015.499
- 14 Ahmadi Z, Senemar S, Toosi S, Radmanesh S (2015) The Association of Lipoprotein Lipase Genes, HindIII and S447X Polymorphisms With Coronary Artery Disease in Shiraz City, *Journal of Cardiovascular and Thoracic Research*, 7(2):63-67. DOI: 10.15171/jcvtr.2015.14
- 15 Xiao J, Luo X, Lin H, Zhang Y, Lu Y, Wang N, Zhang Y, Yang B, Wang Z (2011) MicroRNA miR-133 represses HERG K<sup>+</sup> channel expression contributing to QT prolongation in diabetic hearts, *J Biol Chem*, 282(17):12363-12367. DOI: 10.1074/jbc.C700015200
- 16 Shan H, Zhang Y, Cai B, Chen X, Fan Y, Yang L, Chen X, Liang H, Zhang Y, Song X, Xu C, Lu Y, Yang B, Du Z (2013) Upregulation of microRNA-1 and microRNA-133 contributes to arsenic-induced cardiac electrical remodeling, *Int J Cardiol*, 167(6):2798-2805. DOI: 10.1016/j.ijcard.2012.07.009
- 17 Luo X, Lin H, Pan Z, Xiao J, Zhang Y, Lu Y, Yang B, Wang Z (2008) Down-regulation of miR-1/miR-133 contributes to re-expression of pacemaker channel genes HCN2 and HCN4 in hypertrophic heart, *J Biol Chem*, 283(29):20045-20052. DOI: 10.1074/jbc.M801035200
- 18 Wang N, Zhou Z, Liao X, Zhang T (2009) Role of microRNAs in cardiac hypertrophy and heart failure, *International Union of Biochemistry and Molecular Biology Life*, 61(6):566-571. DOI: 10.1002/iub.204
- 19 Ye Y, Perez-Polo JR, Qian J, Birnbaum Y (2011) The role of microRNA in modulating myocardial ischemia-reperfusion injury, *Physiol Genomics*, 43(10):534-542. DOI: 10.1152/physiolgenomics.00130.2010
- 20 Ono K, Kuwabara Y, Han J (2011) MicroRNAs and cardiovascular diseases, *FEBS J*, 278(10):1619-1633. DOI: 10.1111/j.1742-4658.2011.08090.x
- 21 Papoutsidakis N, Deftereos S, Kaoukis A, Bouras G, Giannopoulos G, Theodorakis A, Angelidis C, Hatzis G, Stefanadis C (2013) MicroRNAs and the heart: small things do matter, *Curr Top Med Chem*, 13(2):216-230. DOI: 10.2174/1568026611313020009
- 22 Camm AJ, Luscher TF, Serruys P (2009) *The ESC Textbook of Cardiovascular Medicine*, second edition. Oxford Academy, Great Britain. ISBN: 0-19-956699-2
- 23 Aulik IV (1990) The determination of physical working capacity in clinic and sport [Opređenje fizičke sposobnosti v klinike i sporte]. *Medicina*, Moscow, Russia. (In Russian)
- 24 Babushkina GV, Kartelishev AV (2015) Low-intensive laser therapy [Nizkointensivnaia lazernaia terapiia]. «Tekhnika», Moscow. (In Russian)
- 25 Paciaroni M, Bogousslavsky J (2009) How did stroke become of interest to neurologists?: a slow 19th century saga, *Neurology*, 73(9):724-728. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3181b59c1a
- 26 Subramaniam A, Shanmugam M K, Perumal E, Li F, Nachiyappan A, Dai X, Swamy SN, Ahn KS, Kumar AP, Tan BK, Hui KM, Sethi G (2013) Potential role of signal transducer and activator of transcription (STAT)3 signaling pathway in inflammation, survival, proliferation and invasion of hepatocellular carcinoma, *Biochim Biophys Acta*, 1835(1):46-60. DOI: 10.1016/j.bbcan.2012.10.002
- 27 Batishcheva EI, Kuznetsov AN (2008) Modern methods of surgical secondary prevention of ischemic stroke. *Journal of N. I. Pirogov's National Medical and Surgical Center [Sovremennye metody hirurgicheskoi vtorichnoi profilaktiki ishemicheskogo insulta. Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra imeni N. I. Pirogova]* 3(2):83-88. (In Russian)
- 28 O'Gara PT, Kushner FG, Ascheim DD, Casey DE, Chung MK, Lemos JA, Ettinger SM, Fang JC, Fesmire FM, Franklin BA (2013) ACCF/AHA Guideline for the Management of ST-Elevation Myocardial Infarction: A Report of the American College of Cardiology Foundation, *Journal of American College of Cardiology*, 61(4):e78-e140. DOI:10.1016/j.jacc.2012.11.019
- 29 Roffi M, Patrono C, Collet JP, et al (2015) ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: Task Force on the management of ST-segment elevation acute myocardial infarction of the European Society of Cardiology (ESC), *Eur Heart J*, 37(3):267-315. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv320
- 30 Vserossiiskoe nauchnoe obshchestvo kardiologov (2011) Cardiovascular prophylactic. Supplement 2 to the journal «Cardiovascular therapy and prophylactic» [Kardiovaskular profilaktika. Prilozheniye k zhurnalu «Serdechno-sosudistaya terapiya I profilaktika»] 10(6):1-64. (In Russian)
- 31 Xin Y, Yang C, Han Z (2016) Circulating miR-499 as a potential biomarker for acute myocardial infarction, *Annual of Translational Medicine*, 4(7):135. DOI: 10.21037/atm.2016.03.40
- 32 Samanta S, Balasubramanian S, Rajasingh S, Patel U, Dhanasekaran A, Dawn B, Rajasingh J (2016) MicroRNA: A new therapeutic strategy for cardiovascular diseases, *Trends Cardiovas Med*, 26(5):407-19. DOI: 10.1016/j.tcm.2016.02.004



- 33 Chaturvedi A, Martz R, Dorward D, Waisberg M, Pierce SK (2011) Endocytosed BCRs sequentially regulate MAPK and Akt signaling pathways from intracellular compartments, *Natural Immunology*, 12(11):1119-1126. DOI: 10.1038/ni.2116
- 34 Li Y, Li A, Yang ZQ (2016) Molecular cloning, genomic organization, chromosome mapping, tissues expression pattern and identification of a novel splicing variant of porcine CIDEb gene, *Biochem Biophys Res Commun*, 1:S0006-291X(16)30778-1. DOI: 10.1016/j.bbrc.2016.05.079
- 35 Ai J, Zhang R, Li Y, Pu J, Lu Y, Jiao J (2010) Circulating microRNA-1 as a potential novel biomarker for acute myocardial infarction, *Biochem Biophys Res Commun*, 391(1):73-77. DOI: 10.1016/j.bbrc.2009.11.005
- 36 Alessandra YD, Devanna P, Limana F, Straino S, Carlo AD, Brambilla PG (2010) Circulating microRNAs are new and sensitive biomarkers of myocardial infarction, *Eur Heart J*, 31(22):2765-2773. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq167
- 37 Yin C, Salloum FN, Kukreja RC (2009) A novel role of microRNA in late preconditioning: upregulation of endothelial nitric oxide synthase and heat shock protein 70, *Circ Res*, 104(5):572-575. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.108.193250
- 38 Ivashchenko A, Atambayeva S, Niyazova R, Pinsky I (2015) Genes associated with the development of of coronary heart disease. *Vestnik KazNU, biological series [Geny svyazannye s razvitiem ishemicheskoi bolezni serdtca. Vestnik KazNU, biologicheskaya seriya]* 3(65):100-108. (In Russian)
- 39 Ivashchenko A, Berillo O, Pyrkova A, Niyazova R (2014) Binding Sites of miR-1273 Family on the mRNA of Target Genes, *Biomed Research International*, 2014:1-11. DOI:10.1155/2014/620530
- 40 Ivashchenko A, Berillo O, Pyrkova A, Niyazova R, Atambayeva S (2014) The properties of binding sites of miR-619-5p, miR-5095, miR-5096 and miR-5585-3p in the mRNAs of human genes, *Biomed Research International*, 2014:1-8. DOI: 10.1155/2014/720715
- 41 Ivashchenko A, Berillo O, Pyrkova A, Niyazova R, Atambayeva S (2014) MiR-3960 binding sites with mRNA of human genes, *Bioinformation*, 10(7):423-427. DOI: 10.6026/97320630010423
- 42 Ivashchenko A, Berillo O, Pyrkova A, Niyazova R, Atambayeva S (2014) The binding sites of unique miRNAs in the human mRNAs, *Journal of Biotechnology*, 185S:S37-S125. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2014.07.181
- 43 Atambayeva S, Niyazova R, Berillo O, Ivashchenko A (2015) Features of binding sites of miR-574-5p and miR-574-3p with mRNA of target genes. *Vestnik KazNU, biological series [Osobennosti saitov svyazyvaniya miR-574-5p i miR-574-3p s mRNA genov-mishenei. Vestnik KazNU, biologicheskaya seriya]* 1(63):349-354. (In Russian)



6-бөлім  
**БИОТЕХНОЛОГИЯ**

---

Раздел 6  
**БИОТЕХНОЛОГИЯ**

---

Section 6  
**BIOTECHNOLOGY**

Мырзағалиева А.Б.,  
Самарханов Т.Н.,  
Акзамбек А.М., Оразов А.Е.,  
Садуова А.Б.

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

**Введение в культуру  
*in vitro* *Paeonia hybrida* Pall.  
и *P. anomala* L.**

Целью настоящей работы являлось изучение особенностей введения в культуру *in vitro* видов *Paeonia hybrida* Pall. и *Paeonia anomala* L., редких и исчезающих видов флоры Казахстана. *Paeonia hybrida* Pall. является эндемиком Алтая. Численность и ареалы данных видов сокращаются из-за сбора растений на букеты, выкапывания корней для использования в целях лечения. В связи с этим задачей исследования являлось введение в культуру *in vitro* *Paeonia hybrida* и *Paeonia anomala*, для дальнейшего микроклонального размножения и использования полученного материала для сохранения и восстановления численности популяций данных видов. В работе приводятся данные по местообитанию и локализации данных видов на территории Казахского Алтая. Нами была отработана и принята наиболее оптимальная схема стерилизации исходного материала для культивирования в условиях *in vitro*. В качестве исходного материала рассматриваются различные типы эксплантов на разных стадиях развития растения: семена, отдельные части семян с зародышами почки возобновления. В данной работе описываются оптимальные условия и состав питательной среды с добавлением регулирующих веществ для развития эксплантов в условиях *in vitro*.

**Ключевые слова:** культура тканей и органов растений, клональное микроразмножение, сохранение биоразнообразия, эндемичные виды.

Myrzagalievya A.B.,  
Samarkhanov T.N.,  
Akzambek A.M., Orazov A.E.,  
Saduova A.B.

S. Amanzholov East Kazakhstan State  
University, Kazakhstan, Almaty

**Introduction into the culture *in vitro* *Paeonia hybrida* Pall. and *P. anomala* L.**

The main point of this work was researching of introducing features in *in vitro* culture that rare and endangered species as *Paeonia hybrida* Pall. and *P. anomala* L. of flora in Kazakhstan. *Paeonia hybrida* Pall. is endemic to Altai. Number and habitats of these species are reduced because of the collection of plants for bouquets, digging roots for use in treatment. In this regard, the task of the study was the introduction of an *in vitro* culture of *Paeonia hybrida* and *Paeonia anomala*, for further micropropagation and the use of the material obtained for the preservation and restoration of the population of these species populations. The paper presents data on habitat and location of these species on the territory of Kazakhstan Altai. We have worked out and adopted the most optimal scheme of starting material sterilization for cultivation *in vitro*. Various types of explants were used as starting material: seeds, embryos and isolated ground buds. This paper describes the optimum conditions and the composition of the nutrient solution with the addition of agents for regulating the explants under conditions *in vitro*.

**Key words:** culture of tissues and organs of plants, clonal micropropagation, conservation of biodiversity, endemic species.

Мырзағалиева А.Б.,  
Самарханов Т.Н.,  
Акзамбек А.М., Оразов А.Е.,  
Садуова А.Б.

С. Аманжолов атындағы  
Шығыс-Қазақстан мемлекеттік  
университеті, Қазақстан, Алматы қ.

***Paeonia hybrida* Pall. және  
*P. anomala* L. өсімдіктерін  
*in vitro* жағдайына енгізу**

Жұмыстың мақсаты Қазақстан флорасының сирек кездесетін және жойылып бара жатқан *Paeonia hybrida* Pall. мен *P. anomala* L. өсімдік түрлерін *in vitro* жағдайына енгізу ерекшеліктерін зерттеу болып табылады. *Paeonia hybrida* Pall. өсімдігі Алтайдың эндемик түрлеріне жатады. Емдік мақсатта тамырларын қазып алу және өсімдіктерден гүл шоғын дайындағандықтан аталған түрлердің саны мен мекен ететін ареалы күрт азайып бара жатыр. Осыған байланысты зерттеудің міндеті *Paeonia hybrida* және *Paeonia anomala* өсімдіктерін *in vitro* культурасына енгізу және алынған материалды болашақта микроклодын көбейтіп, аталған түрлер популяциялары санын сақтап, қайтадан қалпына келтіру болып табылады. Мақалада аталған түрлердің Қазақстан Алтайы аумағында кездесетін аудандары мен өсетін орындары көрсетілген. *In vitro* жағдайында культурада өсіру үшін бастапқы материалды залалсыздандырудың ең қолайлы нұсқасы анықталып, қолданылды. Бастапқы материал ретінде экспланттардың бірнеше түрлері, яғни тұқымдар, ұрығы бар тұқым бөлігі және жаңару бүршіктер қарастырылады. Берілген жұмыста экспланттарды *in vitro* жағдайында өсіру үшін оптималды жағдайлары мен реттегіш заттар қосылған қоректік ортаның құрамына сипаттама беріледі.

**Түйін сөздер:** өсімдіктер ұлпалары мен мүшелерінің культурасы, клондық микрокөбейту, биоалуандылықты сақтау, эндемик түрлер.

**ВВЕДЕНИЕ  
В КУЛЬТУРУ *IN VITRO*  
*PAEONIA HYBRIDA*  
PALL. И *P.ANOMALA* L.****Введение**

Проблема сохранения биоразнообразия растений в последние годы стала одной из приоритетных задач охраны природного наследия. Наряду с традиционными способами сохранения растений *ex situ* все большее значение приобретает использование для этих целей культуры изолированных тканей и органов. Привлечение методов биотехнологии, базирующихся на культивировании изолированных органов, тканей и клеток растений для решения проблем сохранения биологического разнообразия имеет преимущества перед традиционно используемыми подходами. Таким образом, учитывая сильное антропогенное воздействие на ресурсы и состояние *Paeonia hybrida* Pall. и *Paeonia anomala* L., разработка методов их сохранения и восстановления является особенно актуальной.

*Paeonia hybrida* Pall. (*Paeoniaceae* Rudolphi) – Пион гибридный. Эндемик юго-востока Западной Сибири и гор Восточного Казахстана. Встречается в горах Алтая, Тарбагатае, Сауре, на северном склоне Джунгарского Алатау, а также в прилегающей части Восточного мелкосопочника. Растет на открытых щебнистых и каменистых степных склонах, среди кустарников от предгорий до среднего пояса гор [1].

*Paeonia anomala* L. (*Paeoniaceae* Rudolphi) – Пион уклоняющийся. Редкий и исчезающий вид, занесен в Красную книгу животных и растений Республики Казахстан. Произрастает преимущественно в Казахстане, Средней Азии, Алтае, в лесной зоне Сибири от Урала до Лены и Байкала, очень редко – на севере европейской части России [1].

Численность и ареалы данных видов сокращаются из-за сбора растений на букеты, выкапывания корней для использования в целях лечения. В связи с этим задачей исследования являлось введение в культуру *in vitro* *Paeonia hybrida* и *Paeonia anomala*, для дальнейшего микроклонального размножения и использования полученного материала для сохранения и восстановления численности популяций данных видов.

Ранее исследованиями по определению особенностей развития изолированных почек сортов пиона травянистого в условиях *in vitro* занималась Г.А. Талалаева (1983, 1984) [2, 3]. Ею

была изучена реакция эксплантов на экзогенные регуляторы роста, а также на трофические и физические факторы культивирования, были получены микропобеги сортовых пионов, но отмечены трудности в укоренении.

В опытах японских исследователей с травянистым пионом (*Paeonialactiflora* Pall.) за 1 месяц культивирования удалось получить дополнительных 2-3 побега. У зародышей пиона критической фазой, в которой он становится относительно автономным, т.е. способным пройти дальнейший эмбриогенез и развиваться без материнского организма в нормальное растение, является ранняя сердечковидная фаза – фаза дифференциации семядолей [4].

Также было показано, что зародыши видов *Paeonia* на разных стадиях развития, а также все органы проростка (на среде, индуцирующей каллусообразование) способны образовывать каллус, в котором при определенных условиях начинается морфогенез [5, 6, 7, 9]. Известно, что на этапе пролиферации для получения достаточно большого количества генетически однородных растений-регенерантов определяющими факторами являются физиологическое состояние исходного экспланта и условия культивирования. Эти факторы оказывают наиболее значимое влияние на реализацию морфогенетического потенциала растений *in vitro* [8, 10]. Также важную роль в получении успешно пролиферирующей культуры *in vitro* играют гормоны цитокининового ряда, при этом значительное влияние на коэффициент размножения *in vitro* оказывают не только изменение концентрации гормона в питательной среде, но и замена одного препарата на другой – с большей или меньшей биологической активностью [11, 12]. Отмечается, что совместное использование ауксинов и цитокининов обеспечивает увеличение коэффициента размножения у видов *Paeonia hybrida* [13].

Таким образом, в результате проведенного анализа литературных источников, видно, что к настоящему времени накоплен большой объем знаний по вопросам изучения биологических особенностей и морфогенеза травянистых пионов, в частности *Paeonialactiflora* и *Paeonia officinalis*, а также многочисленных сортов декоративных пионов. Исследования в основном посвящены вопросам ускоренного прорастания семян и методам вегетативного размножения растений, относящихся к роду *Paeonia*. Имеются сведения о возможности размножения *in vitro* сортов и видов *Paeoniasuffruticosa* Andr., *Paeonialactiflora* Pall. [3, 14], *Paeonia officinalis* L. [2] почками,

*P.anomala* [15] с использованием в качестве эксплантов боковых почек. Описаны эмбриогенез и органоогенез в культуре зародышей *Paeoniaanomala* [6].

Сведений по введению в культуру *Paeoniahybrida*, являющимся эндемиком юго-востока Западной Сибири и гор Восточного Казахстана в доступных литературных источниках не выявлено.

Целью настоящей работы являлось изучение особенностей введения в культуру *in vitro* видов *Paeoniahybrida* Pall. и *Paeoniaanomala* L., редких и исчезающих видов флоры Казахстана.

### Материалы и методы исследования

Объекты исследования – *Paeoniahybrida* Pall. и *Paeoniaanomala* L. Для введения в культуру *in vitro* использовались семена и почки возобновления *Paeoniahybrida* и *Paeoniaanomala*. Материалы для исследования *Paeoniahybrida* и *Paeoniaanomala* были собраны Мырзагалиевой А.Б. и Самархановым Т. Н. в 2015 году во время полевых экспедиционных выездов на хребты Южного Алтая и Калбинский хребет.

Растения *Paeonia hybrida* для исследований отобраны в Восточно-Казахстанской области, на северо-восточном склоне перевала Умуш Калбинского хребта с координатами (по данным GPS): N 49°16.260'; E 086°09.328', на высоте 1318 м над уровнем моря. Площадь распространения пиона гибридного составила около 10 га. В злаково-разнотравно-кустарниковом фитоценозе кусты пиона достигали высоты 35-40 см, по площади размещены диффузно в виде небольших групп (рисунок 1). Кусты пиона находились в хорошем жизненном состоянии.

Семена *Paeonia anomala* были собраны на кустарниковых и кустраниково-разнотравных фитоценозах, на разнотравно-злаковой ассоциации по левому берегу ручья Жабыкен ущелья Жабыкен хребта Сарымсакты Южного Алтая, на территории Катон-Карагайского государственного национального парка с координатами (по данным GPS): N 49°12.408'; E 086°11.384 на высотном пределе от 1000 до 1800 м над уровнем моря (рисунок 2).

На момент сбора материала пион находился на стадии созревания семян (рисунок 2). В таких фитоценозах кусты пиона достигают до 70-80 см высоты, по площади размещены диффузно в виде небольших групп. Общее проективное покрытие – 90%, а пиона уклоняющегося – 40-50%.



**Рисунок 1** – *Paeonia hybrida* на злаково-разнотравно-кустарниковом фитоценозе Калбинского хребта, перевал Умуш



**Рисунок 2** – Плодоносящий куст *Paeonia anomala* в ущелье Жабыкен хребта Сарымсақты

Приготовление и стерилизацию питательных сред для культивирования эксплантов-растений проводили согласно общепринятым методикам [7, 16]. Для постановки эксперимента в качестве питательной среды, была использована модифицированная среда по прописи Мурасиге-Скуга с добавлениями регуляторов роста такие как индолилуксусная кислота (ИУК), бензиламинопурин (БАП), кинетин и гибберелловой кислоты (таблица 4). В

качестве эксплантов были использованы: семена, отдельные части семян с зародышами и почки.

Одним из важных моментов на этапе введения в культуру является выбор концентрации и экспозиции используемого стерилизующего агента. Нами были разработаны и опробованы две схемы стерилизации семян *Paeonia hybrida* и *Paeonia anomala* и почек возобновления *Paeonia hybrida*.

**Таблица 1** – Схемы стерилизации первичного материала

№	Схема стерилизации экспланта	Время экспозиции, мин	
		Для семян и отдельных частей семян с зародышами	Для почек возобновления
1	Проточная вода	30	120
	Мыльный раствор	20	40
	90% этанол	5	5 секунд
	5% гипохлорит натрия	20	10
	Дистиллированная вода (3 порции)	10	20
2	Мыльный раствор	20	10
	10 % раствор пероксида водорода	20	5
	90% этанол	5	5 секунд
	Дистиллированная вода (4 порции)	10	20

Семена были разделены на две группы. Для каждой группы были использованы разные схемы стерилизации. Семена первой группы были предварительно промыты проточной водой, следом мыльным раствором 20 мин, затем в асептических условиях ламинар-бокса обраба-

тывали последовательно 95 % этанолом 5 мин, 5% гипохлоритом натрия 20 мин и трижды ополаскивали стерильной дистиллированной водой. Семена второй группы были погружены в мыльный раствор 20 мин, затем в 10 % раствор пероксида водорода на 20 мин, затем в асепти-

ческих условиях ламинар-бокса обрабатывали 95% этанолом 5 минут и четырежды ополаскивали стерильной дистиллированной водой (таблица 1).

Почки возобновления брали с корневища и были разделены на две группы. Первая группа почек в течение 2-х часов промывали проточной водой. Вырезали скальпелем с частью корневища, промывали мыльным раствором в течение 40 мин., и дальнейшую обработку стерилизующими реагентами проводили в условиях ламинар-бокса: 95 % этанолом 5 сек, 5% гипохлоритом натрия в соотношении 1:5 с дистиллированной водой в течение 20 мин, с последующей трехкратной промывкой в стерильной дистиллированной воде.

Вторая группа в течение 10 минут были погружены в мыльный раствор, затем в 10 % раствор пероксида водорода 5 минут, затем 95% этанол 5 секунд и дистиллированная вода (4 порции) в течение 20 минут(таблица 1).

Семена *Paeoniahybrida* были собраны сразу после созревания и были обработаны стерилизующими веществами. После стерилизации семена без повреждения семенной кожуры были высажены на твердую питательную среду Мурасиге/Скуга с добавлением регуляторов роста в трех вариантах: 1) 1,5 мг/л БАП, 2) 0,1 мг/л 3) ИУК и 1 мг/л БАП, 1 мг/л ИУК и 40 г/л сахарозы.

Семена *Paeonia anomala* были собраны на стадии молочной спелости в июле 2016 года. Семена были освобождены от семенной кожуры, зародыши с частью эндосперма были вырезаны и посажены на питательную среду по прописи

среду Мурасиге/Скуга с добавлением регуляторов роста в трех вариантах: 1) 0,1 мг/л ИУК, 2) 1,5 мг/л БАП и 3) ИУК 1 мг/л, БАП 1 мг/л, кинетина 1 мг/л, гиббереловой кислоты 0,1 мг/л. Через 15 дней было отмечено прорастание зародыша. Чтобы избежать дальнейшего ингибирования развития вследствие поликонденсации, прорастающий зародыш был изолирован и пересажен на новую питательную среду с добавлением ИУК 1 мг/л, кинетина 1 мг/л, гиббереловой кислоты 0,1 мг/л (рисунок 2).

Помимо семян, нами в качестве эксплантов для введения в культуру *in vitro* были использованы и почки возобновления *Paeoniahybrida*. Экспланты почек *Paeoniahybrida*. прошли стерилизацию по двум схемам. После стерилизации были высажены на питательные среды Мурасиге/Скуга с добавлением регуляторов роста в трех вариантах: 1) ИУК 2 мг/л, БАП 1 мг/л, 2) 1 мг/л БАП, 1 мг/л ИУК и 40 г/л сахарозы, 3) ИУК 0,1 мг/л.

Культивирование эксплантов проводили в культивационном помещении при температуре 23-25°C, 16-часовом фотопериоде, освещенности 3,5-4 тыс. люкс и относительной влажности 70-80%. Каждые пять дней отмечалось количество инфицированных эксплантов.

### Результаты исследования и их обсуждение

При испытании схем стерилизации первичного материала на этапе ведения в культуру учитывалось число инфицированных эксплантов (таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность применения схем стерилизации

Номера схем	Виды эксплантов	Количество высаженных экземпляров, шт	Процент заражения, %
1 схема	Семена	24	12,5
	Отдельные части семян с зародышами	26	15,4
	Почки	23	8,7
2 схема	Семена	24	50
	Отдельные части семян с зародышами	26	77,0
	Почки	23	74,0

Из данных таблицы 2 следует, что применение 1-ой схемы стерилизации оказалась более эффективным. Так, при применении 90%

этанола в сочетании с 5%-ым гипохлоритом натрия доля эксплантов без признаков инфекции составила: для семян – 87,5; для отдель-



ных частей семян с зародышами – 84,6; для почек – 91,3 %.

Также нами были изучены рост и развитие разных видов эксплантов в зависимости от состава питательной среды (табл. 3). За показатель

определения эффективности вида эксплантов *Paeoniaanomala* и *Paeoniahybrida* для введения в культуру *invitro* состава питательной среды были взяты доля жизнеспособных эксплантов и их размеры.

**Таблица 3** – Жизнеспособность *Paeoniaanomala* и *Paeoniahybrida* в условиях *invitro* в зависимости от состава питательной среды Мурасиге/Скугаи вида экспланта

№	Виды эксплантов	Состав питательной среды	Жизнеспособность, %	Средняя длина регенеранта, мм
	Семена	МС + 1,5 мг/л БАП	4,0	1,2±0,1
		МС +0,1 мг/л ИУК	0	1,4±0,3
		МС +1 мг/л БАП, 1 мг/л ИУК и 40 г/л сахарозы	2,0	1,5±0,5
1. А	Отдельные части семян с зародышами	МС +0,1 мг/л ИУК	19,0	5,3±1,5
		МС +1,5 мг/л БАП	25,0	5,7±1,4
		МС +1 мг/л ИУК, 1 мг/л БАП, 1 мг/л кинетина, 0,1 мг/л ГА <sub>3</sub>	51,0	6,4±1,3
	Почки	МС +2 мг/л ИУК, 1 мг/л БАП	35,0	19,0±2,3
		½ МС +1 мг/л БАП, 1 мг/л ИУК, ГА <sub>3</sub> 1 мг/л и 40 г/л сахарозы	65,0	51,1±3,3
		МС +0,1 мг/л ИУК	51,0	16,1±2,3

Исходя из данной таблицы, для введения в культуру *invitro* фрагментов семени с зародышем *Paeoniaanomala* и *Paeoniahybrida* оптимальной оказалась среда Мурасиге/Скуга с добавлением 1 мг/л ИУК, 1 мг/л БАП, 1 мг/л кинетина, 0,1 мг/л гиббереловой кислоты. Для почек возобновления данных видов растений на этапе введения в культуру *invitro* наиболее эффективна питательная среда половинного состава Мурасиге/Скуга с добавлением 1 мг/л БАП, 1 мг/л ИУК, ГА<sub>3</sub> 1 мг/л и 40 г/л сахарозы. Введение в культуру *invitro* целых семян оказалось не эффективным, так как прорастание отмечающееся через месяц культивирования в дальнейшем не получило развития.

Ранее отмечалось, что при длительном культивировании семян происходит поликонденсация в питательную среду веществ фенольной природы, которая приводит к ингибированию клеточных делений, снижению жизнеспособности и дальнейшей гибели зародыша в семени [4].

При культивировании эксплантов из подземных почек через неделю после посадки на питательную среду наблюдалось активная пролиферация с образованием настоящих листьев (рисунок 3).



**Рисунок 3** – Развитие почек *Paeoniahybrida* на питательной среде 1/2МС с повышенным содержанием сахарозы

### Выводы

Разработаны приемы введения в культуру и культивирования *invitro* семян и изолированных зародышей *Paeoniahybrida* и *Paeoniaanomala*.

Показана возможность размножения в культуре *P. hybrida* из эксплантов почек возобновления. На этапе микроразмножения для представителей оптимальными являются питательные среды, дополненные 1 мг/л БАП, 1 мг/л ИУК и 40 г/л сахарозы. Применение среды Мурасиге/Скуга с половинной концентрацией солей, комплексом регуляторов роста (БАП, ИУК, GA<sub>3</sub>) и 40 г/л сахарозы, оказалось эффективно на этапе введения почечек в культуру и на этапе микроразмножения.

При использовании в качестве эксплантов для введения в культуру семян *Paeonia hybrida* и *Paeonia anomala* эффективным оказалось выделение части семени с зародышем, чем использование целого семени без скарификации. Для данного вида экспланта эффективна среда Мурасиге-Скуга

с добавлением ИУК 1 мг/л, БАП 1 мг/л, кинетина 1 мг/л, гибберелловой кислоты 0,1 мг/л.

Разработанные приемы получения растений-регенерантов пиона гибридного флоры Восточного Казахстана методами биотехнологии будут использованы для сохранения генофонда в коллекциях *in vitro*; полученные растения путем клонального микроразмножения будут адаптированы к открытому грунту, исследования будут продолжаться с дальнейшей интродукцией и реинтродукцией в природные популяции.

Работа выполнена в рамках фундаментальных научных исследований по приоритетам развития науки на 2015-2017 годы на тему «Разработка биотехнологических способов сохранения эндемичных и лекарственных растений в условиях *in vitro*».

### Литература

- 1 Шипчинский Н. В., Комаров В. Л. Род 507. Пион – *Paeonia* // Флора СССР. В 30 т. / Гл. ред. акад. В. Л. Комаров; Ред. тома Б. К. Шишкин. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1937. – Т. VII. – С. 24-35.
- 2 Талалаева Г.А., Поликарпова Ф.Я. Некоторые вопросы микроразмножения пиона травянистого // Тез. докл. Всесоюз. конф. «Культура клеток растений и биотехнология» – Кишинев, 1983. – С. 133 – 134.
- 3 Талалаева Г.А. Возможность размножения декоративных культур *in vitro* // Тез. докл. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов Московской обл. – М., 1984. – С. 83-84.
- 4 Батыгина Т.Б., Васильева В.Е. Размножение растений. – СПб.: Из-во Санкт-Петербургского университета, 2002. – 232 с. ISBN 5-288-02606-8
- 5 Батыгина Т.Б., Бутенко Р.Г. Морфогенетические потенции зародыша покрытосеменных растений (на примере представителей рода *Paeonia*, сем. *Paeoniaceae*) // Ботан. журн. – 1981. – Т. 66. – № 11. – С. 1531-1547.
- 6 Брюхин В.Б. Развитие зародыша пиона *in vivo* и *in vitro* / Автореф. дис. канд. биол. наук. – Санкт-Петербург. – 1993. – 21 с.
- 7 Бутенко Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. – М.: Наука, 1991. – 272 с.
- 8 Бутенко Р.Г. Культура клеток растений и биотехнология. – М.: Наука, 1986. – 280 с. ISBN 5-10-001257-9
- 9 Васильева В.Е., Фрейберг Т.Е., Батыгина Т.Б. Развитие зародышей пиона в культуре *in vitro* // Тез. докл. VII Всес. симп. по эмбриологии растений. – Киев, 1978. – Ч.3. – С. 9 – 11.
- 10 Высоцкий В.А. Биотехнологические методы в системе производства оздоровленного посадочного материала плодово-ягодных культур / Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук. – М. – 1998. – 44 с
- 11 Pierik R.M. *In vitro* culture of higher plants. Netherl.: Dordrecht., 1987. – 344 p.
- 12 Kytel L., Kleyn J. Plants from test tubes. An introduction to micro propagation. ; Portland, Oregon: Timber Press., 1996. – 240 p. ISBN-13: 978-1604692068
- 13 Ветчинкина Е.М. Биологические особенности культивирования *in vitro* семян и зародышей редких видов растений / Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 2010. – 40 с.
- 14 Stanys V., Mazeikiene I., Staniene G., Siksnianas T. Effect of phytohormones and stratification on morphogenesis of *Paeonia lactiflora* Pall, isolated embryos // *Biologia*. – 2007. – Vol. 18. – No. 1. – P. 27-30
- 15 Зарипова А.А. Разработка технологии клонального микроразмножения пиона уклоняющегося (*Paeonia anomala* L.) / Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Уфа, 2006. – 40 с.
- 16 Калинин В.Ф., Сарнацкая В.В., Полищук В.Е. Технология микроразмножения растений. – М.: Наук. думка, 1992. 36-46 с. ISBN 5-12-002424-6

### References

- 1 Shipchinskij NV, Komarov VL (1937) *Paeonia*. In Flora of the USSR, [Pion. Flora SSSR] Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, Moscow, Russia, pp. 24-35. (In Russian)
- 2 Talalaeva GA., Polikarpova FJ. (1983) Some questions micro propagation herbaceous peony, Proc. of All-Union Conf. «The culture of plant cells and biotechnology», Kishinev [Nekotorye voprosy mikhrorazmnozheniya pionatrayvanistogo, Tez. dokl. Vsesoyuz. konf. «Kul'turakletokrastenyibiotekhnologiya»]. Kishinev, USSR, pp. 133-134. (In Russian)
- 3 Talalaeva GA, (1984) Even possible *in vitro* propagation of ornamental crops, Proc. of scientific-practical conf. of young

scientists and specialists of the Moscow region [Vozmoznostrazmnozheniyadekorativnykhkultury in vitro, Tez. dokl. nauch.-prakt. konf. molodykhuchenykhspetsialistovMoskovskoy obl. M], Moscow, Russia, pp. 83-84.(In Russian)

4 Batygina TB, Vasileva VE(2002) Plant breeding [Razmnozhenierasteniy].SPb.: Publishing House of St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, pp. 232, (In Russian) ISBN5-288-02606-8

5 Batygina TB(1981)Morphogenetic potency embryo of angiosperms (for example, members of the genus Paeonia, the family Paeoniaceae) [Morfogeneticheskiepotentsiizarodyshapokrytosemennykhrasteniy (naprimerepredstaviteleyrodaPaeonia, sem.Paeoniaceae)] Botanical journal, 66(11):1531-1547 (In Russian)

6 Brjuhlin VB (1993)Development peony embryo in vivo and in vitro [Razvitiezarodyshapionainvivoiin vitro].Abstract of PhD Tesis of biol. sciences, St. Petersburg, Russia,pp. 21. (In Russian)

7 Butenko RG, (1991) Culture of isolated tissue morphogenesis and plant physiology[Kul'turaizolirovannykh tkaneyifiziologiyamorfogenezarasteniy].The ministry of science, Moscow, Russia, pp. 272. (In Russian).

8 Butenko RG (1986) The culture of plant cells and biotechnology [Kul'turakletkrasteniyibiotekhnologiya].The ministry of science, Moscow, Russia, pp. 280 (In Russian) ISBN 5-10-001257-9

9 Vasileva VE, Frejberg TE, Batygina TB(1978)The development of the embryos of the pion in the culture in vitro,Tezisko report of All-UnionVII Symp. Plant Embryology, Kiev [Razvitiezarodysheypiona v kul'tureinvitro, Tez.dokl. VII Vses. simp. po-embriologiiirasteniy, Kiev]3:9-11. (in Russian)

10 Vysockij VA(1998) Biotechnological methods in the production system, improved planting material of fruit and berry crop s[Biotekhnologicheskii metody v sistemeproizvodstva ozdorovlennogoposadochnogomaterialaplodovo-yagodnykhkul'tur].Abstract of PhD Tesis of agricultural Sciences, Moscow, Russia, pp. 44 (in Russian)

11 Pierik RM (1987)In vitro culture of higher plants. Dordrecht, Netherl.,pp.344

12 Kytte L,Kleyn J (1996)Plants fromtest tubes. Anintroduction to micropropagation, Timber Press, Portland,Oregon,USA, pp. 240.ISBN-13: 978-1604692068

13 Vetchinkina EM (2010)Biological features of in vitro culture seeds and embryos of rare plant species [Biologicheskiesobennostikul'tivirovaniyainvitrosemyanizarodysheyredkikhvidovrasteniy]. Abstract of PhD Tesis of biol. sciences, Moscow, Russia,pp. 40. (in Russian)

14 Stanys V, Mazeikiene I, Staniene G, Siksniunas T (2007)Effect of phytohormones and stratification on morphogenesis of Paeonialactiflora Pall, isolated embryos,Biologia Vol. 18, No. 1, pp. 27-30

15 Zaripova AA (2006) The development of clonal micro propagation technology of peony evading (Paeonia anomala L.) [Zaripova A.A. Razrabotkatekhnologii klonal'nogomikrorazmnozheniyapionauklonyayushchegosya (Paeoniaanomala L.)], Abstract of PhD Tesis of biol. sciences, Ufa,Russia, pp. 40. (in Russian)

16 Kalinin VF, Sarnackaja VV, Polishhuk VE(1992)Technology micro propagation plant propagation [Tekhnologiyamikroklonal'nogorazmnozheniyarasteniy], Dumka,Moscow, Russia,pp. 36-46.(in Russian)ISBN 5-12-002424-6



7-бөлім  
**МИКРОБИОЛОГИЯ**

---

Раздел 7  
**МИКРОБИОЛОГИЯ**

---

Section 7  
**MICROBIOLOGY**

<sup>1</sup>Салыбекова Н.Н.,  
<sup>1</sup>Кужантаева Ж.Ж., <sup>2</sup>Басым Е.,  
<sup>3</sup>Сержанова А.Е., <sup>4</sup>Сейлова А.Е.

<sup>1</sup>Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті,  
Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Ақдениз университеті,  
Түркия, Анталия қ.

<sup>3</sup>А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,  
Қазақстан, Түркістан қ.

<sup>4</sup>Ы. Алтынсарин атындағы Аркалық мемлекеттік педагогикалық институты, Қазақстан, Аркалық қ.

### ***Penicillium aurantiogriseum* Dierckx түрінің биоэкологиялық ерекшеліктері**

Мақалада пияз (*Allium cepa* L.) жасыл зең ауруын қоздырушы саңырауқұлақ түріне морфологиялық және молекулалық-генетикалық зерттеу жүргізілген. Фитопатогеннің таксономиялық орнын анықтауда морфологиялық ерекшеліктері нақты бола бермейді. Осы мақсатта *Penicillium aurantiogriseum* фитопатогенді микромицеттің молекулалық-генетикалық идентификациясы полимеразалық тізбектік реакция әдісі арқылы жүзеге асты. Полимеразды тізбектік реакция мақсатында 18S рРНҚ кодтаушы ген бірізділігін табуға NS1 және NS4 консервативтік праймерлері қолданылды. 5.8S РНК кодтаушы ген бірізділігін және ішкі транскриптеуші спейсерлер жасау үшін ITS1 және ITS4 праймерлері қолданылды. 26S рРНҚ генінде D1/D2 домені амплификациясы үшін NL-1 және NL-4 праймерлері пайдаланылды. ДНҚ бөлігін секвенирлеуде алынған нуклеотидтік бірізділіктерді салыстыру арқылы жақын туыстық микроорганизмдер штаммдарға филогенетикалық талдау жасалды. Секвенирлеу нәтижесінде геннің нуклеотидтік бірізділігіне сүйене зерттелген штамм түрге ажыратылды. Молекулалық зерттеулермен қатар штаммға микроскоптық, макро- және микроморфологиялық ерекшелігін анықтау мақсатында талдаулар жүргізілді.

**Түйін сөздер:** саңырауқұлақ түрі, ДНҚ, рРНҚ, ПТР, секвенирлеу, *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx.

<sup>1</sup>Salybekova N.N.,  
<sup>1</sup>Kuzhantaeva Zh.Zh., <sup>2</sup>Basim E.,  
<sup>3</sup>Serzhanova A.E., <sup>4</sup>Seilova A.E.

<sup>1</sup>Kazakh State Women's Teacher Training University, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Akdeniz University, Turkey, Antalya

<sup>3</sup>A.Yesevi International Kazakh-Turkish University, Kazakhstan, Turkistan

<sup>4</sup>Arkalyk State Pedagogical Institute named after Y.Altynsarin, Kazakhstan, Arkalyk

### **Bioecological features of *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx**

Under the influence of fungi affecting vegetables, with decreased yield and reduced storage period every year. Everyone knows the practical importance of studying the biological and ecological features of species and innovative methods for the determination of species of pathogenic fungi. There are given the results of molecular genetic and morphological study of the pathogen species of fungi green mold of onion (*Allium cepa* L.). When determining the taxonomic place morphological features are often giving the inaccurate result. For this purpose the identification of plant pathogenic *Penicillium aurantiogriseum* produced by Polymerase Chain Reaction (PCR). NS1 and NS4 primers were used to determine the gene encoding 18S rRNA. When determining the genetic sequence and within transcribed spacer 5.8S RNA encoding gene were used primers ITS1 and ITS4. For amplification of D1 / D2 domain of the gene 26S primers were used rRNA NL-1 and NL-4. They were made phylogenetic analysis of connection to cognate strains of microorganisms in comparison of the nucleotide sequences obtained by DNA sequencing. As a result of sequencing of the strain was defined views. Additionally performed studies to determine the macro- and microscopic features micromorphological strain.

**Key words:** species of fungi, DNA, RNA, PCR, sequencing, *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx.

<sup>1</sup>Салыбекова Н.Н.,  
<sup>1</sup>Кужантаева Ж.Ж., <sup>2</sup>Басым Е.,  
<sup>3</sup>Сержанова А.Е., <sup>4</sup>Сейлова А.Е.

<sup>1</sup>Казахский государственный женский педагогический университет, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Университет Ақдениз, Турция, г. Анталия

<sup>3</sup>Международный казахско-турецкий университет им. А. Ясауи, Казахстан, г. Туркестан

<sup>4</sup>Аркалыкский государственный педагогический институт им. Ы. Алтынсарина, Казахстан, г. Аркалық

### **Биоэкологические особенности *Penicillium* *aurantiogriseum* Dierckx**

В статье рассмотрены результаты молекулярно-генетического и морфологического исследования вида грибов – возбудителя зеленой плесени лука (*Allium cepa* L.). При определении таксономического места морфологические особенности не всегда бывают точными. Идентификация фитопатогенного микромицета *Penicillium aurantiogriseum* производилась методом полимеразной цепной реакции. Были использованы праймеры NS1 и NS4 при определении кодирующего гена 18S рРНҚ. При определении генетической последовательностей и внутри транскрибирующего спейсера кодирующего гена 5.8S РНК были использованы праймеры ITS1 и ITS4. Для амплификации домена D1/D2 гена 26S рРНҚ были использованы праймеры NL-1 и NL-4. Были сделаны филогенетические анализы на родственные связи штаммов микроорганизмов. Дополнительно производились исследования по определению микроскопической макро- и микроморфологической особенностей штамма.

**Ключевые слова:** виды грибов, ДНҚ, рРНҚ, ПЦР, секвенирование, *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx.

<sup>1</sup>Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

<sup>2</sup>Ақдениз университеті, Түркия Республикасы, Анталия қ.

<sup>3</sup>А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,  
Қазақстан Республикасы, Түркістан қ.

<sup>4</sup>Ы. Алтынсарин атындағы Арқалық мемлекеттік педагогикалық институты,  
Қазақстан Республикасы, Арқалық қ.

\*E-mail: karakat\_84@mail.ru

**PENICILLIUM  
AURANTIOGRISEUM  
DIERSKX ТҮРІНІҢ  
БИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ  
ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

**Кіріспе**

Басқа да жуа тұқымдасына жататын өсімдіктер сияқты пияз (*Allium cepa* L.) бен сарымсақты (екпе жуа) (*Allium sativum* L.) *Penicillium* туысы түрлері қарқынды зардаптайды [1-5].

*Penicillium* туысы саңырауқұлақ биотасының ішіндегі маңыздысы. *Penicillium* туысына жер шарында кездесетін 200-ге жуық түр жатады. *Penicillium* космополит болып табылады. Кей түрлері ацидофильді, психрофильді, ксерофильді, жылу сүйгіш [6].

Көкөніс, ауылшаруашылық өнімдерін жинау, сақтау, кезінде көбіне *Penicillium* туысы түрлері зардаптайды. Экономикалық шығынға әкеледі. Пияздың жасыл зең ауруын *Penicillium* түрлері қоздырады [7].

Көкөністердің ішіндегі пияздың адам өміріндегі маңызы зор. Антибиотиктің 11 түрі алынады. Көптеген А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, С, Д, дәрумендерімен қатар, минералды тұздар, кант, бос амин қышқылдары глицин, пролин, треонин түрінде кездеседі [8-9]. Қазақстанда 1990-2001 жылдар аралығында пияз шаруашылығы 17000-28000 гектарға егіліп, 290-400 тонна өнім берді. Қазақстан пияз өндіруден алдыңғы қатарда [10].

Сапасыз тұқымды егу немесе дұрыс сақталмаған тұқымды пайдалану, тыңайтқыштардың жеткіліксіздігі т.б. өнім түсімін төмендетуі мүмкін. Экологиялық ерекшеліктеріне байланысты саңырауқұлақтар қойма саңырауқұлақтары және егістіктен келген саңырауқұлақтар деп бөлінеді. *Penicillium* туысы түрлері қойма зеңдеріне, яғни қоймада дамиды саңырауқұлақтарға жатады. Туыс түрлерінің субэпидурмалды инфекциясынан беткі инфекциясы басым болады. Көкөніс түрін қоймада сақтау режимі бұзылған жағдайда жемісте субэпидурмалды зақымдауы тез дами бастайды. Сонымен қатар, тұқыммен тасымалдануына байланысты *Penicillium* туысы түрлері тұқым бетінде дамиды саңырауқұлақ түріне жатады. Тұқым бетінде кездесетін микромицеттер тұқымды сақтау кезінде, яғни қолайлы жағдай туысымен тұқымда жіпшумақ пайда болып, сапротрофты түрлердің популяциясын түзеді. Бұл саңырауқұлақ түрлері тұқымның

сапасына айтарлықтай әсер етеді. Өнуі мен тіршілікке қабілеттілігін төмендетеді.

Пиязда жасыл зең ауруын *Penicillium polonicum* K. Zaleski және *Penicillium allii* Vincent & Pitt, *Penicillium hordei* Stolk түрлері қоздырады [11-12].

*Penicillium* туысы түрлері тұқымда, топырақта, дамып, токсиндік заттар түзіп, тұқым мен өскінге едәуір әсер етеді. Пиязды сақтау кезінде *Penicillium* жасыл зең ауруын туғызып, тауарлық сапасын төмендетіп, жарамсыз етеді. Аурудың алғашқы белгілері ашық-жасыл, көк-жасыл дақ түрінде болады. Зақымданған аймағында көк-жасыл өңезді саңырауқұлақ спораларының түзілуі байқалады. Зақымданған пиязшықтың көлденең кесіндісінен жұмсақ, сулы, ашық -жасыл дақтар түрінде көрінеді. Пиязшықтан зеңнің иісі шығып тұрады. Пиязшықтың зақымдануы әдетте ұлпа арқылы беткі зақымданудан немесе күннен күюден пайда болады. Өнімді дұрыс жинамау, тамыржемістің физикалық және физиологиялық жарақат алуы саңырауқұлақ түрінің дамуына қолайлы болады. Механикалық жарақат сапрофиттердің, сондай-ақ шірік туғызатын патогендердің шоғырлануына қолайлы орын болып табылады. Патогенді саңырауқұлақ ылғалды жағдайда 21-25°C температурада жақсы өседі.

*Penicillium* туысына жататын түрлерді идентификациялау, түрге ажырату күрделі. Ауру қоздырушы патогеннің түрін дәл анықтау мақсатында зерттеу жұмысы жүргізілді. Түрдің идентификациясы барлық биологиялық зерттеулердің негізгі баспалдағы болып табылады. Дұрыс идентификациялау әрбір түрдің биологиялық, экологиялық ерекшеліктерімен қатар, физиологиялық және биохимиялық құрамын анықтаудың, сонымен қатар саңырауқұлақ түрі тудыратын аурумен күресу шараларын жасаудың бастамасы. Түрдің таксономиялық орнын анықтауда морфологиялық ерекшеліктерін сипаттаумен қатар, саңырауқұлақ түрлерінің ДНҚ бірізділігінің әртүрлілігіне негізделі идентификациялау жүйесі маңызды қадамдардың бірі.

### Зерттеу материалдары мен әдістері

Алматы облысы, Қарасай ауданы, Қайнар аулында орналасқан «Қазақ картоп және көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» егістік үлескесінен алынған *Allium cepa* L. сұрыптарына (05.01.2016 ж) зерттеу жүргізгенде жасыл зең ауруы қоздырушысының түрін ажы-

рату үшін морфологиялық ерекшеліктерімен қатар фитопатогеннің таксономиялық жүйедегі орнын нақты анықтау мақсатында молекулалық талдау әдісі қолданылды. Микроскопиялық зерттеуде жарық микроскопы (Micros Austria Camera 519 Cu 5 Otcmos видео қондырғысымен MCX100, микроскоп окуляры EW10X/20, объективі PLAN 40X/0.65) (Micros, Австрия) және сканерлеуші микроскоптары (JSM-6510LA Analytical Scanning Electron Microscope, «JEOL», Жапония) пайдаланылды.

Саңырауқұлақ түрлерінің таза екпесі картоп-декстрозды агарда (ҚДА) 27°C температурада өсірілді. 10-тәулікте колонияларға ажыратылып, 18S рРНҚ анализі үшін биомассасы алынған соң, ДНҚ бөліп алу жұмыстары СТАВ әдісі хаттамасына сәйкес жүргізілді [13]. *Allium cepa* L. тамыржемісін зақымдаған жасыл зең ауруы қоздырушысының таза екпесіне, яғни бір штамм бойынша зерттеу жүргізілді. Филогенетикалық талдау жасау үшін зерттелген штаммды GenBank базасындағы *Penicillium* туысы түрлері мен басқа саңырауқұлақ изоляттарымен салыстырылды.

ДНҚ үлгілерін одан әрі пайдалану үшін 4°C температурада сақталды. ДНҚ концентрациясы спектрофотометр (Nanodrop Thermo ND-1000, Thermo Scientific, Массачусетс, АҚШ) пайдалана отырып 900 нг/мкл (OD260) өлшенді.

Әрбір ПТР реакциясы 50 мкл соңғы көлемінде жүргізілді және 5.0 мкл KCl бар 10x *Taq* буфферден тұратын (Thermo Scientific, Массачусетс, АҚШ), 2.5 mM MgCl<sub>2</sub>, 3.0 мкл, 100 mM 8.0 мкл дНТФ, әрбір праймерден 1 мкл, 5U/мкл *Taq* ДНҚ полимераза-рекомбинант (Thermo Scientific, Массачусетс, АҚШ) 0.25 мкл, 27.8 мкл стерилді дистилденген су және 4 мкл ДНҚ үлгі ретінде пайдаланылатын саңырауқұлақ түрінің ДНҚ суспензиясы (100 нг). ПТР амплификация бағдарламасы бойынша ДНҚ сынамасы 5.8S РНҚ кодтаушы ген бірізділігін және ішкі транскриптеуші спейсерлер жасау үшін ITS1 және ITS4 праймерлері ITS1 – TCCGTAGGTGAACCTGCG және ITS4 – TCCTCCGCTTATTGATATGC қолданылды. 3 минут 95°C температурада денатурациялануын қамтамасыз етеді, сонымен қатар, 95°C -30 секунд, 57°C -50 секунд және 72 °C -30 секундқа созылатын 35 айналымнан тұрады, ақырғы элонгация сатысы 72°C -5 минут жүргізілді. 26S рРНҚ генинде D1/D2 домені амплификациясы үшін NL-1 GCATATCAATAAGCGGAGGAAAG және NL-4 GGTCCTGTTTCAAGACGG праймерлері үшін ПТР бағдарламасы 3 минут 95°C температурада денатурациялануын қамтамасыз

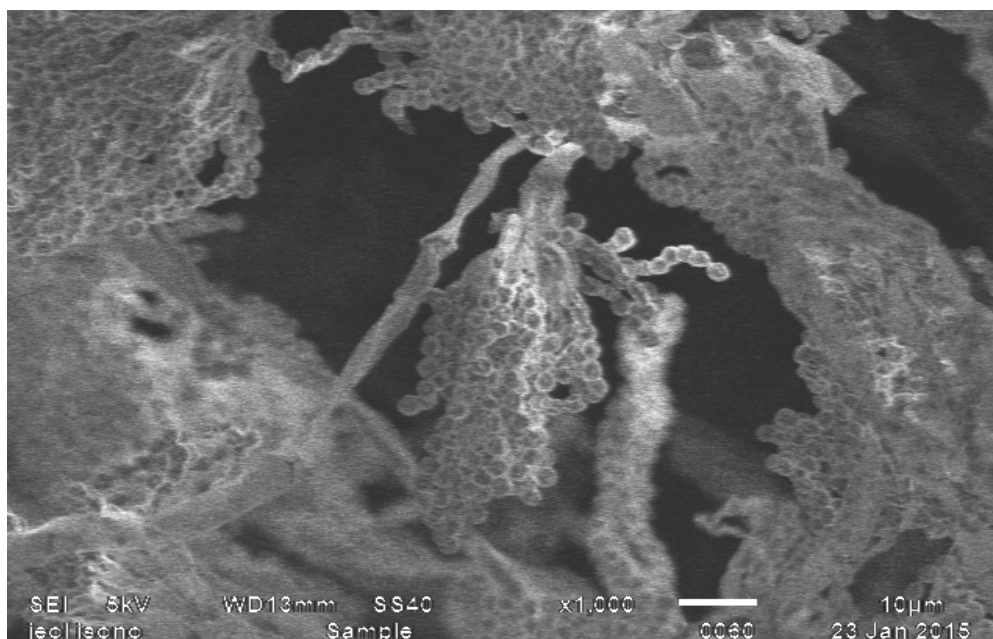


етеді, 95°C -30 секунд, 52°C -50 секунд және 72 °C -30 секундқа созылатын 35 айналымнан тұрады, ақырғы элонгация сатысы 72°C -5 минут жүргізілді. Амплификацияланған ПТР өнімдері (10 мкл ) және 100 п.н. ДНҚ Сатысы (Thermo Scientific, Массачусетс, АҚШ) 0.5x ТАЕ 1 сағат 30 минутқа 80 V/cm буфферде 1,5 % агарозалық гель электрофорез арқылы ажыратылды. Агарозды гель бромды этидий (0.5 мкг/мл) 10 минутқа қойылды. Гель ультра күлгін сәуле астында суретке түсіру жүйесі арқылы суретке түсірілді.

18S рРНҚ және 5.8S рРНҚ гендерін секвенирлеу АЕ 3000 автоматты секвенаторында (Applied Biosystems, АҚШ) жүргізілді. Алынған нуклеотидтік бірізділік BLASTn онлайн сервисін қолдана отырып GenBank [<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>], ақпараттық базасымен салыстырылды. Салыстыру нәтижесінде штаммдардың қай түрге жататыны туралы қорытынды жасалды. Идентификация нәтижесінде анықталған саңырауқұлақтардың атауларының өзектілігі, түрлердің дұрыс жазылуы Mucobank ақпараттық базасының номенклатурасы көмегімен тексерілді.

### Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Пиязда *Penicillium* туысы түрі жасыл зең ауруын туғызады. Аурудың алғашқы белгілері ашық-жасыл, көк-жасыл дақ түрінде болады. Зақымданған аймағында көк-жасыл өңезді саңырауқұлақ спораларының түзілуі байқалады. Зақымданған пиязшықтың көлденең кесіндісінен жұмсақ, сулы, ашық-жасыл дақтар түрінде көрінеді. Пиязшықтан зеңнің иісі шығып тұрады. Пиязшықтың зақымдануы әдетте ұлпа арқылы беткі зақымданудан немесе күннен күюден пайда болады. Патогенді саңырауқұлақ ылғалды жағдайда 21-25°C температурада жақсы өседі [14]. Зақымданған пияз жемістерінің барлығында ауру симптомдары эпидермальды ұлпалары жұмсақ және сулы күйде болды. Зақымданған 11 пияздан (*Allium cepa* L.) бөлініп алынған саңырауқұлақ түрлерінің таза екпесі алынды. Картоп-декстрозды қоректік ортасында 25<sup>0</sup> температура, 7-тәулікте колониялары диаметрі 25-30 мм, жіпшумағы ақшыл түстен көк-жасыл, сұр-жасыл түсті, төсемік беті (обратное) ақшыл, қызғыш-сары түстен көкшіл-қоңыр түске дейін (2Б-сурет).



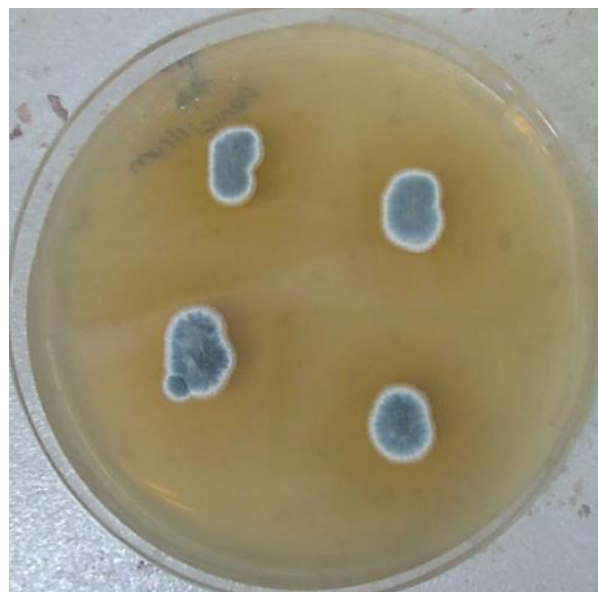
**1-сурет** – Сканерлеуші микроскоппен түсірілген *Penicillium aurantiogriseum* колониялар шоғыры (1000<sup>x</sup>)

Конидия сағақтары негізінен жіпшумақтың жоғары бөлігінде, жекелей немесе шоғырланып орналасқан, 200-380x3-4,5 мкм (2А-сурет). Ко-

нидиялары тегіс, эллипсоид шар тәрізді, 3-4x2,5-3 мкм. Фиалиді 5-9x2-3 мкм. 3-4 сыпырғы тәрізді топ түзеді, сыпырғышы 10-15x3-4 мкм.



А



Б

2-сурет – А. Жарық микроскобындағы *Penicillium aurantiogriseum* конидиялары (40<sup>х</sup>);  
Б. Картоп-декстрозды агардағы 5-тәуліктегі таза екпесі

GenBank ақпараттық базасы бойынша біріншілік скрининг штамның келесі систематикалық топқа: Eukaryota; Fungi; Dikarya;

Ascomycota; Pezizomycotina; Eurotiomycetes; Eurotiomycetidae; Eurotiales; Aspergillaceae; *Penicillium* туысына жататынын көрсетті.

1-кесте – *Penicillium aurantiogriseum* ДНҚ бөлігін секвенирлегенде алынған гендерінің бірізділігі

Кодталатын ген	Нуклеотидті бірізділік
5.8S рРНҚ (транскриптеуші спейсер ITS1 және ITS2)	AGTAMGTA AAYGGCTAAAGGGTATGGCGCAGGTA AKTASGGGAGACGTYCGCTAA GTGACATGCGCAGGTAACCTACGGGAGACAAASCCCCATACGCTCGAGGACCGGA CGCGGTGCCRCCGCTGCCTTTCGGGCCCCGTC CCCCCGGAATCGGAGGACGGGGCCC AACACACAAGCCGGGCTTGAGGGCAGCAATGACGCTCGGACAGGCATGCCCCCCC GGAATACCAGGGGGCGCAATGTGCGTTCAAAGACTCGATGATTCACTGAATTTGCA ATTCACATTACGTATCGCATTTTCGCTGCGTTCTTCATCGATGCCGGAACCAAGAGAT CCGTTGTTGAAAGTTTTAAATAATTTATATTTTCACTCAGACTTCAATCTTCAGACA GAGTTCGAGGGTGTCTTCGGCGGGCGCGGGCCCCGGGGGCGTGAAGCCCCCGGC GGCCAGTAAAGGCGGGCCCCGCCAAGCAACAAGGTA AATAAACACGGGTGGGA GGTTGGACCCAAAGGGCCCTCACTCGGTAATGATCCTTCCGCAGGCMCCCCYWAC GGAAG
26S рРНҚ (Кодтайтын домен D1/D2)	CYYGGYATTGCCAGTAACGGCGAGTGAGCGGCAGAGCTCAAATTTGAAAGCTGG CTCCTTCGGGGTCCGCATTGTAATTTGCAGAGGATGCTTCGGGAGCGGTCCCCATCT AAGTGCCCTGGAACGGGACGTCATAGAGGGTGAGAATCCCGTATGGGATGGGGTG TCCGCGCCCCGTGTGAAGCTCCTTCGACGAGTCGAGTTGTTTGGGAATGCAGCTCTA AATGGGTGGTAAATTTTCATCTAAAGCTAAATATTGGCCGAGACCGATAGCGCACA AGTAGAGTGATCGAAAAGATGAAAAGCACTTTGAAAAGAGAGTTAAAAAGCACGTG AAATTTGTTGAAAGGGAAGCGCTTTCGACAGACTCGCTCGCGGGGTTTCAGCCGGC ATTCGTGCCGGTGTACTTCCCCGCGGGCGGGCCAGCGTCGGTTTGGGCGGTTCGGTC AAAGGCCCTCGGAAGGTAACGCCCTAGGGGCGTCTTATAGCCGAGGGGTGCAATG CGACCTGCCTAGACCGAGGAACGCGCTTCGGCTCGGACGCTGGCATAATGGTCGTA AGCGACCCGTCTTGAAACACGGACCYA

5.8S рРНҚ кодтаушы ген бірізділігін және ішкі транскриптеуші спейсерлер ITS1 және ITS2 ДНҚ бөлігін секвенирлеуде келесі бірізділік алынды (1-кесте).

26S рРНҚ генінде кодтаушы D1/D2 домені ДНҚ бөлігін AE3000 автоматты секвенаторында секвенирлеуде алынған нуклеотидтік бірізділіктер 1-кестеде берілген.

Жақын түрлердің филогенетикалық туыстығын анықтау үшін 26S рРНҚ генінде кодтаушы D1/D2 домені нуклеотидтік бірізділіктерін салыстыру әдісі пайдаланылды. Зерттеліп отырған штаммды түрге ажы-

ратуда жақын туыстық микроорганизмдер штамдарына филогенетикалық талдау жасау үшін *Penicillium* туысы түрлері мен басқа саңырауқұлақ изоляттарына (99 саңырауқұлақ түріне) тұраралық ұқсастығына анықтау жүргізілді. Филогенетикалық талдау жасауға пайдаланылған 26S рРНҚ негізделген GenBank базасындағы *Penicillium* туысы түрлері мен басқа саңырауқұлақ изоляттарынан 3 саңырауқұлақ түріне 5 штаммына (*Penicillium commune* Thom, *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx, *Penicillium polonicum* K.M. Zalesky) ұқсастығын көрсетті (2-кесте).

2-кесте – Филогенетикалық талдау жасауда зерттелген түрге сәйкес саңырауқұлақ штамдары

Штамдар/изоляттар	Ген	Genbank
<i>Penicillium commune</i> strain CBS 311.48	28S рРНҚ – (99%)	AY213616.1
<i>Penicillium commune</i> strain CBS 216.30	28S рРНҚ – (99%)	JQ434688.1
<i>Penicillium aurantiogriseum</i> strain NRRL 971	5.8S рРНҚ және 28S рРНҚ – (99%)	AF033476.1
<i>Penicillium polonicum</i> strain NRRL 995	5.8S рРНҚ және 28S рРНҚ	AF033475.1
<i>Penicillium aurantiogriseum</i> isolate NRRL 971	28S рРНҚ – (99%)	U15482.1

Автоматты секвенаторында алынған нуклеотидтік бірізділікті BLASTn онлайн сервисі арқылы GenBank ақпараттық базасымен салыстыру нәтижесінде бұл геннің нуклеотидті бірізділігі *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx түріне жатқызылды.

Пиязда жасыл зең ауруының қоздырушысы *P. polonicum* K.M. Zalesky, *P. expansum* Link, *P. allii* Vincent & Pitt, *P. hordei* Stolk түрлерімен қатар *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx екендігін көрсетті.

Молекулалық зерттеулермен қатар изолятқа микроскоптық талдаулар мен макроморфо-

логиялық сипаттамалары (өсу типі мен жылдамдығы, колония морфологиясы, жіпшумақ түсі) анықталды (2-сурет). Штаммға макро- және микроморфологиялық сипаттама жасау (конидия сағағы құрылысы және конидия пішіні, CZ, CYA, CYAS, MEA, YES и DG18 қоректік орталарында өсуі) түрдің *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx жататынын нақтылады.

Нуклеотидтік бірізділіктерге жүргізілген зерттеу және морфологиялық сипаттама нәтижелері зерттелген штаммның *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx түріне жататынын көрсетті.

#### Әдебиеттер

- 1 Bridge P.D., Hawksworth Z., Kozakiewicz A.H., Onions S., Paterson R.R., Sackin M.J., A. Sneath P.H. A reappraisal of the terverticillate penicillia using biochemical, physiological and morphological features // Numerical taxonomy. J. of General Microbiol. November. – 1989.- Vol. 135. – P. 2941-2966. DOI: 10.1099/00221287-135-11-2941
- 2 Byther R.S., Chastagner G.A. Diseases. In: The Physiology of Flower Bulbs, a Comprehensive Treatise on the Physiology and Utilization of Ornamental Flowering Bulbous and Tuberosus Plants (Eds.: De Hertogh, A., Le Nard, M.) // Elsev. Amsterdam. – 1993. – P.71-100
- 3 Frisvad J.C., Samson R.A. Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*: a guide to identification of food and air-borne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins // Stud. Mycol. -2004. – Vol. 49. –P. 1-173.
- 4 Davis R.M. *Penicillium* decay of garlic // In: Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests (Eds.: Schwartz, H.F., Mohan, S.K.). 2 nd Edn. APS Press, St. Paul, MN. – 2008. – P.52
- 5 Sumner D.R., Langston D.B., Seebold K.W. Blue Mold. // In: Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests (Eds.: Schwartz, H.F., Mohan, S.K.). 2 nd Edn. APS Press, St. Paul, MN. – 2008. – P. 52-53.

- 6 Andersen B., Frisvad J.C. Characterization of *Alternaria* and *Penicillium* Species from similar substrata based on growth at different temperature, pH and water activity // *Syst. Appl. Microbiol.* – 2002. – Vol. 25. – P.162-172.
- 7 Nagvi S.A.M.H. *Diseases of Fruits and Vegetables: Diagnosis and Management.* – USA.: Kluwer Academic Publishers, 2004. -537 с. ISBN 1-4020-1823-1.
- 8 Бекдаирова К.Ж. Биохимическая характеристика чеснока и лука в процессе вегетации и хранения: Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата биологических наук. (093) / АН КазССР. Объедин. учен. совет ин-тов почвоведения, ботаники, микробиологии вирусологии. 1971 – Алма-Ата. – 28 с.
- 9 Буренин В.И. Овощи родник здоровья: 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Лениздат, 1990. – 255 с.
- 10 Kalb T.J., Mavlyanova R.F. Vegetable production in Central Asia: status and perspectives. Proceedings of the workshop. The World Vegetable Center. – Shanhua, Taiwan: AVRDC, 2005. – P.134. ISBN 92-9058-139.
- 11 Duduk N., Vasic M., Vico I. First Report of *Penicillium polonicum* Causing Blue Mold on Stored Onion (*Allium cepa*) in Serbia. // *Plant Dis.* – 2014. – Vol. 98, No. 10. – P. 144-145. DOI:10.1094/PDIS-05-14-0550-PDN.
- 12 Overy D.P., Frisvad J.C., Steinmeier U., Thrane U. Clarification of the agents causing blue mold storage rot uponvarious flower and vegetable bulbs: implicationsfor mycotoxin contamination. // *Postharvest Biol. and Techn.*- 2005. – Vol. 35. P. 217–221. DOI:10.1016/j.postharvbio.2004.08.001.
- 13 Weising K., Nybom H., Wolff K., Meyer W. In: *DNA Fingerprinting in Plants and Fungi.* – USA.: CRC Press, Boca Raton, 1995. – P. 336. ISBN : 0849389208
- 14 Salybekova N.N., Abdrassulova Zh.T., Kuzhantaeva Zh.Zh., Berdimuratova Zh.B., Babaeva G.A., Serzhanova A.E. Biological features of fungi susceptible varieties *Allium Cepa* L. // European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences, 6th International scientific conference 4th April, Vienna, Austria. – 2015. – P.17-27.

### References

- 1 Bridge PD, Hawksworth DL, Kozakiewicz Z, Onions AH, Paterson RM, Sackin MJ, Sneath P. H (1989) A reappraisal of the terverticillate penicillia using biochemical, physiological and morphological features I. Numerical taxonomy. *Journal of General Microbiology*, November. 135: 2941-2966. DOI: 10.1099/00221287-135-11-2941
- 2 Byther RS, Chastagner GA (1993) Diseases. In: *The Physiology of Flower Bulbs, a Comprehensive Treatise on the Physiology and Utilization of Ornamental Flowering Bulbous and Tuberous Plants* (Eds.: De Hertogh, A., Le Nard, M.). Elsevier, Amsterdam. pp.71-100.
- 3 Frisvad JC, Samson RA (2004) Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*: a guide to identification of food and air-borne terverticillate Pencillia and their mycotoxins. *Stud. Mycol*, 49: 1-173.
- 4 Davis RM (2008) *Penicillium* decay of garlic. In: *Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests* (Eds.: Schwartz, H.F., Mohan, S.K.). 2 nd Edn. APS Press, St. Paul, MN. p.52.
- 5 Sumner DR, Langston DB, Seebold KW (2008) Blue Mold. In: *Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests* (Eds.: Schwartz, H.F., Mohan, S.K.). 2 nd Edn. APS Press, St. Paul, MN. pp. 52-53.
- 6 Andersen B, Frisvad JC (2002) Characterization of *Alternaria* and *Penicillium* Species from similar substrata based on growth at different temperature, pH and water activity. *Syst. Appl. Microbiol.* 25: 162-172.
- 7 Nagvi SAMH (2004) *Diseases of Fruits and Vegetables: Diagnosis and Management.* – USA, Kluwer Academic Publishers, -P. 537. ISBN 1-4020-1823-1.
- 8 Bekdairova KZh (1971) Biochemical characterization of garlic and onions in the process of growing and storage, Almaty. Abstract dis. for the degree of candidate of biological sciences. (093) [Биохимическая характеристика чеснока и лука в процессе вегетации и хранения] КазССР. Combine. scientists. Council Institute Comrade soil science, botany, microbiology, virology. – P.28. (In Russian)
- 9 Burenin VI (1990) *Vegetable spring health: [Ovoshi rodnik zdorovia]* 3rd ed., Revised. and ext. – L., Lenizdat, -P.255. ISBN 5-289-00741-5. (In Russian)
- 10 Kalb TJ, Mavlyanova RF (2005) Vegetable production in Central Asia: status and perspectives. Proceedings of the workshop. The World Vegetable Center. Shanhua, Taiwan. AVRDC, – P.134 ISBN 92-9058-139
- 11 Duduk N, Vasic M, Vico I. (2014) First Report of *Penicillium polonicum* Causing Blue Mold on Stored Onion (*Allium cepa*) in Serbia. *Plant Dis.*, 98 (10): 144-145. DOI:10.1094/PDIS-05-14-0550-PDN.
- 12 Overy DP, Frisvad JC, Steinmeier U, Thrane U. (2005) Clarification of the agents causing blue mold storage rot uponvarious flower and vegetable bulbs: implicationsfor mycotoxin contamination. *Postharvest Biol. and Techn.* 35. pp. 217–221. DOI:10.1016/j.postharvbio.2004.08.001.
- 13 Weising K, Nybom H, Wolff K, Meyer W (1995) In: *DNA Fingerprinting in Plants and Fungi.* CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. – P. 336
- 14 Salybekova NN, Abdrassulova ZhT, Kuzhantaeva ZhZh, Berdimuratova ZhB, Babaeva GA, Serzhanova AE (2015) Biological features of fungi susceptible varieties *Allium cepa* L. // European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences 6th International scientific conference 4th April, Vienna, Austria. pp. 17-27.



**МЕРЕЙТОЙ  
ЮБИЛЕЙ  
ANNIVERSARY**

**Құрманбаева М.С.**

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.  
E-mail: Meruyert.Kurmanbayeva@kaznu.kz

---

**МУХИТДИНОВ  
НАШТАЙ  
МУХИТДИНҰЛЫ –  
75 ЖАСТА!**



Биология ғылымдарының докторы, биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының профессоры, Қазақстан Ұлттық Жаратылыстану Ғылымдары Академиясының академигі,  
Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым Академиясының құрметті мүшесі

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биология факультетінде 1970 жылдан бері үздіксіз қызмет істеп, бүкіл саналы ғұмырын білім мен ғылым саласына арнап келе жатқан кемеңгер ұстаз, биология ғылымдарының докторы, профессор, Қазақстан Республикасының Ұлттық Академиясының құрметті мүшесі, ҚазҰЖҒА академигі, белгілі биолог-ғалым Мухитдинов Наштай Мухитдинұлы 75 жасқа толады.

Мухитдинов Наштай Мухитдинұлының 75 жылдығына арналған «Биоалуантүрлілікті сақтау және биоресурстарды ұтымды пайдалану» халықаралық ғалымдардың қатысуымен Республикалық ғылыми конференция ұйымдастырылуда.

Мухитдинов Наштай 1941 жылы 30 тамызда Оңтүстік Қазақстан облысы Ордабасы ауданы Қараспан ауылында дүниеге келді. 1958 жылы орта мектепті үздік аяқтап, 1961 жылы С.М. Киров атындағы Қазақ Мемлекеттік Университетінің биология және топырақтану факультетіне оқуға түсіп, 1966 жылы үздік бағамен тәмәмдаған. Жас маманды білім мен ғылымға деген құштарлық пен еліне адал еңбек етсем деген ізгі ниеті жетелеп, 1966-1969 жылдары С.М. Киров атындағы ҚазМУ-нің ботаника кафедрасында аспирантурада оқуын жалғастырды. 1970 жылы «Корневая система растений на солонцах и солонцеватых почвах Актюбинской области» тақырыбында еліміздегі тұңғыш ризолог ретінде, тамырдың құрылысын терең зерттеп, ғылымға елеулі жаңалық қосып, кандидаттық диссертациясын Мәскеу қаласында сәтті қорғады. 1996 жылы «Эколого-морфологические особенности корневой системы растений» тақырыбы бойынша докторлық диссертациясын қорғады.

Еренді еңбек жолын 1970-1976 жылдары С.М. Киров атындағы ҚазМУ-нің ботаника кафедрасында ассистент, аға оқытушы, 1976-1988 жылдары доцент қызметінен бастады. 1983-1988 жылдары университеттің ғылыми жұмыстары жөніндегі проректордың орынбасары, 1988-2005 жылдары ботаника кафедрасының меңгерушісі, 1995-2000 жылдары биология факультетінің деканы болып лауазымды қызметтер атқарды. Декан қызметін атқару барысында «Медико-биологиялық іс» және «Геоботаника» мамандықтарының ашылуына ұйытқы болды.

1995 жылы Қазақ Мемлекеттік университетінің профессоры атағы, 1997 жылы МАК профессоры, 2008 жылы Қазақстан Ұлттық

Жаратылыстану Ғылымдары Академиясының академигі атағы берілді.

2005 жылдан бастап осы уақытқа дейін қазіргі биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасында құрметті профессор және университеттің Ғылыми Кеңесінің мүшесі.

Профессор Н.М.Мухитдиновтың шамамен 370-тен аса ғылыми жұмыстары жарық көрген, сонымен қатар 3 ғылыми монография, биология мамандығына арналған қазақ тілінде 7 оқу құралы мен 3 оқулықтың авторы: «Өсімдіктер морфологиясы және анатомиясы» (2001), «Биогеоценология» (2007), «Қазақстан биоресурстары» (2009), «Геоботаника» (2011), «Дәрілік өсімдіктер» (2013) және т.б. Қазіргі уақытта Н.М. Мухитдинов фитоценология, биогеоценология, геоботаниканың зерттеу әдістері және тағыда басқа курстардан магистранттар мен докторанттарға дәріс оқиды. Профессор Наштай Мухитдинұлының жетекшілігімен 3 докторлық, 15 кандидаттық және 1 PhD-докторлық диссертациялық жұмыстар қорғалды. Ұлағатты ұстаздың білімінен нәр алған шәкірттері қазіргі уақытта еліміздің түкпір-түкпірінде жемісті қызмет етуде.

Бүгінгі таңда көрнекті ғалым-ботаник жетекшілігімен жоғары дәрежедегі ғылыми жобалар шеңберінде нәтижелі жұмыстар жүргізілуде. Ғылыми еңбектері Қазақстанға ғана емес алыс-жақын шетелдерге танымал. Ізденіске толы ғылым жолында Германия, Франция, Италия, Америка Құрама Штаттарында дәріс оқып, шетелдік мамандармен білімін ұштастырған, соның нәтижесінде жарық көрген ғылыми мақалалары импакт-факторы жоғары рейтингті журналдарда басылған. Қазақстан Республикасы Ғылым және Білім Министрлігі тарапынан «2013 жылғы Жоғары Оқу Орнының үздік оқытушысы» атағымен марапатталды.

Бүгінде Наштай Мухитдинұлы жастарға өнегелі, біртуар ұстаз, ғибраты мол ғалым еліне елеулі, халқына қалаулы азамат атанып отыр. Бұл баға жетпес жетістік ұлағатты ұстаздың ой еңбегінің жемісі деп білеміз!

## МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

### 1- бөлім      Раздел 1 Ботаника      Ботаника

<i>Almerekova Sh.S., Mukhitdinov N.M., Kurmanbayeva M.S.</i> Biometric data of anatomical structure of vegetative organs of rare, narrowly endemic species <i>Oxytropis almaatensis</i> Bajt. in Trans-Ili Alatau mountains (Kazakhstan) .....	4
<i>Ydyrys A., Mukhitdinov N. M., Ametov A. A., Abidkulova K.T., Akhmetova A. B., Tynybekov B. M.</i> Assessment species communities of population rare, endemic and medical plant <i>Ferula iliensis</i> Krasn. ex Korov. on the left bank of the Ili River Almaty region.....	14
<i>Абидкулова К.Т., Мухитдинов Н.М., Аметов А.А., Иващенко А.А., Альмерекова Ш., Ыдырыс А.</i> Особенности структуры ценопопуляций редкого, эндемичного растения Заилийского Алатау <i>Oxytropis almaatensis</i> Bajt. ....	24
<i>Иманбаева А.А., Косарева О.Н., Динова Г.Г.</i> Изучение морфологии вегетативных и генеративных органов сортов абрикосов ex-situ в аридных условиях Мангистау .....	34
<i>Инелова З.А., Нестерова С.Г., Еруббаева Г.К.</i> Содержание тяжелых металлов в некоторых доминантных видах растений Мангистауской области .....	44
<i>Карашолакова Л.Н., Кушнарченко С.В.</i> Влияние низких и сверхнизких температур на лабораторную всхожесть семян трех природных популяций <i>Lonicera iliensis</i> Pojark. ....	54
<i>Корулькин Д.Ю., Курбатова Н.В., Музыкакина Р.А.</i> Некоторые морфолого-диагностические и фитохимические особенности растений из рода <i>Sedum</i> L. ....	62
<i>Курбатова Н.В., Музыкакина Р.А., Корулькин Д.Ю.</i> Анатомо-диагностические и фитохимические особенности перспективных видов горцев ( <i>Polygonum</i> L.). II .....	72
<i>Нестерова С.Г., Инелова З.А., Еруббаева Г.К., Запарина Е.Г., Сейткадыр К.А.</i> Материалы к оценке разнообразия семейства <i>Caryophyllaceae</i> Juss Заилийского Алатау.....	84

### 2-бөлім      Раздел 2 Зоология      Зоология

<i>Кожаббаева Э.Б., Сапаргалиева Н.С.</i> Морфобиологическая характеристика горчачка ( <i>Rhodeus</i> sp.) из р. Карашик.....	96
--	----

### 3- бөлім      Раздел 3 Өсімдіктер физиологиясы      Физиология и биохимия және биохимиясы      растений

<i>Атабаева С.Д., Нурмаханова А.С., Кенжебаева Ш.К., Асрандина С.Ш., Кенжебаева С.С., Алыбаева Р.А., Нармуратова М.К., Тыныбеков Б.М.</i> Растения риса в условиях загрязнения среды ионами кадмия .....	106
<i>Мурсалиева В.К., Кожебаева Ж.С., Рахимбаев И.Р., Гемеджиева Н.Г.</i> Качественный и количественный анализ сапонинов туркестанского мыльного корня <i>Allochrysa gypsophiloides</i> (Regel) Schischk .....	114
<i>Омирбекова Н.Ж., Асканбаева Б.Н., Егизтаева Б.Н., Кенжебаева С.С., Жусупова А.И., Жунусбаева Ж.К., Сафонова Д.П.</i> Сравнительное изучение влияния <i>Puccinia recondita</i> на элементы продуктивности и содержание белка в зерне мягкой пшеницы <i>Triticum aestivum</i> и дикого злака <i>Brachypodium distachyon</i> .....	124



---

**4-бөлім      Раздел 4**  
**Адам және жануарлар      Биохимия человека**  
**биохимиясы      и животных**

*Дюсембаев К.А., Кулатаева М.С., Шалахметова Г.А., Аликулов З.*  
Новый быстрый метод определения молибден ксантинооксидазы молока животных ..... 134

*Tormanov N.T., Ablayhanova N.T., Ablayhanova N.T., Tusupbekova G.A., Ursheeva B.I., Ydyrys A., Tangirbergenova A.O.*  
The effect of ambient temperature on the human blood cells..... 144

**5-бөлім      Раздел 5**  
**Молекулалық биология      Молекулярная биология**  
**және генетика      и генетика**

*Ниязова Р.Е., Атамбаева Ш.А., Пинский И.В., Акимниязова А.Н., Мамирова А.А., Пыркова А.Ю., Иващенко А.Т., Лабейт З.Б.*  
micro RNA и гены, связанные с метаболическим синдромом..... 152

*Иващенко А.Т., Ниязова Р.Е., Атамбаева Ш.А., Пинский И.В., Пыркова А.Ю., Алыбаева А.Ж., Акимниязова А.Н., Мамирова А.А.*  
МикроРНК и гены, связанные с развитием ишемической болезни сердца ..... 166

**6-бөлім      Раздел 6**  
**Биотехнология      Биотехнология**

*Мырзагалиева А.Б., Самарханов Т.Н., Акзамбек А.М., Оразов А.Е., Садуова А.Б.*  
Введение в культуру *in vitro* *Paeoniahybrida* Pall. и *P .anomala* L. .... 180

**7-ші бөлім      Раздел 7**  
**Микробиология      Микробиология**

*Салыбекова Н.Н., Кужантаева Ж.Ж., Басым Е., Сержанова А.Е., Сейлова А.Е.*  
*Penicillium aurantiogriseum* Dierckx түрінің биоэкологиялық ерекшеліктері ..... 190

**Мерейтой – Юбилей**

*Құрманбаева М.С.*  
Мухитдинов Наштай Мухитдинұлы – 75 жаста!..... 198

---

## CONTENTS

### Section 1 Botany

*Almerekova Sh.S., Mukhitdinov N.M., Kurmanbayeva M.S.*  
Biometric data of anatomical structure of vegetative organs of rare, narrowly endemic species *Oxytropis almaatensis* Bajt. in Trans-Ili Alatau mountains (Kazakhstan) ..... 4

*Ydyrys A., Mukhitdinov N.M., Ametov A.A., Abidkulova K.T., Akhmetova A.B., Tynybekov B.M.*  
Assessment species communities of population rare, endemic and medical plant *Ferula iliensis* Krasn. ex Korov. on the left bank of the Ili River Almaty region..... 14

*Abidkulova K.T., Mukhitdinov N.M., Ametov A.A., Ivashchenko A.A., Almerekova Sh., Ydyrys A.*  
The features of cenopopulations structures of rare, endemic plant species *Oxytropis almaatensis* bajt .from trans-Ili Alatau mountains ..... 24

*Imanbayeva A.A., Kosareva O.N., Dinova G.*  
Morphological study of vegetative and generative organs of armeniacagrades in ex-situ of mangystau arid conditions ..... 34

*Inelova Z.A., Nesterova S.G., Yerubayeva G.K.*  
The heavy metals in certain types of dominant plants of Mangystau region..... 44

*Karasholakova L.N., Kushnarenko S.V.*  
Influence of low and ultralow temperatures on seed laboratory germination of three natural populations of *Lonicera iliensis* Pojark. .... 54

*Korulkin D.Yu., Kurbatova N.V., Muzychkina R.A.*  
Some morphological-diagnostic and phytochemical features of *Sedum* L. plants ..... 62

*Kurbatova N.V., Muzychkina R.A., Korulkin D.Yu.*  
Anatomic-diagnostic and phytochemical features of perspective *Polygonum* L. species. II ..... 72

*Nesterova S.G., Inelova Z.A., Yerubayeva G.K., Zapparina E.G., Seitkadyr K.A.*  
Materials to assess the diversity of the family *Caryophyllaceae* Juss of Trans-Ili Alatau ..... 84

### Section 2 Zoology

*Kozhabaeva E.B., Sapargaliev N.S.*  
Morphological and biological characteristic of bitterling fish (*Rhodeus* sp.) from river Karashik ..... 96

### Section 3 Plants Physiology And Biochemistry

*Atabayeva S.D., Nurmahanova A.S., Kenzhebayeva Sh.K., Asrandina S.Sh., Kenzhebayeva S.S., Alybayeva R.A., Narmuratova M.K., Tynybekov B.M.*  
Rice plants in cadmium polluted environment ..... 106

*Mursaliyeva V.K., Kozhebayeva Zh.S., Rakhimbayev I.R., Gemejiyeva N.G.*  
Qualitative and quantitative analysis of saponins in *Allochrysa gypsophiloides* (Regel) Schischk ..... 114

*Omirebekova N.Zh., Askanbayeva B.N., Yegiztayeva B.T., Kenzhebayeva S.S., Zhussupova A.I., Zhunusbayeva Zh.K., Safonov D.P.*  
Comparative study of Pucciniarecondita influence on elements of productivity and protein contents in grain of soft wheat *Triticum aestivum* and its wild relative *Brachypodium distachyon* ..... 124

---

**Section 4**  
**Human and Animal Biochemistry**

*Dusembaev K.A., Kulataeva M.S., Shalakhmetova G.A., Alikulov Z.*  
New fast method of molybdenum determination in xanthine oxidase of animal milk..... 134

*Tormanov N.T., Ablayhanova N.T., Ablayhanova N.T., Tusupbekova G.A., Ursheeva B.I., Ydyrys A., Tangirbergenova A.O.*  
The effect of ambient temperature on the human blood cells..... 144

**Section 5**  
**Molecular biology and Genetics**

*Niyazova R.Y., Atambayeva S.A., Pinsky I.V., Akimniyazova A.N., Mamirova A.A., Pyrkova A.Y., Ivashchenko A.T., Labeit S.B.*  
MicroRNAs and genes associated with metabolic syndrome..... 152

*Ivashchenko A.T., Niyazova R.Y., Atambayeva S.A., Pyrkova A.Y., Pinsky I.V., Alybayeva A.Z., Akimniyazova A.N., Mamirova A.A.*  
microRNAs and mRNAs genes associated with the development of ischemic heart disease..... 166

**Section 6**  
**Biotechnology**

*Myrzagaliyeva A.B., Samarkhanov T.N., Akzambek A.M., Orazov A.E., Saduova A.B.*  
Introduction into the culture in vitro *Paeonia hybrida* Pall. and *P.anomala* L..... 180

**Section 7**  
**Microbiology**

*Salybekova N.N., Kuzhantaeva Zh.Zh., Basim E., Serzhanova A.E., Seilova A.E.*  
Bioecological features of *Penicillium aurantiogriseum* Dierckx..... 190

**Anniversary**

*Құрманбаева М.С.*  
Мухитдинов Наштай Мухитдинұлы – 75 жаста!..... 198

**УСПЕЙТЕ ПОДПИСАТЬСЯ НА СВОЙ ЖУРНАЛ**

**АКЦИЯ!!!**

**Каждому подписчику  
ПУБЛИКАЦИЯ СТАТЬИ  
БЕСПЛАТНО!!!**

- Акция действительна при наличии квитанции об оплате годовой подписки.
- Статья должна соответствовать требованиям размещения публикации в журнале.
- Статья печатается в той серии журнала, на которую подписался автор.
- Все нюансы, связанные с публикацией статьи, обсуждаются с ответственным секретарем журнала.

---

Издательский дом  
«Қазақ университеті»  
г. Алматы,  
пр. аль-Фараби, 71  
8 (727) 377 34 11, 221 14 65

АО «КАЗПОЧТА»  
г. Алматы,  
ул. Боғенбай батыра, 134  
8 (727 2) 61 61 12

ТОО «Евразия пресс»  
г. Алматы,  
ул. Жибек Жолы, 6/2  
8 (727) 382 25 11

ТОО «Эврика-пресс»  
г. Алматы,  
ул. Қожамқұлова, 124, оф. 47  
8 (727) 233 76 19, 233 78 50