

ISSN 2518-7201 (Print)  
ISSN 2663-5003 (Online)



**№ 3(95)/2019**

БИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА. ГЕОГРАФИЯ сериясы  
Серия БИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА. ГЕОГРАФИЯ  
BIOLOGY. MEDICINE. GEOGRAPHY Series

---

ҚАРАҒАНДЫ  
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК  
КАРАГАНДИНСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

BULLETIN  
OF THE KARAGANDA  
UNIVERSITY

ISSN 2518-7201 (Print)  
ISSN 2663-5003 (Online)  
Индексі 74620  
Индекс 74620

**ҚАРАҒАНДЫ  
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ**

---

**ВЕСТНИК**  
КАРАГАНДИНСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

**BULLETIN**  
OF THE KARAGANDA  
UNIVERSITY

---

**БИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА. ГЕОГРАФИЯ сериясы**  
**Серия БИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА. ГЕОГРАФИЯ**  
**BIOLOGY. MEDICINE. GEOGRAPHY Series**

**№ 3(95)/2019**

Шілде–тамыз–қыркүйек  
30 қыркүйек 2019 ж.

Июль–август–сентябрь  
30 сентября 2019 г.

July–August–September  
September, 30, 2019

1996 жылдан бастап шығады  
Издается с 1996 года  
Founded in 1996

Жылына 4 рет шығады  
Выходит 4 раза в год  
Published 4 times a year

Қарағанды, 2019  
Караганда, 2019  
Karaganda, 2019

*Бас редакторы*

химия ғыл. д-ры, профессор, ҚР ҰҒА корр.-мүшесі

**Е.М. Тажбаев**

*Жауапты хатшы*

**Г.Ю. Аманбаева**, филол. ғыл. д-ры, профессор

*Редакция алқасы*

<b>М.А. Мұқашева,</b>	ғылыми редактор биол. ғыл. д-ры (Қазақстан);
<b>Р.Г. Оганесян,</b>	биотехнол. PhD д-ры (АҚШ);
<b>К.-Д. Конерт,</b>	мед. ғыл. д-ры (Германия);
<b>Д.В. Суржиков,</b>	биол. ғыл. д-ры (Ресей);
<b>М.Р. Хантурин,</b>	биол. ғыл. д-ры (Қазақстан);
<b>М.С. Панин,</b>	биол. ғыл. д-ры (Қазақстан);
<b>Ш.М. Надиров,</b>	геогр. ғыл. д-ры (Қазақстан);
<b>Ғ.Ғ. Мейрамов,</b>	мед. ғыл. д-ры (Қазақстан);
<b>А.Е. Қоңқабаева,</b>	мед. ғыл. д-ры (Қазақстан);
<b>С.У. Тлеукенова,</b>	жауапты хатшы биол. ғыл. канд. (Қазақстан)

*Редакцияның мекенжайы:* 100024, Қазақстан, Қарағанды қ., Университет к-сі, 28.

Тел.: (7212) 77-03-69 (ішкі 1026); факс: (7212) 77-03-84.

E-mail: [vestnick\\_kargu@ksu.kz](mailto:vestnick_kargu@ksu.kz)

Сайты: <https://biology-medicine-geography-vestnik.ksu.kz>

*Редакторлары*

Ж.Т. Нурмуханова, И.Н. Муртазина

*Компьютерде беттеген*

В.В. Бутякин

**Қарағанды университетінің хабаршысы. «Биология. Медицина. География» сериясы.**

**ISSN 2518-7201 (Print). ISSN 2663-5003 (Online).**

Меншік иесі: «Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті» РММ.

Қазақстан Республикасының Мәдениет және ақпарат министрлігімен тіркелген. 23.10.2012 ж. № 13106–Ж тіркеу куәлігі.

Басуға 28.09.2019 ж. қол қойылды. Пішімі 60×84 1/8. Қағазы офсеттік. Көлемі 14,87 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша. Тапсырыс № 94.

Е.А. Бөкетов атындағы ҚарМУ баспасының баспаханасында басылып шықты.

100012, Қазақстан, Қарағанды қ., Гоголь к-сі, 38. Тел. 51-38-20. E-mail: [izd\\_kargu@mail.ru](mailto:izd_kargu@mail.ru)

*Главный редактор*  
д-р хим. наук, профессор, чл.-корр. НАН РК  
**Е.М. Тажбаев**

*Ответственный секретарь*    **Г.Ю. Аманбаева**, д-р филол. наук, профессор

*Редакционная коллегия*

<b>М.А. Мукашева,</b>	научный редактор д-р биол. наук (Казахстан);
<b>Р.Г. Оганесян,</b>	д-р PhD по биотехнол. (США);
<b>К.-Д. Конерт,</b>	д-р мед. наук (Германия);
<b>Д.В. Суржиков,</b>	д-р биол. наук (Россия);
<b>М.Р. Хантурин,</b>	д-р биол. наук (Казахстан);
<b>М.С. Панин,</b>	д-р биол. наук (Казахстан);
<b>Ш.М. Надиров,</b>	д-р геогр. наук (Казахстан);
<b>Г.Г. Мейрамов,</b>	д-р мед. наук (Казахстан);
<b>А.Е. Конкабаева,</b>	д-р мед. наук (Казахстан);
<b>С.У. Тлеукунова,</b>	ответственный секретарь канд. биол. наук (Казахстан)

*Адрес редакции:* 100024, Казахстан, г. Караганда, ул. Университетская, 28.

Тел.: (7212) 77-03-69 (внутр. 1026); факс: (7212) 77-03-84.

E-mail: [vestnick\\_kargu@ksu.kz](mailto:vestnick_kargu@ksu.kz)

Сайт: <https://biollogy-medicine-geography-vestnik.ksu.kz>

*Редакторы*

Ж.Т. Нурмуханова, И.Н. Муртазина

*Компьютерная верстка*

В.В. Бутяйкин

**Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География».**

**ISSN 2518-7201 (Print). ISSN 2663-5003 (Online).**

Собственник: РГП «Карагандинский государственный университет имени академика Е.А. Букетова».

Зарегистрирован Министерством культуры и информации Республики Казахстан. Регистрационное свидетельство № 13106–Ж от 23.10.2012 г.

Подписано в печать 28.09.2019 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Объем 14,87 п.л. Тираж 300 экз. Цена договорная. Заказ № 94.

Отпечатано в типографии издательства КарГУ им. Е.А. Букетова.

100012, г. Казахстан, Караганда, ул. Гоголя, 38, тел.: (7212) 51-38-20. E-mail: [izd\\_kargu@mail.ru](mailto:izd_kargu@mail.ru)

*Main Editor*

Doctor of chemical sciences, Professor, Corresponding member of NAS RK  
**Ye.M. Tazhbayev**

*Responsible secretary* **G.Yu. Amanbayeva**, Doctor of phylol. sciences, Professor

*Editorial board*

<b>M.A. Mukasheva,</b>	Science Editor, Doctor of biology (Kazakhstan);
<b>R.G. Oganessian,</b>	PhD in Biotechnology (USA);
<b>K.-D. Kohnert,</b>	MD (Germany);
<b>D.V. Surzhikov,</b>	Doctor of biology (Russia);
<b>M.R. Hanturin,</b>	Doctor of biology (Kazakhstan);
<b>M.S. Panin,</b>	Doctor of biology (Kazakhstan);
<b>Sh.M. Nadirov,</b>	Doctor of geography (Kazakhstan);
<b>G.G. Meyramov,</b>	MD (Kazakhstan);
<b>A.E. Konkabaeva,</b>	MD (Kazakhstan);
<b>S.U. Tleukenova,</b>	secretary, Cand. of biology (Kazakhstan)

*Postal address:* 28, University Str., Karaganda, 100024, Kazakhstan.

Tel.: (7212) 77-03-69 (add. 1026); fax: (7212) 77-03-84.

E-mail: [vestnick\\_kargu@ksu.kz](mailto:vestnick_kargu@ksu.kz)

Web-site: <https://biollogy-medicine-geography-vestnik.ksu.kz>

*Editors*

Zh.T. Nurmukhanova, I.N. Murtazina

*Computer layout*

V.V. Butyaikin

**Bulletin of the Karaganda University. «Biology. Medicine. Geography» series.**

**ISSN 2518-7201 (Print). ISSN 2663-5003 (Online).**

Proprietary: RSE «Academician Ye.A. Buketov Karaganda State University».

Registered by the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan. Registration certificate No. 13106–Zh from 23.10.2012.

Signed in print 28.09.2019. Format 60×84 1/8. Offset paper. Volume 14,87 p.sh. Circulation 300 copies.

Price upon request. Order № 94.

Printed in the Ye.A. Buketov Karaganda State University Publishing house.

38, Gogol Str., Karaganda, 100012, Kazakhstan, Tel.: (7212) 51-38-20. E-mail: [izd\\_kargu@mail.ru](mailto:izd_kargu@mail.ru)

# МАЗМҰНЫ

## БИОЛОГИЯ

<i>Айпеисова С.А., Утарбаева Н.А., Казкеев Е.Т.</i> Ақтөбе облысы флорасының пайдалы өсімдіктері .....	8
<i>Касенов Р.З., Демец О.В., Картбаева Г.Т., Жумадилов С.С., Бакибаев А.А., Ахмеджанов Р.Р.</i> Қырғыз қайыңының қабығынан бетулиннің сандық шығымын зерттеу және оның фосфорлы туындысын алу .....	13
<i>Ромаданова Н.В., Карашиолакова Л.Н., Махмутова И.А., Ишмуратова М.Ю., Копыткова Л.А., Кабулова Ф.Д., Кушнаренко С.В.</i> Бөріқарақаттың кейбір түрлерінің генетикалық материалын криобанкте сақтау .....	20
<i>Кириллов В.Ю.</i> <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. эфир майының құрамы: шолу .....	27
<i>Тайлакова Э.Т., Исабек А.У., Кожаберженов Н.С., Мухами Н.Н., Строчков В.М., Султанкулова К.Т., Рсалиев А.С.</i> <i>Zymoseptoria tritici</i> фитопатогенді зенді бағалау үшін полимеразды тізбекті реакция әдісін жасақтау .....	33
<i>Абукенова В.С., Бялова Ж.Ж., Бялова М.Ж.</i> Бұқпа өзені зерттелетін аймақтардың фитопланктон және фитобентосының түрлік құрамы .....	41
<i>Бахтаулова А.С., Жакупжанова М.Ф., Камбарова А., Янига М.</i> Алматы облысының суармалы егіншілік жағдайында егістік күріштің ( <i>Oryza sativa</i> ) тұзға төзімділігін анықтау .....	46
<i>Мырзабаев А.Б., Гонгальский К.Б., Ибрайбеков Ж.Г., Бритько В.В., Канафина Б.А.</i> Бетпақдала ақбөкендерінің көбеюі мен жыныстық құрамы .....	53
<i>Исабек А.У., Тайлакова Э.Т., Шыныбекова Г.О., Строчков В.М., Червякова О.В.</i> <i>Brucella spp.</i> ІаІВ ақуызының экспрессиясы және тазалау әдісі .....	59
<i>Бармақ С.М., Синяевский Ю.А., Бердығалиев А.Б., Савицкая И.С., Шарманов Т.Ш., Менденхалл И.Х., Жолдыбаева Е.В.</i> Полимеразды тізбекті реакция көмегімен сальмонелланы айқындау үшін ДНҚ бөлудің тиімді әдісін таңдау .....	66
<i>Айдарханова Г.С., Новак А.П., Имашева Б.С., Ташев А.</i> Алтайдың Қазақстандық бөлігіндегі ормандардағы дәрілік өсімдіктер ресурстарын бағалау және олардың экологиялық жағдайы .....	72
<i>Сейлхан А.С., Сайбулатова В.Б., Атраубаева Р.Н., Бейсенбаева М.Е., Жұмағұл М.Ж.</i> Алматы облысы Күрті ауылдық округі жайылымының экологиялық мониторингі .....	80

## МЕДИЦИНА

<i>Гребенева О.В., Рыбалкина Д.Х., Шадетова А.Ж., Жанбасинова Н.М., Дробченко Е.А.</i> Электр-магниттік өрістер мен өндірістік улардың энергетикалық кәсіпорын қызметкерлерінің денсаулығына құрама әсері .....	90
<i>Шандаулов А.Х., Хамчиев К.М., Рамазанов А.К., Жумадилов С.С., Жомартова Г.Ж., Ибрайбеков Ж.Г., Ельшина К.А.</i> Егеуқұйрықтардың кіші қанайналым шеңберінің гемодинамикасына және қызыл қанның көрсеткіштеріне ұзақмерзімді жоғарытаулы гипоксияның әсері .....	98
<i>Кабиева С.Ж., Мукатаева Ж.М., Ахметова А.А.</i> Қазақстанның солтүстік және оңтүстік облыстарында тұратын 7–17 жастағы қыздардың морфофункционалды көрсеткіштерінің өсуі .....	105
<i>Рахметова А.М., Алишынбекова Г.К., Тусупбекова Г.А.</i> Техникалық резеңке өндірісіндегі негізгі кәсіби жұмысшылардың еңбек жағдайлары мен еңбек үрдісінің ерекшеліктерін бағалау .....	111
АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР .....	117

# СОДЕРЖАНИЕ

## БИОЛОГИЯ

<i>Айпеисова С.А., Утарбаева Н.А., Казкеев Е.Т.</i> Полезные растения флоры Актюбинской области .....	8
<i>Касенов Р.З., Демец О.В., Картбаева Г.Т., Жумадилов С.С., Бакибаев А.А., Ахмеджанов Р.Р.</i> Исследование количественного выхода бетулина из березы киргизской и синтез его фосфорилированного производного .....	13
<i>Ромаданова Н.В., Карашолокова Л.Н., Махмутова И.А., Ишмуратова М.Ю., Копыткова Л.А., Кабулова Ф.Д., Кушнарченко С.В.</i> Сохранение генетического материала некоторых видов барбариса в криобанке .....	20
<i>Кириллов В.Ю.</i> Состав эфирного масла <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.: обзор.....	27
<i>Тайлакова Э.Т., Исабек А.У., Кожабергенов Н.С., Мухами Н.Н., Строчков В.М., Султанкулова К.Т., Рсалиев А.С.</i> Разработка метода полимеразной цепной реакции для диагностики фитопатогенного гриба <i>Zytoseptoria tritici</i> .....	33
<i>Абукенова В.С., Бялова Ж.Ж., Бялова М.Ж.</i> Видовой состав фитопланктона и фитобентоса исследуемых участков реки Букпы.....	41
<i>Бахтаулова А.С., Жакупжанова М.Ф., Камбарова А., Янига М.</i> Определение солеустойчивости риса посевного ( <i>Oryza sativa</i> ) в условиях орошаемого земледелия Алматинской области .....	46
<i>Мырзабаев А.Б., Гонгальский К.Б., Ибрайбеков Ж.Г., Бритько В.В., Канафина К.Б.</i> Размножение и половой состав бетпакдалинских сайгаков.....	53
<i>Исабек А.У., Тайлакова Э.Т., Шыныбекова Г.О., Строчков В.М., Червякова О.В.</i> Экспрессия и очистка белка IalB <i>Brucella spp.</i> .....	59
<i>Бармак С.М., Синявский Ю.А., Бердыгалиев А.Б., Савицкая И.С., Шарманов Т.Ш., Менденхалл И.Х., Жолдыбаева Е.В.</i> Подбор эффективного метода выделения ДНК для выявления сальмонелл методом полимеразной цепной реакции .....	66
<i>Айдарханова Г.С., Новак А.П., Имашева Б.С., Ташев А.</i> Оценка ресурсов лекарственных растений в лесах Казахстанской части Алтая и их экологическое состояние .....	72
<i>Сейлхан А.С., Сайбулатова В.Б., Атраубаева Р.Н., Бейсенбаева М.Е., Жумагул М.Ж.</i> Экологический мониторинг пастбищ Куртинского сельского округа Алматинской области.....	80

## МЕДИЦИНА

<i>Гребенева О.В., Рыбалкина Д.Х., Шадетова А.Ж., Жанбасинова Н.М., Дробченко Е.А.</i> Комбинированное воздействие электромагнитных полей и промышленных ядов на состояние здоровья работников энергетического предприятия.....	90
<i>Шандаулов А.Х., Хамчиев К.М., Рамазанов А.К., Жумадилов С.С., Жомартова Г.Ж., Ибрайбеков Ж.Г., Ельшина К.А.</i> Влияние высокогорной гипоксии на гемодинамику малого круга кровообращения и показатели красной крови крыс .....	98
<i>Кабиева С.Ж., Мукатаева Ж.М., Ахметова А.А.</i> Прирост морфофункциональных показателей девочек 7–17 лет, проживающих в северных и южных областях Казахстана.....	105
<i>Рахметова А.М., Алишынбекова Г.К., Тусунбекова Г.А.</i> Особенности трудового процесса и оценка условий труда рабочих основных профессий резинотехнического производства.....	111
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....	117

---

# CONTENT

## BIOLOGY

<i>Aipeisova S.A., Utarbaeva N.A., Kazkeev E.T.</i> Useful plants of the flora of Aktobe region .....	8
<i>Kasenov R.Z., Demets O.V., Kartbaeva G.T., Zhumadilov S.S., Bakibayev A.A., Akhmedzhanov R.R.</i> Study of the quantitative yield of betulin from the Kyrgyz birch and synthesis of its phosphorylated derivative .....	13
<i>Romadanova N.V., Karasholakova L.N., Makhmutova I.A., Ishmuratova M.Yu., Kopytkova L.A., Kabulova F.D., Kushnarenko S.V.</i> Preservation of barberry (some species) genetic material in a cryobank .....	20
<i>Kirillov V.Yu.</i> Composition of essential oil of <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik. Review .....	27
<i>Tailakova E.T., Isabek A.U., Kozhabergenov N.S., Mukhami N.N., Strochkov V.M., Sultankulova K.T., Rsaliyev A.S.</i> Development of a polymerase chain reaction method for the diagnosis of the phytopathogenic fungus <i>Zymoseptoria tritici</i> .....	33
<i>Abukenova V.S., Blyalova Zh.Zh., Blyalova M.Zh.</i> The species composition of phytoplankton and phytobenthos of investigated areas of Bookpa river .....	41
<i>Bakhtaulova A.S., Zhakupzhanova M.F., Kambarova A., Janiga M.</i> Determination of salt tolerance of rice ( <i>Oryza sativa</i> ) in irrigated agriculture of Almaty region .....	46
<i>Myrzabaev A.B., Gongalsky K.B., Ibraibekov Zh.G., Brit'ko V.V., Kanafina B.A.</i> The Betpakdala saiga's breeding and sex composition .....	53
<i>Isabek A.U., Tailakova E.T., Shynybekova G.O., Strochkov V.M., Chervyakova O.V.</i> Expression and purification of protein IalB <i>Brucella spp.</i> .....	59
<i>Barmak S.M., Sinyavskiy Yu.A., Berdygaliev A.B., Savitskaya I.S., Sharmanov T.Sh., Mendenhall I.H., Zholdybaeva E.V.</i> Selection of an effective DNA extraction method for the detection of <i>Salmonella</i> by the polymerase chain reaction .....	66
<i>Aidarkhanova G.S., Novak A.P., Imasheva B.S., Tashev A.</i> Assessment of the resources of medicinal herbs in the forests of the Kazakhstan part of Altai and their ecological condition .....	72
<i>Seilkhan A.S., Saibulatova V.B., Atraybaeva R.N., Beisenbaeva M.E., Zhumagul M.Zh.</i> Ecological monitoring of pastures of Kurti rural district of Almaty region .....	80

## MEDICINE

<i>Grebeneva O.V., Rybalkina D.Kh., Shadetova A.Zh., Zhanbasinova N.M., Drobchenko E.A.</i> The combined effect of electromagnetic fields and industrial poisons on the health of employees of an energy enterprise .....	90
<i>Shandaulov A.Kh., Khamchiev K.M., Ramazanov A.K., Zhumadilov S.S., Zhomartova G.Zh., Ibraibekov Zh.G., Elshina K.A.</i> The effect of high-altitude hypoxia on the hemodynamics of the pulmonary circulation and the red blood indices of rats .....	98
<i>Kabieva S.Zh., Mukatayeva Zh.M., Akhmetova A.A.</i> Increase in morphofunctional indicators for girls aged 7–17 living in the northern and southern regions of Kazakhstan .....	105
<i>Rakhmetova A.M., Alshynbekova G.K., Tusupbekova G.A.</i> Specificities of the workflow and evaluation of the working conditions of the working main professions of industrial rubber and technology production .....	111
INFORMATION ABOUT AUTHORS .....	117



S.A. Aipeisova<sup>1</sup>, N.A. Utarbaeva<sup>2</sup>, E.T. Kazkeev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*S. Baishev Aktobe University, Kazakhstan;*

<sup>2</sup>*K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Kazakhstan*  
(E-mail: nurlygul.utarbaeva@mail.ru)

### **Useful plants of the flora of Aktobe region**

In the article the results of long-term studies of useful plants of Aktobe region were presented, which is particularly interesting in terms of the botanical and geographical location. This region is located at the *boundary* between *Europe and Asia*. Seven groups of useful plants were identified: forage, medicinal, food, meadow, technical, ornamental, poisonous. According to the results of research, 876 species, which possess certain properties used by humans, have been identified in the region. It constitutes 59.4 % of the total number of flora species in Aktobe region. It was revealed that the largest number of species are presented in the following groups: medicinal plants — 593 species (40.2 %), forage plants — 428 species (29 %), ornamental — 253 species (17.2 %) of the region's flora. The smallest group are poisonous plants — 114 species. Many species have complex utility value. The most common species are in Aktobe region, such as: *Agropyron cristatum*, *Bromopsis inermis*, *Eremopyrum orientale*, *Festuca valesiaca*, *Phleum phleoides*, *Poa pratensis*, etc. *Agropyron cristatum* and *Secale sylvestre* may be of interest for breeding.

*Keywords:* flora, useful plants, Aktobe region, herbs, technical plants, raw materials.

#### *Introduction*

Aktobe region has an interesting geographical position, located at the junction of Europe and Asia, the boundary of which are the southern spurs of the Urals — the small Mugodzhary Mountains. The region is located on the Caspian lowland in the west, the Ustyurt plateau in the south, the Turan lowland in the southeast, and Mugodzhary in the center from north to south. Most of the region is a plain with heights of 100–200 m, dissected by river valleys; in the middle part are the Mugodzhary Mountains. The western part of Aktobe region is occupied by the Ural Plateau; in the southeast, arrays of hilly sands stretch — Big and Small Badgers. The Turgai Plateau enters the northeast of Aktobe region [1].

The territory of Aktobe region is located in the steppe and desert zones. According to the latest physiographic zoning, it is located within 7 physiographic regions (South Ural, Priuralsk-Turgai, North Caspian, Turgai Central Kazakhstan, South Caspian, Aral-Syrdarya and Mangyshlak-Ustyurt-Krasnovodsk) [2].

Aktobe region is of a particular interest in the botanical and geographical relation as one of the most significant industrial areas of Kazakhstan. Unique steppe communities, Cretaceous massifs, relict forest and marsh tracts in need of protection of flora have been preserved in the region [3]. Strengthening the anthropogenic factor on the environment of the region requires the intensification of work on the preservation of biodiversity and the creation of a system of monitoring the plant world, in particular, inventory and preservation of populations of useful plants of the flora.

#### *Materials and research methods*

The work was carried out on the basis of more than 30-years-old materials collected by the route method, the analysis of herbarium collections in Kazakhstan, as well as the generalization of literature data of the region. There are valuable species as part of any flora. These species have economic use and are promising for use in natural conditions and when introduced into culture.

The allocation of groups of useful plants was carried out by us according to their economic significance on the basis of works devoted to these issues [4–11].

### *Research results and discussion*

Based on the available information on the beneficial properties of the flora species of the region, we identified several groups: forage, herbs, food, meadow, technical, ornamental, poisonous.

As a result of the analysis, 876 species with the properties used by humans have been identified, which is 59.4 % of the total number of species of the region's flora [12].

The largest numbers of species are such groups as: medicinal plants — 593 species (40.2 %). Forage plants are represented by 428 species or 29 % of the total number of species of the region's flora. The group of ornamental plants consists of 253 species of the flora of the region, or 17.2 % of the total number of species. The group of industrial plants includes 208 species (14.1 %).

The group of meadow plants is 238 species, food plants — 141 species, poisonous plants — 114 species. Many species have a complex utility value. Below there is a characteristic of plants by categories of utility.

**Forage plants.** All forage grasses are divided into 4 economic and botanical groups: cereals, legumes, sedge and forbs.

The largest number of forage plants in the flora of Aktobe region is contained in the *Poaceae* family — 90 species or 21 % of the total number of species, forage plants and the *Fabaceae* family — 76 species or 17 %.

In Aktobe region the most abundant species are *Agropyron cristatum*, *Bromopsis inermis*, *Eremopyrum orientale*, *Festuca valesiaca*, *Phleum phleoides*, *Poa pratensis*, etc. *Agropyron cristatum* and *Secale sylvestre* may be of interest for breeding.

High-grade fodder plants of the *Poaceae* family are *Alopecurus pratensis*, *Festuca pratensis*, *Elytrigia repens*, etc. The sedge group includes plants from the family *Cyperaceae* and *Juncaceae* (*Carex diandra*, *Carex riparia*, *Carex vulpina* and *Juncus compressus*).

The most valuable source of the protein component of forage plants is the species of the *Fabaceae* family. In the flowering phase, they contain about 18.4 % of protein, and up to 31.3 % in seeds [5]. In quantitative terms, the following genera dominate in this family: *Astragalus* (29 species), *Trifolium* (8 species), *Lathyrus* (8 species), *Medicago* (6 species).

*Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Trifolium hybridum*, *Medicago falcata*, *Lathyrus pratensis*, *Melilotus albus*, *Melilotus dentatus*, *Melilotus officinalis* are the most valuable feeds.

In the northwest area (Kargaly region) there are large populations of *Melilotus officinalis*, which, in our opinion, are of particular interest for the breeding of forage plants. Also, the genus *Medicago* is of particular interest.

The rational use of natural resources is primarily based on the identification and regulation of stocks of economically beneficial plants. Despite the species diversity of resources, their base in the region remains poorly understood and requires further resource uses.

**Herbs.** In the flora of Aktobe region, 593 herbs are registered, 114 of which are used in official medicine [13, 14].

The largest number of herbs grows in forest pegs and floodplain forests: *Betula pendula*, *Alnus glutinosa*, *Comarum palustre*, *Agrimonia asiatica*, *Crataegus korolkowii*, *Fragaria vesca*, *Fragaria viridis*, *Rosa canina*, *Althaea officinalis*, *Athyrium filix-femina*, *Tussilago farfara* and *Dryopteris filixmas*.

Somewhat fewer species are found in meadows and marshes: *Inula helenium*, *Hypericum perforatum*, *Oxycoccus palustris*, *Sanguisorba officinalis*, *Cynoglossum officinale*, *Plantago maxima*, *Bidens tripartita*, etc.

Herb characteristic of steppe formations includes *Pulsatilla patens*, *Dianthus versicolor*, *Euphorbia subcordata*, *Carduus crispus*, etc. Among medicinal plants there are many weedy species: *Capsella bursa-pastoris*, *Xanthium strumarium*, *Taraxacum officinal*, *Urtica dioica*, *Berteroa incana*.

Therapeutic herbs can be used for the prevention and treatment of a number of diseases. *Helichrysum arenarium*, *Tanacetum vulgare*, *Artemisia absinthium*, *Achillea millefolium* can be used for raw materials. Besides, the territory of Aktobe region is perspective for resource management studies.

**Food plants.** Food plants occupy one of the first places among other foods, being an important source of proteins, carbohydrates, fats, vitamins.

The greatest value among the species in this group are fruit and berry, vegetable and spicy aromatic wild species. Fruit and berry include: *Rubus saxatilis*, *Rubus caesius*, *Padus avium*, *Rosa canina*, *Rosa laxa*, *Rosa*

*majalis, Fragaria vesca, Fragaria viridis, Viburnum opulus, Crataegus korolkowii, Prunus spinosa, Ibrahmus, and Idrasus, Ibrahmus, Ibrahmus sanguinea, Crataegus korolkowii, Prunus virosis, Viburnum opulus, Crataegus sanguinea, Crataegus korolkowii Padus avium, Rubus idaeus, Rosa acicularis.*

A number of herbaceous plants are used as vegetable species: *Allium angulosum, Allium caesium, Urtica dioica, Taraxacum officinal, Cichorium intybus, Sanguisorba officinalis, Rumex acetosa, Rumex confertus, Rumex pseudonatronatus, Stemera confertus, Steumera confertus, Rumex crispus, Rumex pertudonatronatus and Steamer confluentus.*

The aromatic plants include *Mentha piperita, Carum carvi, Daucus carota, Thymus marschallianus, Filipendula ulmaria, Humulus*, etc. Only a small fraction of plants of this group is used by locals.

**Meadow plants.** This group is represented by 238 flora plants, most of which belong to the family *Rosaceae* and *Fabaceae*: *Cerasus fruticosa, Comarum palustre, Cotoneaster melanocarpus, Padus avium, Chamaecytisus ruthenicus, Melilotus albus, Melilotus dentatus, Melampyrum cristatum, Salix hastata.*

In the broad sense, honey plants include plants that produce not only nectar, but also pollen or perga for bees. Usually honey plants are divided into three groups in terms of flowering: spring; summer; late summer and autumn.

Spring honey plants: species of *Betula, Ulmus, Salix, Taraxacum, Viburnum, Populus, Padus, Amygdalus* and other genera.

Running honey plants: *Chamerion angustifolium, Echium vulgare, Filipendula ulmaria, Medicago falcata, Melilotus albus, Melilotus officinalis, Rubus idaeus, Vicia cracca, Vicia tenuifolia, Trifolium hybridum, Trifolium medium, Trifolium pratense, Trifolium repens, Rosa majalis.*

Late summer and autumn honey plants: *Achillea millefolium, Berteroa incana, Origanum vulgare, Bidens tripartita, Odontites vulgaris.*

**Technical plants.** This is a group of plants, parts of which are used as raw materials for various industries.

In our flora, they include 208 plant species (14.1 %). They can be divided into the following subgroups: dyeing, essential oil, spinning, tanning and others.

Dyeing art is one of the oldest art. As soon as a person learned to make fabrics, make leather, make yarn, roll felt, and weave carpets, it became necessary to dye them. The ability to dye fabrics and make leather depended on the development of civilization, which was determined by historical time and natural conditions [15].

Dyeing plants of our flora include: *Betula pendula, Betula pubescens, Atraphaxis frutescens, Rumex confertus, Chelidonium majus, Isatis tinctoria, Genista tinctoria, Impatiens nolitangere.*

**Tanning plants.** By this name, plants are understood to contain special, so-called tannins in the cells, which are used in the manufacture of leather and give it a whole range of valuable technical properties, such as softness, strength, impermeability, color, etc.

In terms of their chemical composition, tannins, which are organic compounds, differ from each other in their possession of the following common features: they all dissolve in water, have astringent, tart taste, are precipitated by the action of glue, alcohol and oxidize to red or brown in air. *Rheum tataricum, Limonium gmelinii, Geranium pratense, Elaeagnus angustifolia* belong to tanning plants.

Essential oil plants are represented by such species as *Mentha longifolia, Nepeta cataria, Origanum vulgare, Chelidonium majus, Prunella vulgaris*, etc.

Spinning plants are presented: *Linum uralense, Linum corymbulosum, Linum perenne, Trachomitum lancifolium.* Other subgroups are represented by: *Humulus lupulus, Dipsacus gmelinii, Anabasis aphylla, Salix caprea, Salix alba*, etc.

**Poisonous plants.** Poisonous plants include: *Hyoscyamus niger, Datura stramonium, Ephedra distachya, Aconitum anthora, Conium maculatum, Hypericum perforatum, Equisetum arvense, Frangula alnus, Ranunculus flammula*, etc.

Poisonous plants are used as insecticides and ratids. Of the plant species growing in the region, these include *Cynoglossum officinale, Lepidium perfoliatum, Chelidonium majus*, etc.

**Ornamental plants.** The flora of the region contains in its composition a large number of species of interest for cultivation. This group is represented in our flora by 253 plant species (17.2 %). Only a small part of wild plants is used by local people in garden plots and front gardens. These include *Ulmus grabra, Betula pendula, Hesperis sibirica, Rosa majalis*, etc.

For flowering plants that are promising for use in culture are *Anemone sylvestris, Dianthus borbasii, Calystegia sepium, Pulsatilla patens, Filipendula ulmaria, Gladiolus imbricatus, Ixiolirion tataricum*, etc.

### Conclusion

The rational use of natural resources is primarily based on the identification and regulation of stocks of economically beneficial plants. Despite the species diversity of resources, their base in Aktobe region requires further resource studies.

### References

- 1 Энциклопедия «Актобе». — Актобе: Озат, 2003. — 25 с.
- 2 Гельдыева Г.В. Ландшафты Казахстана: учеб. пос. / Г.В. Гельдыева, Л.К. Веселова. — Алма-Ата: Ғылым, 1992. — 175 с.
- 3 Айпеисова С.А. Редкие исчезающие растения Актюбинской области: учеб. пос. / С.А. Айпеисова. — Актобе: Думан, 2011. — 5 с.
- 4 Рубцов Н.И. Дикорастущие лекарственные, технические и пищевые растения Западного Казахстана: учеб. пос. / Н.И. Рубцов. — Алматы: Полиграф-книга, 1934. — 32 с.
- 5 Павлов Н.В. Дикие полезные и технические растения СССР: учеб. пос. / Н.В. Павлов. — М.: Изд-во Госплана, 1942. — 642 с.
- 6 Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР: моногр.: в 3-х т. — Т. 3 / И.В. Ларин, Ш.М. Агабабян, Т.А. Работнов и др.; под общ. ред. М.Н. Касименко. — Л.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, 1950. — 400 с.
- 7 Ларин И.В. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР: моногр.: в 2-х т. — Т.1 / И.В. Ларин; под общ. ред. И.В. Ларина. — М.; Л.: Сельхозгиз, 1957. — 879 с.
- 8 Кукенов М.К. Рациональное использование ресурсов лекарственных растений Казахстана / М.К. Кукенов // Изучение лекарственных растений Казахстана: материалы междунар. науч.-практ. конф. — Алма-Ата, 1988. — С. 5–12.
- 9 Кукенов М.К. Ботаническое ресурсосведение Казахстана: учеб. пос. / М.К. Кукенов. — Алматы: Ғылым, 1999. — 160 с.
- 10 Ларин И.В. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство: учеб. пос. / И.В. Ларин, А.Ф. Иванов, П.Л. Бегучеев и др. — Л.: Агропромиздат, 1990. — 600 с.
- 11 Дикорастущие полезные растения России / под ред. А.Л. Буданцева, Е.Е. Лесиовской. — СПб.: Изд-во СПХФА, 2001. — 664 с.
- 12 Айпеисова С.А. Ақтөбе облысының жабайы өсетін пайдалы өсімдіктері / С.А. Айпеисова. — Ақтөбе, 2017. — 199 б.
- 13 Государственная фармакопея СССР. Общая методика анализа. Лекарственное растительное сырье. — М.: Медицина, 1990. — 398 с.
- 14 Государственный реестр лекарственных средств. — М.: Медицина, 2000. — 1202 с.
- 15 Королюк Е.А. Красильные растения Алтая и сопредельных территорий / Е.А. Королюк // Химия растительного сырья: материалы междунар. науч.-практ. конф. — Алматы, 2003. — С. 101–135.

С.А. Айпеисова, Н.А. Утарбаева, Е.Т. Казкеев

### Ақтөбе облысы флорасының пайдалы өсімдіктері

Мақалада Еуропа мен Азияның қиылысында орналасқан ботаникалық және географиялық орналасуымен ерекше қызығушылық тудыратын Ақтөбе облысының пайдалы өсімдіктерінің ұзақмерзімді зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Пайдалы өсімдіктердің 7 тобы анықталды: жемшөп, дәрілік, азық-түлік, балжинаушы, техникалық, сәндік, улы. Зерттеу нәтижелері бойынша Ақтөбе облысындағы белгілі бір қасиетке ие адамдар пайдаланатын 876 өсімдік түрлері жалпы санының 59,4 %-ын құрайтыны анықталды. Саны бойынша ең көп түрлер топтары: дәрілік өсімдіктер — 593 түр (40,2 %), жемдік өсімдіктер — 428 (29,0 %), сәндік өсімдіктер — облыстың флорасының 253 түрі, немесе түрлердің жалпы санының 17,2 %; ең азы — зиянды өсімдіктердің тобы — 114 түр екені анықталды. Көптеген түрлердің пайдалы маңыздылығы зор. Ақтөбе облысында ең көп таралғандар қатарында *Agropyron cristatum*, *Bromopsis inermis*, *Eremopyrum orientale*, *Festuca valesiaca*, *Phleum phleoides*, *Poa pratensis* және тағы басқа түрлер. Селекциялық мақсатта *Agropyron cristatum* және *Secale sylvestre* қызығушылық тудыруы мүмкін.

*Кілт сөздер:* пайдалы өсімдіктер флорасы, Ақтөбе облысы, дәрілік өсімдіктер, техникалық өсімдіктер, шикізат.

С.А. Айпеисова, Н.А. Утарбаева, Е.Т. Казкеев

## Полезные растения флоры Актюбинской области

В статье приведены результаты многолетних исследований полезных растений Актюбинской области, представляющей особый интерес в ботанико-географическом отношении и расположенной на стыке Европы и Азии. Были определены 7 групп полезных растений: кормовые, лекарственные, пищевые, медоносные, технические, декоративные, ядовитые. По результатам исследований на территории региона установлено 876 видов, обладающих теми или иными свойствами, используемыми человеком, составившими 59,4 % от общего числа видов флоры Актюбинской области. Выявлено, что наибольшее количество видов представляют группы: лекарственных растений — 593 видов (40,2 %), кормовые растения — 428 (29,0 %), декоративные — 253 вида флоры региона, или 17,2 % от общего числа видов, а наименьшим группа ядовитых растений составляет 114 видов. Многие виды имеют комплексное значение по полезности. Наиболее обильны на территории Актюбинской области такие виды, как *Agropyron cristatum*, *Bromopsis inermis*, *Eremopyrum orientale*, *Festuca valesiaca*, *Phleum phleoides*, *Poa pratensis* и др. Интерес для селекционных работ могут представлять *Agropyron cristatum* и *Secale sylvestre*.

**Ключевые слова:** флора, полезные растения, Актюбинская область, лекарственные растения, технические растения, сырье.

### References

- 1 *Entsiklopediia «Aktobe» [Encyclopedia «Aktobe»]*. (2003). Aktobe: Ozat [in Russian].
- 2 Geldyeva, G.V. & Veselova, L.K. (1992). *Landshafty Kazakhstana [Landscapes of Kazakhstan]*. Alma-Ata: Hylym [in Russian].
- 3 Aipeisova, S.A. (2011). *Redkie ischezaiushchie rasteniia Aktiubinskoi oblasti [Rare endangered plants of Aktobe region]*. Aktobe: Duman [in Russian].
- 4 Rubtsov, N.I. (1934). *Dikorastushchie lekarstvennyye, tekhnicheskiiye i pishchevyye rasteniia Zapadnoho Kazakhstana [Wild medicinal, technical and food plants of Western Kazakhstan]*. Almaty: Polygraph-book [in Russian].
- 5 Pavlov, N.V. (1942). *Dikie poleznye i tekhnicheskiiye rasteniia SSSR [Wild useful and technical plants of the Union of Soviet Socialist Republics]*. Moscow: Izdatelstvo Gosplana [in Russian].
- 6 Larin, I.V., Agababian, Sh.M., & Rabotnov, T.A. et al. (1950). *Kormovyye rasteniia senokosov i pastbishch SSSR [Forage plants for hayfields and pastures of the Union of Soviet Socialist Republics]*. M.N. Kasimenko (Ed.). (Vols. 1–3). Leningrad: Izdatelstvo selskokhoziaistvennoi literatury [in Russian].
- 7 Larin, I.V. (1957). *Kormovyye rasteniia senokosov i pastbishch SSSR [Forage plants for hayfields and pastures of the Union of Soviet Socialist Republics]*. I.V. Larin (Ed.). Moscow – Leningrad: Selkhozizd [in Russian].
- 8 Kukenov, M.K. (1988). *Ratsionalnoe ispolzovanie resursov lekarstvennykh rastenii Kazakhstana. [Rational use of resources of medicinal plants of Kazakhstan]*. Proceedings from The study of medicinal plants of Kazakhstan: *Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia — International scientific and practical conference* (p. 5–12). Almaty [in Russian].
- 9 Kukenov, M.K. (1999). *Botanicheskoe resursovedenie Kazakhstana [Botanical Resource Studies of Kazakhstan]*. Almaty: Gylym [in Russian].
- 10 Larin, I.V., Ivanov, A.F., & Begucheyev, P.L. et al. (1990). *Luhovodstvo i pastbishchnoe khoziaistvo [Grassland and pasture farming]*. Leningrad: Agropromizdat [in Russian].
- 11 Budantsev, A.L., & Lesiovskaia, E.E. (Eds.). (2001). *Dikorastushchie poleznye rasteniia Rossii [Wild useful plants of Russia]*. Saint Petersburg: ID SPHFA [in Russian].
- 12 Aipeisova, S.A. (2017). *Aktobe oblysynyn zhabaiy osetin paidaly osimdikteri [Wild useful plants of Aktobe region]*. Aktobe: Duman [in Kazakh].
- 13 *Hosudarstvennaia farmakopeia SSSR. Obshchaia metodika analiza. Lekarstvennoe rastitelnoe syre [State Pharmacopoeia of the USSR. General method of analysis. Medicinal plant materials]* (1990). Moscow: Meditsina [in Russian].
- 14 *Hosudarstvennyi reestr lekarstvennykh sredstv [State register of medicines]* (2000). Moscow: Meditsina [in Russian].
- 15 Koroliuk, E.A. (2003). *Krasilnye rasteniia Altaia i sopredelnykh territorii [Dyeing plants of Altai and adjacent territories]*. Proceedings from Chemistry of plant materials: *Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia — The international scientific and practical conference* (p. 101–135). Almaty [in Russian].

Р.З. Касенов<sup>1</sup>, О.В. Демец<sup>1</sup>, Г.Т. Картбаева<sup>2</sup>, С.С. Жумадилов<sup>2</sup>,  
А.А. Бакибаев<sup>3</sup>, Р.Р. Ахмеджанов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский государственный технический университет, Казахстан;

<sup>2</sup>Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Казахстан;

<sup>3</sup>Томский государственный университет, Россия;

<sup>4</sup>Томский государственный педагогический университет, Россия  
(E-mail: sweets7@mail.ru)

## Исследование количественного выхода бетулина из березы киргизской и синтез его фосфорилированного производного

В статье изучена зависимость количественного выхода бетулина из березы киргизской от продолжительности экстракции и концентрации водного раствора щелочи; синтез на основе выделенного бетулина нового фосфорилированного производного; определение с помощью компьютерного прогнозирования биологической активности полученного соединения. Для того, чтобы проследить зависимость выхода бетулина от времени и концентрации раствора щелочи, был проведен ряд опытов. Для этого бересту измельчали и сушили до постоянного веса. Для экспериментов брали одинаковое количество бересты, используя для экстракции бутиловый спирт и щелочь различной концентрации. Для разной серии опытов продолжительность экстракции составляла 2, 3 и 4 ч соответственно. Были получены экспериментальные данные о выходе бетулина в зависимости от времени и концентрации раствора щелочи. Температура плавления выделенного вещества составляла 243 °С. Бетулин идентифицировали с помощью тонкослойной хроматографии и сравнивали со стандартным образцом. Вещество анализировали методами инфракрасной спектроскопии в таблетках КВг и высокоэффективной жидкостной хроматографии. В Фурье-спектрометре ФСМ-1201 с помощью характеристических частот полос поглощения было определено наличие в молекуле различных групп атомов и связей, характерных для бетулина. Хроматографическое исследование образца проводилось с помощью газового хроматографа Agilent 7890А с масс-селективным детектором 5975 inert XL. Проведена реакция фосфорилирования бетулина. Проведен физико-химический анализ синтезированного соединения. С помощью компьютерной программы PASS проведено компьютерное прогнозирование его биологической активности.

*Ключевые слова:* береза киргизская, береста, экстракция, бетулин, бутиловый спирт, щелочь, ИК-спектроскопия, газовый хроматограф, тонкослойная хроматография, фосфорилирование, компьютерное биопрогнозирование.

### Введение

Изучив научную литературу, посвященную выделению бетулина из различных видов берез, таких как *Betula pubescenz*, *Betula pendula*, *Betula alba* и другие, авторы пришли к следующему выводу, что работы по изучению химического состава березы киргизской (*Betula kirghisorum*), эндемичного растения флоры Казахстана, не проводились. В данной работе мы преследовали следующие цели: 1) исследовать зависимость количественного выхода бетулина из березы киргизской от продолжительности экстракции и концентрации водного раствора щелочи; 2) получить на основе выделенного бетулина новые фосфорсодержащие производные; 3) определить с помощью компьютерного прогнозирования биологическую активность полученных соединений.

Новые результаты, полученные в настоящем исследовании, представляют собой несомненный научный и практический интерес.

Береза киргизская произрастает на сравнительно небольшой территории Республики Казахстан. По литературным данным, она встречается на территории Наурзумского государственного природного заповедника и Каркаралинского государственного национального природного парка [1, 2]. Она является эндемичным растением.

Ранее нами был получен из березы киргизской бетулин, который был идентифицирован с помощью ИК-спектроскопии и по данным ВЭЖХ.

В последнее время наблюдается неуклонно растущий интерес к бетулину и его производным, обусловленный широким спектром биологической активности этих соединений [3, 4]. Доказано, что бетулин и ряд его производных обладают антиоксидантными, противовоспалительными, антисептическими, гепатопротекторными свойствами [5, 6], также производные бетулина проявляют анти-ВИЧ

активность [7, 8]. На основе бетулина синтезированы перспективные фармацевтические препараты с противоопухолевой и антивирусной активностью.

#### Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Экстракцию *Betula kirghisorum* проводили по известной методике [9]. В исследовании использовали внешнюю часть коры березы (бересту). Бересту измельчали до частиц размером 5–8 мм, сушили при 100 °С до постоянного веса. Далее проводили 3 серии экспериментов.

Первая серия: в четыре одинаковые колбы объемом 500 мл помещали по 10 г высушенной, измельченной бересты, затем в первую колбу прилили 15 %-ный раствор гидроксида натрия и 250 мл бутанола, во вторую колбу 20 %-ный раствор гидроксида натрия и 250 мл бутанола, в третью — 25 %-ный раствор гидроксида натрия и 250 мл бутанола, в четвертую — 30 %-ный раствор гидроксида натрия и 250 мл бутанола. Каждую колбу снабдили обратным холодильником и мешалкой, кипятили в течение 2 ч. Затем, после прекращения кипения, реакционная масса расслаивалась на два слоя: верхний слой — раствор бетулина в бутаноле, нижний слой представлял собой темно-коричневую вязкую массу гидрогенизированной бересты. Далее, отделив верхнюю часть, ее упаривали досуха на роторном испарителе. К остатку приливали воду. Затем отфильтровывали, остаток на фильтре промывали дистиллированной водой до нейтральной среды и высушивали.

Вторая серия экспериментов была проведена аналогично, однако время экстракции увеличили до 3 ч. В третьей серии экспериментов время экстракции составляло 4 ч.

Выход бетулина, выделенного из бересты, гидролизованной в водном растворе гидроксида натрия, в зависимости от концентрации щелочи и продолжительности гидролиза в присутствии бутанола, приведен в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Данные о выходе бетулина, экстрагируемого бутанолом из бересты березы киргизской, гидролизованной в присутствии гидроксида натрия

Концентрация NaOH, %	Длительность гидролиза бересты бутанолом, ч		
	2	3	4
Выход бетулина при экстракции бутанолом, % от аб.с.б.			
15	2,9	4,9	2,5
20	6,5	10,9	5,9
25	5,9	7,6	5,5
30	3,9	5,2	2,7

Как видно из данных таблицы 1, максимальный выход бетулина наблюдается при гидролизе бересты в 20 %-ном растворе щелочи в течение 3 ч.

Все образцы бетулина, извлекаемые бутанолом из бересты, гидролизованной в присутствии гидроксида натрия после перекристаллизации из этанола, представляют собой порошки белого цвета с температурой плавления 243 °С.

Полученные вещества идентифицировали с помощью тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинах Silufol с использованием элюирующих систем: бензол : хлористый метилен : этиловый спирт = 5:5:1. Детектирование пятен осуществляли 10%-ным раствором фосфорномолибденовой кислоты с последующим нагреванием пластины в течение 3–4 мин. Вещества сравнивали с образцом бетулина, предоставленного сотрудниками лаборатории органического синтеза Томского государственного университета. Хроматограмма показала, что образец и исследуемое вещество идентичны. Далее полученное нами вещество анализировали с помощью ИК-спектрокопии и высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Регистрацию ИК-спектров проводили на Фурье-спектрометре марки ФСМ–1201, в диапазоне длин волн 500–4000 см<sup>-1</sup> в таблетках бромида калия (рис. 1).

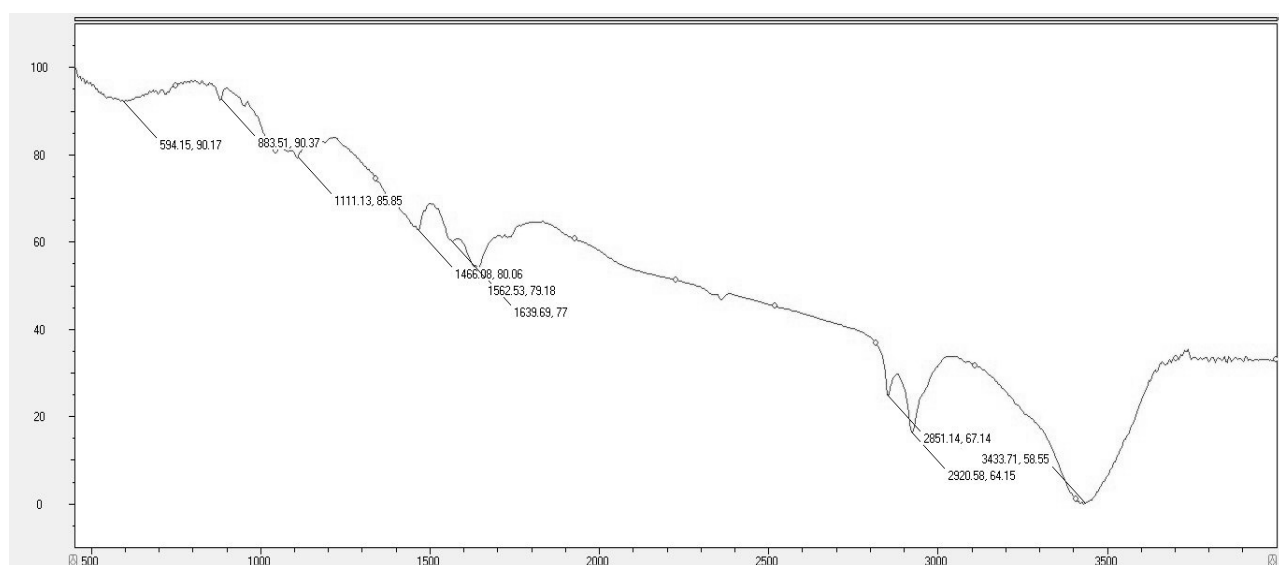
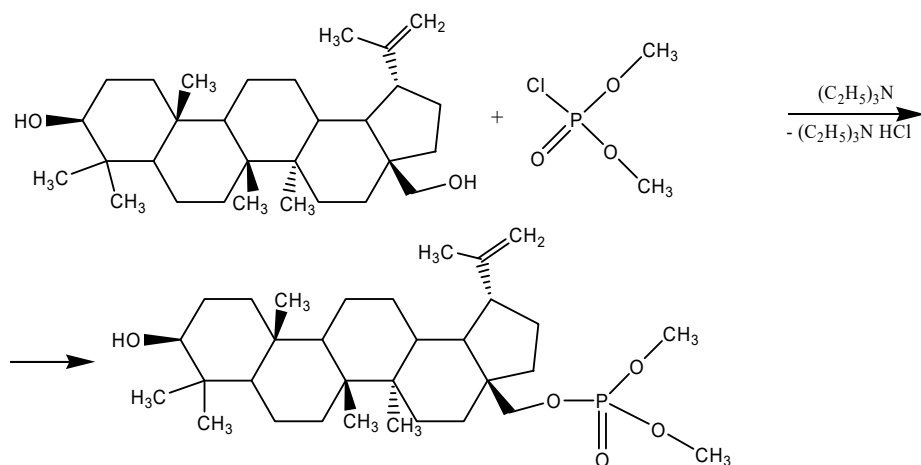


Рисунок 1. ИК-спектр образца бетулина

С помощью характеристических частот полос поглощения было определено наличие в молекуле различных групп атомов и связей, характерных для молекулы бетулина (рис. 1). Были идентифицированы полосы поглощения, характерные для следующих групп атомов: имеется широкая полоса поглощения, принадлежащая валентным колебаниям гидроксильных групп, при  $3433 \text{ см}^{-1}$ ; валентные колебания, характерные для C–H групп лупанового скелета, при  $2920$  и  $2851 \text{ см}^{-1}$ ; валентные колебания двойной связи C=C при  $1639 \text{ см}^{-1}$ ; деформационные колебания  $\text{CH}_2$  групп наблюдаются при  $1466 \text{ см}^{-1}$ ; валентные колебания C–O группы наблюдаются при  $1111 \text{ см}^{-1}$ ; деформационные колебания  $\text{CH}_3$  групп — при  $883 \text{ см}^{-1}$ . Сравнение ИК-спектра полученных образцов с ИК-спектрами, приведенными в различных источниках, позволяет сделать заключение, что полученные нами образцы — бетулин.

Следующая часть работы посвящена разработке методов синтеза на основе природного тритерпеноида бетулина новых биологически активных фосфорсодержащих производных. Преимуществами фосфорсодержащих производных бетулина являются высокая растворимость в воде, высокая биодоступность и благоприятная биотрансформация в организме человека и животных [10].

Синтез фосфорилированных производных бетулина проводили по следующей методике: в двухгорлую колбу, снабженную мешалкой и обратным холодильником, поместили  $0,8 \text{ г}$  ( $0,01 \text{ М}$ ) бетулина,  $1,6 \text{ г}$  ( $0,01 \text{ М}$ ) триэтиламина и при нагревании растворили в  $40 \text{ мл}$  бензола. В эту смесь добавили  $0,6 \text{ мл}$  ( $0,01 \text{ М}$ ) диметилхлорфосфата. Реакцию проводили при температуре  $75 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение  $6 \text{ ч}$  при непрерывном перемешивании. После упаривания растворителя выпал осадок белого цвета. Присоединение фосфорсодержащего фрагмента к молекуле бетулина происходит по следующей схеме:





Ход реакции контролировали с помощью тонкослойной хроматографии. Полученное вещество анализировали методами ИК-спектроскопии (рис. 2). По данным ИК-спектроскопии, наряду с полосами поглощения, характерных для бетулинового фрагмента, были идентифицированы полосы поглощения, характерные для групп Р–О–СН<sub>3</sub> при 1195 см<sup>-1</sup> и Р=О при 1280 см<sup>-1</sup>.

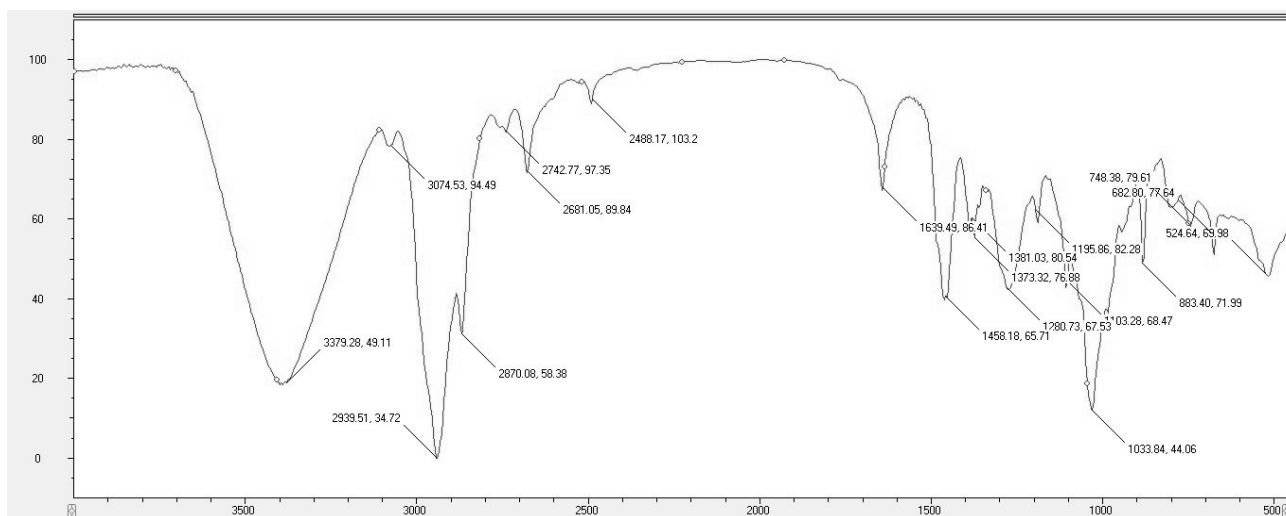


Рисунок 2. ИК-спектр фосфорилированного производного бетулина

Для хроматографического исследования продукта использовался газовый хроматограф Agilent 7890А с масс-селективным детектором 5975 inert XL. По данным хроматографического анализа также выявлено наличие фосфорного фрагмента в полученном веществе (рис. 3).

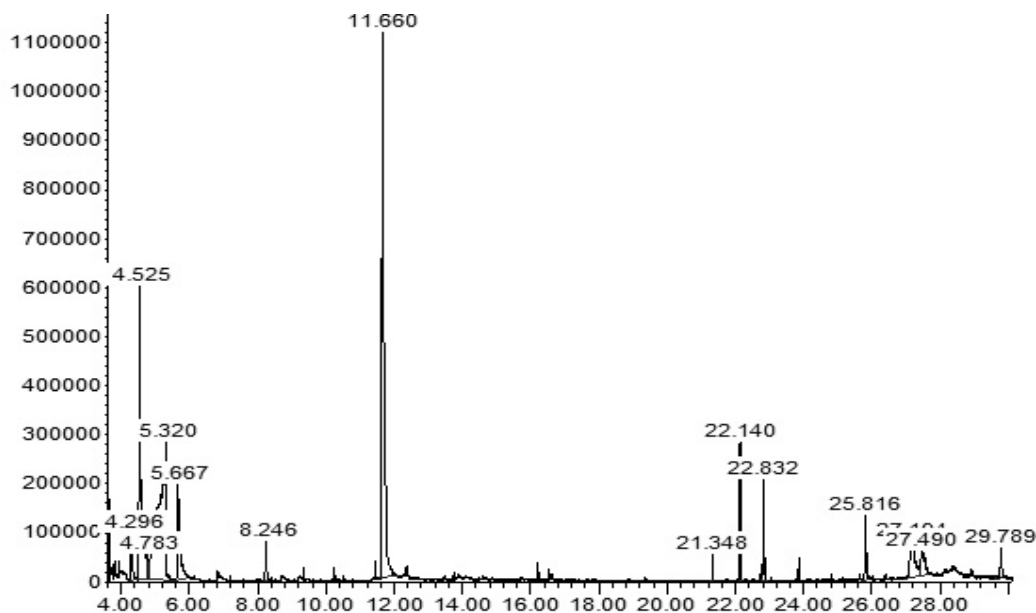


Рисунок 3. Хромато-масс-спектр фосфорилированного производного бетулина

Таким образом, по данным ИК- и хромато-масс-спектроскопии установлено, что реакция присоединения фосфатных групп к молекуле бетулина происходит в положении С-28.

Синтезированное фосфорилированное производное бетулина проанализировали с помощью компьютерной программы PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) — прогноз спектров биологической активности органических соединений, основанной на анализе взаимосвязей «структура – активность» с использованием обучающей выборки, содержащей большое количество разнородных химических соединений с различными видами биологической активности (табл. 2). Использование PASS

позволяет уже на ранних стадиях исследования отобрать из возможных веществ те, которые могут обладать желательными видами биологической активности [11].

Т а б л и ц а 2

**Прогноз спектров биологической активности фосфорилированного производного бетулина**

$P_a$	$P_i$	Активность
0,92	0,001	Транскрипционный фактор NF-κB
0,92	0,001	Стимулятор транскрипционного фактора
0,89	0,005	Противоопухолевая
0,85	0,004	Антипротозойная (лейшмания)
0,83	0,004	Каспаза 3 стимулятор
0,82	0,004	Гепатопротекторная
0,79	0,002	Каспаза 8 стимулятор
0,78	0,004	Противоопухолевые препараты (меланома)
0,77	0,035	Ингибитор CDP-глицерол-глицерофосфотрансферазы
0,73	0,005	Противоопухолевые препараты (рак легких)
0,73	0,013	Иммунодепрессант
0,73	0,012	Агонист апоптоза
0,72	0,009	Ингибитор фосфатазы
0,68	0,005	Противоопухолевый (колоректальный рак)
0,70	0,027	Маннотетраозный ингибитор 2-альфа-N-ацетилглюкозаминилтрансферазы
0,67	0,006	Противоопухолевый (рак толстой кишки)
0,66	0,006	Ингибитор экспрессии AR
0,65	0,005	Лечение заболеваний печени
0,64	0,004	Противоопухолевая (рак яичников)
0,63	0,009	Ингибитор бета-глюкуронидазы
0,68	0,052	Противоэземная

Таким образом, судя по компьютерному прогнозированию, от синтезированного нами фосфорилированного производного бетулина с большей долей вероятности можно ожидать следующие виды активности: 1) транскрипционный фактор NF-κB (ядерный фактор «каппа-би» — универсальный фактор транскрипции, контролирующей экспрессию генов иммунного ответа, апоптоза и клеточного цикла. Нарушение регуляции NF-κB вызывает воспаление, артроз, артрит, а также развитие вирусных инфекций и рака; 2) антипротозойную активность; 3) гепатопротекторную активность и т.д.

#### Выводы

Впервые проведено исследование зависимости количественного выхода бетулина из березы киргизской от продолжительности экстракции и концентрации водного раствора щелочи. Выделение бетулина осуществлялось методом экстракции из бутилового спирта, гидролизованного в водном растворе щелочи. Бетулин идентифицировали методом ТСХ на пластинах Silufol и анализировали с использованием методов ИК-спектрокопии, газовой хроматографии. В качестве стандарта использовался образец, предоставленный учеными Томского государственного университета РФ. С помощью характеристических частот поглощения в ИК-спектре было определено наличие в соединении различных групп атомов и связей, характерных для молекулы бетулина.

Впервые синтезировано фосфорилированное производное бетулина, а также установлено, что реакция присоединения фосфатной группы к молекуле бетулина происходит в положении С –28.

С помощью компьютерной программы PASS проведено компьютерное прогнозирование биологической активности синтезированного производного бетулина.

#### Список литературы

1 Сайт Каркаралинского государственного национального природного парка. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://karkaralinsk-park.ru>

- 2 Сайт Наурзумского государственного заповедника. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.old.unesco.kz>
- 3 Кислицын А.Н. Экстрактивные вещества бересты: выделение, состав, свойства, применение / А.Н. Кислицын // Химия древесины. — 1994. — № 3. — С. 3–28.
- 4 Толстиков Г.А. Бетулин и его производные. Химия и биологическая активность / Г.А. Толстиков, О.Б. Флехтер, Э.Э. Шульц и др. // Химия в интересах устойчивого развития. — 2005. — № 13. — С. 1–13.
- 5 Matsuda H. Hepatoprotective, superoxide scavenging and antioxidative activities of aromatic constituents from the bark of *Betula platyphylla* var. *japonica* / H. Matsuda, A. Ishikado, N. Nishida // Bioorganic & Medicinal Chemistry Letter. — 1998. — Vol. 8. — P. 2939–2944.
- 6 Urban M. Synthesis of A-Seco Derivatives of Betulinic Acid with Cytotoxic Activity / M. Urban // Journal of Natural Products. — 2004. — Vol. 67. — P. 1100–1105.
- 7 Кузнецова С.А. Изучение состава этанольного экстракта березы и его токсико-фармакологических свойств / С.А. Кузнецова, Г.П. Скворцова, Г.С. Калачева, И.А. Зайбель, О.В. Ханчич // Химия растительного сырья. — 2010. — № 1. — С. 137–141.
- 8 Evers M. Betulinic acid derivatives: A new class of human immunodeficiency virus type 1 specific inhibitors with a new mode of action / M. Evers, C.F. Poujade, Soler et al. // J. Med. Chem. — 1996. — Vol. 39. — P. 1056–1068.
- 9 Левданский В.А. Экстракция бетулина алифатическими спиртами С3–С4 из бересты березы, гидролизованной в водном растворе щелочи / В.А. Левданский, А.В. Левданский // Химия растительного сырья. — 2014. — № 1. — С. 131–137.
- 10 Толстиков И.Г. Терпеноиды ряда лупана — биологическая активность и фармакологические перспективы / И.Г. Толстиков, И.В. Сорокина, Г.А. Толстиков и др. // Биоорганическая химия. — 2006. — № 1. — С. 42–55.
- 11 Филимонов Д.А. Прогноз спектра биологической активности органических соединений / Д.А. Филимонов, В.В. Поройков // Журн. Рос. хим. общ-ва им. Д.И. Менделеева. — 2006. — № 2.

Р.З. Касенов, О.В. Демец, Г.Т. Картбаева, С.С. Жумадилов,  
А.А. Бакибаев, Р.Р. Ахмеджанов

### **Кыргыз кайыңының қабығынан бетулиннің сандық шығымын зерттеу және оның фосфорлы туындысын алу**

Мақалада қыргыз кайыңынан бетулиннің сандық шығымының экстракция ұзақтығына және сілтінің сулы ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі; алынған бетулиннің негізінде жаңа фосфорланған туынды алу; алынған қосылыстың биологиялық белсенділігін компьютерлік болжау арқылы анықтау зерттелді. Бетулин шығымының уақытқа және сілті ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігін бақылау үшін тәжірибелер қатары жүргізілді. Ол үшін қабық үгітіліп, тұрақты температураға дейін кептірілді. Экстракцияға қажет бутил спиртінің және сілтінің әртүрлі концентрацияларын пайдаланып, тәжірибелер үшін қабықтың бірдей мөлшерлері алынды. Тәжірибелердің әр қатары үшін экстракция ұзақтығы 2, 3 және 4 сағ құрады. Бетулиннің шығымының уақытқа және сілтінің концентрацияларына тәуелділігі туралы мәліметтер алынды. Бөлінген заттың қайнау температурасы 243 °C құрады. Бетулин жұқақабатты хроматография әдісімен анықталды және стандартты үлгімен салыстырылды. Зат КВг таблеткасында инфрақызыл спектроскопия және газды хроматография әдістерімен талданды. ФСМ-1201 Фурье спектрометрінде жұтылу жолақтарының сипаттамалық жиіліктерінің көмегімен молекулада бетулинге тән атомдардың әртүрлі топтарының және байланыстырдың бар екендігі анықталды. Үлгіні хроматографиялық талдау 5975 inert XL масс-селективті детекторлы Agilent 7890A газды хроматографының көмегімен жүргізілді. Бетулинді фосфорлау реакциясы жүргізілді. Алынған қосылысқа физика-химиялық талдау жасалды. PASS компьютерлік бағдарламасының көмегімен оның биологиялық белсенділігіне компьютерлік болжау өткізілді.

*Кілт сөздер:* қыргыз кайыңы, қабық, экстракция, бетулин, бутил спирті, сілті, ИҚ-спектроскопия, газды хроматография, жұқақабатты хроматография, фосфорлау, компьютерлік болжау.

R.Z. Kasenov, O.V. Demets, G.T. Kartbaeva, S.S. Zhumadilov,  
A.A. Bakibayev, R.R. Akhmedzhanov

### **Study of the quantitative yield of betulin from the Kyrgyz birch and synthesis of its phosphorylated derivative**

In the article the dependence of the quantitative yield of betulin from Kyrgyz birch on the duration of extraction and the concentration of an aqueous solution of alkali; synthesis based on isolated betulin new phosphorylated derivative; determination using computer prediction of the biological activity of the obtained compound are examined. In order to trace the dependence of the betulin yield on the time and concentration of the alkali solution, a series of experiments were carried out. To do this, the bark was crushed and dried to constant weight.

For the experiments, we took the same amount of birch bark, using for extraction butyl alcohol and alkali for varying concentrations. For a different series of experiments, the duration of extraction was 2, 3, and 4 hours. Experimental data were obtained on the yield of betulin, depending on the time and concentration of the alkali solution. The melting point of the isolated substance was 243 °C. Betulin was identified by thin layer chromatography and compared with a standard sample. The substance was analyzed by infrared spectroscopy methods in KBr tablets and high-performance liquid chromatography. In the Fourier spectrometer FSM-1201, the characteristic frequencies of absorption bands were used to determine the presence of various groups of atoms and bonds characteristic of betulin in a molecule. Chromatographic study of the sample was carried out using an Agilent 7890A gas chromatograph with a mass selective detector 5975 inert XL. The reaction of phosphorylation of betulin was carried out. The physicochemical analysis of the synthesized compound was carried out. Using the PASS computer program, computer prediction of its biological activity was performed.

*Keywords:* Kyrgyz birch, birch bark, extraction, betulin, butyl alcohol, alkali, IR spectroscopy, gas chromatography, thin-layer chromatography, phosphorylation, computer bio-programming.

## References

- 1 Sait Karkaralinskoho hosudarstvennogo natsionalnogo prirodnogo parka [Site of Karkaraly State National Natural Park]. *karkaralinsk-park.ru*. Retrieved from: <https://karkaralinsk-park.ru> [in Russian].
- 2 Sait Naurzumskoho hosudarstvennogo zapovednika [Site of Naurzum State Reserve]. *old.unesco.kz*. Retrieved from: <https://www.old.unesco.kz> [in Russian].
- 3 Kislitsyn, A.N. (1994). Ekstraktivnye veshchestva beresty: vydelenie, sostav, svoistva, primeneniye [Birch bark extractives: isolation, composition, properties, application]. *Khimiia drevesiny — Wood Chemistry*, 3, 3–28 [in Russian].
- 4 Tolstikov, G.A., Flekhter, O.B., & Shults, E.E. (2005). Betulin i eho proizvodnye. Khimiia i biolohicheskaia aktivnost [Betulin and its derivatives. Chemistry and Biological Activity]. *Khimiia v interesakh ustoichivogo razvitiia — Chemistry for sustainable development*, 13, 1–13 [in Russian].
- 5 Matsuda, H., Ishikado, A., & Nishida, N. (1998). Hepatoprotective, superoxide scavenging and antioxidative activities of aromatic constituents from the bark of *Betula platyphylla* var. *japonica*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letter*, 8, 2939–2944.
- 6 Urban, M. (2004). Synthesis of A-Seco Derivatives of Betulinic Acid with Cytotoxic Activity. *Journal of Natural Products*, 67, 1100–1105.
- 7 Kuznetsova, S.A., Skvortsova, G.P., Kalacheva, G.S., Zaibel, I.A., & Khanchich, O.V. (2010). Izuchenie sostava etanolnogo ekstrakta berezy i eho toksiko-farmakolohicheskikh svoistv [The study of the composition of ethanol extract of birch and its toxic-pharmacological properties]. *Khimiia rastitelnoho syria — Chemistry of plant materials*, 1, 137–141 [in Russian].
- 8 Evers, M., Poujade, C.F. & Soler, F. (1996). Betulinic Acid Derivatives: A new class of human immunodeficiency virus type 1 specific inhibitors with a new mode of action. *J. Med. Chem*, 39, 1056–1068.
- 9 Levanskii, V.A., & Levanskii, A.V. (2014). Ekstraksiia betulina alifaticeskimi spirtami C3–C4 iz beresty berezy, hidrolizovannoi v vodnom rastvore shchelochi [Extraction of betulin aliphatic alcohols C3–C4 from birch bark, hydrolyzed in an aqueous solution of alkali]. *Khimiia rastitelnoho syria — Chemistry of plant materials*, 1, 131–137 [in Russian].
- 10 Tolstikov, I.G., Sorokina, I.V., & Tolstikov, G.A. (2006). Terpenoidy riada lupana — biolohicheskaia aktivnost i farmakolohicheskie perspektivy [Terpenoids of the Lupan series — biological activity and pharmacological perspectives]. *Bioorganicheskaiia khimiia — Bioorganic chemistry*, 1, 42–55 [in Russian].
- 11 Filimonov, D.A., & Poroikov, V.V. (2006). Prohnoz spektra biolohicheskoi aktivnosti orhanicheskikh soedinenii [Prediction of the spectrum of biological activity of organic compounds]. *Zhurnal Rossiiskogo khimicheskogo obshchestva imeni D.I. Mendeleeva — Journal of the Russian Chemical Society named after D.I. Mendeleev*, 2 [in Russian].

Н.В. Ромаданова<sup>1</sup>, Л.Н. Карашолакова<sup>1, 2</sup>, И.А. Махмутова<sup>1</sup>, М.Ю. Ишмуратова<sup>3</sup>,  
Л.А. Копыткова<sup>4</sup>, Ф.Д. Кабулова<sup>5</sup>, С.В. Кушнарченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии и биотехнологии растений КН МОН РК, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Казахстан;

<sup>4</sup>АО «Лесной питомник», п. Актогай, Алматинская область, Казахстан;

<sup>5</sup>Самаркандский государственный университет им. Алишера Навои, Узбекистан  
(E-mail: nata\_romadanova@mail.ru)

## Сохранение генетического материала некоторых видов барбариса в криобанке

В результате работ по введению в культуру *in vitro* и микроклональному размножению создана коллекция *in vitro* растений барбариса, состоящая из 41 образца. Полученная коллекция *in vitro* заложена на среднесрочное хранение (хладохранение) при температуре 4 °С. Максимальная продолжительность хладохранения составляет 12 месяцев. Семена барбариса помещены в криобанк при температурах –196 °С и –20 °С. Способность семян к прорастанию после хранения в течение 2 лет при низкой и сверхнизкой температурах в среднем по образцам составляет 86,7 %. Не выявлена статистически достоверная разница всхожести свежесобранных семян и семян после хранения при температурах –20 °С и –196 °С у всех изученных образцов барбариса. Отмечено, что процент всхожести семян, хранившихся при низких температурах, несколько выше процента всхожести свежесобранных семян. Созданный криобанк семян барбариса послужит надежным хранилищем генетического материала этого ценного пищевого и лекарственного растения.

*Ключевые слова:* *Berberis*, семена, коллекция *in vitro*, криобанк, народная медицина.

### Введение

Барбарис — уникальное растение, являющееся огромным кладезем полезных веществ, обладающее множеством лечебных качеств. Известно около 500 видов растений этого рода, распространенных в Европе, Азии и в Северной Америке. В Казахстане произрастает *Berberis iliensis* M. Pop. в ущельях восточной части Заилийского Алатау, Кетменского хр., Джунгарского Алатау, в устьях рек Чилик, Чарын, впадающих в р. Или; *Berberis integerrima* Bunge — в Тянь-Шане, Памиро-Алтае, Каратау; *Berberis karkaralensis* Kornilova et Potarov — в Каркаралинских горах, в массиве Кент; *Berberis kashgarica* Rupr. — в Тянь-Шаньских горах; *Berberis nummularia* Bunge — в прибалхашских пустынях долины р. Или, в Джунгарском Алатау, Тянь-Шани, Памиро-Алтае; *Berberis oblonga* (Regel) C.K. Schneid. — в ущельях Тянь-Шаня; *Berberis sibirica* Pall. — Алтай и Джунгарский Алатау; (*Berberis sphaerocarpa* Kar. Et Kir., синонимы: *Berberis bykovianus* Pavl. и *Berberis heteropoda* Schrenk — в Алтае, Тарбагатае, Зайсане, Чу-Илийских горах, в Джунгарском, Заилийском и Кунгей Алатау [1].

Полезные свойства барбариса известны человеку не одну тысячу лет. Ягоды барбариса используются в народной медицине для лечения широкого спектра заболеваний. Имеется достаточное количество зарубежной литературы, где авторами приводятся полученные результаты о положительном влиянии фармацевтических препаратов на основе барбариса. Эти препараты используются при лечении рака, сахарного диабета, ишемии мозга, сердечно-сосудистых заболеваний, бактериальных, вирусных, паразитарных поражений, а также обладают спазмолитическими свойствами при холециститах, оказывают гипотензивное действие, усиливают сократительную способность матки, стимулируют действие системы свертывания крови и других [2-6].

На данный момент складывается неблагоприятная обстановка с сокращением массивов тугайных лесов в пойме реки Или и ее притоков. Основную массу таких лесов составляет барбарис илийский. Барбарис каркаралинский также находится в критическом состоянии, его популяции фрагментированы, хотя он произрастает на защищённых территориях в Центральном Казахстане. Два этих вида уже сейчас занесены в Красную книгу Казахстана, в ближайшее время другие виды барбариса могут оказаться под угрозой исчезновения [7, 8].

Принимая во внимание все полезные свойства барбариса, отмеченные еще нашими предками, важно изучить и сохранить его уникальные виды, которые находятся под угрозой исчезновения. Решением проблемы сохранения послужит культивирование редких и исчезающих видов в коллекциях *in vitro* при температуре +24 °С и при пониженных температурах +4 °С (хладохранение); сохранение

семян при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ ; а также криоконсервация при температуре  $-196^{\circ}\text{C}$  в жидком азоте семян и апикальных меристем [9–11]. Генетические банки сберегают семена растений в защищенных местах по всему миру. Образцы хранятся в течение долгого периода времени, длительность хранения возможна и тысячи лет.

Апикальные меристемы и семена барбариса, сохранённые в криобанке, и растения *in vitro*, заложенные на хранение, послужат для проведения широкого спектра биологических и медицинских исследований. В первую очередь это касается разработки надежной методологии сохранения генетических ресурсов, особенно редких и исчезающих видов с дальнейшей реинтродукцией в естественные места обитания, а также для создания маточников в питомниках, заказниках и др. Созданная криоколлекция может быть использована в селекционном процессе по улучшению существующих и созданию новых сортов, а также для международного обмена генетическими ресурсами [9–10].

Целью данной работы является сохранение побегов барбариса *in vitro* при температуре  $+4^{\circ}\text{C}$  (хладостранение), сохранение семян при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  и  $-196^{\circ}\text{C}$ .

#### Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись 66 образцов барбариса: барбарис амурский (*B. amurensis*), 19 форм барбариса илийского (*B. iliensis*), 27 форм барбариса цельнокрайнего (*B. integerrima*), 2 формы барбариса продолговатого (*B. Oblonga*), барбарис сибирский (*B. Sibirica*), 15 форм барбариса круглоплодного (*B. Sphaerocarpa*) и барбарис Тунберга (*B. Thunbergii*). Данные по сбору растительного материала барбариса приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Образцы барбариса, место сбора, высота над уровнем моря

Формы барбариса	Место сбора, год	Высота над уровнем моря, м
<i>B. amurensis</i>	Из коллекции Карагандинского государственного университета собран в Алтайском ботаническом саду, 2013	819
<i>B. iliensis</i>		
1	Пойма р. Чарын, Чарынский национальный парк, 2014.	1224
2	Пойма р. Или, с. Баканас, 2014.	388
3–8, 10–12	Пойма реки Или, ущ. Кербулак, 2014, 2015.	424–492
9	АО «Лесной питомник», п. Актогай, 2015.	1410
13–19	Пойма р. Узын, ущ. Узын Каргалы, 2016	1990–2009
<i>B. integerrima</i>		
1–22	Пойма р. Зеравшан, Зеравшанский заповедник, 2014.	831–853
23–27	Туркестанская область, Тoleбийский район, Сайрам-Угамский национальный парк (СУНП), ущ. Каскасу, 2015	1426–1434
<i>B. oblonga</i>		
1–2	Пойма реки Зеравшан, Зеравшанский заповедник, 2014	712–723
<i>B. sibirica</i>	АО «Лесной питомник», п. Актогай, Алматинская область, 2015	1410
<i>B. sphaerocarpa</i>		
1–9	Пойма р. Большая Алматинка, ущ. Алмарасан, 2015.	1403–1410
10	Алтайский ботанический сад, 2015.	815
11–15	Заилыйский Алатау, ущ. Иссык, 2015	1689–1770
<i>B. thunbergii</i>	Алтайский ботанический сад, 2014	822

Для сохранения гермоплазмы барбариса использовали:

1. Семена, которые сохраняли при двух температурных режимах: а)  $-20^{\circ}\text{C}$  — семена по 40–200 шт. запаковывали в пакеты из ламинированной фольги и закладывали на долгосрочное хранение в морозильную камеру; б)  $-196^{\circ}\text{C}$  — семена по 20–100 шт. погружали в криобирки и закладывали на долгосрочное хранение в Дьюары с жидким азотом в криогенный банк. Опыт проводили в 3 повторностях ( $n = 60$ ). Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методике, описанной в пособии Г.Ф. Лакина и в программном пакете SYSTAT [12, 13].

2. Апикальные меристемы, изолированные из асептических побегов *in vitro*. Методика криоконсервации методом PVS2 витрификации подробно описана в статье Н.В. Ромадановой с соавтора-

ми [14]. Для криосохранения использовали 20 апексов побегов. Опыт проводили в 3 повторностях ( $n = 60$ ), используя статистическую обработку экспериментальных данных [12, 13].

3. Хладохранение побегов *in vitro* барбариса. Среднесрочное сохранение побегов проводили в специализированных полиэтиленовых пакетах или культуральных сосудах при температуре 4 °С, освещенность 10  $\mu\text{мол}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ , фотопериод 16/8 ч на питательной среде Мурасиге и Скуга (МС) с 20 г/л сахарозы, 0,8 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП), 0,02 мг/л индолилмасляной кислоты (ИМК), 1,75 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,7.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В результате работ по введению в культуру *in vitro* и микроклональному размножению создана коллекция *in vitro* растений барбариса, состоящая из 41 образца [15–17] (рис. 1 А). Полученная коллекция *in vitro* заложена на среднесрочное хранение (хладохранение) при температуре 4 °С, освещенность 10  $\mu\text{мол}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ , фотопериод 16/8. Максимальная продолжительность хладохранения составляет 12 мес. (рис. 1 Б), после чего растения следует пересадить на свежие питательные среды.

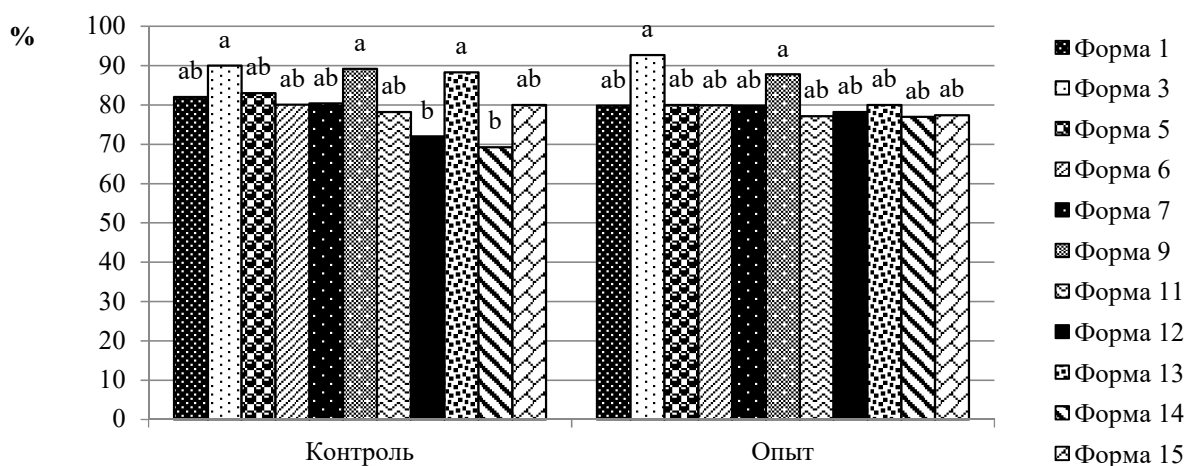


А — в светокультуральной комнате, в культуральных сосудах на питательной среде: МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 0,5 мг/л БАП, 0,01 мг/л ИМК, 1,25 г/л джелрата, 4 г/л агара, pH 5,7, температурный режим: 24 °С, освещенность 40  $\mu\text{мол}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ , фотопериод 16/8 ч.;  
Б — в холодильнике, в полиэтиленовых пакетиках на питательной среде МС: с добавлением 20 г/л сахарозы, 0,5 мг/л БАП, 0,01 мг/л ИМК, 1,25 г/л джелрата, 4 г/л агара, pH 5,7; температурный режим: 4 °С, освещенность 10  $\mu\text{мол}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ , фотопериод 16/8 час, продолжительность среднесрочного хранения 12 мес

Рисунок 1. Коллекция барбариса *in vitro*

Полученная коллекция *in vitro* также послужила основой для создания криобанка апикальных меристем барбариса при температуре –196 °С. Методика криоконсервации для барбариса основана на методике, оптимизированной для яблони, и отличается небольшими модификациями [14, 18]. Процент регенерации меристем после криоконсервации составляет 60–80 %.

Для создания криобанка также использовали семена барбариса, которые заложили на долгосрочное хранение при температуре –20 °С. Способность семян к прорастанию после хранения в течение 2 лет в среднем составляет 86,7 %. Лабораторная всхожесть семян барбариса круглоплодного сразу после сбора и после хранения в течение 2 лет при температуре –20 °С показана на рисунке 2. Всхожесть семян после 2 лет хранения при пониженной температуре в среднем составляет 80,9 %, это практически соответствует проценту прорастания свежесобранных семян 81,0 % [15]. Статистически достоверной разницы в проценте всхожести между формами барбариса круглоплодного также не выявлено.



*a, b* — значения, которые достоверно не различаются между собой при  $p < 0,05$ .

Контроль — всхожесть семян барбариса сразу после сбора;

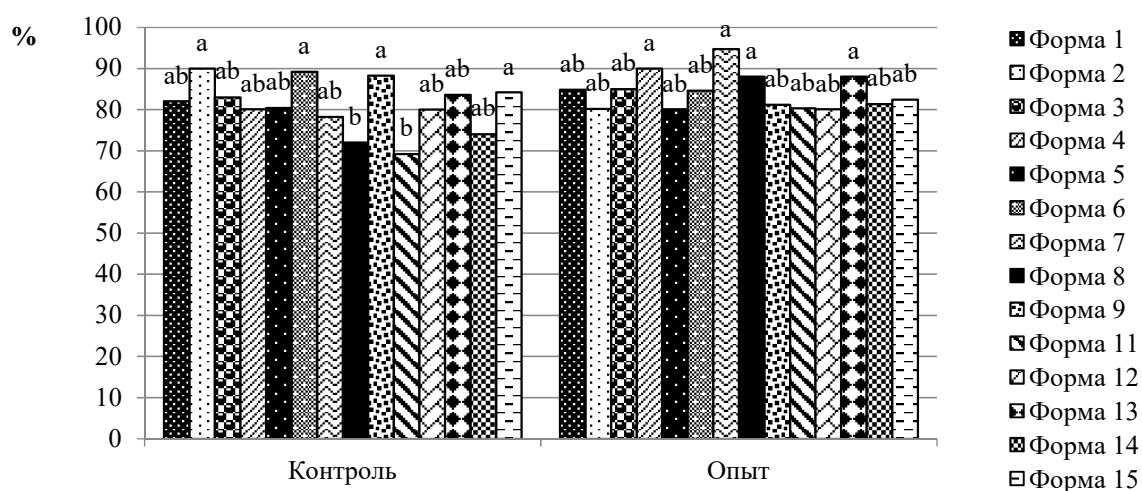
опыт — всхожесть семян барбариса после хранения в течение 2 лет при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Рисунок 2. Лабораторная всхожесть семян барбариса круглоплодного

Семена 14 форм барбариса круглоплодного, 2 форм барбариса продолговатого, 1 формы барбариса сибирского и 1 формы барбариса Тунберга были заложены на долгосрочное хранение в криогенный банк при температуре  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Всхожесть семян после размораживания колеблется в пределах 80–95 % (рис. 3, 4).

Процент прорастания семян барбариса круглоплодного после 2-летнего хранения при температуре  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  в среднем составляет 84,4 %, что несколько выше процента прорастания свежесобранных семян 81,0 % [15]. В результате чего можно сделать вывод, что хранение при сверхнизкой температуре  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  положительно сказывается на прорастании семян барбариса круглоплодного. Однако статистической разницы в проценте всхожести между формами барбариса круглоплодного не выявлено.

Также не замечено статистической разницы всхожести 2 форм барбариса продолговатого, барбариса сибирского и барбариса Тунберга сразу после сбора и после 2-летнего хранения при температуре  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однако всхожесть семян барбариса продолговатого формы 2, барбариса сибирского и барбариса Тунберга после 2-летнего хранения при температуре  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  в среднем составляет 84,1 %, что значительно выше среднего процента всхожести семян сразу после сбора этих же образцов — 74,5 %.



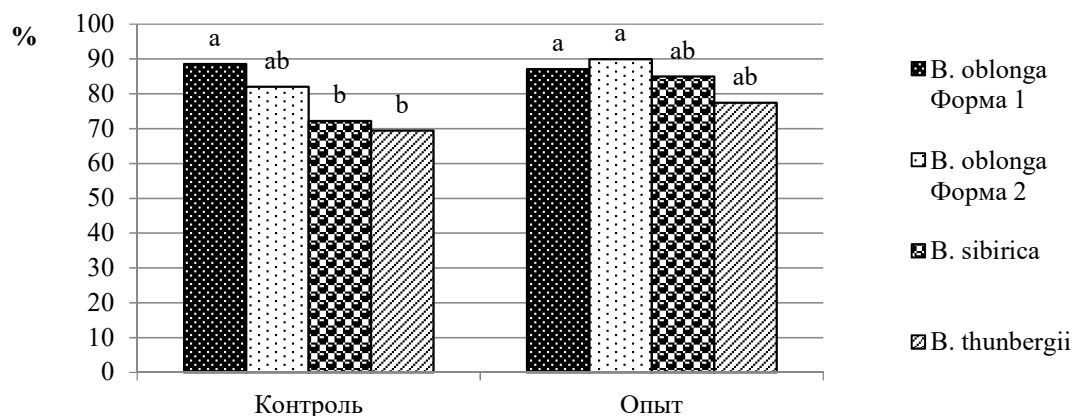
*a, b* — значения, которые достоверно различаются между собой при  $p < 0,05$ .

Контроль — всхожесть семян барбариса сразу после сбора;

опыт — всхожесть семян барбариса после хранения в течение 2 лет при температуре  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$

Рисунок 3. Лабораторная всхожесть семян барбариса круглоплодного





*a, b* — значения, которые достоверно различаются между собой при  $p < 0,05$ .

Контроль — всхожесть семян барбариса сразу после сбора;

опыт — всхожесть семян барбариса после хранения в течение 2 лет при температуре  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$

Рисунок 4. Лабораторная всхожесть семян четырех видов барбариса

В результате проведенной работы по созданию криобанка семян барбариса нами отмечено, что не выявлена статистически достоверная разница всхожести свежесобранных семян и семян после хранения при температурах  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однако процент всхожести семян, хранившихся при низких температурах, несколько выше. Соответственно замораживание семян при низкой и сверхнизкой температурах является надежным способом для хранения генетического материала видов барбариса.

#### Заключение

Современный мир несет различные угрозы всем растениям, включая те, что крайне важны в качестве пищевых ресурсов. Данная работа посвящена актуальной теме — сохранению генетического материала ценных дикорастущих видов барбариса, в том числе и исчезающих видов, занесенных в Красную книгу. Созданный криобанк семян барбариса так же, как и любые другие генетические банки растений, позволит сохранить разнообразие растений, повысить вероятность восстановления культур после глобальных катастроф и предоставит важный источник материалов для ученых. Созданные коллекции образцов можно использовать для выведения более продуктивных культур и видов, стойких к болезнетворным организмам и изменениям климата.

Работа выполнена в рамках проекта 1783/ГФ4 — «Разработка технологии криогенного сохранения гермоплазмы ценных видов и форм барбариса — источника биологически активных веществ». По бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований».

#### Список литературы

- 1 Флора Казахстана: в 9-ти т. — Т. 3 / под ред. Н.В. Павлова. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960. — 459 с.
- 2 Gaur P. *In vitro* radical scavenging activity and antimicrobial potential of *Berberis asiatica* Roxb. ex DC. fruit extracts in four different processed forms / P. Gaur, Sh. Bhatia, H.Ch. Andola, R.K. Gupta // Indian Journal of Traditional Knowledge. — 2017. — Vol. 16(4). — P. 706–713.
- 3 Sabir S. Phytochemical and antioxidant studies of *Berberis lyceum* / S. Sabir, K. Tahir, N. Rashid, S. Naz, B. Masood, M.A. Shah // Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. — 2013. — Vol. 26 (6). — P. 72–78.
- 4 Abd E. *In vitro* biological assessment of *Berberis vulgaris* and its active constituent, berberine: antioxidants, anti-acetylcholinesterase, anti-diabetic and anticancer effects / E. Abd, A.E. Wahab, D.A. Ghareeb, E.E. Sarhan, M.M. Abu-Serie, M.A. El Demellawy // BMC Complement Altern Med. — 2013. — Vol. 13(1), No. 218. — P. 13-18.
- 5 Simões Pires E.N. Berberine was neuroprotective against an *in vitro* model of brain ischemia: Survival and apoptosis pathways involved / E.N. Simões Pires, R.L. Frozza, J.B. Hoppe, M. Menezes Bde, C.G. Salbego // Brain Res. — 2014. — Vol. 1557. — P. 26–33.
- 6 Hemmati M. Effects of an ethanolic extract of *Berberis vulgaris* fruits on hyperglycemia and related gene expression in streptozotocin-induced diabetic rats / M. Hemmati, E. Serki, M.G. holami, R. Hoshyar // Clinical Phytoscience. — 2017. — Vol. 2(3). — P. 2–7.
- 7 Красная книга Казахстана. Т. 2. Растения. — 2-е изд. перераб. и доп. — Астана: ТОО АртPrintXXI, 2014. — 452 с.

- 8 Begenov A. Assessment of the Current Status of Populations of Kazakh Rare Plants (*Berberis iliensis* M. Pop.) / A. Begenov, N. Mukhitdinov, A. Ametov, S. Nazarbekova, A. Kuatbayev, B. Tynybekov, K. Abidkulova, A. Ydyrys // World Applied Sciences Journal. — 2014. — Vol. 30 (1). — P. 105–109.
- 9 Engelmann F. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity / F. Engelmann // *In vitro Cellular & Developmental Biology — Plant*. — 2011. — Vol. 47, No. 1. — P. 5–16.
- 10 Keller E.R.J. Cryopreservation for plant genebanks — a matter between high expectations and cautious reservation / E.R.J. Keller, A. Kaczmarczyk, A. Senula // *CryoLetters*. — 2008. — No. 1. — P. 53–62.
- 11 Lynch P.T. Climate change: the role of *ex situ* and cryo-conservation in the future security of economically important, vegetatively propagated plants / P.T. Lynch, E.E. Benson, K. Harding // *J. Horticultural Science & Biotechnology*. — 2007. — Vol. 82, No. 2. — P. 157–160.
- 12 Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пос. для биол. спец. вузов / Г.Ф. Лакин. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.
- 13 SYSTAT (2007) SYSTAT 12.0, SYSTAT Software, Inc, San Jose, CA, pp. Statistics software.
- 14 Romadanova N. Development of a common PVS2 vitrification method for cryopreservation of several fruit / N. Romadanova, S. Kushnarenko, L. Karasholakova // *In vitro Cellular & Developmental Biology*. — 2017. — Vol. 53 (4). — P. 382–393.
- 15 Ромаданова Н.В. Введение в культуру *in vitro* дикорастущих видов *Berberis* флоры Казахстана и Узбекистана / Н.В. Ромаданова, С.А. Мишустина, Л.Н. Карашолакова, М.М. Аралбаева, Ф.Д. Кабулова, К.Т. Абидулова, С.В. Кушнаренко // *Вестн. Казахского нац. ун-та. Сер. биол.* — 2015. — № 3 (65). — С. 346–354.
- 16 Ромаданова Н.В. Создание коллекции *in vitro* дикорастущих видов *Berberis* sp. / Н.В. Ромаданова, С.А. Мишустина, Л.Н. Карашолакова, М.М. Аралбаева, И.Р. Рахимбаев, С.В. Кушнаренко // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. — 2016. — № 121. — С. 69–76.
- 17 Ромаданова Н.В. Оптимизация микроклонального размножения барбариса / Н.В. Ромаданова, И.А. Махмутова, Л.Н. Карашолакова, А.А. Христенко, С.В. Кушнаренко // *Биотехнология. Теория и практика*. — 2017. — № 2. — С. 47–55.
- 18 Kushnarenko S. Cold acclimation improves regrowth of cryopreserved apple shoot tips / S. Kushnarenko, N. Romadanova, B. Reed // *Cryo Letters*. — 2009. — Vol. 30(1). — P. 47–54.

Н.В. Ромаданова, Л.Н. Карашолакова, И.А. Махмутова,  
М.Ю. Ишмуратова, Л.А. Копыткова, Ф.Д. Кабулова, С.В. Кушнаренко

## Бөріқарақаттың кейбір түрлерінің генетикалық материалын криобанкте сақтау

*In vitro* культураны енгізу және микроклонды көбейту жұмыстарының нәтижесінде бөріқарақаттың 41 үлгісінен тұратын *in vitro* өсімдіктер коллекциясы жасалды. Алынған *in vitro* коллекция 4 °C температурада орта мерзімге сақтауға (суықта сақтауға) қойылды. Суықта сақтаудың максималды ұзақтығы 12 айды құрайды. Бөріқарақаттың тұқымдары –196 °C және –20 °C температураларға криобанкке салынды. Төмен және өте төмен температураларда 2 жыл сақталғаннан кейін тұқымдардың өнгіштік қабілеті 86,7 % құрады. Бөріқарақаттың барлық зерттелген үлгілерінде жаңадан жиналған және –20 °C және –196 °C температурада сақталған тұқымдардың өнгіштігі арасында статистикалық айқын айырмашылық анықталмады. Төмен температураларда сақталған өнгіштігі жаңадан жиналған тұқымдардың өнгіштігінен біршама жоғары екендігі белгілі болды. Бөріқарақат тұқымдарынан құрылған криобанкі бұл құнды және дәрілік өсімдіктің генетикалық материалын сенімді сақтауға қызмет етеді.

*Кілт сөздер:* *Berberis*, тұқымдар, коллекция *in vitro*, криобанк, халық медицинасы.

N.V. Romadanova, L.N. Karasholakova, I.A. Makhmutova,  
M.Yu. Ishmuratova, L.A. Kopytkova, F.D. Kabulova, S.V. Kushnarenko

## Preservation of barberry (some species) genetic material in a cryobank

*In vitro* collection of six barberry species (*Berberis amurensis*, *B. iliensis*, *B. integerrima*, *B. oblonga*, *B. sibirica*, *B. sphaerocarpa* and *B. thunbergii*) consisting of 41 accessions has been established. The *in vitro* collection maintained at 4 °C for medium-term storage (cold storage) with a 12-month interval for transfers to fresh media. Barberry seeds are preserved in a cryobank at temperatures: –196 °C and –20 °C. The ability of seeds to germinate after storage for 2 years at low and ultra-low temperatures on average for accessions is 86,7 %. No statistically significant difference in the germination of freshly picked seeds and seeds after storage was detected at temperatures: –20 °C and –196 °C in all barberry accessions studied. It is noted that the percentage of germination of seeds stored at low temperatures is slightly higher than the percentage of germination of freshly picked seeds. The created cryobank of barberry seeds will serve as a reliable storage of the genetic material of this valuable food and medicinal plant.

*Keywords:* *Berberis*, seeds, *in vitro* collection, cryobank, ethnoscience.

## References

- 1 Pavlov, N.V. (Eds.). (1960). *Flora Kazakhstan [Flora of Kazakhstan]*. Alma-Ata: Izdatelstvo AN KazSSR [in Russian].
- 2 Gaur, P., Bhatia, Sh., Andola, H.Ch., & Gupta, R.K. (2017). *In vitro* radical scavenging activity and antimicrobial potential of *Berberis asiatica* Roxb. ex DC. fruit extracts in four different processed forms. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 16, 4, 706–713.
- 3 Sabir, S., Tahir, K., Rashid, N., Naz, S., Masood, B., & Shah, M.A. (2013). Phytochemical and antioxidant studies of *Berberis lyceum*. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 26, 6, 72–78.
- 4 Abd, E., Wahab, A.E., Ghareeb, D.A., Sarhan, E.E., Abu-Serie, M.M., & El Demellawy, M.A. (2013). *In vitro* biological assessment of *Berberis vulgaris* and its active constituent, berberine: antioxidants, anti-acetylcholinesterase, anti-diabetic and anti-cancer effects. *BMC Complement Altern Med*, 13, 1: 218, 13–18.
- 5 Simões Pires, E.N., Frozza, R.L., Hoppe, J.B., Menezes Bde, M., & Salbego, C.G. (2014). Berberine was neuroprotective against an *in vitro* model of brain ischemia: Survival and apoptosis pathways involved. *Brain Res*, 1557, 26–33.
- 6 Hemmati, M., Serki, E., Gholami, M., & Hoshyar, R. (2017). Effects of an ethanolic extract of *Berberis vulgaris* fruits on hyperglycemia and related gene expression in streptozotocin-induced diabetic rats. *Clinical Phytoscience*, 2, 3, 2–7.
- 7 *Krasnaia kniha Kazakhstan. Rastenii [Red book of Kazakhstan. Plants]* (2014). Vol. 2. Astana: ArtPrintXXI [in Russian].
- 8 Begenov, A., Mukhitdinov, N., Ametov, A., Nazarbekova, S., Kuatbayev, A., Tynybekov, B., Abidkulova, K., & Ydyrys, A. (2014). Assessment of the Current Status of Populations of Kazakh Rare Plants (*Berberis iliensis* M. Pop.). *World Applied Sciences Journal*, 30, 1, 105–109.
- 9 Engelmann, F. (2011). Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. *In Vitro Cellular & Developmental Biology — Plant*, 47, 1, 5–16.
- 10 Keller, E.R.J., Kaczmarczyk, A., & Senula, A. (2008). Cryopreservation for plant genebanks — a matter between high expectations and cautious reservation. *CryoLetters*, 1, 53–62.
- 11 Lynch, P.T., Benson, E.E., & Harding, K. (2007). Climate change: the role of *ex situ* and cryoconservation in the future security of economically important, vegetatively propagated plants. *J. Horticultural Science & Biotechnology*, 82, 2, 157–160.
- 12 Lakin, G.F. (1990). *Biometriia [Biometrics]*. Moscow: Vysshiaia shkola [in Russian].
- 13 SYSTAT (2007) SYSTAT 12.0, SYSTAT Software, Inc, San Jose, CA, pp. Statistics software.
- 14 Romadanova, N., Kushnarenko, S., & Karasholakova, L. (2017). Development of a common PVS2 vitrification method for cryopreservation of several fruit. *In Vitro Cellular & Developmental Biology*, 53, 4, 382–393.
- 15 Romadanova, N.V., Mishustina, S.A., Karasholakova, L.N., Aralbaeva, M.M., Kabulova, F.D., Abidkulova, K.T., & Kushnarenko, S.V. (2015). Vvedenie v kulturu *in vitro* dikorastushchikh vidov *Berberis* flory Kazakhstan i Uzbekistana [Introduction to the *in vitro* culture of wild *Berberis* species of Kazakhstan and Uzbekistan flora]. *Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya — Bulletin of KazNU, biological series*, 3, 65, 346–354 [in Russian].
- 16 Romadanova, N.V., Mishustina, S.A., Karasholakova, L.N., Aralbaeva, M.M., Rakhimbaev, I.R., & Kushnarenko, S.V. (2016). Sozdanie kollektzii *in vitro* dikorastushchikh vidov *Berberis* sp. [Creating an *in vitro* collection of wild *Berberis* sp.]. *Bulleten Hosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada — Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden*, 121, 69–76 [in Russian].
- 17 Romadanova, N.V., Makhmutova, I.A., Karasholakova, L.N., Khristenko, A.A., & Kushnarenko, S.V. (2017). Optimizatsiia mikroklonalnogo razmnozheniia barbarisa [Optimization of barberry micro propagation]. *Biotekhnologiya. Teoriia i praktika — Biotechnology. Theory and practice*, 2, 47–55 [in Russian].
- 18 Kushnarenko, S., Romadanova, N., & Reed, B. (2009). Cold acclimation improves regrowth of cryopreserved apple shoot tips. *Cryo Letters*, 30, 1, 47–54.

В.Ю. Кириллов

Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Щучинск, Казахстан  
(E-mail: vitaliy.kirillov.82@mail.ru)

## Состав эфирного масла *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.: обзор

Пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), принадлежащая к семейству Крестоцветные, произрастает во всех частях света, кроме тропиков. Данное растение применяется как кровоостанавливающее, противовоспалительное, мочегонное, вяжущее, сосудорасширяющее, успокоительное средство. Химический состав *C. bursa-pastoris* довольно хорошо изучен и представлен широким классом различных соединений. Однако в официальных научных источниках при описании химического состава *C. bursa-pastoris* не упоминается о содержании в растении эфирного масла, в то время как в книге «Эфирные масла флоры СССР» написано, что трава содержит эфирное масло. В работе приведен химический состав эфирного масла *C. bursa-pastoris*, изученный в разное время учеными из Японии, Кореи, Китая, Украины и Ирана. Показано, как различные методы сушки растительного сырья, выделения летучих веществ, дисперсионные среды, места произрастания влияют на качественный и количественный состав эфирного масла *C. bursa-pastoris*. Основными компонентами эфирного масла являются *цис*-3-гексен-1-ол, фитол, пальмитиновая кислота, диметилтрисульфид, 6,10,14-триметилпентадекан-2-он, этилацетат, метилиндол, триаконтан. Согласно исследованиям иранских ученых, эфирное масло *C. bursa-pastoris* не является хорошим антиоксидантом. Данный обзор проведен впервые и может послужить для дальнейшего изучения химического состава эфирного масла *C. bursa-pastoris* и его биологической активности, в том числе и на территории Казахстана.

**Ключевые слова:** *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., эфирное масло, летучие вещества, методы сушки, дисперсионные среды.

*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (пастушья сумка) принадлежит к семейству Brassicaceae, представляет собой однолетник высотой 5–40 см, стебель опушен простыми и ветвистыми волосками, прикорневые листья собраны розеткой, на черешках; стеблевые листья более мелкие, продолговатые, ланцетовидные или почти линейные; верхние листья — стеблеобъемлющие, при основании стреловидные, зубчатые; цветки собраны в зонтиковидную густую кисть; чашелистики продолговато-яйцевидные; лепестки белые, обратно-яйцевидные; плод — стручок. Цветет и плодоносит с апреля по август.

*C. bursa-pastoris* является обыкновенным сорным растением, произрастает у дорог, изгородей, на огородах и в полях. В Казахстане пастушья сумка представлена одним видом и произрастает во всех регионах. Пастушья сумка встречается во всех частях света, кроме тропиков [1].

Химический состав *C. bursa-pastoris* довольно хорошо изучен и представлен широким классом различных соединений. Надземная часть растения содержит стероиды, углеводы, аминокислоты, органические кислоты, сапонины, алкалоиды, азотсодержащие соединения, витамины, кумарины, дубильные вещества, флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты. Корни, листья и плоды содержат витамин С. Семена содержат карденолиды, жирное масло, представленное высшими жирными кислотами, тиогликозиды [2, 3].

Применяется при всех видах кровотечений и болезнях почек в гомеопатии. В индийской медицине используется как вяжущее, диуретическое, противочинготное средство, а также при гематурии, асците и диарее; в китайской медицине — при дизентерии и заболеваниях глаз; в тибетской — противорвотное; в монгольской медицине — в гинекологической практике, как гемостатическое, седативное при нервно-психических заболеваниях и ранозаживляющее средство. В народной медицине отвар применяется при дизентерии, гастрите, кровотечениях, туберкулезе легких, малярии, заболеваниях сердца, печени, гинекологических и венерических болезнях, при рвоте, простудных заболеваниях, нарушении обмена веществ, для лечения гнойных ран. В пищу используют как салат, а также для приготовления щей, супов, борщей, пюре и для засолки. Экстракты пастушьей сумки понижают артериальное давление, усиливают моторику кишечника и матки, ускоряют свертывание крови. *C. bursa-pastoris* является кормовым растением для кроликов. Подходит как заменитель горчицы [2, 3].

Интересен факт, что в официальных научных источниках при описании химического состава *C. bursa-pastoris* не упоминается о содержании в растении эфирного масла, хотя в книге «Эфирные масла флоры СССР» [4] конкретно написано, что трава содержит эфирное масло.

Цель данной работы — обобщить и проанализировать исследования химического состава эфирных масел *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. в мировой научной литературе.

В конце 70-х гг. XX в. японские ученые выделили эфирное масло из надземных частей и корней *C. bursa-pastoris*, выход эфирных масел составил 0,02 и 0,03 %, соответственно. Было идентифицировано 74 компонента эфирного масла и основными веществами были найдены камфара (20,2 %), *цис*-3-гексен-1-ол (14,7 %),  $\alpha$ -фелландрен (7,8 %),  $\alpha$ -фенхил ацетат (6,5%), насыщенные *n*-углеводороды C<sub>22</sub>–C<sub>32</sub> (25,5 %) [5].

В середине 90-х гг. XX в. корейские ученые более глубоко изучили состав эфирных масел *C. bursa-pastoris*. Используя метод SDE (экстракция в процессе перегонки) с диэтиловым эфиром в качестве растворителя, они выделили эфирные масла из свежего сырья *C. bursa-pastoris*. Выделяли летучие вещества из целых растений, из листьев и из корней, анализировали методом газовой хроматографии (GC) и комбинированной газовой хроматографии-масс-спектрометрии (GC-MS). Эфирное масло, выделенное из целых растений, содержало 34 летучих компонента, из них доминирующими были бензальдегид (16,4 %), фитол (13,1 %), 1-октен-3-ол (6,7 %), миристиновая кислота (4,6 %), пальмитиновая кислота (4,5 %), нонакозан (3,8 %), олеиновая кислота (3,1 %), гексакозан (2,9 %). В эфирном масле из листьев *C. bursa-pastoris* обнаружен 31 компонент, основными из которых являлись фитол (16,3 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (7,8 %), гексакозан (2,8 %), 2-метокси-4-винилфенол (2,0 %), бензилианид (2,0 %), этанол (1,8 %), неофитадиен (1,6 %), трикозан (1,6 %), циклогексанон (1,6 %), тетракозан (1,5 %), фенол (1,3 %), этилацетат (1,5 %), диметилтрисульфид (0,9 %). Из эфирного масла корней было выделено 24 компонента, из них основные — тетракозан (6,8 %), метилиндол (2,4 %), *n*-пентанол (2,1 %), *цис*-4-гексен-1-ол (2,0 %), циклогексанон (1,5 %), бензилианид (1,5 %), *S*-этил-4,5-диметилфенол (1,4 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (1,0 %). Качественный и количественный состав компонентов зависел от того, какие части растения были взяты для выделения эфирного масла. Относительно большее количество летучих компонентов было выявлено в листьях по сравнению с корнями этих дикорастущих растений. Характерный запах *C. bursa-pastoris*, по-видимому, обусловлен сочетанием С6-спирта и -кислот, терпенового спирта и серосодержащих соединений [6].

Далее этими же учеными было определено влияние методов сушки растительного сырья на содержание летучих компонентов *C. bursa-pastoris*. Были исследованы 4 метода сушки — воздушно-тенивая сушка, подвяливание (предварительное удаление части влаги из сырья) и воздушно-тенивая сушка, микроволновая сушка (сушка в микроволновой печи) и сублимационная сушка. Эфирные масла из образцов выделяли методом одновременной паровой дистилляции-экстракции (SDE) с использованием в качестве растворителя диэтилового эфира. Пробы анализировали методом газовой хроматографии (GC) и комбинированной газовой хроматографии-масс-спектрометрии (GC-MS). Эфирное масло, полученное при воздушно-тенивой сушке сырья, содержало 30 компонентов, из которых основными были диметилтрисульфид (12,4 %), фитол (7,6 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (6,1 %), этанол (5,2 %), фенол (2,9 %), метилиндол (2,7 %), 2-метокси-4-винилфенол (2,5 %), диметилдисульфид (2,1 %), октадеканол (2,0 %),  $\beta$ -ионон (1,2 %), 2-пентен-3-ол (1,2 %), циклогексанон (1,1 %), фурфураль (фурфурол) (1,1 %), 2-пентилфуран (1,1 %). При подвяливании и воздушно-тенивой сушке в эфирном масле идентифицировано 18 компонентов, основные — диметилтрисульфид (11,0 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (8,5 %), тетракозан (4,8 %), фитол (3,3 %), диметилдисульфид (3,3 %), метилиндол (2,4 %),  $\beta$ -ионон (1,9 %), этилацетат (1,8 %), циклогексанон (1,2 %), ундекан (1,1 %), трикозан (1,1 %), 2-пентилфуран (1,1 %), 4-метил-1-пентанол (1,0 %), *цис*-3-гексен-1-ол (1,0 %). Микроволновая сушка сырья повлияла следующим образом на состав эфирного масла: идентифицированы были 29 компонентов и основными соединениями были фитол (14,7 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (7,7 %), диметилтрисульфид (5,9 %), этанол (4,0 %), фенол (4,1 %), тетракозан (2,7 %), 2-метокси-4-винилфенол (2,5 %), этилацетат (2,2 %), циклогексанон (1,7 %), метилиндол (1,4 %), диметилдисульфид (1,3 %), фурфураль (фурфурол) (1,1 %), неофитадиен (1,1 %), эйкозан (1,1 %), гераниол (1,0 %). Эфирное масло, полученное при сублимационной сушке сырья, содержало 26 летучих компонентов, из которых основными были фитол (6,9 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (5,7 %), тетракозан (5,0 %), гексакозан (2,4 %), тетрадеканаль (1,7 %), трикозан (1,5 %), метил-9,12,15-октадекатриеноат (1,3 %), октакозан (1,1 %). Качественный и количественный состав эфирного масла зависел от методов сушки сырья. Диметилтрисульфид был наиболее распространенным компонентом в эфирных маслах, полученных после воздушно-тенивой и после подвяливания и воздушно-тенивой сушки, а фитол — после микроволновой и сублимационной сушки [7].

Также этими же учеными было исследовано, как влияют различные условия дисперсионной среды на качественный и количественный состав компонентов эфирного масла *C. bursa-pastoris*. Было изучено влияние следующих дисперсионных сред: pH 3, pH 5, pH 7, pH 9; 10 %-, 20 %- и 40 %-ные растворы сахарозы; 2 %-, 8 %- и 15 %-ные растворы NaCl. Эфирные масла из образцов выделяли методом одновременной паровой дистилляции-экстракции (SDE) с использованием в качестве растворителя диэтиловый эфир. Пробы анализировали методом газовой хроматографии (GC) и комбинированной газовой хроматографии-масс-спектрометрии (GC-MS). При перегонке пара при pH 3 было идентифицировано 10 соединений, основным компонентом эфирного масла был индол (6,4 %), при pH 5 — 23 компонента, основные компоненты — стирен (стирол) (13,6 %), диметилсульфоксид (5,8 %), триаконтан (5,3 %); при pH 7 — 51 компонент, основные — диметилтрисульфид (10,5 %), стирен (стирол) (6,3 %); при pH 9 — 21 компонент, основные — диметилсульфоксид (26,8 %), стирен (стирол) (9,3 %), 2-метокси-4-винилфенол (8,3 %), 2,6-ди-*трет*-бутил-4-*м*-этилен-2,5-циклогексадиен-1-он (6,5 %). При использовании в качестве дисперсионной среды растворов сахарозы были получены следующие результаты: 10 %-ный раствор сахарозы — идентифицировано 27 компонентов, основные — пальмитиновая кислота (12,7 %), стирен (стирол) (7,6 %), уксусная кислота (7,6 %), диметилсульфоксид (4,7 %); 20 %-ный раствор сахарозы — идентифицирован 31 компонент, основные — стирен (стирол) (8,0 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (4,6 %), диметилтрисульфид (3,4 %); 40 %-ный раствор сахарозы — идентифицировано 37 компонентов, основные — пальмитиновая кислота (5,5 %), стирен (стирол) (3,6 %), диметилтрисульфид (3,5 %), 1,13-тетрадекадиен (3,5 %). При использовании в качестве дисперсионной среды растворов NaCl были получены следующие результаты: 2 %-ный раствор NaCl — идентифицировано 18 компонентов, основные — стирен (стирол) (12,3 %), пальмитиновая кислота (11,9 %), фитол (4,0 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (3,4 %), 1,13-тетрадекадиен (3,1 %); 8 %-ный раствор NaCl — идентифицировано 10 компонентов, основные — триаконтан (10,4 %), стирен (стирол) (7,2 %), фитол (6,3 %), тетракозан (3,4 %); 15 %-ный раствор NaCl — идентифицирован 21 компонент, основные — пальмитиновая кислота (11,0 %), триаконтан (8,5 %), 2-метокси-6-винилфенол (7,0 %), стирен (стирол) (5,5 %) [8].

Через 10 лет эти же корейские ученые провели исследование с целью определения состава летучих веществ эфирного масла и паровой фазы сырья пастушьей сумки. Выделение эфирного масла из листьев и корней проводили методом одновременной паровой дистилляции-экстракции (SDE), паровую фазу листьев и корней выделяли методом твердофазной микроэкстракции (SPME). В результате 72 компонента были идентифицированы в эфирном масле из листьев, полученном методом SDE, основными веществами были фитол (21,1 %), фталевая кислота (13,1 %), стеариновая кислота (11,4 %),  $\alpha$ -ионон (5,1 %), триаконтан (5,0 %), этилацетат (3,4 %), диметилтрисульфид (1,5 %). 68 компонентов было определено в эфирном масле из корней, полученном методом SDE, основными компонентами были триаконтан (14,1 %), этилацетат (11,9 %), 1-метилиндол (7,2 %), фитол (6,7 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (4,6 %), диметилтрисульфид (1,9 %). 38 веществ было идентифицировано в паровой фазе листьев, полученной методом SPME, основными из которых были элемен (8,9 %), пентакозан (6,1 %), 2,9-диметилундекан (5,9 %), *n*-гексаналь (5,7 %),  $\beta$ -фелландрен (3,7 %), 3-пропанол (3,5 %), диметилтрисульфид (1,1 %). В паровой фазе корней, полученной методом SPME, обнаружено 33 соединения, включая основные компоненты — 2,2-диметилдекан (12,1 %), 3-этил-2-пентан (9,6 %),  $\gamma$ -терпинен (7,2 %), 2,8-диметилундекан (7,1 %), 2,2,5-триметилдекан (6,6 %), оксид кариофиллена (6,3 %), терпинолен (5,4 %) [9].

Китайские ученые проанализировали содержание летучих веществ *C. bursa-pastoris*, собранных в окрестностях города Аньшань (север Китая). Для выделения летучих веществ использовали метод SDE, содержание эфирного масла составило 0,106 %. Методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии (GC-MS) было идентифицировано 17 компонентов, из которых основными были (*Z*)-3-гексен-1-ол (43,1 %), (*Z*)-3-гексен-1-ол ацетат (14,4 %), диметилтрисульфид (9,8 %), 1-метилэтиловый эфир уксусной кислоты (7,1 %), 1-гексанол (2,6 %), пентадекан (2,4 %), изопропиловый спирт (2,2 %), 3-метилгептил ацетат (2,0 %), диметилсульфон (1,9 %), 4,4-диметилгексаналь (1,5 %), ионол (1,4 %) [10]. Из целых растений *C. bursa-pastoris*, собранных в окрестностях города Шэньян (северо-восток Китая), методом пародистилляции получено эфирное масло и проанализировано методом GC-MS. 45 веществ были выделены и идентифицированы, из них основными являлись пальмитиновая кислота (28,3 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (фитон) (10,2 %), олеиновая кислота (8,6 %), октакозан (4,7 %) [11]. Из листьев растений *C. bursa-pastoris*, собранных в окрестностях города Тяньшуй (запад Китая), также было выделено эфирное масло методом пародистилляции и идентифицировано в нем 12 компонентов

методом GC-MS, из которых основными были *L*-гуанидиносукцинимид (21,3 %), фитол (18,0 %), 6,10,14-триметилпентадекан-2-он (фитон) (9,6 %), олеиновая кислота (4,7 %), пальмитиновая кислота (4,0 %) [12].

Методом GC-MS изучен компонентный состав летучих веществ травы *C. bursa-pastoris*, собранной в окрестностях города Харькова (Украина). В летучей фракции травы пастушьей сумки идентифицировано 26 компонентов, в основном терпеноиды, алкановые углеводороды и жирные кислоты. Основными компонентами летучей фракции травы пастушьей сумки обыкновенной являлись пальмитиновая кислота (2845,4 мг/кг), линолевая кислота (1571,4 мг/кг) и наокозан (1457,2 мг/кг) [13].

Китайскими учеными было изучено влияние различных методов СВЧ-сушки на качественный и количественный состав летучих веществ дикорастущей *C. bursa-pastoris*. Для сушки образцов дикорастущей пастушьей сумки были применены микроволны различной мощности (120, 240, 360, 480, 600 и 700 Вт), а для анализа летучих компонентов в высушенных образцах использовали комбинацию парофазной твердофазной микроэкстракции с последующей газовой хроматографией-масс-спектрометрией (HS-SPME-GC-MS). Результаты показали, что СВЧ-сушка значительно снижает содержание характерных спиртов, таких как *цис*-3-гексен-1-ол, *транс*-2-гексен-1-ол и 2,6-диметилциклогексанол. Качественный состав и содержание альдегидов незначительно уменьшились, в то время как содержание изовалеральдегида, (*E*)-2-пентенала, *n*-октилальдегида и фенилацетальдегида увеличилось. Также увеличилось содержание изоамилнитрита и 2-метилэтилвалерата. Появились такие кислоты, как 3-метилбутановая, 2-метилбутановая и капроновая кислоты, в то время как стирен (стирол), циклотетрадекан и другие углеводороды исчезли в процессе микроволновой сушки. Наиболее хорошие качественные и количественные показатели летучих компонентов *C. bursa-pastoris* могут быть получены при микроволновой сушке при 480 Вт [14]. Также этими же учеными были исследованы условия экстракции летучих веществ из *C. bursa-pastoris*, используя метод твердофазной микроэкстракции с последующей газовой хроматографией-масс-спектрометрией (SPME-GC-MS). Экспериментальные результаты показали, что оптимальные время и температура извлечения методом SPME были в течение 40 мин при 50 °С, хотя время и температура десорбции были 3 мин при 250 °С путем использования волоконного материала с дивинилбензол-карбоксен-полидиметилсилоксаном (DVB/CAR/PDMS). В общей сложности было идентифицировано 64 летучих компонента, главным образом, альдегиды, спирты, углеводороды и другие соединения, включая сульфиды и гетероциклы. Характерными летучими компонентами пастушьей сумки были диметилдисульфид, гексаналь, 3-гексен-1-ол, (*E*)-2-гексеналь, диметилтрисульфид, 2,6-диметилциклогексанол, 4-(2,6,6-триметил-1-циклогексен-1-ил)-3-бутен-2-он [15].

Иранские ученые путем гидродистилляции в течение 3 ч 80 г высушенного сырья *C. bursa-pastoris*, собранного в окрестностях провинции Северного Хорасана (северо-восток Ирана), выделили эфирное масло и проанализировали его методом GC-MS, а также провели испытание эфирного масла на антиоксидантную активность. Из 19 выделенных и идентифицированных компонентов основными оказались 1,1-диметилциклопентан (16,7 %), этиллинолеат (7,3 %), аллилизотиоцианат (4,9 %), пальмитиновая кислота (4,8 %), 2,6,10,14-тетраметилгексадекан (фитан) (1,2 %). Было выявлено, что эфирное масло *C. bursa-pastoris* не является хорошим антиоксидантом [16].

Таким образом, обзор литературы показал, что эфирные масла *C. bursa-pastoris*, несмотря на широко распространенное произрастание данного растения, изучены только в Японии, Корее, Китае, Украине и Иране. Проанализировав и обобщив химический состав эфирных масел пастушьей сумки, нами выявлено, что доминирующими компонентами являются *цис*-3-гексен-1-ол, фитол, пальмитиновая кислота, диметилтрисульфид, 6,10,14-триметилпентадекан-2-он, этилацетат, метилиндол, триаконтан. Данный обзор может послужить для дальнейшего изучения химического состава эфирного масла *C. bursa-pastoris* и его биологической активности, в том числе на территории Казахстана.

#### Список литературы

- 1 Павлов Н.В. Флора Казахстана. Т. 4 / Н.В. Павлов. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. — 548 с.
- 2 Соколов П.Д. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства Раеоniасеае — Thymelaеасеае / П.Д. Соколов. — Л.: Наука, 1985. — 336 с.
- 3 Буданцев А.Л. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2. Семейства Actinidiаеае — Malvаеае, Euphorbiаеае — Haloragаеае / А.Л. Буданцев. — СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. — 513 с.
- 4 Горяев М.И. Эфирные масла флоры СССР / М.И. Горяев. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1952. — 380 с.

- 5 Miyazawa M. The constituents of the essential oils from *Capsella bursa-pastoris* Medik. / M. Miyazawa, A. Uetake, H. Kameoka // *Yakugaku Zasshi Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*. — 1979. — Vol. 99. — P. 1041–1043.
- 6 Lee M.-S. Volatile flavor components in various edible portions of *Capsella bursa-pastoris* / M.-S. Lee, H.-S. Choi // *Korean Journal of Food Science and Technology*. — 1996. — Vol. 28. — P. 822–826.
- 7 Lee M.-S. Volatile flavor components of *Capsella bursa-pastoris* as influenced by drying methods / M.-S. Lee, H.-S. Choi // *Korean Journal of Food Science and Technology*. — 1996. — Vol. 28. — P. 814–821.
- 8 Choi H.-S. The effect of dispersion medium on intensity of volatile flavor components and recovery of essential oil from *Capsella bursa-pastoris* by steam distillation / H.-S. Choi, M.-S. Lee // *Korean Journal of Food Science and Technology*. — 1996. — Vol. 28. — P. 827–833.
- 9 Choi H.-S. Analyses of essential oil and headspace compositions of *Capsella bursa-pastoris* Medicus by SDE and SPME methods / H.-S. Choi, E.-J. Kang, K.-H. Kim // *Korean Journal of Food Preservation*. — 2006. — Vol. 13. — P. 108–114.
- 10 Guo H. Analysis of volatile constituents of *Capsella bursa-pastoris* L. / H. Guo, D.-Y. Hou, R.-H. Hui, Q.-P. Diao, B. Chen // *Food Science*. — 2008. — Vol. 1. — P. 254–256.
- 11 Liu Y. GC-MS analysis of essential oil from *Capsella bursa-pastoris* / Y. Liu, Y.-H. Li, W. Ning, X. Zhao, J. Wu, X.-L. Li // *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*. — 2009. — Vol. 5. — P. 1050–1051.
- 12 Gao Y.-X. Chemical constituents of essential oil from leaves of *Capsella bursa-pastoris* L. / Y.-X. Gao, X.-J. Zhou // *Resource Development & Market*. — 2009. — Vol. 12. — P. 1070–1071.
- 13 Сушук Н.А. Исследование компонентного состава летучих фракций травы пастушьей сумки и почек смородины черной / Н.А. Сушук, Ю.С. Колесник, В.С. Кисличенко, В.Ю. Кузнецова // *Вестн. Таджик. нац. ун-та. Сер. естеств. наук*. — 2013. — № 1–3 (110). — С. 84–88.
- 14 Zhang L. Effect of microwave drying on quality and volatile substances of wild *Capsella bursa-pastoris* (L.) / L. Zhang, Y.-J. Xue, J.-H. Deng, C. Liu, L. Yu, H. Ru, M.-H. Dong, Z.-F. Yu // *Modern Food Science and Technology*. — 2015. — Vol. 31. — P. 226–236.
- 15 Xue Y.-J. Optimization and analysis of volatile components of *Capsella bursa-pastoris* L by SPME-GC-MS / Y.-J. Xue, L. Zhang, L. Feng, L. Jiang, Z.-F. Yu // *Science and Technology of Food Industry*. — 2015. — Vol. 1. — P. 328–333.
- 16 Kamali H. Chemical composition and antioxidant activity from essential oil of *Capsella bursa-pastoris* / H. Kamali, T. Ahmadvadeh sani, P. Feyzi, A. Mohammadi // *International Journal of PharmTech Research*. — 2015. — Vol. 8. — P. 01–04.

В.Ю. Кириллов

### *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. эфир майының құрамы: шолу

Айқышгүлділер тұқымдасына жататын Тұмаршөп (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), тропиктен басқа, әлемнің барлық бөлігінде өседі. Бұл өсімдік қантоқтатушы, қабынуғақарсы, несепайдайтын, уылдырғыш, тамыркеңейтетін, тыныштандырғыш дәрі ретінде қолданылады. *C. bursa-pastoris* химиялық құрамы жақсы зерттелген және әртүрлі қосындылардың кең класымен ұсынылған. Алайда «КСРО флорасының эфир майлары» кітабында шөптің құрамында эфир майы бар екендігі жазылғанымен, ғылыми дереккөздерде *C. bursa-pastoris* химиялық құрамын сипаттау кезінде өсімдіктің құрамында эфир майларының болуы жайлы ескерілмейді. Жұмыста Жапония, Корей, Қытай, Украина және Иран ғылымдарымен әртүрлі уақытта зерттелген *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. эфир майының химиялық құрамы келтірілген. Өсімдік шикізатын кептірудің әртүрлі әдістері, ұшқыш заттардың бөлінуі, дисперсиялық орталар, өсу орындары *C. bursa-pastoris* эфир майының сапалық және сандық құрамына қалай әсер ететіндігі көрсетілген. Цис-3-гексен-1-ол, фитол, пальмитиндік қышқыл, диметилтрисульфид, 6,10,14-триметилпентадекан-2-он, этилацетат, метилиндол, триаконтан эфир майының негізгі компоненттері болып табылады. Иран ғалымдарының зерттеулеріне сәйкес, *C. bursa-pastoris* эфир майы жақсы антиоксидант болып табылмайды. Берілген шолу алғаш рет жүргізіліп отыр және *C. bursa-pastoris* эфир майының химиялық құрамын және оның биологиялық белсенділігін әрі қарай зерттеуге мүмкіндік бере алады, соның ішінде Қазақстан аумағында.

*Кілт сөздер:* *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., эфир майы, ұшқыш заттар, кептіру әдістері, дисперсиялық орта.

V.Yu. Kirillov

### Composition of essential oil of *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. Review

Shepherd's purse (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), belonging to Brassicaceae family, grows in all parts of the world except the tropics. This plant is used as hemostatic, antiinflammatory, diuretic, astringent, vasodilator, sedative medicine. The chemical composition of *C. bursa-pastoris* is quite well studied and represented by a wide class of different compounds. However, the official scientific sources in the description of the chemical composition of *C. bursa-pastoris* does not mention the content of essential oils in the plant, while in the book «Essential oils of the USSR Flora» says that the plant contains essential oil. The article presents the chemical composition of *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik essential oil, studied at different times by



scientists from Japan, Korea, China, Ukraine and Iran. It is shown how different methods of drying raw material, isolation of volatile substances, dispersion media, places of growth influence on the qualitative and quantitative composition of essential oil of *C. bursa-pastoris*. The main components of the essential oil are *cis*-3-hexene-1-ol, phytol, palmitic acid, dimethyltrisulfide, 6,10,14-trimethylpentadecane-2-one, ethyl acetate, methylindol, triacontane. According to studies by Iranian scientists that essential oil of *C. bursa-pastoris* isn't a good antioxidant. This review was conducted for the first time and can serve to further study the chemical composition of essential oil *C. bursa-pastoris* and its biological activity, including in the territory of Kazakhstan.

**Keywords:** *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., essential oil, volatile substances, drying methods, dispersion media.

## References

- 1 Pavlov, N.V. (1961). *Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]*. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSR [in Russian].
- 2 Sokolov, P.D. (1985). *Rastitelnye resursy SSSR: Tsvetkovye rasteniia, ikh khimicheskii sostav, ispolzovanie. Semeistva Paeoniaceae — Thymelaeaceae [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, utilization; Family Paeoniaceae — Thymelaeaceae]*. Leningrad: Nauka [in Russian].
- 3 Budantsev, A.L. (2009). *Rastitelnye resursy Rossii: Dikorastushchie tsvetkovye rasteniia, ikh komponentnyi sostav i biologicheskaiia aktivnost. Vol. 2. Semeistva Actinidiaceae — Malvaceae, Euphorbiaceae — Haloragaceae [Plant resources of Russia: Wild growing flowering plants, their component composition and biological activity. Vol. 2. Family Actinidiaceae — Malvaceae, Euphorbiaceae — Haloragaceae]*. Saint Petersburg; Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK [in Russian].
- 4 Gorjaev, M.I. (1952). *Efirnye masla flory SSSR [Essential oils of the USSR Flora]*. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSR [in Russian].
- 5 Miyazawa, M., Uetake, A., & Kameoka, H. (1979). The constituents of the essential oils from *Capsella bursa-pastoris* Medik. *Yakugaku Zasshi Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*, 99, 1041–1043.
- 6 Lee, M.-S., & Choi, H.-S. (1996). Volatile flavor components in various edible portions of *Capsella bursa-pastoris*. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 28, 822–826.
- 7 Lee, M.-S., & Choi, H.-S. (1996). Volatile flavor components of *Capsella bursa-pastoris* as influenced by drying methods. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 28, 814–821.
- 8 Choi, H.-S. & Lee, M.-S. (1996). The effect of dispersion medium on intensity of volatile flavor components and recovery of essential oil from *Capsella bursa-pastoris* by steam distillation. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 28, 827–833.
- 9 Choi, H.-S., Kang, E.-J., & Kim, K.-H. (2006). Analyses of essential oil and headspace compositions of *Capsella bursa-pastoris* Medicus by SDE and SPME methods. *Korean Journal of Food Preservation*, 13, 108–114.
- 10 Guo, H., Hou, D.-Y., Hui, R.-H., Diao, Q.-P., & Chen, B. (2008). Analysis of volatile constituents of *Capsella bursa-pastoris* L. *Food Science*, 1, 254–256.
- 11 Liu, Y., Li, Y.-H., Ning, W., Zhao, X., Wu, J. & Li, X.-L. (2009). GC-MS analysis of essential oil from *Capsella bursa-pastoris*. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 5, 1050–1051.
- 12 Gao, Y.-X. & Zhou, X.-J. (2009). Chemical constituents of essential oil from leaves of *Capsella bursa-pastoris* L. *Resource Development & Market*, 12, 1070–1071.
- 13 Sushchuk, N.A., Kolesnik, Yu.S., Kislichenko, V.S., & Kuznetsova, V.Yu. (2013). Issledovanie komponentnogo sostava letuchikh fraktsii travy pastushei sumki i pochek smorodiny chernoi [Study of the component composition of volatile fractions of shepherd's purse grass and black currant buds]. *Vestnik Tadzhijskoho natsionalnogo universiteta. Seriya estestvennykh nauk — Bulletin of the Tajik National University. Series of Natural Sciences*, 1–3, 84–88 [in Russian].
- 14 Zhang, L., Xue, Y.-J., Deng, J.-H., Liu, C., Yu, L., Ru, H., Dong, M.-H. & Yu, Z.-F. (2015). Effect of microwave drying on quality and volatile substances of wild *Capsella bursa-pastoris* (L.). *Modern Food Science and Technology*, 31, 226–236.
- 15 Xue, Y.-J., Zhang, L., Feng, L., Jiang, L., & Yu, Z.-F. (2015). Optimization and analysis of volatile components of *Capsella bursa-pastoris* L by SPME-GC-MS. *Science and Technology of Food Industry*, 1, 328–333.
- 16 Kamali, H., Ahmadzadeh sani, T., Feyzi, P., & Mohammadi, A. (2015). Chemical composition and antioxidant activity from essential oil of *Capsella bursa-pastoris*. *International Journal of PharmTech Research*, 8, 01–04.

Э.Т. Тайлакова, А.У. Исабек, Н.С. Кожабергенев,  
Н.Н. Мухами, В.М. Строчков, К.Т. Султанкулова, А.С. Рсалиев

Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности,  
пгт. Гвардейский, Жамбылская область, Казахстан  
(E-mail: tailakova\_86@mail.ru)

## Разработка метода полимеразной цепной реакции для диагностики фитопатогенного гриба *Zymoseptoria tritici*

Своевременная диагностика — залог успешного проведения профилактических мероприятий по устранению тех или иных болезней. Для быстрой детекции и точной идентификации возбудителя вызывающего пятнистость листьев пшеницы необходима разработка высокочувствительного и скоростного метода анализа. В данных исследованиях проведены работы по разработке высокоспецифичного метода ПЦР для диагностики фитопатогенного гриба *Zymoseptoria tritici*. В результате исследований были отобраны нуклеотидные последовательности для *Zymoseptoria tritici* из базы данных GenBank. Используя данные последовательности, были сконструированы и синтезированы специфические праймеры. Проведены работы по отработке оптимальных условий проведения ПЦР по таким параметрам, как концентрация ДНК полимеразы, ионов  $Mg^{2+}$  и дНТФ. Также осуществлены работы по определению чувствительности и специфичности разработанного метода ПЦР. Чувствительность данного метода составила 0,69 пг ДНК патогена в исследуемом материале. В результате исследований специфичности установлено, что разработанный метод не выявил ДНК гетерологичных грибов. Таким образом, разработанный метод диагностики на основе ПЦР для выявления гриба *Zymoseptoria tritici* показал высокую специфичность и чувствительность который в дальнейшем может использоваться в качестве диагностического набора на основе ПЦР для выявления гриба *Zymoseptoria tritici*.

**Ключевые слова:** *Zymoseptoria tritici*, фитопатогенный гриб, диагностика, специфичность, чувствительность.

### Введение

Мировые эксперты в области продовольствия утверждают, что самым важным показателем национальной безопасности страны является производство зерна пшеницы. По данным международной продовольственной и сельскохозяйственной организаций, огромные потери урожая пшеницы происходят от вредителей на 34 %, а от болезней на — 12 % [1]. Десятилетиями Казахстан производит зерно, которое покрывает не только внутренний рынок страны, но и рынок республик Средней Азии. Являясь одним из крупных производителей зерна республика ежегодно теряет более 30 % от общего количества урожая [2; 38, 3]. Одной из причин этому являются грибковые болезни пшеницы, среди которых немаловажную роль в причинении урона урожаю отводится *Z. tritici*.

*Z. tritici* является разновидностью мицелиального гриба, аскомицета из семейства Mucosphaerellaceae. Данный возбудитель поражает только листья и проявляется на ранней стадии развития растения. Патоген вызывает пятнистость листьев, которую трудно контролировать из-за устойчивости к множественным фунгицидам [4]. Контроль над *Z. tritici* был основан на комбинации применения фунгицидов и селекции устойчивых сортов [5, 6]. Повышение уровня нечувствительности к системным фунгицидам и принятие политики по сокращению пестицидов в соответствии с европейским законодательством [7] означают, что сейчас существует большая потребность в разработке современных диагностических средств, для своевременного выявления ДНК гриба *Z. tritici*. Сегодня для диагностики гриба *Z. tritici* наряду с морфологическими исследованиями широко используют молекулярно-биологические и иммунологические методы. Однако недостатки данных методов, обусловленные низкой чувствительностью, трудоемкостью проведения работы, и затраты длительного времени создают необходимость разработки более чувствительного и быстрого метода детекции.

Молекулярно-биологические и генно-инженерные достижения последнего десятилетия создают возможность разработки различных методов для специфической диагностики фитопатогенных микроорганизмов. Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) по сравнению с традиционными иммунологическими методами более чувствителен и специфичен. ПЦР широко используется в целях дифференциации и своевременном обнаружении возбудителей различных заболеваний. Для диагностики возбудителей видов септориоза были разработаны многочисленные методы молекулярной идентификации

грибов на основе ПЦР [8–12]. Недостатки данных методов, обусловленные ограниченной специфичностью, необходимостью создания стандартной кривой при каждой постановке реакции, а также трудности, связанные с контаминацией смеси при постановке реакции в режиме реального времени, создают необходимость разработки классического метода анализа обладающей высокой специфичностью. Исходя из изложенного выше, целью данной работы является разработка метода ПЦР для диагностики фитопатогенного гриба *Z. tritici*.

#### *Материалы и методы исследования*

*Подбор и синтез праймеров.* Подбор праймеров осуществляли с использованием GenBank NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/GenBank>) и программного обеспечения CLC GenomicsWorkbench 11.0.1 (Qiagen). Специфичность олигонуклеотидных праймеров проверяли в программе BLAST. Синтез олигонуклеотидных праймеров проводили на автоматическом синтезаторе фирмы K&A Laborgeraete, модели DNA/RNA Synthesizer H-16 (производство Германии), амидофосфитным методом согласно инструкции производителя.

*Выделение и выращивание возбудителя септориоза.* Выделение и выращивание чистой культуры проводили по стандартной методике [13].

*Выделение ДНК грибов.* Выделение ДНК проводили как из чистой культуры, так и из образцов пораженных листьев. К 100 мкл пробы добавляли 700 мкл буфера СТАВ предварительно разогретого до 65 °С (после нагревания в буфер добавляли β-меркаптоэтанол 400 мкл на 20 мл буфера). И тщательно перемешивали. Далее заливали такой же объем хлороформа и тщательно вортиксовали. Центрифугировали в течение 5 мин при 13000 об/мин, супернатант переносили в новые 1,5 пробирки. Повторяли этап экстракции хлороформом. К супернатанту добавляли 2/3 объема изопропанола, вортиксовали и центрифугировали в течение 5 мин при 13000 об/мин. Надосадок аккуратно сливали и проводили промывку осадка 75 % спиртом. Центрифугировали в течение 60 с при 13000 об/мин, надосадки аккуратно сливали и осадки подсушивали при комнатной температуре с открытой крышкой. Осадок растворяли в 50 мкл стерильной дистиллированной воде [14].

*ПЦР-амплификация.* ПЦР-реакция проводилась с использованием амплификаторов MastercyclerProS (Eppendorf, Германия) и SimpliAmpThermalCycler (AppliedBiosystems, США). В реакционную смесь использовали 10× ПЦР буфер (Sileks, Москва, Россия), 10 мМдНТФ (Invitrogen, США), 25 мМ MgCl<sub>2</sub> (Sileks, Москва, Россия), Taq полимераза (Sileks, Москва, Россия).

*Анализ результатов.* Разделение продуктов амплификации проводили с использованием электрофореза в 1 % агарозном геле, содержащем 1 мкг/мл бромистого этидия в трис-ацетатном буфере. Для детекции результатов ПЦР использовали трансиллюминатор BioRad.

*Секвенирование ДНК грибов.* Секвенирование фрагментов амплификации выполняли с помощью набора BigDyeTerminatorCycleSequencingkit v 3.1 («AppliedBiosystems», США), согласно инструкции изготовителя, на 3130xl GeneticAnalyzer («AppliedBiosystems», США). Сборку и анализ полученных в результате секвенирования последовательностей проводили с использованием программы Sequencher v. 5.4.1.

#### *Результаты исследований и их обсуждение*

В наших исследованиях по подбору специфических праймеров мы остановились на участках внутренних транскрибированных спейсерах (ITS1-ITS2). Два ITS регионы часто используют для дифференциации грибов на уровне родов и видов. Эти участки генома грибов окружают последовательность, кодирующую 5.8S рРНК, и расположены между генами, кодирующими 18S рРНК (малая субъединица — SSU) и 28S рРНК (большая субъединица — LSU). Регион ITS очень стабилен, присутствует в нескольких повторностях и обычно консервативен внутри вида [15]. Для подбора праймеров был проведен поиск нуклеотидных последовательностей ITS в международной базе данных GenBank. Были отобраны последовательности для гриба *Z. tritici*. Выравнивание нуклеотидных последовательностей и подбор специфических праймеров проводили с использованием программы CLC Genomics Workbench v.11.0.1. Подобранные праймеры были проверены на специфичность с использованием программы BLAST. Для дальнейших работ были выбраны праймеры, показывающие 100 % специфичность с соответствующим возбудителем. Таким образом, была подобрана пара специфических праймеров — ZT191F и ZT444R, амплифицирующие участок длиной 254 п.н., характерный только для *Z. tritici*.

Подобранные праймеры были синтезированы на синтезаторе олигонуклеотидов фирмы K&A Laborgeraete. Представленные характеристики праймеров полностью соответствуют требуемым параметрам олигонуклеотидов, используемых для постановки ПЦР.

Важным этапом при начальной отработке ПЦР является наличие специфичной ДНК. С целью получения качественной и специфичной ДНК проводили наработку моноконициальных культур грибов. Чистоту культуры подтверждали микроскопическим методом. Из полученной культуры выделяли ДНК и определяли его видовую идентичность с помощью секвенирования. Для этого проводили наработку ПЦР-продукта с использованием универсальных праймеров на ITS регион (ITS-4 — TCCTCCGCTTATTGATATGC и ITS-5- GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG) [16]. Полученный ПЦР-продукт секвенировали на 16-капиллярном секвенаторе 3130xl GeneticAnalyzer. Полученные в ходе секвенирования нуклеотидные последовательности сравнивали с помощью программы BLAST с последовательностями, размещёнными в международном банке генов GenBank. Результаты сравнительного анализа представлены на рисунке 1.

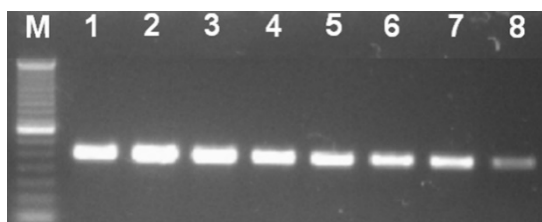
Description	Query cover	Ident	Accession
<input type="checkbox"/> <a href="#">Zyoseptoria tritici IPO 323 ITS region; from TYPE material</a>	100%	100%	<a href="#">NR_158992.1</a>
<input type="checkbox"/> <a href="#">Uncultured fungus clone C07 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene, and internal transcribed spacer 2</a>	100%	100%	<a href="#">MF344904.1</a>
<input type="checkbox"/> <a href="#">Zyoseptoria tritici ST99CH_3D1 genome assembly, chromosome: ZT3D1_chr_7</a>	100%	100%	<a href="#">LT854279.1</a>
<input type="checkbox"/> <a href="#">Zyoseptoria tritici ST99CH_1E4 genome assembly, chromosome: ZT1E4_chr_7</a>	100%	100%	<a href="#">LT854259.1</a>
<input type="checkbox"/> <a href="#">Zyoseptoria tritici ST99CH_1A5 genome assembly, chromosome: 7</a>	100%	100%	<a href="#">LT882682.1</a>
<input type="checkbox"/> <a href="#">Zyoseptoria tritici ST99CH_3D7 genome assembly, chromosome: 7</a>	100%	100%	<a href="#">LT853698.1</a>
<input type="checkbox"/> <a href="#">Zyoseptoria tritici isolate StM253 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1 and 5.8S ribosomal RNA gene, complete sequence; and internal transcribed spacer 2</a>	100%	100%	<a href="#">KP852521.1</a>
<input type="checkbox"/> <a href="#">Zyoseptoria tritici isolate StK239 18S ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1 and 5.8S ribosomal RNA gene, complete sequence; and internal transcribed spacer 2</a>	100%	100%	<a href="#">KP852519.1</a>

Рисунок 1. Сравнительный анализ ДНК, выделенной из *Z. tritici*

Таким образом, было получено 100 %-ное подтверждение чистоты имеющихся культур, что необходимо для оптимизации всех параметров ПЦР.

Для получения специфической и эффективной амплификации проводили работы по определению оптимальной концентрации каждого реагента входящего в состав смеси. Оптимизированы были такие реагенты, как Taq ДНК полимеразы, концентрации дНТФ, праймеров и ионов  $Mg^{2+}$ . При амплификации использовали следующие параметры: начальная ПЦР-активация при 94 °C — 3 мин, денатурация при 94 °C — 30 с, отжиг при 60 °C — 30 с, элонгация при 68 °C — 1 мин 20 с, финальная элонгация при 68 °C — 5 мин, амплификацию ПЦР осуществляли в течение 35 циклов.

Активность ДНК полимеразы является одним из наиболее важным при проведении оптимизации ПЦР. Концентрация полимеразы подбирается в зависимости от праймеров или мишени НК. При высокой концентрации может нарабатываться неспецифический продукт, при более низкой нарабатывается недостаточное количество амплификата. Обычно рекомендуется использовать ДНК полимеразу в конечной концентрации 0,5–2,5 ед. на 50 мкл реакционной смеси. Для отработки оптимальной концентрации ДНК полимеразы нами был выбран диапазон от 0,5 до 4 ед. Состав реакционной смеси содержал 0,2 мМ дНТФ, 2 мМ  $Mg^{2+}$  и 400 нМ каждого праймера. Результаты представлены на рисунке 2.

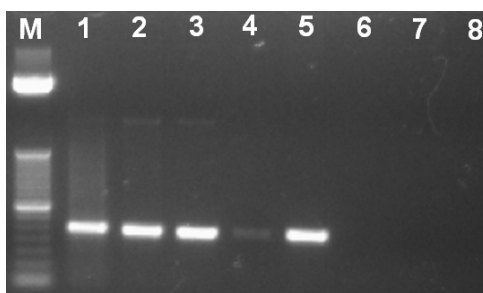


M — маркер ДНК; 1 — 4 ед.; 2 — 3,5 ед.; 3 — 3 ед.; 4 — 2,5 ед.; 5 — 2 ед.; 6 — 1,5 ед.; 7 — 1 ед.; 8 — 0,5 ед.

Рисунок 2. Оптимизация Taq ДНК полимеразы в реакционной смеси при обнаружении ДНК *Z. tritici* методом ПЦР

Как видно из рисунка 1, концентрация Таq ДНК-полимеразы влияет на выход конечного продукта. Видно, что с повышением концентрации фермента в реакционной смеси происходит увеличение интенсивности полос, а, следовательно, и концентрации ДНК. Однако при активности фермента всего 0,5 ед. нарабатывается ПЦР-продукт, который достаточно легко визуализировать в 1 %-ном агарозном геле в присутствии бромистого этидия под УФ-светом. Для дальнейшей отработки метода была выбрана концентрация 1 ед. Таq ДНК полимеразы.

При постановке ПЦР немаловажную роль играет и концентрация  $Mg^{2+}$  в реакционной смеси. Ионы  $Mg^{2+}$  взаимодействуют с другими компонентами реакционной смеси, формируют комплексы с дНТФ и стабилизируют двухцепочечную ДНК. Концентрация  $Mg^{2+}$  также влияет на отжиг праймеров и денатурацию образца. Однако его избыток может вызывать образование неспецифических продуктов, а недостаток может приводить к низкой эффективности амплификации. Рекомендуемая концентрация  $Mg^{2+}$  составляет 1–4 мМ, однако оптимальная концентрация должна быть определена экспериментально. В экспериментах мы испытывали концентраций  $Mg^{2+}$  от 0,5 до 6 мМ (рис. 3). Реакционная смесь содержала 1 ед. ДНК полимеразы, 0,2 мМ дНТФ и 400 нМ каждого праймера.

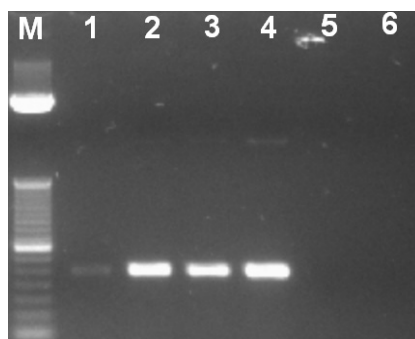


*M* — маркер ДНК; 1 — 6 мМ; 2 — 4 мМ; 3 — 3 мМ;  
4 — 2,5 мМ; 5 — 2 мМ; 6 — 1,5 мМ; 7 — 1 мМ; 8 — 0,5 мМ

Рисунок 3. Оптимизация концентрации  $Mg^{2+}$  в реакционной смеси при обнаружении ДНК *Z. tritici* методом ПЦР

Как видно из данных на рисунке 3, амплификация специфичного продукта наблюдается при концентрациях от 2 до 6 мМ, однако при концентрации  $Mg^{2+}$  выше 2,5 мМ наблюдается появление неспецифических продуктов реакции. В результате для дальнейших экспериментов использовали ионы  $Mg^{2+}$  в концентрации 2 мМ.

Дезоксирибонуклеозидтрифосфаты (дНТФ) служат субстратами для процесса элонгации. Также дНТФ уменьшает количество свободных ионов  $Mg^{2+}$ , что, в свою очередь, влияет на активность фермента и температуру отжига праймеров. Оптимальная концентрация дНТФ обычно составляет 0,2 мМ. Для оптимизации данного параметра мы испытывали концентрации дНТФ в пределах от 0,01 до 1 мМ (рис. 4). Реакционная смесь содержала 1 ед. ДНК полимеразы, 2 мМ  $Mg^{2+}$  и 400 нМ каждого праймера.



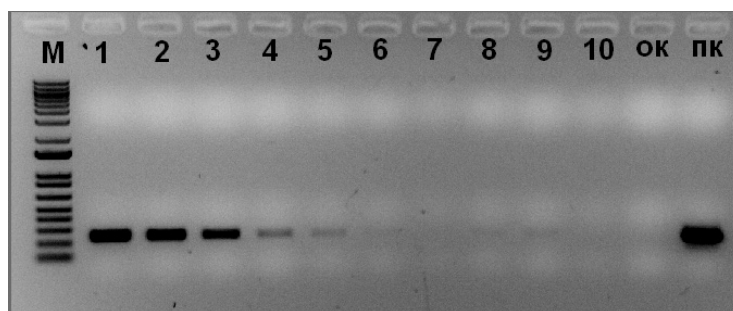
*M* — маркер ДНК; 1 — 0,01 мМ; 2 — 0,05 мМ; 3 — 0,1 мМ; 4 — 0,2 мМ; 5 — 0,5 мМ; 6 — 1 мМ

Рисунок 4. Оптимизация концентрации дНТФ в реакционной смеси при обнаружении ДНК *Z. tritici* методом ПЦР

Как видно из рисунка 4, наработка ПЦР-продукта прекращается при использовании концентрации дНТФ от 0,5 мМ и выше. Для проведения дальнейших исследований была выбрана оптимальная концентрация дНТФ — 0,2 мМ.

В результате оптимизации компонентного состава были определены следующие оптимальные концентрации реакционной смеси — 1 ед. ДНК полимеразы, 0,2 мМ дНТФ, 2 мМ  $Mg^{2+}$  и по 400 нМ каждого праймера.

Основными факторами, определяющими преимущества одного метода диагностики над другим, являются чувствительность и специфичность. Известно, что достоинством ПЦР является чрезвычайно высокая чувствительность этого молекулярно-биологического исследования. Далее, используя оптимальный состав реакционной смеси, определяли чувствительность разрабатываемого метода ПЦР. При определении чувствительности разработанной ПЦР использовали 10-кратные разведения ДНК от 69 нг до 0,069 фг. Результаты данных опытов представлены на рисунке 5.

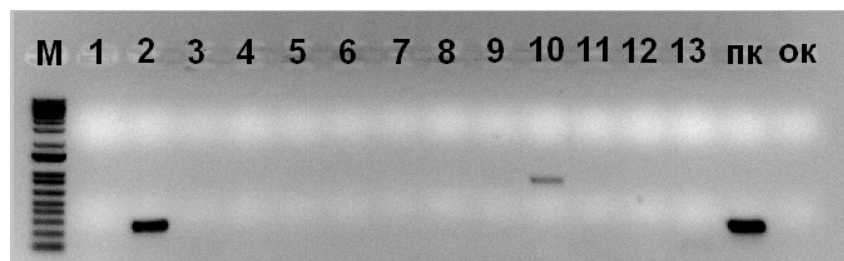


*M* — маркер ДНК; 1 — 6,9 нг; 2 — 0,69 нг; 3 — 69 пг; 4 — 6,9 пг; 5 — 0,69 пг; 6 — 0,069 пг; 7 — 69 фг; 8 — 6,9 фг; 9 — 0,69 фг; 10 — 0,069 фг; *ок* — отрицательный контроль; *пк* — положительный контроль

Рисунок 5. Определение чувствительности ПЦР при обнаружении ДНК *Z. tritici*

Чувствительность данного метода ПЦР составила 0,69 пг ДНК *Z. tritici* в пробе (рис. 5). Данные результаты показали, что отработанный метод ПЦР обладает высокой чувствительностью.

Специфичность метода ПЦР многократно превосходит любые другие используемые методы диагностики, в том числе ИФА. Далее проводили определение специфичности разработанного метода ПЦР. Для идентификации гриба *Z. tritici* использовали ДНК гриба *Z. tritici* и ДНК гетерологичных грибов *Pyrenophorotritici-repentis*, *Parastagonosporanodorum*, *AlternariaInfectoria*, *AlternariaAlternata*, *Fusarium*, *Epicoccum*, *Ascomycota*, *Leconicillium*, *Stemphylium*, подтвержденные секвенированием, а в качестве положительного контроля ДНК *Z. tritici* ИТС и отрицательного контроля — воду. Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 6.



*M* — маркер ДНК; 1 — ДНК *Pyrenophora tritici-repentis*; 2 — ДНК *Z. tritici*; 3 — ДНК *Parastagonospora nodorum*; 4 — ДНК *Alternaria Infectoria*; 5 — ДНК *Alternaria Alternata*; 6 — ДНК *Alternaria*; 7 — ДНК *Fusarium-1*; 8 — ДНК *Fusarium-4*; 9 — ДНК *Epicoccum-21*; 10 — ДНК *Epicoccum-28*; 11 — ДНК *Ascomycota*; 12 — ДНК *Leconicillium*; 13 — ДНК *Stemphylium*; *пк* — положительный контроль, ДНК *Zymoseptoria tritici* ИТС; *ок* — отрицательный контроль, вода

Рисунок 6. Определение специфичности ПЦР при обнаружении ДНК *Z. tritici*

Как видно из рисунка 6 только в пробах, содержащих ДНК гриба *Z. tritici*, нарабатываются специфические продукты реакции размером около 254 п.н. (дорожки 1 и *пк*). Отрицательные результаты

были получены при использовании в качестве матриц ДНК остальных гетерологичных грибов, кроме ДНК *Epicoccum-28* (дорожка 10). Однако данный продукт нарабатывается более тяжелым размером, тем самым эта ДНК не является специфическим продуктом для данной реакции. Отсутствие каких-либо продуктов амплификации наблюдается и с деионизированной водой. Полученные результаты демонстрируют высокую специфичность разработанного нами способа диагностики ДНК гриба *Z. tritici*.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что во всех пробах, содержащих ДНК гриба *Z. tritici*, нарабатывался специфический ПЦР-продукт, соответствующий расчетному размеру.

#### Заключение

В результате проведенных исследований при разработке ПЦР для диагностики фитопатогенного гриба *Z. tritici* были подобраны видоспецифические праймеры, отработаны оптимальные параметры для постановки реакции. Разработанный способ диагностики на основе ПЦР для выявления гриба *Z. tritici* показал высокую специфичность и чувствительность (0,69 пг ДНК).

Исследования выполнены при поддержке Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан в рамках ПЦФ «Разработка инновационных систем для повышения устойчивости сортов пшеницы к особо опасным болезням в Республике Казахстан» на 2018–2020 гг. (№ BR06249329).

#### Список литературы

- 1 FAO statistical yearbook. World food in agriculture. — Rome. — 2013. — P. 289.
- 2 Койшыбаев М. Болезни зерновых культур / М. Койшыбаев. — Алматы: Бастау, 2002. — С. 38–40.
- 3 Рсалиев Ш.С. Анализ состава популяций стеблевой и листовой ржавчины пшеницы на территории Казахстана / М.К. Койшыбаев, А.И. Моргун, Д. Колмер // Материалы междунар. науч.-практ. конф. — Алматы, 2005. — С. 267–272.
- 4 Stukenbrock E.H. Whole-Genome and Chromosome Evolution Associated with Host Adaptation and Speciation of the Wheat Pathogen *Mycosphaerella graminicola* / E.H. Stukenbrock, F.G. Jørgensen, M. Zala, T.T. Hansen, B.A. McDonald, M.H. Schierup // PLoS Genetics. — 2010. — No. 6. — С. 12.
- 5 Orton E.S. *Mycosphaerella graminicola*: from genomics to disease control / E.S. Orton, S. Deller, J.K.M. Brown // Molecular Plant Pathology. — 2011. — No. 12. — P. 413–424.
- 6 Torriani S.F.F. *Zymoseptoria tritici*: a major threat to wheat production, integrated approaches to control / S.F.F. Torriani, J.P.E. Melichar, C. Mills, N. Pain, H. Sierotzki, M. Courbot // Fungal Genetics and Biology. — 2015. — No. 79. — P. 8–12.
- 7 Jess S. European Union policy on pesticides: implications for agriculture in Ireland / S. Jess, S. Kildea, A. Moody, G. Rennick, A.K. Murchie, L.R. Cooke // Pest Management Science. — 2014. — No. 70. — P. 1646–1654.
- 8 Beck J.J. Polymerase chain reaction assays for the detection of *Stagonospora nodorum* and *Septoria tritici* in wheat / J.J. Beck, J.M. Ligon // Phytopathology. — 1995. — Vol. 85. — P. 319–324.
- 9 Fraaije B.A. Rapid detection and diagnosis of *Septoria tritici* epidemics in wheat using a polymerase chain reaction / PicoGreen assay / B.A. Fraaije, D.J. Lovell, E.A. Rohel, D.W. Hollomon // Journal of Applied Microbiology. — 1999. — Vol. 86. — P. 701–708.
- 10 Абрамова С.Л. Диагностика фитопатогенных грибов *Septoria tritici* и *Stagonospora nodorum* методом FLASH ПЦР / С.Л. Абрамова, Д.Ю. Рязанцев, Т.М. Воинова, С.К. Завриев // Биоорганическая химия. — 2008. — № 34. — С. 107–113.
- 11 Abd-Elsalam K. Detection of *Mycosphaerella graminicola* in Wheat Leaves by a Microsatellite Dinucleotide Specific-Primer / K. Abd-Elsalam, A.H. Bahkali, M. Moslem, P.J. De Wit, J.A. Verreet // International Journal Molecular Science. — 2011. — Vol. 12. — P. 682–693.
- 12 Consolo V.F. A conventional PCR technique to detect *Septoria tritici* in wheat seeds / V.F. Consolo, C.M. Albani, C.M. Beron, G.L. Salerno, C.A. Cordo // Australasian Plant Pathology. — 2009. — Vol. 38. — P. 222–227.
- 13 Bilay V.I. Methods of experimental mycology / V.I. Bilay. — Kiev: Naukova Dumka, 1973. — P. 30–187.
- 14 Edwards S.G. PCR-based detection and quantification of mycotoxigenic fungi / S.G. Edwards, J.O'Callaghan, A.D.W. Dobson // Mycology Res. — 2002. — Vol. 106. — P. 1005–1025.
- 15 Hughes K.W. Using heterozygosity to estimate a percentage DNA sequence similarity for environmental species' delimitation across basidiomycete fungi / K.W. Hughes, R.H. Petersen, E.B. Lickey // New Phytology. — 2009. — Vol. 182. — P. 795–798.
- 16 White T.J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics: PCR Protocols: a Guide to Methods and Applications / T.J. White, T. Bruns, S. Lee, J. Tailor. New York: Academic Press Inc, 1990. — P. 315–322.

Э.Т. Тайлакова, А.У. Исабек, Н.С. Кожабергенов,  
Н.Н. Мухами, В.М. Строчков, К.Т. Султанкулова, А.С. Рсалиев

### ***Zymoseptoria tritici* фитопатогенді зенді бағалау үшін полимеразды тізбекті реакция әдісін жасақтау**

Дер кезінде жүргізілген бағалау — белгілі бір ауруларды жою шараларының жақсы өтуінің кепілі. Бидай жапырағының теңбіл дақтары қоздырғышын тез арада анықтау және дәл сәйкестендіру үшін жоғары сезімталды және жылдам жүргізілетін талдау әдісін жасақтау қажет. Осы зерттеулерде *Zymoseptoria tritici* фитопатогенді зенді бағалау үшін полимеразды тізбекті реакция әдісін жасақтау мақсатында жұмыстар жүзеге асырылды. Жүргізілген жұмыстар нәтижесінде GenBank деректер базасынан *Zymoseptoria tritici* арналған нуклеотидті қатар тізбегі таңдалынып алынды. Осы тізбектерді қолдана отыра, телімді праймерлер құрастырылып синтезделінді. ПТР жүргізуді ДНК полимераза, Mg<sup>2+</sup> иондары және дНТФ концентрациялары параметрлері бойынша оңтайландыру жұмыстары жүзеге асырылды. Сонымен қатар жасақталған ПТР әдісінің телімділігі мен сезімталдығы анықталды. Жасақталған әдіс зерттелінген материалдан 0,69 пг мөлшерінде патогеннің ДНҚ сезімталды түрде анықтауға мүмкіндік беретіні анықталды. Телімділікті анықтау нәтижесінде жасақталған әдістің гетерологиялық саңырауқұлақтардың ДНҚ мен жұмыс істемейтіні белгілі болды. Нәтижесінде ПТР негізінде *Zymoseptoria tritici* саңырауқұлақты анықтауға жасақталған диагностика әдісі жоғары сезімталдылық пен телімділікті көрсетті. Жасақталған әдісті *Zymoseptoria tritici* зенді белгілеуге арналған ПТР негізінде диагностикалық жиынтық ретінде қолдануға болады.

*Кілт сөздер:* *Zymoseptoria tritici*, фитопатогенді зен, диагностика, телімділік, сезімталдық.

E.T. Tailakova, A.U. Isabek, N.S. Kozhabergenov,  
N.N. Mukhami, V.M. Strochkov, K.T. Sultankulova, A.S. Rsaliyev

### **Development of a polymerase chain reaction method for the diagnosis of the phytopathogenic fungus *Zymoseptoria tritici***

Timely diagnosis is the key to successful preventive measures to eliminate certain diseases. For rapid detection and accurate identification of the pathogen causing the spotting of wheat leaves it is necessary to develop a highly sensitive and high-speed method of analysis. In these studies, work was carried out to develop a highly specific PCR method for the diagnosis of the phytopathogenic fungus *Zymoseptoria tritici*. As a result of the study, nucleotide sequences for *Zymoseptoria tritici* were selected from the GenBank database. Using these sequences, specific primers were designed and synthesized. The works on the development of optimal conditions for PCR on such parameters as the concentration of DNA polymerase, ions Mg<sup>2+</sup> and dNTP were conducted. Works have also been carried out to determine the sensitivity and specificity of the developed PCR method. The sensitivity of this method was 0.69 pg of the pathogen DNA in the test material. As a result of specificity studies, it was found that the developed method did not reveal the DNA of heterologous fungi. Thus, a PCR-based diagnostic method for detecting the fungus *Zymoseptoria tritici* has shown high specificity and sensitivity. The developed method can be used as a PCR-based diagnostic kit for detecting the fungus *Zymoseptoria tritici*.

*Keywords:* *Zymoseptoria tritici*, phytopathogenic fungus, diagnosis, specificity, sensitivity.

#### References

- 1 FAO statistical yearbook. World food in agriculture. (2013). Rome.
- 2 Koishybaev, M. (2002). *Bolezni zernovykh kultur [Cereal Diseases]*. Almaty: Bastau [in Russian].
- 3 Rsaliev, Sh.S., Koishibaev, M.K., Morgunov, A.I., & Kolmer, D. (2005). Analiz sostava populiatsii stebelvoi i listovoi rzhavchiny pshenitsy na territorii Kazakhstana [Analysis of the composition of populations of stem and leaf rust of wheat in Kazakhstan]. Proceedings. *Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaya konferentsiya — International scientific practical conference* (p. 267–272). Almaty [in Russian].
- 4 Stukenbrock, E.H., Jørgensen, F.G., Zala, M., Hansen, T.T., McDonald, B.A., & Schierup, M.H. (2010). Whole-Genome and Chromosome Evolution Associated with Host Adaptation and Speciation of the Wheat Pathogen *Mycosphaerella graminicola*. *PLoS Genetics*, 6, 12.
- 5 Orton, E.S., Deller, S., & Brown, J.K.M. (2011). *Mycosphaerella graminicola*: from genomics to disease control. *Molecular Plant Pathology*, 12, 413–424.
- 6 Torriani, S.F.F., Melichar, P.E., Mills, C., Pain, N., Sierotzki, H., & Courbot, M. (2015). *Zymoseptoria tritici*: a major threat to wheat production, integrated approaches to control. *Fungal Genetics and Biology*, 79, 8–12.



- 7 Jess, S., Kildea, S., Moody, A., Rennick, G., Murchie, A.K., & Cooke, L.R. (2014). European Union policy on pesticides: implications for agriculture in Ireland. *Pest Management Science*, 70, 1646–1654.
- 8 Beck, J.J. & Ligon, J.M. (1995). Polymerase chain reaction assays for the detection of *Stagonosporanodorum* and *Septoriatritici* in wheat. *Phytopathology*, 85, 319–324.
- 9 Fraaije, B.A., Lovell, D.J., Rohel, E.A., & Hollomon, D.W. (1999). Rapid detection and diagnosis of *Septoriatritici* epidemics in wheat using a polymerase chain reaction / PicoGreen assay. *Journal of Applied Microbiology*, 86, 701–708.
- 10 Abramova, S.L., Riazantsev, D. Yu., Voinova, T.M., & Zavriev, S.K. (2008). Diahnostika fitopatohennykh hribov *Septoria tritici* i *Stagonospora nodorum* metodom FLASH PTsR [Diagnostics of phytopathogenic fungi *Septoria tritici* and *Stagonosporanodorum* using the method of FLASH PCR]. *Bioorganicheskaia khimiia — Bioorganic chemistry*, 34, 107–113 [in Russian].
- 11 Abd-Elsalam, K., Bahkali, A.H., Moslem, M., De Wit, P.J., & Verreet, J.A. (2011). Detection of *Mycosphaerella graminicola* in Wheat Leaves by a Microsatellite Dinucleotide Specific-Primer. *International Journal of Molecular Science*, 12, 682–693.
- 12 Consolo, V.F., Albani, C.M., Beron, C.M., Salerno, G.L., & Cordo, C.A. (2009). A conventional PCR technique to detect *Septoriatritici* in wheat seeds. *Australasian Plant Pathology*, 38, 222–227.
- 13 Bilay, V.I. (1973). Methods of experimental mycology. Kiev: Naukova Dumka.
- 14 Edwards, S.G., O'Callaghan, J., & Dobson, A.D.W. (2002). PCR- based detection and quantification of mycotoxigenic fungi. *Mycology Res*, 106, 1005–1025.
- 15 Hughes, K.W., Petersen, R.H., & Lickey, E.B. (2009). Using heterozygosity to estimate a percentage DNA sequence similarity for environmental species' delimitation across basidiomycete fungi. *New Phytology*, 182, 795–798.
- 16 White, T.J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics: PCR Protocols: a Guide to Methods and Applications*. New York: Academic Press Inc.

V.S. Abukenova, Zh.Zh. Blyalova, M.Zh. Blyalova

*Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan  
(E-mail: zhanerke1807@mail.ru)*

## **The species composition of phytoplankton and phytobenthos of investigated areas of Bookpa river**

In the article the information about the effectiveness of biological methods for determining the degree of saprobity of water bodies by the species composition of microscopic representatives of aquatic algal flora is provided. Algae are a very convenient object for bioindicating the state of aquatic ecosystems, since they make it unnecessary (or often complementary) to use expensive and laborious physicochemical methods for analyzing environmental parameters; reflect and record the speed of changes occurring in the natural environment. Phytohydrobionts, which are bioindicators of pollution, due to the influence of certain factors may exhibit different degrees of intensity of the response in the form of domination or partial or complete disappearance. In our opinion, there is a direct relationship between the intensity of the algal indicator reactions and the quality of water. One of the most developed biological methods for assessing water quality using indicator species of phytoplankton and phytobenthos was used — saprobiological analysis of the Pantle-Buck modified by Sladeczek. The possibilities of studying the anatomical and morphological organization of the microscopic flora in the educational process are evaluated. Species of hydrobionts were identified; a list of species inhabiting this watercourse was also compiled. Indicator organisms were identified, the degree of organic contamination of the studied watercourse was determined.

*Keywords:* degree of saprobity, saprobity index, phytoplankton, phytobenthos, saprobiological analysis of the Pantle-Buck modified by Sladeczek.

Ecological assessment of aquatic ecosystems using bioindication methods determines the state and functioning of the integrity of aquatic ecosystems, which enables to adopt regularities in cases where deviations from the normative indicators of the environmental situation are detected [1].

One of the relevant issues in bioindication methods is the study of algaeflora as objects-indicators of the state of the environmental water systems. The most common indicator feature is the floristic composition of water organisms and its changes under the influence of any factors that violate the normal hydrochemical and hydrological regime of water bodies (watercourses). At the same time, the use of different objects and parameters of the intensity of this effect on the reaction of aquatic organisms to changes in the regime of hydrobiocenoses has not thoroughly investigated. The integrated approach to the use of different methods for assessing the state of the aquatic environment is not sufficiently used [2]. At the same time, algal flora is a very convenient object for bioindication of the state of aquatic ecosystems, as it makes optional (or often complements) the use of expensive and time-consuming physical and chemical methods of analysis of environmental parameters; reflect and record the rate of changes occurring in the environment [3].

Algae that are bioindicators of pollution, due to the impact of certain factors, exhibits different degrees of intensity of the response in the form of dominance or partial or complete disappearance. In our opinion, there is a direct relationship between the intensity of the reaction of algae-indicators and water quality.

Thus, the analysis on methods of environmental assessment of aquatic ecosystems shows that algal flora, which is popular among many researchers as bioindicators to distinguish the advantages or disadvantage of hydrobiocenosis, can be easily applied in assessing water body.

The objects of the study: phytoplankton and phytobentos of some areas of the Bookpa river (positioned in the South-Eastern part; the Karaganda state zoo area).

The species diversity of invertebrates of the watercourse enables to determine the degree of saprobity, as an ideal material for research. The study was conducted from January to December 2017.

During the microscopy of the river bend sections of the Bookpa river, algal flora species that derived from 5 genera belonging to the Bacillariophyta.

Calóneis (Fig. 1). The cells are single, in the preparation usually lie on the side of the leaf. Shell with a rectangular belt. The leaves are linear, lanceolate or elliptical, sometimes with wavy edges. The ends are usually rounded. The seam is slit-like (there is on both wings), straight, Central. Calóneis species which are found in benthos of fresh and brackish water bodies.

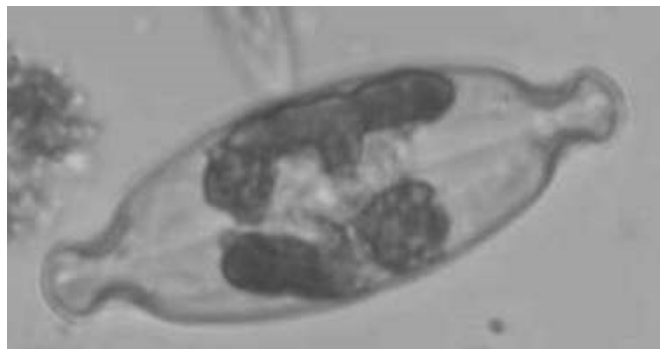


Figure 1. *Calóneis amphisbaena* ( $\times 160$ ) [Author's photo]

Fragilária cells are collected in ribbon-like or comb-like colonies, in which the cells are connected by the entire surface of the valves or only their extended part (Fig. 2). Cells usually lie in the preparation from the side of the girdle. Two chloroplasts, lamellar. The shell from the side of the belt is linear or spindle-shaped. Leafs are linear, linear-lanceolate or elliptic, sometimes extended in the middle part.

Fragilária species are found in the plankton of fresh and brackish water bodies, on wet rocks and mosses, among fouling, in raids on underwater objects. Feed on phototrophic. It is specified by propagation of cell division [4].

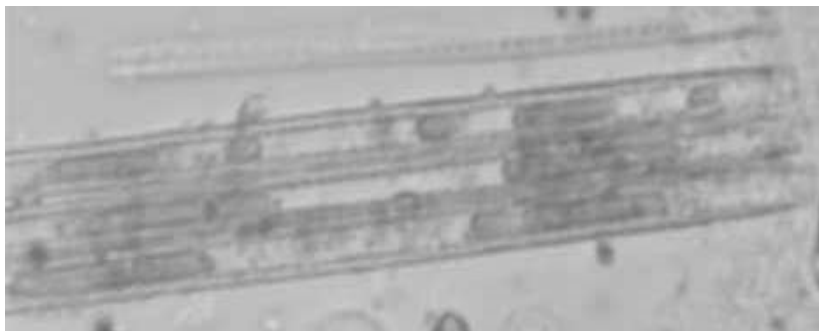


Figure 2. *Fragilaria* sp. ( $\times 160$ ) [Author's photo]

The algae cells *Melosíra*, having the form of a short cylinder bond slime in filamentous directly to the colony (Fig. 3). Usually the cells lie on the medial side of the girdle. Chloroplasts are small, lamellar, located in the peripheral cytoplasm. The shell with a cylindrical belt. Fold bend deep, structural. Sashes are round, flat or convex, covered with small spines or granules.

*Melosíra* species are found in the plankton and benthos of freshwater bodies and seas. It feeds phototrophic, propagated by longitudinal cell division. They may cause «blooming» of water.

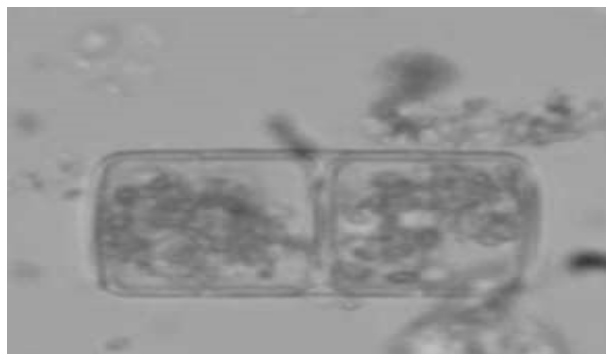


Figure 3. *Melosíra varians* ( $\times 160$ ) [Author's photo]

*Pleurosigma salinarum* cells are S-shaped (Fig. 4). At high magnification on the sash visible small oblique hatching. Algae of this kind live on the bottom both in continental brackish waters and in the seas. They feed

phototrophic, reproduce by longitudinal cell division. Quite widespread in the waters of our country. The structure fold pleurosigma geometrically correct and, as surirella, drugs pleurosigma used to assess the optics of the microscopes.

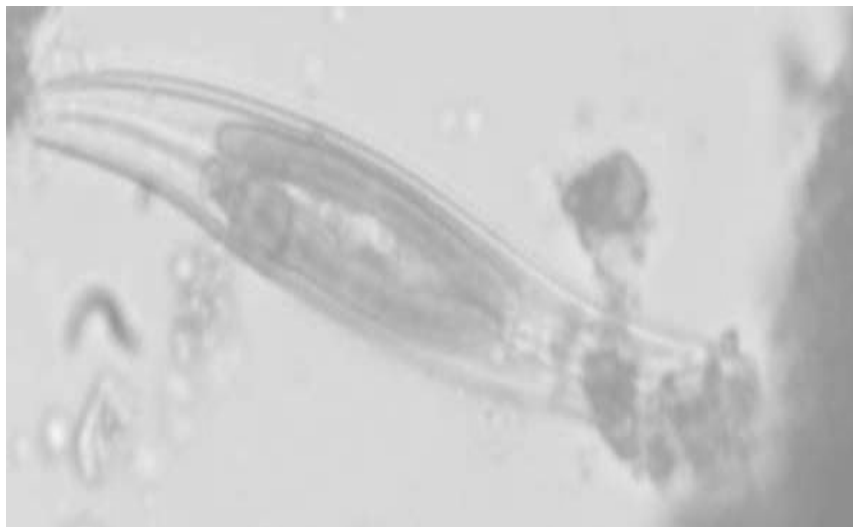


Figure 4. *Pleurosigma salinarum* ( $\times 160$ ) [Author's photo]

Synédra cells are single, narrow linear or linear-lanceolate, from the leaf — with pointed ends, from the belt — rectangular, free-floating or attached to the substrate by one of the ends (Fig. 5). Rarely cells form bunchy-fan-shaped or bunchy-stellate colonies.

Synédra species are found in the plankton of still and slowly flowing waters, among fouling on large aquatic plants, including green algae. Feed on phototrophic. Multiply by dividing cells in two. Widespread species [5, 6].



Figure 5. *Synedra ulna* ( $\times 160$ ) [Author's photo]

### *Conclusion*

1. Algoflora of the watercourse was represented by 1 Department, 3 classes, 5 genera, 5 species.
2. The indicator species of hydroflora are 3 species of algae; the most significant are representatives of the Bacillariophyta (*Caloneis amphibaena*, *Melosira* varieties, *Synedra ulna*).
3. According to the saprobiological analysis, the river areas according to the trophic status are: for the Bookpa river — to  $\beta$ - $\alpha$ -saprobic (3–4 class of water quality — organically «moderately polluted») according to the degree of saprobity by Pantle-Bucca (phytoplankton, phytobenthos).

## References

- 1 Алексеев В.В. Система оценки качества водных объектов по комплексу гидробиологических показателей на геоинформационной основе [Электронный ресурс] / В.В. Алексеев, Е.Г. Гридина, Н.И. Куракина, А.А. Минина // Надежность и качество: Тр. междунар. симп. — Режим доступа: КиберЛенинка: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-otsenki-kachestva-vodnyh-obektov-po-kompleksu-gidrobiologicheskikh-pokazateley-na-geoinformatsionnoy-osnove>
- 2 Изотов А.А. Использование высших водных растений как индикаторов состояния окружающей среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Спец. 03.00.16 — «Экология» / А.А. Изотов. — Калуга, 2003. — С. 23.
- 3 Беспозвоночные животные. — [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.za-hoper.ru/Nickel.pdf>
- 4 Забелин М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. — Вып. 4. Диатомовые водоросли / М.М. Забелин, И.А. Киселев, А.И. Прошкина-Лавренко, В.С. Шешукова — М.: Сов. наука, 1979. — 752 с.
- 5 Анисимова О.В. Краткий определитель родов водорослей: учеб. пос. / О.В. Анисимова, М.А. Гололобова; под ред. В.М. Гаврилова. — М.: Университет, 2006. — 159 с.
- 6 Гуревич А.А. Пресноводные водоросли (определитель) / А.А. Гуревич. — М.: Просвещение, 1966. — 112 с.

В.С. Абуkenова, Ж.Ж. Блялова, М.Ж. Блялова

### Бұқпа өзені зерттелетін аймақтардың фитопланктон және фитобентосының түрлік құрамы

Мақалада альгофлора микроскопиялық өкілдерінің түрлік құрамы бойынша су нысандарының сапробтық дәрежесін анықтау үшін биологиялық әдістердің қолдану тиімділігі туралы мәліметтер келтірілген. Балдырлар су экожүйелерінің экологиялық жағдайын биоиндикациялау үшін өте ыңғайлы нысан болып есептеледі, себебі олар қымбат және көп еңбекті физика-химиялық әдістерін қолдануын міндетті емес (немесе жиі тек толықтыратын) болып жасайды; қоршаған ортада болып жатқан өзгерістерді көрсетеді және сол өзгерістердің жылдамдығын тіркейді. Фитогидробионттар ластану биоиндикатор болып табылады, сонымен қатар олар ішінара немесе толық жоғалуы түрінде қоршаған ортаның ықпал ету немесе өзге де факторлардың танытуға әртүрлі жауап реакциясының қарқындылық дәрежесін көрсетті. Авторлардың ойынша, балдырлар-индикаторлар қарқындылығы реакция мен су сапасы арасындағы тікелей тәуелділік бар. Фитопланктон және фитобентос индикаторлық түрлерді пайдаланып, су нысандардың экологиялық жағдайын бағалау үшін ең мықты биологиялық әдістердің бірі — Сладечек модификациясындағы Пантле Букк әдісі қолданылған. Гидробионттардың түрлері зерттеліп, индикаторлық ағзаларының тізімі жасалған. Зерттелетін су нысанының органикалық ластану деңгейі анықталған.

*Кілт сөздер:* сапробтық дәреже, сапробтық индексі, фитопланктон, фитобентос, Сладечек модификациясындағы Пантле-Букк әдісі бойынша сапробиологиялық талдау.

В.С. Абуkenова, Ж.Ж. Блялова, М.Ж. Блялова

### Видовой состав фитопланктона и фитобентоса исследуемых участков реки Букпы

В статье приведены сведения об эффективности биологических методик определения степени сапробности водных объектов по видовому составу микроскопических представителей водной альгофлоры. Водоросли являются очень удобным объектом для биоиндикации состояния водных экосистем, так как они делают необязательным (или часто дополняют) применение дорогостоящих и трудоемких физико-химических методов анализа параметров окружающей среды; отражают и фиксируют скорость происходящих в окружающей природной среде изменений. Фитогидробионты, являющиеся биоиндикаторами загрязнения, в силу воздействия тех или иных факторов, могут проявлять различную степень интенсивности ответной реакции в виде доминирования либо частичного или полного исчезновения. По мнению авторов, имеется прямая зависимость между интенсивностью реакции водорослей-индикаторов и качеством воды. Использован один из наиболее разработанных биологических методов оценки качества воды с использованием индикаторных видов фитопланктона и фитобентоса — метод Пантле-Букка в модификации Сладечка. Оценены возможности изучения анатомо-морфологической организации микроскопической флоры в учебном процессе. Определены виды гидробионтов, а также составлен список видов, населяющих данный водоток. Выявлены индикаторные организмы, определена степень органической загрязненности исследуемого водотока.

*Ключевые слова:* степень сапробности, индекс сапробности, фитопланктон, фитобентос, сапробиологический анализ по Пантле-Букку в модификации Сладечка.

## References

- 1 Alekseev, V.V., Gridina, E.G., Kurakina, N.I., & Minina, A.A. Sistema otsenki kachestva vodnykh ob'ektov po kompleksu hidrobiologicheskikh pokazatelei na geoinformatsionnoi osnove [System for assessing the quality of water bodies using a complex of hydrobiological indicators based on geo-information]. Proceedings of Reliability and quality: *Mezhdunarodnyi simpozium — International symposium*. Retrieved from <http://cyberleninka.ru/article/n/sistema-otsenki-kachestva-vodnyh-obektov-po-kompleksu-gidrobiologicheskikh-pokazateley-na-geoinformatsionnoy-osnove> [in Russian].
- 2 Izotov, A.A. (2003). Ispolzovanie vysshikh vodnykh rastenii kak indikatorov sostoianiia okruzhaiushchei sredy [The use of higher aquatic plants as indicators of the state of the environment]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kaluga [in Russian].
- 3 Bespozvonochnye zhivotnye [Invertebrate animals]. *za-hoper.ru*. Retrieved from <http://www.za-hoper.ru/Nickel.pdf> [in Russian].
- 4 Zabelin, M.M., Kiselev, I.A., Proshkina-Lavrenko, A.I., & Sheshukova, V.S. (1979). *Opredelitel presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 4. Diatomovye vodorosli [The determinant of freshwater algae of the USSR Issue. 4. Diatoms]*. Moscow: Sovetskaia nauka [in Russian].
- 5 Anisimova, O.V., & Gololobova, M.A. (2006). *Kratkii opredelitel rodov vodoroslei [A brief determinant of algae genera]*. V.M. Gavrilov (Ed.). Moscow: Universitet [in Russian].
- 6 Gurevich, A.A. (1966). *Presnovodnye vodorosli (opredelitel) [Freshwater algae (determinant)]*. Moscow: Prosveshchenie [in Russian].

А.С. Бахтаулова<sup>1</sup>, М.Ф. Жакупжанова<sup>2</sup>, А. Камбарова<sup>2</sup>, М. Янига<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Жетысуский государственный университет им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан;

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт проблем биотехнологии

Жетысуского государственного университета им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан;

<sup>3</sup>Институт высокой горной биологии; Университет Жилина, Словакия

(E-mail: bahtaulova\_as@zhgu.kz)

## Определение солеустойчивости риса посевного (*Oryza sativa*) в условиях орошаемого земледелия Алматинской области

В статье изложены результаты оценки сортов риса посевного (*Oryza sativa*) казахстанской, российской и иранской селекции на разнокачественную солеустойчивость лабораторным методом. Приведены различия между сортами по посевным качествам: лабораторной всхожести, чистоте семян, массе 1000 зерен и показателям лабораторной солеустойчивости семян: по количеству проросших семян, длине и массе корней в зависимости от типа засоления (сульфатное, хлоридное, содовое). По посевным качествам наиболее высокими показателями характеризуется сорт иранской селекции Таромхошеми. При высоких концентрациях солей семена исследуемых сортов риса посевного не проросли при хлоридном засолении при концентрации более 0,7–1,3 г/л, при сульфатном — более 1,0 г/л, при содовом — более 2,5 г/л. На основании проведенных лабораторных исследований установлено, что более высокой солеустойчивостью при хлоридном и содовом засолении отличается сорт «Таромхошеми»; при сульфатном засолении — сорт «Заря», и сформулированы рекомендации по выращиванию сортов разной селекции для удовлетворения потребностей внутреннего зернового рынка и экспорта риса.

*Ключевые слова:* солеустойчивость, рис, сорт, лабораторный метод, тип засоления.

### Введение

На Земном шаре около четверти почв сельскохозяйственного назначения в разной степени засолены, и, по прогнозам, к 2050 г. их доля составит более 50 % возделываемых территорий. Площадь засоленных почв в Казахстане (в том числе солонцеватых, щелочных почв и сочетаний с другими почвами) составляет 111,55 млн га, или 41 %, от всей территории страны. Орошаемые площади, подверженные засолению, составили 404,3 тыс. га и расположены, в основном, на юге страны [1].

В условиях солевого стресса замедляется рост растений, нарушается водный режим и ионный гомеостаз, сокращается площадь фотосинтезирующей поверхности, снижается продуктивность сельскохозяйственных культур. В связи с этим, изучение солеустойчивости культурных растений имеет большое практическое значение для получения устойчивого урожая на засоленных почвах [2–4]. У одних растений свойство высокой солеустойчивости совмещается с низкой продуктивностью, у других — с относительно высокой. Для сельскохозяйственного производства представляют ценность растения, совмещающие свойства солеустойчивости и урожайности.

Согласно классификации солеустойчивости растений, разработанной ВИР, виды злаковых растений располагают по степени устойчивости к засолению в следующий нисходящий ряд: житняк > волосенец > коостер > пырей > кохия > ячмень > пшеница > рис > овес > сорго > просо > кукуруза [5, 6]. Более высокую, в целом, толерантность злаковых ученые объясняют тем, что центрами происхождения и формирования многих из них (пшеница, ячмень, овес, рис, просо, сорго) являются аридные районы Северной Африки и Юго-Восточной Азии, отличающиеся значительным распространением засоленных почв. Длительная эволюция и многовековая культура злаков в этих районах способствовали отбору наиболее устойчивых к засолению форм растений и закреплению в потомстве этого признака [7–9]. Различия толерантности к абиотическим стрессам, в том числе и к засолению, имеются не только между различными видами сельскохозяйственных культур, но и между сортами одной и той же культуры. Причем, чем более обширный ареал занимает возделываемый вид растений, тем больше амплитуда различий между сортами этого вида по степени устойчивости к стрессу [10–12].

В Казахстане рис выращивают в Кызылординской, Алматинской, Южно-Казахстанской областях. В Алматинской области под рис отведено почти 11,5 тыс. гектаров. У казахстанских аграриев хорошо зарекомендовали такие российские сорта риса, как «Рапан», «Янтарь», «Новатор», «Лидер». В Алматинской области районировано 30 сортов риса, которые включены в перечень сортов, допущенных к использованию, причем 16 из них — казахстанской селекции, 9 — российской и еще 5 — узбекской.

Учеными Кызылординского НИИ выведены и районированы семь сортов риса. Агрофирмы региона размножили и успешно выращивают такие сорта, как «Каз-Ер-5», «Каз-Ер-6», «Айсауле», «Заря». Между Казахстаном и Ираном подписано Соглашение о расширении двухстороннего сотрудничества в области сельского хозяйства, особенно в области выращивания продуктов за пределами Ирана. Поэтому рисоводческие хозяйства Казахстана начали производство иранского риса для экспорта в Исламскую Республику.

В настоящее время фактически не организована оценка сортов на устойчивость к неблагоприятным факторам засоленных почв, характеризующихся рядом специфических особенностей. При организации селекционной работы сортоучастки, как правило, располагаются на лучших почвах, когда по районированию они должны характеризовать засоленные почвы. Подбор и создание сортов риса посевного, адаптированных для почв с конкретными характеристиками, позволят эффективнее использовать плодородие различных типов почв, что существенно повысит урожайность этой культуры. Поэтому цель исследования направлена на определение разнокачественной солеустойчивости сортов риса посевного «*Oryza sativa*» в лабораторных условиях для орошаемого земледелия Алматинской области.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили три сорта риса посевного: казахстанской селекции сорт «Заря», российской селекции сорт «Янтарь» и иранской — сорт «Таромхошеми». По периоду созревания сорта риса посевного «Заря» и «Таромхошеми» относятся к раннеспелым, а сорт «Янтарь» — к среднеспелым (рис. 1).



Рисунок 1. Исследуемые сорта риса посевного

Определение солеустойчивости проводили лабораторным методом по прорастанию семян на солевых растворах. Этот метод основан на высокой степени корреляции между величиной снижения конечного урожая зерна при засолении и размерами торможения у них ростовых процессов в тех же условиях [13]. Это дает возможность объективно судить о сравнительной солеустойчивости сортов уже на ранних этапах онтогенеза. При этом надо учитывать, что в молодом возрасте солеустойчивость растений одного и того же сорта наиболее низка, а с возрастом она закономерно и существенно повышается [14]. Это характерно для всех растений и относительные различия уровней солеустойчивости у разных сортов сохраняется в течение всего онтогенеза.

Для опыта были отобраны здоровые, нормально выполненные семена, обработанные раствором формалина (1 мл на 300 мл воды), препятствующим заплесневению семян (рис. 2).



Рисунок 2. Закладка лабораторных опытов по изучению разнокачественной солеустойчивости исследуемых сортов риса посевного



Для определения солеустойчивости семян риса использовали соединения натриевой соли: хлорид натрия или хлористый натрий (NaCl) — натриевая соль соляной кислоты; сульфат натрия, сернокислый натрий, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — натриевая соль серной кислоты; карбонат натрия Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> — натриевая соль угольной кислоты. Растворы солей NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> были приготовлены на дистиллированной воде и варьировали в разных концентрациях от 0,40 до 4,0 г. Семена риса помещали в стерильные чашки Петри по 10 штук и заливали раствором соли. В качестве контроля (без засоления) использовали дистиллированную воду. Проращивание проводили в климатической камере при  $t = 22 \pm 2$  °С в течение недели. Ежедневно осуществляли подсчет числа проросших семян (длина ростка в момент подсчета должна быть не менее 5 мм). Эксперимент проведен в трехкратной повторности (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Концентрации солей для проведения опытов с сортами риса посевного**

№ образцов	Концентрация солей, г/л		
	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
1	0,3	1,0	0,1
2	0,5	1,5	0,15
3	0,7	2,0	0,20
4	0,9	2,5	0,25
5	1,1	3,0	0,30
6	1,3	3,5	0,35
7	1,5	4,0	0,40

*Результаты*

Результаты определения лабораторной всхожести и чистоты семян показали, что всхожесть семян довольно высокая у иранского сорта «Таромхошеми» (90 %), незначительно ниже всхожесть у сортов «Заря» (70 %) и «Янтарь» (80 %). Чистота семян колебалась в пределах 91,0–99,0 %. При этом наименьшая чистота семян оказалась у сорта «Заря» (91,6 %). По массе 1000 зерен более высоким показателем характеризуется сорт «Янтарь» (31,6 г), незначительно уступает сорт иранской селекции «Таромхошеми» (29,8 г), наименьший вес имели семена сорта «Заря» (27,4 г) (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Лабораторная всхожесть, чистота и масса 1 000 зерен семян изучаемых сортов риса**

Название сорта	Лабораторная всхожесть семян, %	Чистота зерен, %	Масса 1000 зерен, г
Заря	70,0±1,2	91,6±1,3	27,4±0,5
Янтарь	80,0±1,4	99,0±1,8	31,6±0,4
Таромхошеми	90,0±1,3	99,0±1,7	29,8±0,4

Несмотря на высокую лабораторную всхожесть семян, большинство сортов проявляют низкую полевую всхожесть. Таким образом, по полученным данным из трех исследованных сортов по посевным качествам отличается сорт иранской селекции «Таромхошеми».

Для проведения вегетационных исследований в климатической камере была разработана схема постановки опыта, включающая три сорта риса посевного различной селекции, три типа засоления: хлоридное, сульфатное, содовое по семи концентрациям солевых растворов: NaCl от 0,3 до 1,5 г/л, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> от 1,0 до 4,0 г/л, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> от 0,1 до 0,4 г/л.

При хлоридном засолении семена исследуемых сортов риса при высоких концентрациях соли не прорастали: сорт «Заря» при содержании соли более 1,3 г/л, сорт «Янтарь» — уже при 0,7 г/л, сорт «Таромхошеми» — при 1,1 г/л. У сорта «Заря» наблюдается снижение всхожести, общей длины корней и их массы уже при концентрации NaCl 0,3 г/л, но при концентрации 0,5 г/л показатели незначительно повышаются, что, возможно, связано с положительным влиянием иона Na на обменные процессы. Семена сорта «Янтарь» теряют всхожесть уже при концентрации NaCl 0,7 г/л, а при концентрации 0,3 г/л наблюдается снижение всхожести до 40 %, общей длины корней до 51,1 % и их массы до 81,7 %. Семена сорта «Таромхошеми» отличаются тем, что сохраняют всхожесть даже при концентрации NaCl

0,9 г/л, но такие показатели как общая длина корней и их масса значительно снижаются до 13,8 % и 11,0 % соответственно (рис. 3).

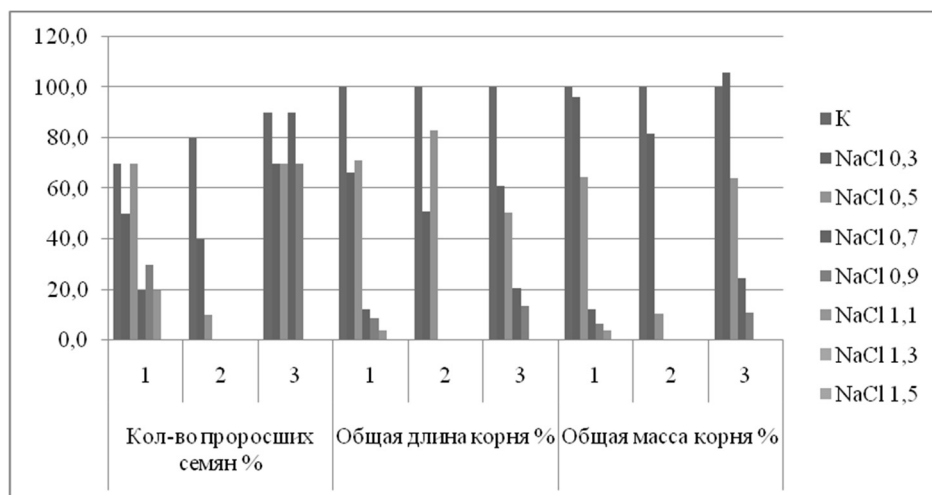


Рисунок 3. Показатели солеустойчивости риса посевного сорта «Заря» (1), «Янтарь» (2), «Таромхошеми» (3) при хлоридном засолении (NaCl)

При сульфатном засолении наименее устойчивыми показателями характеризуется сорт «Янтарь», для которого уже при концентрации  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1,0 г/л семена не проросли. У сорта «Заря» существенное снижение показателей наблюдается при концентрации  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  2,5 г/л (всхожесть 30 %, общая длина корней 2,2 %, общая масса корней — 0,3 %). Для сорта «Янтарь» самая нижняя концентрация  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1,0 г/л с небольшим избытком сульфат-иона в субстрате губительно подействовало на прорастание семян. Семена сорта «Таромхошеми» также оказались слабо устойчивы к сульфатному засолению и прорастание семян 20–30 % наблюдается только при концентрациях  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1,0–1,5 г/л (рис. 4).

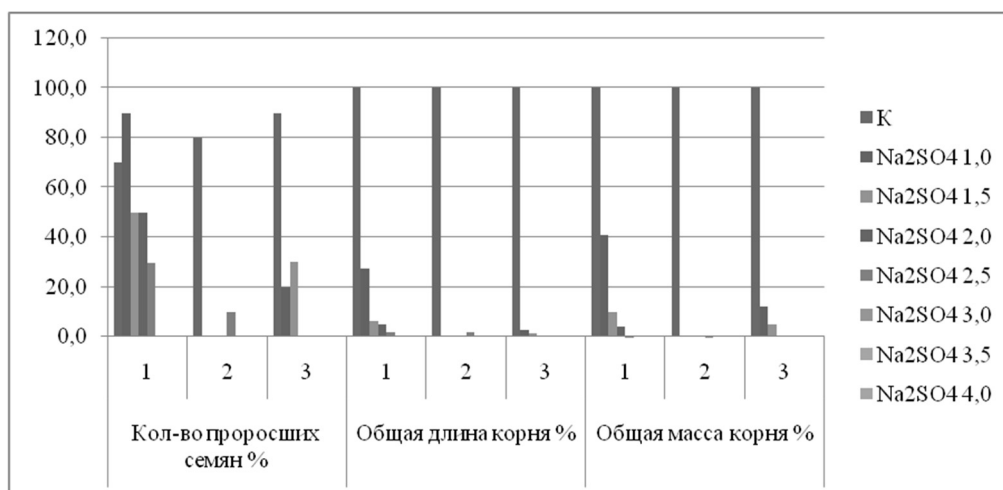


Рисунок 4. Показатели солеустойчивости риса посевного сорта «Заря» (1), «Янтарь» (2), «Таромхошеми» (3) при сульфатном засолении ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

При содовом засолении концентрация  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  2,5 г/л является губительной для всех исследуемых сортов риса посевного. Для сорта «Заря» концентрация  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,1 % снижает лабораторную всхожесть до 50 %, а показатели роста корневой системы подавляются до 36–29,8 %. Для сорта риса «Янтарь» также концентрация  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,1 % снижает лабораторную всхожесть до 50 %, но показатели роста корневой системы жизнеспособны в сравнении с контролем на 48,3–53,4 %. А для сорта «Таромхошеми» содовое засоление при низких концентрациях не влияет на прорастание семян и при содержании соли 0,1–0,20 г/л всхожесть сохраняется до 70–80 %, а общая длина и масса корней снижаются лишь до 67,3 и до 75,2 % соответственно (рис. 5).



Рисунок 5. Показатели солеустойчивости риса посевного сорта «Заря» (1), «Янтарь» (2), «Таромхошеми» (3) при содовом засолении (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

### Заключение

На основании полученных данных по лабораторным опытам и анализа литературных сведений исследованных сортов риса посевного можно сделать следующие выводы:

1. Из трех изученных сортов по посевным качествам отличается сорт иранской селекции «Таромхошеми» (лабораторная всхожесть 90 %, чистота зерен 99 %, масса 1000 зерен 29,8 г). Разработана схема постановки вегетационных опытов, включающая три сорта риса посевного различной селекции, три типа засоления: хлоридное, сульфатное, содовое по семи концентрациям солевых растворов: NaCl от 0,3 до 1,5; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> от 1,0 до 4,0; Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> от 0,1 до 0,4 г/л.

2. При хлоридном засолении семена исследуемых сортов риса при высоких концентрациях соли не проросли: сорт «Заря» при содержании соли более 1,3 г/л, сорт «Янтарь» — уже при 0,7 г/л, сорт «Таромхошеми» — при 1,1 г/л. При сульфатном засолении наименее устойчивыми показателями характеризуется сорт «Янтарь», для которого уже при концентрации Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,0 г/л семена не проросли. При содовом засолении концентрация Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2,5 г/л является губительной концентрацией для всех исследуемых сортов риса посевного. Содовое засоление при низких концентрациях не влияет на прорастание семян «Таромхошеми» и при содержании соли от 0,1 до 0,20 г/л всхожесть сохраняется до 70–80 %, а общая длина и масса корней снижаются лишь до 67,3 и до 75,2 % соответственно.

3. Сравнительный анализ показал, что более высокой солеустойчивостью при хлоридном засолении отличается сорт «Таромхошеми» (при концентрации NaCl 0,7 г/л — лабораторная всхожесть 90 %, общая длина и масса корней — 20,7 %, 24,8 %); при сульфатном засолении сорт «Заря» (при концентрации Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,0 г/л — лабораторная всхожесть 50 %, общая длина и масса корней — 5,0 %, 4,0 %); при содовом засолении сорт «Таромхошеми» (при концентрации Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,2 г/л — лабораторная всхожесть 90 %, общая длина и масса корней — 20,7 %, 24,8 %).

На основании проведенных исследований рисоводческим хозяйствам рекомендуется выращивание сорта риса «Заря» казахстанской селекции, для удовлетворения потребностей внутреннего зернового рынка, и сорта риса «Таромхошеми» — для экспортной поставки зерна Ирану.

### Список литературы

- 1 Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2012/ru/>
- 2 Строганов Б.П. Метаболизм растений в условиях засоления / Б.П. Строганов. — М.: Наука, 1976. — 646 с.
- 3 Мохаммед А.М. Аккумуляция осмолитов растениями различных генотипов рапса при хлоридном засолении / А.М. Мохаммед, Г.Н. Ралдугина, В.П. Холодова, В.В. Кузнецов // Физиология растений. — 2005. — Т. 53, № 5. — С. 732–738.
- 4 Строганов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений / Б.П. Строганов. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 365 с.

- 5 Драгавцев В.А. Физиологические основы селекции растений / В.А. Драгавцев, Г.В. Удовенко, Н.Ф. Батыгин и др. — СПб.: ВИР, 1995. — 650 с.
- 6 Walitang D.I. The influence of host genotype and salt stress on the seed endophytic community of salt-sensitive and salt-tolerant rice cultivars / D.I. Walitang, K. Chang-Gi, K. Kiyoon, Y. Kang, Y.K. Kim, T. Sa // BMC Plant Biology. — 2018. — Vol. 18. — Iss. 1. — P. 1–16.
- 7 Шевелуха В.С. Периодичность роста сельскохозяйственных растений и пути его регулирования / В.С. Шевелуха. — М., 1980. — 102 с.
- 8 Hu T. Overexpression of OsLEA4 enhances drought, high salt and heavy metal stress tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) / T. Hu, Sh. Zhu, L. Tan, W. Qi, Sh. He, G. Wang // Environmental and experimental botany. — 2016 Mar. — Vol. 123. — P. 68–77.
- 9 Paul S. Seed pre-treatment with spermidine alleviates oxidative damages to different extent in the salt (NaCl)-stressed seedlings of three indica rice cultivars with contrasting level of salt tolerance / S. Paul, A. Roychoudhury, A. Banerjee, N. Chaudhuri, P. Ghosh // Abiotic stress tolerance in plants: growth regulators and transcriptional control of multiple signaling pathways, Plant Gene. — 2017. — Vol. 11, Part B. — P. 112–123.
- 10 Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. — М.: Изд-во РУДН, 2001. — 780 с.
- 11 Chunthaburee S. Application of Exogenous Spermidine (Spd) Improved Salt Tolerance of Rice at the Seedling and Reproductive Stages / S. Chunthaburee, J. Sanitchon, W. Pattanagul, P. Theerakulpisut // Agriculture and Climate Change — Adapting Crops to Increased Uncertainty (AGRI 2015), Procedia Environmental Sciences. — 2015. — Vol. 29. — P. 134.
- 12 Freire M.H. da C. Emergence and biomass accumulation in seedlings of rice cultivars irrigated with saline water / M.H. da C. Freire, G.G. de Sousa, M.V.P. de Souza, E.D.R. de Ceita, J.N. Fiusa, K.N. Leite // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental — Agriambi. — 2018. — Vol. 22(7). — P. 471–475.
- 13 Иванов Ю.М. Технологическая модификация метода проростков и анализ его пригодности для оценки солеустойчивости растений / Ю.М. Иванов, Г.В. Удовенко // Тр. по прикл. бот., ген. и селекции. — 1970. — Т. 43, № 1. — С. 160–167.
- 14 Удовенко Г.В. Изучение солеустойчивости зернобобовых растений в онтогенезе в связи с некоторыми свойствами протоплазмы / Г.В. Удовенко, В.М. Евдокимов // Физиология растений. — 1970. — Т. 17. — С. 590–598.

А.С. Бахтаулова, М.Ф. Жакупжанова, А. Камбарова, М. Янига

### Алматы облысының суармалы егіншілік жағдайында егістік күріштің (*Oryza sativa*) тұзға төзімділігін анықтау

Мақалада Қазақстан, Ресей және Иран селекциясының егістік (*Oryza sativa*) күріш сұрыптарының зертханалық әдіспен әртүрлі сападағы тұзға төзімділікке бағалау нәтижелері баяндалған. Себу сапасы бойынша сұрыптар арасында айырмашылықтар келтірілген: зертханалық өнгіштігі, тұқым тазалығы, 1000 дән массасы және тұқымдардың зертханалық тұзға төзімділік көрсеткіштері: тұздану түріне байланысты (сульфатты, хлоридті, содалық) өскен тұқымдардың саны, тамырдың ұзындығы мен салмағы. Егістік сапасы бойынша ең жоғары көрсеткіштерімен ирандық селекцияның сорты «Таромхошеми» сипатталды. Зерттелініп отырған күріш сұрыптарының тұқымдары хлоридті тұздану кезінде концентрациясы 0,7–1,3 г/л-ден артық, сульфатты жағдайда — 1,0 г/л-ден артық, сода кезінде — 2,5 г/л-ден артық тұздардың жоғары концентрациясы кезінде өспей қалды. Жүргізілген зертханалық зерттеулер негізінде хлоридті және сода тұздану кезінде жоғары тұзға төзімділігімен «Таромхошеми» ерекшеленеді; сульфатты тұздану кезінде «Заря» сұрыпы анықталды және ішкі астық нарығының және күріш экспортының қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін әртүрлі селекция сорттарын өсіру бойынша ұсыныстар тұжырымдалды.

*Кілт сөздер:* тұзға төзімділік, күріш, сорт, зертханалық әдіс, тұздану түрлері.

A.S. Bakhtaulova, M.F. Zhakupzhanova, A. Kambarova, M. Janiga

### Determination of salt tolerance of rice (*Oryza sativa*) in irrigated agriculture of Almaty region

In the article the results of evaluation of varieties of rice (*Oryza sativa*) of Kazakhstan, Russian and Iranian selection for different quality salt resistance by laboratory method are presented. The differences between the varieties in cultivated qualities are given: laboratory germination, purity of seeds, weight of 1000 seeds and laboratory indicators of salt tolerance of seeds: on number of germinated seeds, length and mass of roots, depending on type of salinity (sulfate, chloride, soda). According to sowing qualities, the highest rates are characterized by the variety of Iranian selection Tarom hoshemi. At high concentrations of salts, the seeds of the studied varieties of sowing rice did not germinate with chloride salinity at a concentration of more than 0.7–1.3 g/l, with sulfate — more than 1.0 g/l, with soda — more than 2.5 g/l. On the basis of laboratory studies, it was found that a higher salt resistance with chloride and soda salinity differs in the grade of Tarom hoshemi;

in the case of sulphate salinization of the Zarya variety, recommendations were formulated for the cultivation of varieties of different selection to meet the needs of the domestic grain market and the export of rice.

*Keywords:* salt resistance, rice, variety, laboratory method, salinity type.

## References

- 1 Prodovolstvennaia i sel'skokhoziaistvennaia orhanizatsiia OON [Food and agriculture organization of the United Nations]. [www.fao.org](http://www.fao.org) Retrieved from <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2012/ru/>
- 2 Stroganov, B.P. (1976). *Metabolizm rastenii v usloviakh zasoleniia* [Metabolism of plants under salinization]. Moscow: Nauka [in Russian].
- 3 Mokhammed, A.M., Raldugina, G.N., Kholodova, V.P., & Kuznetsov, V.V. (2005). Akkumulatsiia osmolitov rasteniiami razlichnykh henotipov rapsa pri khloridnom zasolenii [Accumulation of osmolites plants of the different genotypes of rape when chloride salinity]. *Fiziologhiia rastenii — Plant physiology*, 53, 5, 732–738 [in Russian].
- 4 Stroganov, B.P. (1962). *Fiziologicheskie osnovy soleustoichivosti rastenii* [Physiological basis of plant salt tolerance]. Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR [in Russian].
- 5 Dragavtsev, V.A., Udovenko, G.V., & Batygin, N.F. et al. (1995). *Fiziologicheskie osnovy seleksii rastenii* [Physiological basis of plant breeding]. Saint-Petersburg [in Russian].
- 6 Walitang, D.I., Chang-Gi, K., Kiyoon, K., Kang, Y., Kim, Y. K., & Sa, T. (2018). The influence of host genotype and salt stress on the seed endophytic community of salt-sensitive and salt-tolerant rice cultivars. *BMC Plant Biology*, 18, 1–16.
- 7 Shevelukha V.S. (1980). *Periodichnost rosta sel'skokhoziaistvennykh rastenii i puti ego rehlurovaniia* [Frequency of growth of agricultural plants and ways of its regulation]. Moscow [in Russian].
- 8 Hu, T., Zhu, Sh., Tan, L., Qi, W., He, Sh., & Wang, G. (2016). Overexpression of OsLEA4 enhances drought, high salt and heavy metal stress tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.). *Environmental and experimental botany*, 123, 68–77.
- 9 Paul, S., Roychoudhury, A., Banerjee, A., Chaudhuri, N., & Ghosh, P. (2017). Seed pre-treatment with spermidine alleviates oxidative damages to different extent in the salt (NaCl)-stressed seedlings of three indica rice cultivars with contrasting level of salt tolerance. *Abiotic stress tolerance in plants: growth regulators and transcriptional control of multiple signaling pathways*, *Plant Gene*, 11, 112–123.
- 10 Zhuchenko, A.A. (2001). *Adaptivnaia sistema seleksii rastenii (ekologo-heneticheskie osnovy)* [Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic basis)]. Moscow: RUPF Publ. [in Russian].
- 11 Chunthaburee, S., Sanitchon, J., Pattanagul, W., & Theerakulpisut, P. (2015). Application of Exogenous Spermidine (Spd) Improved Salt Tolerance of Rice at the Seedling and Reproductive Stages. *Agriculture and Climate Change — Adapting Crops to Increased Uncertainty (AGRI 2015)*, *Procedia Environmental Sciences*, 29, 134–134.
- 12 Freire, M.H. da C., Sousa, G.G. de, Souza, M.V.P. de, Ceita, E.D.R. de, Fiusa, J.N., & Leite, K.N. (2018). Emergence and biomass accumulation in seedlings of rice cultivars irrigated with saline water // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental — Agriambi*, 22(7), 471–475.
- 13 Ivanov, Yu.M., & Udovenko, G.V. (1970). Tekhnologicheskaia modifikatsiia metoda prorostkov i analiz eho prihodnosti dlia otsenki soleustoichivosti rastenii [Technological modification of the method of seedlings and analysis of its suitability for assessing the salt resistance of plants]. *Trudy po prikladnoi botanike, hetetike i seleksii — Bulletin of applied botany, of genetics and plant breeding*, 43, 1, 160–167 [in Russian].
- 14 Udovenko, G.V., & Evdokimov, V.M. (1970). Izuchenie soleustoichivosti zernobobovykh rastenii v ontogeneze v sviazi s nekotorymi svoistvami protoplazmy [The study of salt tolerance of bean plants during ontogenesis in relation to some properties of protoplasm]. *Fiziologhiia rastenii — Plant physiology*, 17, 590–598 [in Russian].

A.B. Myrzabaev<sup>1</sup>, K.B. Gongalsky<sup>2</sup>, Zh.G. Ibraibekov<sup>1</sup>, V.V. Brit'ko<sup>3</sup>, B.A. Kanafina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan;*

<sup>2</sup>*M.V. Lomonosov Moscow State University, Russia;*

<sup>3</sup>*Karaganda Medical University, Kazakhstan*

*(E-mail: jan\_ai-87\_86@mail.ru)*

## The Betpakdala saiga's breeding and sex composition

The main issue in the article is that saigas have been inhabited in ancient times. At present, the main populations of saiga antelopes are stored only in the Kazakh land. The country has protected zones, changes in seasons and migration paths. The issues of mass involvement of saiga antelopes, measures and their survival are described. The «Altyn Dala» Association for the Conservation of Biodiversity of Kazakhstan for 2013 has been created to further improve the work of the Specially Protected Natural Areas (SPNA), i.e. saiga conservation. Nature Protection Initiative informs that nature protection personnel have been provided with special equipment and related trainings. End of November — beginning of December is a very important time for saigas, especially for males. The number of females is several times higher than males; however, females become weaker often, die or become food for predators, such as fox, corsac. The survival rate of these wild animals is very different. Life expectancy of males is 3–4 years, the age of females can reach up to 9 years. Therefore, wild antelopes grow rapidly. Females begin to be fertilized in 7 months. Males are sexually active in two years. The morphometric characteristics of the internal organs of the saiga were studied less than other morphological features (exterior, craniometric, etc.).

*Keywords: polygamous, morphometric, morphological, exterior, craniometrical, poaching.*

### *Actuality of the research*

One of the representatives of the mammals who survived the ancient mammoth fauna of the Eurasian steppes and deserts is the saiga population currently populated only on the territory of Kazakhstan. In ancient times saigas survived the Don River in the southern part of Europe up to the banks of the Irtysh and the Ob River. In the last century, human ecosystems have been devastating in the process of saiga evolution.

Most of the saiga antelope (80–85 %) is part of Kazakhstan. There are three main populations in the country, isolated from the steppe antelope. They include: Betpakdala (between the Aral Sea and Lake Balkhash), the Ustyurt Plate (between the Aral Sea and the Caspian Sea), and the Ural Orphanage (Volga and Ural among themselves). In the winter, the Ustyurt population is Uzbekistan to the south, and a smaller part to Turkmenistan, and the Ural population is on the territory of Russia, but in spring, their migration routes are directed to Kazakhstan [1].

Saiga Conservation Alliance Chairman According to Milner-Guland, on June 5, 2015, 134352 saiga antelopes were killed by 62 % of the Betpakdala population and half the world's saiga antelopes. Most mass deaths have occurred during the calving time of saigas, especially those of females and young adults. At the same time, according to the scientist, it is well-known that the saiga antelopes were killed in the Wildlife Center of the Republic of Kalmykia. J Milner-GULAND described the mass deaths of saiga antelopes, such as the saiga antelope, in 2003, when the saiga population reached its lowest level in 2003, and that there was not so much money to store it at that time [2, 3].

### *Research Methods and Materials*

The ecological corridor for the first saiga in Kazakhstan was created in 2004 in Kostanay region for the purpose of the public environmental organization «Naurzum», area of 31253 ha. Established in 2007, the Irtysh-Turgay MRR, established in the western part of the Aral Sea, and the Altyn Dala MTP, established in 2012, cover the Betpakdala populated areas and the saiga antelope. However, adverse effects on the part of the protected area are in place that is to protect the hunting catch for horns of the male antelope. For the further improvement of these two SFSs, i.e. the conservation of saiga antelopes, the 2013 Environmental Protection Initiative of the Association for the Conservation of Biodiversity of Kazakhstan conducted special trainings and trainings for nature conservation professionals [4, 5].

The saigas are polygamous animals. About 3000 saiga females gather in the hive. At the end of November or beginning of December is a very important time for saigas, especially for the male part of the population: at the time, the goat's loins are constricted and the hooks fall off and the beard drops low. Fertilization does

not take much time; every heifer rises to 40–50 heifers within 1–2 days. In recent years, an aggression has been averted to get the horns of the saiga, and the number of goats has dropped dramatically. Since the number of maternal breeds is several times higher than the heifers, some unhealthy young, inexperienced young mothers become weaker, die or become food for predators such as fox, corsac. When the bleeding ends, the climate is not cooled down and it is suitable for pasture, and it is harvested again by the end of January and early February. As a result of these battles, saigas are subdivided into smaller groups. Saiga antelopes are involved only in the attack. At that time, the strongest females collect their females (40–50 female antelopes) and form an infant. Their females keep their area in a radius of 30–80 m and cover the snow, the plants, and the remains of the urine and the lake. Parents are more likely to divide between the ankle and the groin at the joint. Their body is drowned in the wound, and the blood flows from the mouth and the wound. After the attack, saiga antelopes are so weak that they become either easy prey to predators or die back to life. The fierce battle between heroes leads to death [6, 7].

The survival rate of these wild animals is very different. Life expectancy of males is 3–4 years, and this age can reach up to 9 years. Therefore, wild antelopes grow rapidly. Each year their mother is supplemented with 2–3 tablets, and seven months later, chewing (herbs) is released and the goat is released. After the show, they bring their first generation. In addition, breast-feeding can take place 2 years after sexual maturation. Usually in May, their females are separated from the common herd, trying to find undisturbed plains in the steppes and bringing their descendants in unprotected places. They do not come into the liver like other species of animals, but are raised vertically. If saiga antelopes are first recorded, the varnish will be unique. Then they bring two, sometimes even three times. Saiga antelopes are completely unsuccessful in the first days and they are only found on the ground. But growing nuts do not interfere with their mother, they are the most obedient generation in the wild. A week after the birth of the flu, he begins to follow his wife, and in two weeks he goes with her. However, the grass itself only takes about a month to swallow.

Small herds of herdated herbs can be found in the entire territory of the populace. However, the main hereditary herbs are found in the exact site of the fetus. The density of the newborns in such an assortment is between 0.3–0.4 and 5–6 individuals per hectare. Such places are often referred to as «maternity hospitals». Washing time is about 5 months. The maturity period usually ends in May. Parents are twins, rarely, and very rarely three times. In the first couple or two days, younger clans can not follow their ancestors, hiding in dangerous conditions, but it is difficult to observe them. Milking lasts up to two months, but from the second month the herd begins to eat grass. The newborn will be 2–4.4, average 3.5 kg. After about a month, small horns begin to appear in the male body. In 6 months, they grow up to 10 cm and remain black. During the 13–14 months, the horns become bleached and burst.

Females begin to be fertilized in 7 months. Males are sexually active in two years. Saigas until the age of two are converted to stable teeth, from age 3 to the formation of upper chewing teats. The degree of swelling of the shovel teeth in patients older than 3 years is determined. The steppes are 5–6 years old and 10–11 years old females.

The morphometric characteristics of the internal organs of the saiga are slightly lower than other morphological features (exterior, craniometric, etc.). Newborn male weights are  $2.9 \pm 0.2$  kg, and weighing less than  $2.5 \pm 0.2$  kg. In adult animals weighs 12–15 times, weighs 5.5 years and weighs  $43.5 \pm 2.8$  kg and 7.5 years old weighs  $28.7 \pm 1.3$  kg. The process of growth up to a year and a half is intensified, which grows 7.4–8.2 times, and in the population this growth process is 49,4 %, and females grow up to 71,4 % of the adult animal. Growth rates are slightly different than their females. Sexual diminution to 2.5 years of age is not observed, but in the later period, the weight gain increases rapidly and adds up to 1.5 times the weight.

The threat of complete disappearance of saigas can not be traced back to home or raised in detention. The patience and rapid reproduction of saigas could have been the most effective livestock in the case of trained animals, but they were hardly ever grown in the surrounding area, wherever they were taught. As a result of the experimental work done at the Asania-Nova Nature Reserve, saiga antelopes have been hunted for more than a decade and hundreds of thousands of hectares. Saiga breeding is carried out on the experience of Rostovsky reserve. The ants do not have freedom, that is, they can easily be reflected when they are in the fence, the females are fertilized, but there are some difficulties in the growth of the weed. The animal is very vulnerable to depression, and the duration of its survival is insignificant; the fertile population is rapidly exploding and leading to death. However, zoologists and scientists are hoping to solve this problem. Saiga antelope studies are continuing in zoos. He is also working for foreign scientists-zoologists [8].

Sexual proportions of young adolescents show the legality of the relationship at the initial stage. The number of saiga antelopes increased in the years that followed. This process is common to all populations.

There is a significant infliction of severe damage to newborns during mass calving. However, the proportion of deceased mothers with newborns was higher. Coupling does not have a significant effect on sexual intercourse during general calving. It remains unchanged at the same sex ratio as the embryo.

Results of the study: during the calibration work, the samples from adult female saiga were collected and, as a result, it was determined that the percentage of male adolescents was high. This exception is directly related to the existence of good habitat for the populations living in the region (Fig.).

Saigas can be characterized in a number of ways. It depends on the maturity of the animals, that is, the male and female saiga.

Taking into account the sexual maturity of the mothers, it is important to determine the relation between all saiga antelopes. It is also important to determine the ratio of animals of different ages to the group (Table). It not only demonstrates the originality of the third relation, but also allows to detect the dynamics of the genitalia of the genesis.



Figure. Video on the definition of the youngest sexual structure of Betpakdala saiga

The peculiarity of the dynamics of the sex structure is that the number of saiga antelopes in the population is decreasing. According to the results of the survey, the number of saiga antelopes in the group of 8–9 months old saiga antelopes increased from 1.4 females to one and the same age group was more than one year old. According to the surveys conducted in December-January, the average age for saigas in this age group is 2.6, while in May the average age of 1.5 years between the animal group is 2.9 among the saiga antelopes, and more than 2.5 years old among the saiga antelopes it was determined that one parent comes from 3.6 motherhood.

Table

Sexual structure of saigas controlled by the saiga population in Betpakdala, %

Years	Number	Adult animals		Up to 1 year old animals (both sex)
		male	female	
2014	15687	4.8	69.6	25.6
2015	11243	4.2	65.1	30.7

In some comparisons, the number of saiga antelopes was higher in the second ratio than the initial ratio. In accordance with the method, the control work is performed in large numbers among females with



concentrated females. It allows you to quickly collect the necessary materials. There was no monitoring of the peripheral sites of newborns with low birth density. If we take into account the above, the prevalence of newborns in the spaces depends on the quality of the saiga.

One-year-old babies detained in October–November in the Ural population ( $n = 3991$ ) were 47.1 % of male and 52.9 % female saiga. In Betpakdala, these figures ( $n = 1418$ ) were 49.5 % for mothers and 50.5 % for females. Sexual proportions of one-year-olds of 5–6 months were close to each other. Even older adult animals have been characterized by the presence of abundant saiga antelopes. The reason for this is the fact that in the winter, there were cases of mass mortality among saigas and the slaughter of male saiga antelopes. In the autumn, 2–26.5 % of adult males were included in the control group, while the share of adult females was 26.48 %, the share of young females was 38 %, the share of young females was 15.4–36 %.

As a result of recent calculations, it has been observed that significant changes have occurred in the saiga population in our country. In particular, the number of adult saiga antelopes has significantly decreased in terms of age and sex. In Betpakdala, the population will be 13.5 % in 2014, 14.7 % in 2015, 12.5 % in 2016, and 10 % in 2014. In 2014–2015, the proportion of adult males in the population has dropped significantly under the influence of traumatic care. As a result of hunting for saigas over the past 5 years, the proportion of adult populations in Kazakhstan amounted from 2.3 % to 17.9 %, adult females — 47.6–78 %, and annual females to 18.1–46.6 %.

### Conclusion

Finally, saiga antelopes indicate a rise in illegal hunting for horns. Therefore, the findings suggest that the increase in the proportion of saiga antelopes in the population is a legal phenomenon characteristic of the animal species. This type of sexuality is primarily determined by the deaths of adult saiga antelopes in all age groups. As a result of the checkup, the proportion of the total number of deaths among the deceased died at 55 %. These figures were observed in all populations. This tendency also increased in upper age groups. Specifically, many populations are killed during the winter, and the proportion of adult saiga antelopes in the spring does not exceed 3–5 %. Recent research shows that the use of a new catch method is aimed at selecting individual saiga populations and is aimed at selecting active populations in the population. Table shows the sexual structure of the saiga at different ages.

We believe that it is appropriate to conduct and strengthen research activities on the method of monitoring the saiga population growth by identifying the annual and seasonal growth dynamics of the Betpakdala saiga populations, populated by steppe and semi-arid regions of Kazakhstan, and their subsequent growth and retention of the population.

### References

- 1 Бекенов А.Б. Проблемы сохранения и охраны сайгаков в Республике Казахстан / А.Б. Бекенов, Ю.А. Грачев // Вестн. Павлодар. гос. ун-та: Сер. хим.-биол. — 2005. — № 1. — С. 119–126.
- 2 Грачев Ю.А. Сайгак в пустынно-степных экосистемах Казахстана / Ю.А. Грачев // Биологическое разнообразие азиатских степей: Материалы междунар. науч. конф. — Костанай, 2007. — С. 40–42.
- 3 Кокшунова Л.Е. Об инстинктивных формах материнского поведения, обеспечивающих сохранение популяции сайгака / Л.Е. Кокшунова // Сельскохозяйственная биология. — 2012. — № 4. — С. 120–124.
- 4 Неронов В.М. Экосистемный подход и ГАП-анализ для обследования состояния популяции сайгака в северо-западном Прикаспии / В.М. Неронов, Т.Ю. Каримова, А.А. Луцкекина // Астрахан. вестн. экол. обр. — 2011. — № 2(18). — С. 151–157.
- 5 Образ жизни сайгаков. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://zoolog.guru/dikie-zhivotnye/saygak-harakteristika-zhivotnogo-mesto-obitanie-i-foto.html>
- 6 Научная биоакустическая группа Ильи и Елены Володиных. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.bioacoustica.org/projects/saiga\\_rus.html](http://www.bioacoustica.org/projects/saiga_rus.html)
- 7 Ержанов Н.Т. Охотничье-промысловые млекопитающие Центрального Казахстана / Н.Т. Ержанов, А.П. Бербер, Т.Н. Ержанов, А.С. Мигушин. — Павлодар: Изд-во ПГУ им. С. Торайгырова, 2006. — С. 64–69.
- 8 Неронов В.М. Сайгак в аридных экосистемах Евразии: срочные действия, чтобы гарантировать его устойчивое будущее / В.М. Неронов, А.А. Луцкекина // Материалы XXIX Междунар. конгр. биологов-охотоведов. — М., 2009. — С. 14–21.

А.Б. Мырзабаев, К.Б. Гонгальский, Ж.Г. Ибрайбеков, В.В. Бритько, Б.А. Канафина

### Бетпақдала ақбөкендерінің көбеюі мен жыныстық құрамы

Мақалада ақбөкендердің ерте заманда мекендеген жерлері, таралуы жайлы айтылды. Қазіргі уақытта ақбөкендердің негізгі популяциялары Қазақстан жерлерінде ғана сақталған. Елімізде қорғалатын аймақтары, жыл мезгілдеріне байланысты ауысулары және миграцияланатын жолдары көрсетілген. Ақбөкендердің жаппай құртуға ұшырауы, олармен күресу шаралары және сақтап қалу мәселелері жазылған. Ерекше қорғалатын табиғи аймақтары жұмыстарын одан әрі жетілдіру, яғни ақбөкендерді сақтап қалу үшін, 2013 ж. «Алтын дала» Қазақстанның Биоалуантүрлілігін сақтау қауымдастығы құрылған. Табиғатты қорғау бастамасы аясында табиғатты қорғау қызметкерлеріне арнайы құрал-жабдықтар мен сәйкес тренингтер жүргізілген туралы айтылды. Қараша айының соңы – желтоқсан айының басы — ақбөкендер үшін өте жауапты уақыт, әсіресе аталық бөлігі үшін. Аналықтардың саны текелерден бірнеше есе басым болғандықтан, күйек кезінде кейбір әліне қарамайтын, тәжірибесіз жас текелер әлсіреп, зорғығып өледі немесе түлкі, қарсақ сияқты кішігірім жыртқыштарға жем болады. Осы жабайы жануардың аналықтары мен аталықтарында тіршілік ету ұзақтығы әртүрлі. Аталықтардың тіршілік мерзімі 3–4 жыл, ал аналығында бұл жас 9 жасқа дейін жетуі мүмкін. Сол себепті жабайы антилопалар тез көбейеді. Аналық ақбөкендер 7 айынан төлдей бастайды. Аталықтары екі жылда жыныстық жетіледі. Ақбөкендердің ішкі органдарының морфометриялық сипаттамасы, басқа морфологиялық белгілеріне қарағанда, аз зерттелген (экстерьерлік, краниометриялық және т.б.).

*Кілт сөздер:* полигамды, морфометриялық, морфологиялық, экстерьерлік, краниометриялық көрсеткіштер, қасқойлық.

А.Б. Мырзабаев, К.Б. Гонгальский, Ж.Г. Ибрайбеков, В.В. Бритько, К.Б. Канафина

### Размножение и половой состав бетпақдалининских сайгаков

В статье приведены данные о населении и распространении сайгаков. В настоящее время основные популяции сайгаков сохранились только в казахских степях. В стране обозначены охранные зоны, переходы в зависимости от времени года и пути миграции. Описаны вопросы массового истребления сайгаков, меры борьбы с браконьерами и сохранения. Для дальнейшего совершенствования работы особо охраняемых природных территорий, сохранения сайгаков, в 2013 г. создана Ассоциация сохранения биоразнообразия Казахстана «Алтын дала». В рамках природоохранной инициативы работникам охраны природы было рассказано о проведении соответствующих тренингов и специального оборудования. Конец ноября – начало декабря — ответственное для сайгаков время, особенно для самцов. Численность самок в несколько раз превышает самцов, однако самки часто умирают или становятся кормом для хищников, таких как лиса, корсак. У самцов и самок этого дикого животного продолжительность жизни разнообразна. Продолжительность жизни у самцов составляет 3–4 года, у самок может достигать до 9 лет. Поэтому дикие антилопы быстро размножаются. Самки начинают охоту с 7 месяцев. Самцы достигают полового созревания в течение двух лет. Морфометрическая характеристика внутренних органов сайгака была изучена меньше, чем другие морфологические признаки (экстерьерная, краниометрическая и др.).

*Ключевые слова:* полигамные, морфометрические, морфологические, экстерьерные, краниометрические показатели, браконьерство.

### References

- 1 Bekenov, A.B., & Grachev, Yu.A. (2005). Problemy sokhraneniia i okhrany saihakov v Respublike Kazakhstan [Problems of saiga conservation and protection in the Republic of Kazakhstan]. *Vestnik Pavlodarskogo hocudarstvwnnoho universiteta. Seriiia khimiko-bioloohicheskaia — Bulletin of the Pavlodar State University. Series of chemical and biological, 1*, 119–126 [in Russian].
- 2 Grachev, Yu.A. (2007). Saihak v pustynno-stepnykh ekosistemakh Kazakhstana [The saiga in the desert-steppe ecosystems of Kazakhstan]. Proceedings of Biological diversity of the Asian steppes: *Mezhdunarodnaia nauchnaia konferentsiia — International scientific conference* (pp. 40–42). Kostanai [in Russian].
- 3 Kokshunova, L.E. (2012). Ob instinktivnykh formakh materinskoho povedeniia, obespechivaiushchikh sokhranenie populiatsii saihaka [On the instinctive forms of maternal behavior that ensure the preservation of the saiga population]. *Selskokhoziaistvennaia bioloohiia — Agricultural Biology, 4*, 120–124 [in Russian].
- 4 Neronov, V.M., Karimova, T.Yu., & Lushchekina, A.A. (2011). Ekosistemnyi podkhod i NAP-analiz dlia obsledovaniia sostoianii populiatsii saihaka v severo-zapadnom Prikaspii [Ecosystem approach and gap analysis for the survey of the saiga population in the North-Western Caspian]. *Astrakhanskii vestnik ekoloohicheskoho obrazovaniia — Astrakhan Bulletin of Environmental Education 2, 18*, 151–157 [in Russian].
- 5 Obraz zhizni saihakov [Saiga lifestyle]. *zoolog.guru*. Retrieved from <https://zoolog.guru/dikie-zhivotnye/saygak-harakteristika-zhivotnogo-mesto-obitanie-i-foto.html> [in Russian].

6 Nauchnaia bioakusticheskaia hruppa Ili i Eleny Volodinykh [Scientific bioacoustic group of Ilya and Elena Volodin]. *bioacoustica.org* Retrieved from [http://www.bioacoustica.org/projects/saiga\\_rus.html](http://www.bioacoustica.org/projects/saiga_rus.html) [in Russian].

7 Erzhanov, N.T., Berber, A.P., Erzhanov, T.N., & Migushin, A.S. (2006). Okhotniche-promyslovye mlekopitaiushchie Tsentralnogo Kazakhstana [Hunting and commercial mammals of Central Kazakhstan]. Pavlodar: Izdatelstvo PGU im. S. Toraigyrova [in Russian].

8 Neronov, V.M., & Lushchekina, A.A. (2009). Saihak v aridnykh ekosistemakh Evrazii: srochnye deistviia, chtoby harantirovat eho ustoychivoe budushchee [Saiga in Eurasia's arid ecosystems: urgent actions to ensure its sustainable future]. Proceedings. *XXIX Mezhdunarodnyi konhress biologov-okhotovedov — The XXIX International Congress of Hunting biologists*. (pp. 14–21). Moscow [in Russian].

А.У. Исабек, Э.Т. Тайлакова, Г.О. Шыныбекова, В.М. Строчков, О.В. Червякова

Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности,  
пгт. Гвардейский, Жамбылская область, Казахстан  
(E-mail: isabekova\_aisha@mail.ru)

## Экспрессия и очистка белка IalB *Brucella* spp.

В последние годы наблюдается заметное распространение особо опасных инфекционных болезней, которые наносят большой экономический ущерб животноводству. Важнейшим и перспективным методом борьбы с инфекционными болезнями является иммунопрофилактика. Используемые в настоящее время вакцины для профилактики бруцеллеза требуют своего принципиального изменения и совершенствования. Одно из перспективных направлений при разработке безопасных и эффективных средств профилактики — использование протективных антигенных белков *Brucella* spp. Целью данных исследований являлось получение рекомбинантного белка IalB *Brucella* spp. методом бактериальной экспрессии в *Escherichia coli*. В результате проведенных исследований ген, который кодирует инвазивный белок IalB, был амплифицирован с геномной ДНК *Brucella suis* и клонирован в бактериальный экспрессирующий вектор рЕТ28b (+). Отработаны оптимальные условия экспрессии целевого гена в клетках *E. coli*, штамм ER2566 и условия очистки рекомбинантного белка — методом металл-аффинной хроматографии. Степень очистки белка составила не менее 95 %. При иммунизации рекомбинантным белком IalB в организме мышей вырабатываются антитела, которые детектируются в иммуноферментном анализе. Полученный рекомбинантный белок будет использован для разработки профилактических препаратов против бруцеллеза животных.

**Ключевые слова:** рекомбинантный белок, клонирование, экспрессия, бруцеллез, антитела.

### Введение

Бруцеллез является бактериальной болезнью, наносящей большой экономический ущерб животноводству. Объединенный комитет экспертов ФАО информирует о повсеместном распространении бруцеллеза сельскохозяйственных животных [1, 2]. В Казахстане бруцеллез регистрируется практически у всех видов сельскохозяйственных и домашних животных (крупный рогатый скот, овцы, козы, свиньи, северные олени, маралы, лошади, верблюды, яки, буйволы, зебу, собаки). Эпизоотологически и экономически наиболее значимым является бруцеллез крупного рогатого скота [3–6].

Важнейшим и перспективным методом борьбы с инфекционными болезнями является иммунопрофилактика. Против бруцеллеза в разное время было предложено значительное количество инактивированных и живых вакцин. Наибольшее признание во всем мире получила живая вакцина против бруцеллеза из аттенуированного агглютиногенного штамма *B. abortus* 19, которая широко применялась в СССР, США и многих других странах мира. Существенным недостатком этих вакцин является наличие в крови иммунизированных животных антител, выявляемых в серологических реакциях, принятых для диагностики бруцеллеза, затрудняющих определение эпизоотического статуса животных по бруцеллезу [7, 8].

Таким образом, задача создания эффективной и безопасной вакцины против бруцеллеза остается актуальной. В связи с этим постоянно проводятся исследования по конструированию новых и совершенствованию протективных свойств имеющихся вакцин, как для людей, так и для животных. Перспективным направлением разработки эффективных вакцин против инфекционных заболеваний является создание аттенуированных рекомбинантных векторов, осуществляющих доставку в организм протективных антигенов, с которыми связано формирование профилактического или лечебного эффекта вакцинации [9].

На сегодняшний день было выявлено свыше 10 защитных белков *Brucella*. Как известно, инвазивный белок IalB (ВМЕ1 1584) также является протективным антигеном *Brucella*, который локализован в цитоплазматической мембране. Данный белок идентичен с основным фактором вирулентности *Bartonella bacilliformis*, который играет основную роль в инфицировании эритроцитов человека [10, 11].

Целью данных исследований являлось получение рекомбинантного белка IalB *Brucella* spp. методом бактериальной экспрессии в *E. coli*.

*Материалы и методы*

*Конструирование экспрессирующего вектора и создание штамма-продуцента E. coli.* Нуклеотидную последовательность, кодирующую рекомбинантный белок IalB, амплифицировали с геномной ДНК *B. suis*, штамм 1330 — с использованием праймеров (FP-tctagatctagcctccctgccccgg, RP-acggctgcaccttggtcaatgctg) и клонировали в экспрессирующий вектор pET28b(+) (Novagen) по сайтам BamHI — SalI. Корректность полученной конструкции подтверждали секвенированием. Затем вектор pET28/Bru-IalB трансформировали в компетентные клетки *E. coli* штамм ER2566 (NEB).

*Экспрессия и очистка рекомбинантного белка.* Клетки *E. coli*, штамм ER2566, трансформированные вектором pET28/Bru-IalB, выращивали в среде LB-кан50 (содержание канамицина 50 мкг/мл) при 37 °C на шейкере (250 об/мин) до OD600 = 0,6–0,8, затем добавлением ИПТГ до конечной концентрации 1 mM индуцировали экспрессию целевого гена. Индуцированную культуру инкубировали в течение 4 ч при тех же условиях. Затем клетки собирали центрифугированием и хранили при –70 °C до использования. Растворимость рекомбинантного белка определяли с использованием реагента B-PER® Bacterial Protein Extraction Reagent (Thermo Scientific, США) согласно инструкции производителя. Для очистки рекомбинантного белка осадок клеток ресуспендировали в буфере (100 mM Трис HCl pH 8,0, 150 mM NaCl, 1 % тритон X-100, 1 % ДОХ) из расчета 15 мл на 1 г сырого клеточного осадка. К полученной суспензии добавляли лизоцим до конечной концентрации 1 мг/мл. Лизис клеток осуществляли путем двукратного замораживания (–70 °C) — оттаивания (+37 °C) суспензии. Фракцию растворимых белков получали центрифугированием лизата клеток при 10000× g в течение 20 мин. Очистку белка проводили методом металл-аффинной хроматографии с использованием HisPur™ Cobalt Superflow Agarose (Thermo Scientific, США) в нативных условиях согласно протоколу производителя. Электрофоретический анализ полипептидов проводили в 12 % ДСН-ПААГ в денатурирующих редуцирующих условиях по Laemmli [12]. Для визуализации белков использовали окрашивание Coomassie G-250. По интенсивности окрашивания белковых полос определяли чистоту целевого белка.

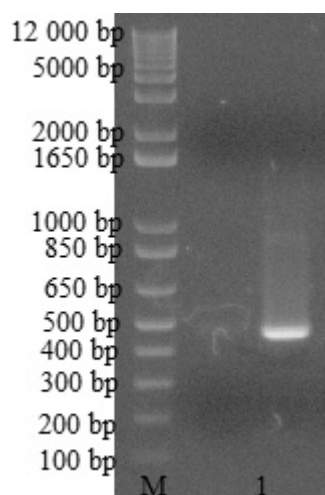
*Иммунизация мышей.* В исследовании использовали беспородных белых мышей (самки, 6–8 недель, масса 18–20 г). Очищенный белок соединяли с адьювантом Montanide Gel 01 (SEPPIC) в соотношении 9:1 (об./об.). Конечная концентрация белка составила 180 мкг/мл. Иммунизацию проводили подкожно трехкратно в дозе 25 мкг белка. Забор крови проводили из хвостовой вены. Сыворотки тестируют в ИФА на наличие антител. Период наблюдения — 36 дней.

*Иммуноферментный анализ.* Для постановки ИФА 96-луночные планшеты (TPP, Швейцария) сенсibilизировали рекомбинантным белком IalB. С этой целью в каждую лунку планшета вносили по 100 мкл карбонат-бикарбонатного буфера, содержащего 2 мкг/мл рекомбинантного белка IalB. Планшеты инкубировали в течение ночи при 4 °C. Затем планшеты трехкратно отмывали буфером TBST (150 mM NaCl, 20 mM трис-HCl, pH 7,5, 0,1 % твин-20) и блокировали, внося в каждую лунку по 100 мкл блокирующего буфера (150 mM NaCl, 20 mM трис-HCl, pH 7,5, 5 % обезжиренное сухое молоко). Двукратные разведения исследуемых сывороток вносили по 100 мкл в лунки планшета, инкубировали в течение 1 ч при 37 °C. После трехкратной отмывки в лунки планшета вносили конъюгаты антимышинных IgG с щелочной фосфатазой (Sigma, США) в разведении 1:5000 и инкубировали в течение 1 ч при 37 °C. Планшеты отмывали трехкратно и вносили по 100 мкл субстрата для щелочной фосфатазы (pNPP) (Sigma, США), инкубировали 30 мин. Оптическую плотность (ОП) измеряли с использованием микропланшетного ридера ImmunoChem-2100 при длине волны 405/630 нм. Титром считали наибольшее разведение сыворотки, в которой оптическая плотность специфической сыворотки в два и более раз превышала таковую нормальной сыворотки.

*Результаты исследований*

Амплификацию нуклеиновой последовательности гена IalB проводили методом ПЦР в объеме 50 мкл: 5 мкл 10× буфера, 1 мкл 10 mM смеси дНТФ, по 1 мкл прямого и обратного праймеров, 2,5 ед. Taq-полимеразы, 1 мкг ДНК, воды до 50 мкл. Температурный режим: 94 °C — 2 мин; 30 циклов 94 °C — 30 с, 50 °C — 1 мин, 68 °C — 1 мин; 68 °C — 7 мин.

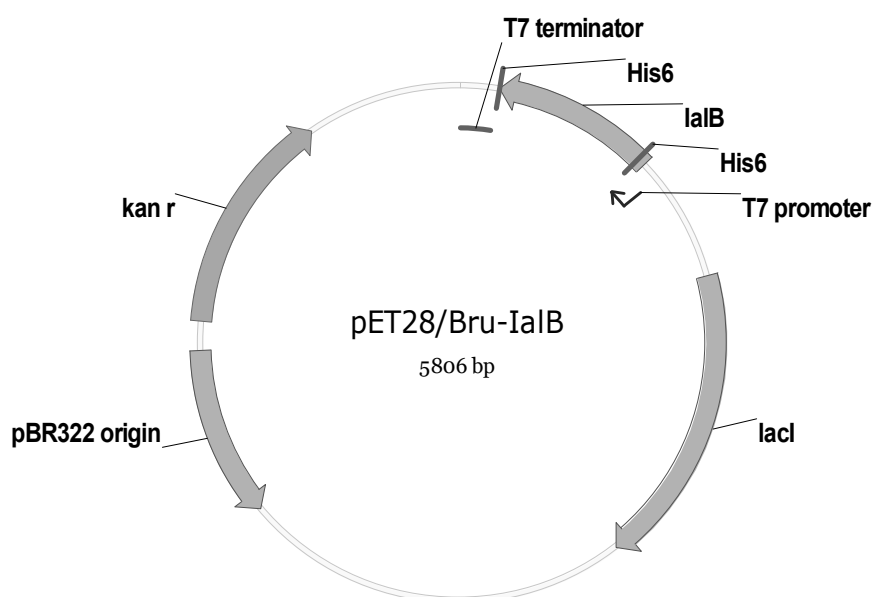
В результате ПЦР получили продукт размером приблизительно 490 п.о. (рис. 1). Расчетный размер гена IalB составляет 489 п.о.



*M* — маркер размера фрагментов ДНК; *I* — ПЦР-продукт (ген *IalB*)

Рисунок 1. Электрофоретический анализ продуктов амплификации гена *IalB*

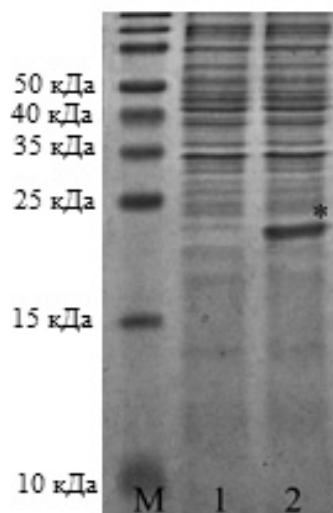
Аmplified DNA fragment was cloned into plasmid expression vector pET28b(+). The recombinant plasmid contained the nucleotide sequence of the *IalB* protein under the control of the T7 promoter. The amino acid sequence at the N- and C-termini has histidine tags His6 (fig. 2).



*pBR322 origin* — сайт начала репликации; *kan r* — ген устойчивости к канамицину;  
*lacI* — ген репрессора лактозного оперона; *T7 promoter* — промотор фага;  
*T7, T7 terminator* — терминатор транскрипции фага;  
*T7, IalB* — встроенный рекомбинантный ген;  
*IalB, His6* — последовательность, кодирующая гексагистидиновый таг

Рисунок 2. Карта плазмиды pET28/Bru-IalB

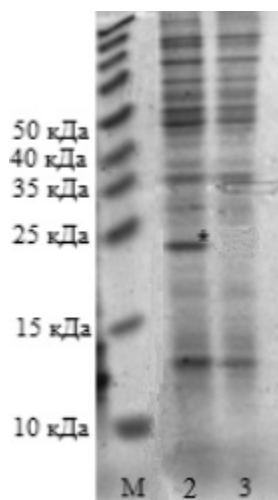
The recombinant plasmid was transformed into *E. coli* strain ER2566. Induction of the target gene expression with IPTG led to the production of a protein product of approximately 21 kDa, which corresponded to the calculated molecular weight of the recombinant protein (fig. 3).



*M* — маркер молекулярного веса белков; *1* — лизат клеток до индукции экспрессии; *2* — лизат клеток после индукции экспрессии, рекомбинантный белок IalV обозначен звездочкой

Рисунок 3. Электрофоретический анализ полипептидов клеточных лизатов *E. coli*

С целью выбора условий очистки рекомбинантного белка IalV определили его растворимость при экспрессии в клетках *E. coli*. Как видно из рисунка 4, целевой белок накапливается в клетке в растворимой форме.

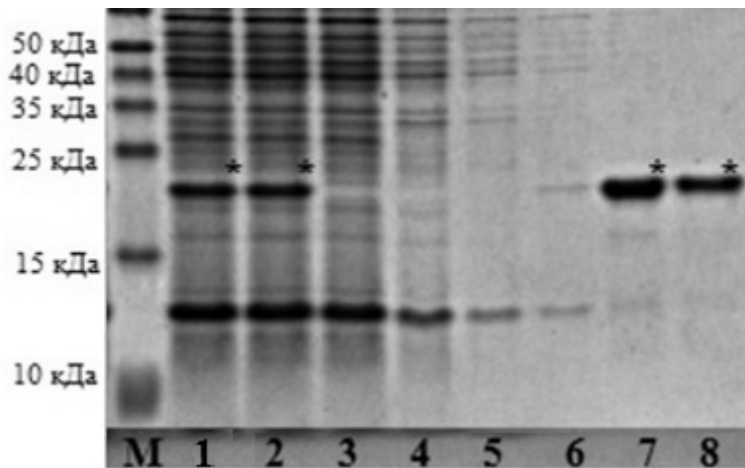


*M* — маркер молекулярного веса белков; *2* — растворимая фракция белков; *3* — нерастворимая фракция белков (включения)

Рисунок 4. Определение растворимости целевого белка

Металл-аффинная хроматография является высокоспецифичным и надежным методом очистки рекомбинантных белков вследствие относительно высокого сродства и специфичности некоторых металлов к эпитопу, содержащему шесть или более остатков гистидина [13]. При создании генетической конструкции для экспрессии целевого гена в состав нуклеотидной последовательности были включены участки, кодирующие гексагистидиновые таги (рис. 2). Это позволило использовать для очистки целевого белка метод металл-аффинной хроматографии. Очистку белка проводили в нативных условиях.

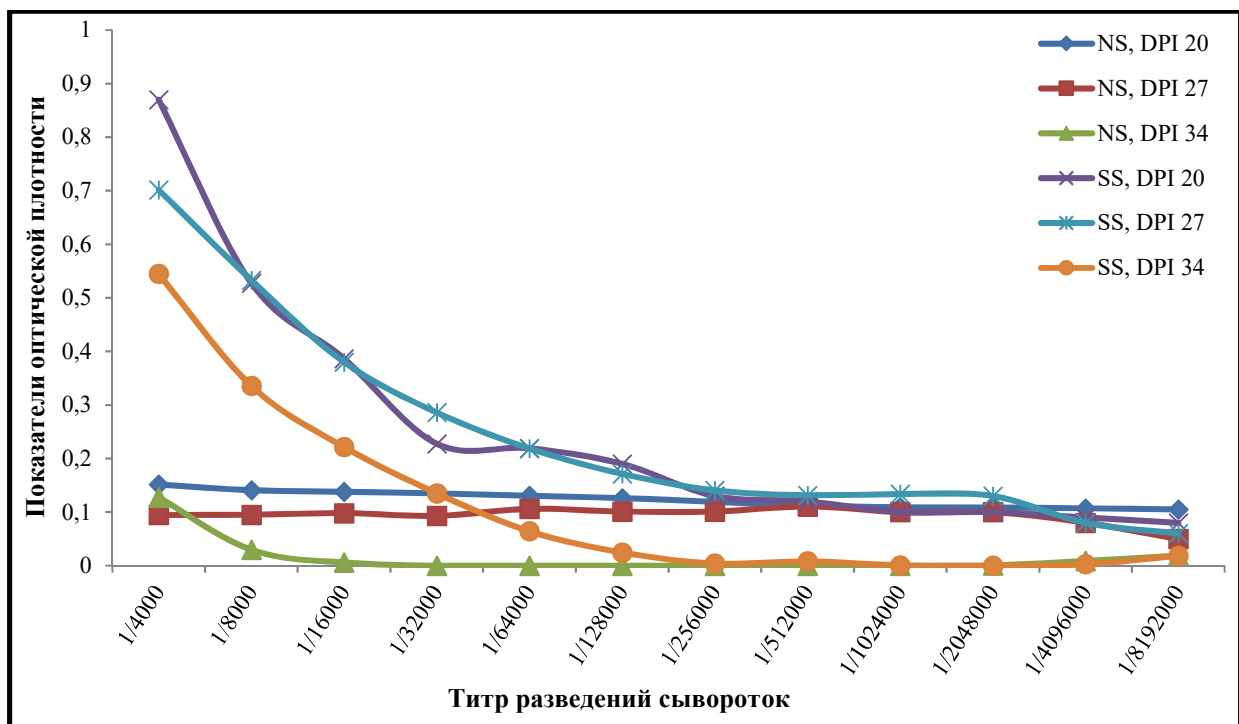
Из рисунка 5 (дорожки 8, 9) видно, что использованный метод очистки позволил получить препараты рекомбинантного белка с чистотой не менее 95 %.



*M* — маркер молекулярного веса белков; *1* — клеточный лизат; *2* — клеточный лизат после фильтрации; *3* — проскок через колонку; *4–6* — промывки; *7–8* — элюирование белка

Рисунок 5. Электрофоретический анализ белковых фракций в процессе очистки целевого белка IalB

Также нами была проведена оценка способности рекомбинантного белка IalB стимулировать гуморальный иммунный ответ. Для этого мыши были иммунизированы препаратом рекомбинантного белка с адьювантом. Наличие антител к целевому белку определяли в динамике начиная с 20-х суток после первой иммунизации.



*NS* — нормальная сыворотка; *SS* — специфическая сыворотка; *DPI 20* — 20 суток после иммунизации; *DPI 27* — 27 суток после иммунизации; *DPI 34* — 34 суток после иммунизации

Рисунок 6. Результаты иммуноферментного анализа

В результате было установлено, что рекомбинантный белок IalB вызывает в организме животных выработку специфических антител. Максимальный титр антител в сыворотке крови животных в ИФА отмечен на 20-е сутки с начала иммунизации и составил 1:64 000.



### Выводы

В результате проведенных исследований была создана генетическая конструкция для экспрессии белка IalB в клетках *E. coli*. Отработаны оптимальные условия экспрессии и очистки целевого рекомбинантного белка. Степень очистки белка составила не менее 95 %. При иммунизации рекомбинантным белком IalB в организме мышей вырабатываются антитела, детектируемые в иммуноферментном анализе. Полученные рекомбинантный белок IalB и специфическая сыворотка к нему будут использованы при разработке профилактических препаратов против бруцеллеза животных.

### Список литературы

- 1 Иванов Н.П. Инфекционные болезни животных / Н.П. Иванов, К.А. Тургенбаев // Общая эпизоотология. — 2013. — № 1. — С. 47.
- 2 Иванов Н.П. Бруцеллез животных и меры борьбы с ним: учеб. пос. / Н.П. Иванов. — Алматы: Атамұра, 2007. — 610 с.
- 3 Ашетов И.К. Мониторинг и анализ эпизоотической ситуации по бруцеллезу КРС в РК за 2007–2012 годы / И.К. Ашетов, А.Е. Ешмухаметов, И.Н. Ашетов. — Алматы, 2012. — С. 79–86.
- 4 Ибрагимов П.Ш. Мониторинг эпизоотической ситуации по особо опасным болезням животных в Республике Казахстан, анализ и ожидаемый прогноз заболеваний за 2007–2012 годы: учеб.пос. / П.Ш. Ибрагимов. — Астана, 2013. — 74 с.
- 5 Еспембетов Б.А. Анализ эпизоотической ситуации по бруцеллезу животных в Казахстане за 2013 год / Б.А. Еспембетов, Н.С. Сырым, Н.Н. Зинина // Вестн. Алтайского гос. ун-та. — 2017. — № 11. — С. 25–29.
- 6 Еспембетов Б.А. Мониторинг и анализ эпизоотической ситуации бруцеллеза животных в Казахстане за 2011–2015 гг. / Б.А. Еспембетов, Н.С. Сырым, Н.Н. Зинина // Вестн. Ульянов. гос. с.-хоз. акад. — 2017. — № 1. — С. 92–96.
- 7 Аракелян П.К. Оптимизация мероприятий при бруцеллезе сельскохозяйственных животных в современных условиях / П.К. Аракелян, С.К. Димов // Ветеринария. — 2013. — № 4. — С. 23–27.
- 8 Саяпина Л.В. Современное состояние вакцинопрофилактики особо опасных инфекций / Л.В. Саяпина, В.П. Бондарев, Ю.В. Олефир // Проблемы особо опасных инфекций. — 2016. — № 2. — С. 107–110.
- 9 de Figueiredo P. Pathogenesis and immunobiology of brucellosis: review of Brucella-host interactions / P. de Figueiredo, T.A. Ficht, A. Rice-Ficht, C.A. Rossetti, L.G. Adams // American Society for Investigative Pathology. — 2015. — No. 185(6). — P. 1505–1517.
- 10 Crasta O.R. Genome sequence of *Brucella abortus* vaccine strain S19 compared to virulent strains yields candidate virulence genes / O.R. Crasta, O. Folkerts, Z. Fei, S.P. Mane, C. Evans, S. Martino-Catt, B. Bricker, G. Yu, L. Du, B.W. Sobral // PLoS ONE. — 2008. — Vol. 3(5). — P. 21–93.
- 11 Commander N.J. The identification of two protective DNA vaccines from a panel of five plasmid constructs encoding *Brucella melitensis* 16M genes / N.J. Commander, S.A. Spencer, B.W. Wren, A.P. MacMillan // Vaccine. — 2007. — P. 43–54.
- 12 Laemmli, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 / U.K. Laemmli // Nature. — 1970. — Vol. 227. — P. 680–685.
- 13 Hochuli E. Genetic approach to facilitate purification of recombinant proteins with a novel metal chelate adsorbent / E. Hochuli, W. Bannwarth, H. Dobeli, R. Gentz, D. Stuber // Biotechnology. — 1988. — Vol. 6. — P. 1321–1325.

А.У. Исабек, Э.Т. Тайлакова, Г.О. Шыныбекова, В.М. Строчков, О.В. Червякова

### ***Brucella spp.* IalB ақуызының экспрессиясы және тазалау әдісі**

Соңғы жылдары мал шаруашылығына үлкен зиян келтіретін аса қауіпті жұқпалы аурулардың елеулі таралуы байқалады. Жұқпалы аурулармен күресудің ең маңызды және перспективті тәсілі — иммунды түрде алдын алу. Бруцеллез ауруын алдын алу үшін қазіргі уақытта қолданылатын вакциналар түбегейлі өзгеруді және жақсартуды талап етеді. Қауіпсіз және тиімді алдын алу құралдарды дамытудағы болашақта қажет бағыттардың бірі — *Brucella spp.* антигенді ақуыздарды қолдану. Жұмыстың мақсаты — *Escherichia coli* негізінде бактериалық экспрессия әдісін пайдалана отырып, *Brucella spp.* IalB рекомбинантты ақуызын алу болып табылады. Зерттеулер нәтижесінде инвазивті IalB ақуызын кодтайтын ген *Brucella suis* геномдық ДНҚ-мен амплифицирленіп, кейін бактериялық экспрессияланатын рЕТ28b (+) векторына клондалды. Рекомбинантты ақуызды металл-аффинді хроматография әдісімен тазартудың және *E. coli* жасушасының ER2566 штаммында тұтас генді экспрессиялаудың тиімді жағдайы таңдалып алынды. Ақуызды тазарту дәрежесі кем дегенде 95 % құрады. IalB рекомбинантты ақуызбен иммундау кезінде зертханалық тышқандардың ағзасында иммуноферментті талдауда анықталатын антиденелер пайда болатыны көрсетілді. Алынған рекомбинантты ақуыз малдардың бруцеллезіне қарсы профилактикалық препараттарды әзірлеу үшін қолданылатын болады.

*Клт сөздер:* рекомбинантты ақуыз, клондау, экспрессия, бруцеллез, антиденелер.

A.U. Isabek, E.T. Tailakova, G.O. Shynybekova, V.M. Stochkov, O.V. Chervyakova

**Expression and purification of protein IalB *Brucella* spp.**

In recent years, there has been a noticeable spread of highly dangerous infectious diseases that cause great economic damage to livestock. The most important and promising method of combating infectious diseases is immunoprophylaxis. Currently used vaccines for the prevention of brucellosis require their fundamental changes and improvements. One of the promising areas in the development of safe and effective means of prevention is the use of protective antigenic proteins *Brucella* spp. The purpose of this research was to obtain recombinant protein IalB *Brucella* spp. by bacterial expression in *Escherichia coli*. As a result of the research, the gene encoding the invasive IalB protein is amplified from *Brucella suis* genomic DNA and cloned into the bacterial expression vector pET28b (+). The optimal conditions for the expression of the target gene in *E. coli* cells, strain ER2566 and purification of the recombinant protein by metal affinity chromatography were developed. The degree of protein purification was at least 95 %. When immunization with recombinant protein IalB in the body of mice antibodies is produced that is detected in the enzyme immunoassay. The resulting recombinant protein will be used to develop prophylactic drugs against animal brucellosis.

*Keywords:* recombinant protein; cloning; expression, brucellosis, antibodies.

## References

- 1 Ivanov, N.P. (2013). Infektsionnye bolezni zhivotnykh [Infectious animal diseases]. *Obshchaia epizootologiya — General epizootology*, 1, 47 [in Russian].
- 2 Ivanov, N.P. (2007). Brutsellez zhivotnykh i mery borby s nim [Animal brucellosis and control measures]. Almaty: Atamura [in Russian].
- 3 Asetov, I.K. (2012). Monitorinh i analiz epizooticheskoi situatsii po brutsellezu KRS v RK za 2007–2012 hody [Monitoring and analysis of the epizootic situation for cattle brucellosis in Kazakhstan for 2007–2012]. Almaty [in Russian].
- 4 Ibragimov, P.Sh. (2013). Monitorinh epizooticheskoi situatsii po osobo opasnym bolezniam zhivotnykh v Respublike Kazakhstan, analiz i ozhidaemyi prognoz zabolevanii za 2007–2012 hody [Monitoring of the epizootic situation of especially dangerous animal diseases in the Republic of Kazakhstan, analysis and expected disease prognosis for 2007–2012]. Astana [in Russian].
- 5 Espembetov, B.A. (2017). Analiz epizooticheskoi situatsii po brutsellezu zhivotnykh v Kazakhstane za 2013 hod [Analysis of the epizootic situation on animal brucellosis in Kazakhstan for 2013]. *Vestnik Altaiskoho gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of the Altai State University*, 11, 25–29 [in Russian].
- 6 Espembetov, B.A. (2017). Monitorinh i analiz epizooticheskoi situatsii brutselleza zhivotnykh v Kazakhstane za 2011–2015 hh. [Monitoring and analysis of the epizootic situation of animal brucellosis in Kazakhstan for 2011–2015]. *Vestnik Ulianovskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii — Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 1, 92–96 [in Russian].
- 7 Arakelian, P.K. (2013). Optimizatsiia meropriiatii pri brutselleze selskokhoziaistvennykh zhivotnykh v sovremennykh usloviakh [Optimization of measures for brucellosis of farm animals in modern conditions]. *Veterinariia — Veterinary science*, 4, 23–27 [in Russian].
- 8 Saiapina, L.V. (2016). Sovremennoe sostoianie vaktsinoprofilaktiki osobo opasnykh infektsii [The current state of vaccination of especially dangerous infections]. *Problemy osobo opasnykh infektsii — Problems of especially dangerous infections*, 2, 107–110 [in Russian].
- 9 de Figueiredo, P., Ficht, T.A., Rice-Ficht, A., Rossetti, C.A., & Adams, L.G. (2015). Pathogenesis and immunobiology of brucellosis: review of *Brucella*-host interactions. *American Society for Investigative Pathology*, 185, 6, 1505–1517.
- 10 Crasta, O.R., Folkerts, O., Fei, Z., Mane, S.P., Evans, C., Martino-Catt, S., Bricker, B., Yu, G., Du L., & Sobral, B.W. (2008). Genome sequence of *Brucella abortus* vaccine strain S19 compared to virulent strains yields candidate virulence genes. *PLoS ONE*, 3, 5, 21–93.
- 11 Commander, N.J., Spencer, S.A., Wren, B.W., & MacMillan, A.P. (2007). The identification of two protective DNA vaccines from a panel of five plasmid constructs encoding *Brucella melitensis* 16M genes. *Vaccine*, 43–54.
- 12 Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage 4. *Nature*, 227, 680–685.
- 13 Hochuli, E., Bannwarth, W., Dobeli, H., Gentz, R., Stuber, D. (1988). Vol. 6. Genetic approach to facilitate purification of recombinant proteins with a novel metal chelate adsorbent. *Biotechnology*, 6, 1321–1325.

S.M. Barmak<sup>1,2</sup>, Yu.A. Sinyavskiy<sup>2</sup>, A.B. Berdygaliev<sup>2</sup>, I.S. Savitskaya<sup>1</sup>,  
T.Sh. Sharmanov<sup>1</sup>, I.H. Mendenhall<sup>3</sup>, E.V. Zholdybaeva<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>*Kazakh Academy of Nutrition, Almaty, Kazakhstan;*

<sup>3</sup>*Duke-NUS Medical School, Singapore;*

<sup>4</sup>*National Center for Biotechnology, Nur-Sultan, Kazakhstan  
(E-mail: sabyr95@mail.ru)*

## **Selection of an effective DNA extraction method for the detection of *Salmonella* by the polymerase chain reaction**

DNA extraction is a crucial step at using molecular and biological methods, since the result of PCR analysis largely depends on the quality and quantity of the obtained DNA preparations. In this work, we compared the efficiency of DNA extraction from bacteria in various ways: the trizol method using TRizol commercial reagent, the CTAB method and the sorbent method using silica particles. It has been shown that the extraction of DNA from *Salmonella* bacteria on silica particles ensures higher sensitivity than the other methods. The amplification of the extracted DNA on silica particles is more efficient and allows obtaining reproducible results with the accuracy of a high degree. In the future, this method will be used to complete the test system for diagnosing salmonellosis. Introduction of the methods of express diagnosis into practice is extremely important, as quick and early diagnosis will allow counteracting the spread of infection in a timely manner, which in turn will improve the epidemiological and epizootological situation in the country.

*Keywords:* *Salmonella* bacteria, method, identification, DNA extraction, polymerase chain reaction, amplification, silica particles.

### *Introduction*

Salmonellosis is a widely spread human and animal infection caused by various members of the *Salmonella* genus. Food raw material and foodstuff are the most dangerous for people of *Salmonella* reservoir. In many European countries, salmonellosis morbidity among humans has significantly increased for two recent decades [1].

Lately, methods of gene diagnosis (nucleic acid hybridization, polymerase chain reaction — PCR, and so on) are successfully used to detect and identify microorganisms in various objects under study. These methods allow indicating and identifying microorganisms at high specificity in the presence of attendant microflora and with sensitivity right up to single cells [2].

The identification of infectious agents by classical bacteriological methods is associated with the usage of numerous selective nutritive media and various substrates. It makes the identification process protracted and laborious. Moreover, growing contaminating microorganisms in various media under competition conditions not always results in adequate identification. Furthermore, *in vivo* identification of transformed bacteria or of artificially genetically changed forms carrying pathogenicity genes not typical for the strain is difficult in the classical bacteriological assay [3].

Currently, there are various methods that allow extracting nucleic acids from a wide range of samples but only a bit of them is suitable for automation and many steps of isolation involve the risk of contamination. The presence of contaminants (proteins, for instance) in the complex mixtures often impedes the implementation of necessary reactions and techniques. Methods of DNA or RNA extraction should meet the following priority requirements: lysis of the biological material, selective extraction (sorption), concentration from large volumes, separation of components that inhibit PCR, separation of DNA and RNA, high yield percentage, opportunity of calibration and of positive control, absence of contamination, low time expenses, automation possibility [4].

Dynamic of development of veterinary and sanitary expert examination and of foodstuff certification is characterized by transfer to the most specific, sensitive and accelerated methods of bacteria identification [5].

Polymerase chain reaction (PCR) has a number of advantages as compared to the traditional bacteriological method of *Salmonella* detection since it combines rapidness and simplicity of implementation as well as potentially high specificity and sensitivity in revealing pathogenic microorganisms [6].

The objective of our studies was to select an effective method of DNA extraction for *Salmonella* detection by the method of polymerase chain reaction.

### Materials and Methods

The objects of the study were eight *Salmonella* bacteria isolated from the foodstuff at the Microbiology Chair of Al-Farabi Kazakh National University.

**DNA Extraction.** DNA was extracted from *Salmonella* bacteria by the following methods:

1. Trizol method. The commercial reagent TRizol («Invitrogen», USA) was used in accordance with the manufacturer's manual.

2. CTAB method. CTAB (cetyl trimethyl ammonium bromide) is a classical cation detergent that is used in DNA extraction. CTAB lyses the cellular membrane, effectively destroys DNA-protein [7].

3. Sorbent method using silica particles. DNA binds to silica particles under the effect of high concentrated salt [8].

The quality and quantity of the extracted DNA were controlled with the use of NanoDrop 2000.

For setting PCR used the same amount of DNA (~ 30 ng/μl) obtained by different methods.

**PCR-amplification.** PCR-fragments of Inv gene from *Salmonella* bacteria were produced with the use of the following primers: S Inv-1F (direct) and S Inv-1R (inverse). Amplification was carried out in 25 μL of reaction mixture of the following composition: 10 xbuffer of DNA polymerase — 2.5 μL, 10 mM dNTP — 1 μL, MgCl<sub>2</sub> — 1 μL, 20–50 ng of DNA-matrix, 20 pM of direct and 20 pM of inverse primers, and 0.5 U of DNA polymerase (Invitrogen), DNA — 1 μL. PCR products were assayed by electrophoresis in 1.5 % agarose gel containing ethidium bromide (1 μg/μL) at the field strength 6 V/cm<sup>2</sup>. The PCR product sized 500 bp.

### Results and Discussion

Comparative study of three different versions of the DNA extraction from *Salmonella* bacteria was carried out: the trizol method using TRizol commercial reagent, the CTAB method and the sorbent method using silica particles.

The parameters such as quantity and quality of the obtained DNA were taken into consideration to select the DNA extraction method. The results of extracting genome DNA by different methods from 8 *Salmonella* isolates are shown in Figure 1.

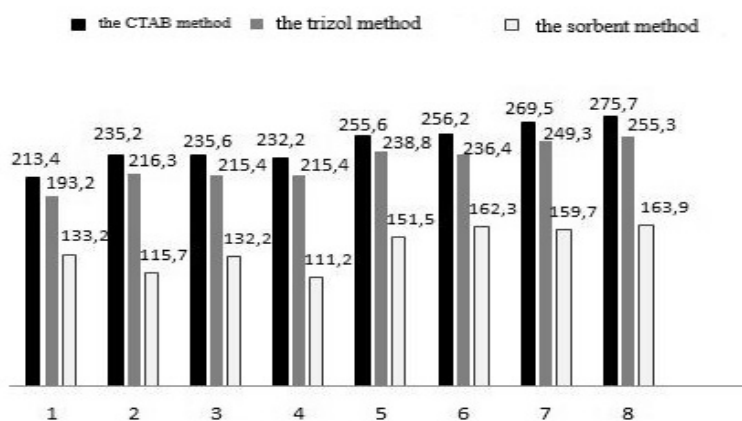
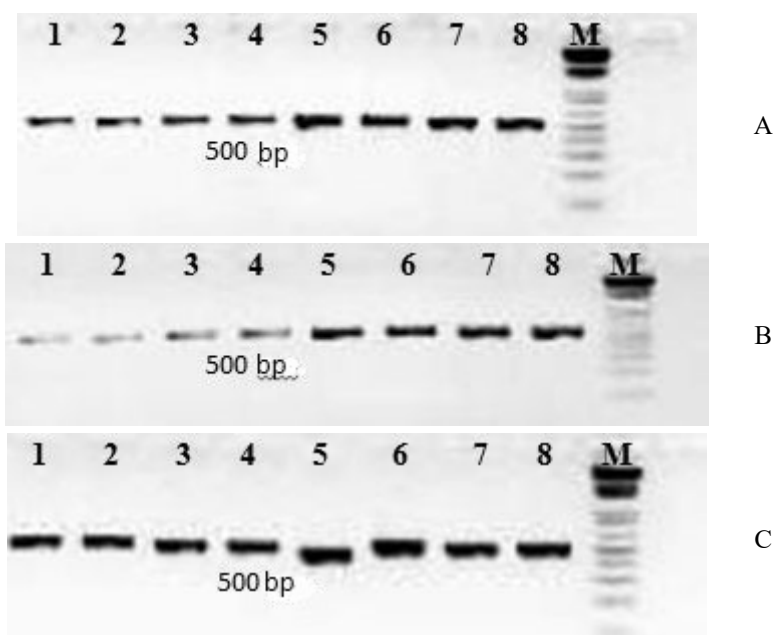


Figure 1. The amount of DNAs extracted from eight *Salmonella* isolates (ng/μL) by different methods

The implemented studies showed the CTAB method to demonstrate the highest DNA yield. The results of the trizol method are slightly lower. And the lowest DNA yield was demonstrated by the sorbent method.

PCR-assay depends significantly on the quality of the extracted DNA. PCR amplification was conducted with the DNA specimens of equal volume (1 μL) obtained by different extraction methods from samples of the materials under study: the trizol method using TRizol commercial reagent, the CTAB method and the sorbent method using silica particles. The results are shown in Figure 2.



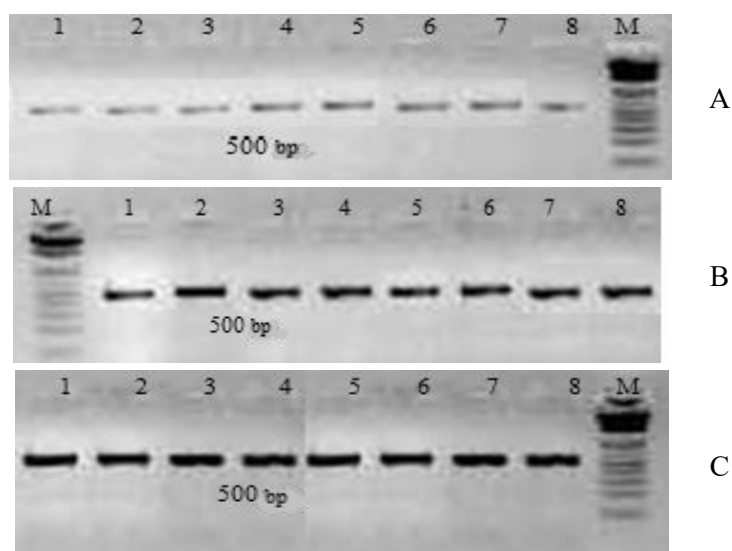
A — TRizol method; B — CTAB method; C — sorbent method;  
 1–8 — DNAs of *Salmonella* bacteria; M — 1 kb DNA marker (Invitrogen)

Figure 2. Electrophoregram of the DNAs obtained from *Salmonella* bacteria

Figure 2 shows that the genetic material of high quality and of concentration sufficient for PCR-assay has been obtained by the sorbent method with the use of silica particles (C). At the same time, it should be noted that the DNA concentration in these preparations is 1.61 times less than in preparations obtained by using TRizol (A) and 1.75 times lower versus the preparations obtained by the CTAB method.

Insignificant PCR inhibition in the DNA specimens obtained by the trizol method using TRizol commercial reagent and the CTAB method may be caused by the DNA excess, which is a PCR inhibitor.

The same amount of DNA (50 ng/μl) was used to select an effective DNA extraction method for detecting *Salmonella* in the PCR reaction. The results are presented in Figure 3.



A — 50 ng/μl of DNA isolated with TRizol reagent was used in the PCR reaction; B — 50 ng/μl of DNA isolated with CTAB method was used in the PCR reaction; C — 50 ng/μl of DNA isolated with sorbent method was used in the PCR reaction; 1–8 — DNAs of *Salmonella* bacteria; M — 1 kb DNA marker (Invitrogen)

Figure 3. PCR products of *Salmonella* bacteria on an agarose gel using 50 ng/μl of DNA

As can be seen in Figure 3, optimal results were obtained when PCR was performed using DNA isolated by the sorbent method.

The major criterion in methods of the DNA extraction is that nucleic acid should be the utmostly purified from cellular DNA and protein impurities. The extracted genome DNA should be unfragmented since it is a matrix for the synthesis of the specific product [9]. Such a result is ensured by the sorbent method using silica particles. When this method has used the proteins and cellular components are removed and the utmost purified DNA is left. The advantages of the DNA extraction method with the help of silica particles are as follows: loss minimization in the course of the DNA extraction; lower risk of cross-contamination owing to the linkage of all nucleic acid to the sorbent; high purity of the final product [10]. In contrast to other methods, this one does not require the usage of toxic reagents.

Effectiveness of the process of the DNA extraction is a determining factor in the course of work with a small amount of the material or with the specimens containing a considerable quantity of inhibitors that may result in lower diagnostic sensitivity of the test and inhibition of the amplification process [11]. The properly selected method of the DNA extraction allows achieving the most accurate result of the polymerase chain reaction.

### Conclusion

On the basis of the implemented study, one can conclude that the sorbent method using silica particles is the most suitable method for DNA extraction from *Salmonella*. In the future, this method may be used to kit up the test system for *Salmonella* identification and genotyping.

*The work was carried out within the project of grant financing «Genotyping pathogenic microorganisms in the food raw material and foodstuff realized in the markets and supermarkets of the Republic of Kazakhstan, development of recommendations aimed at reducing the risk of morbidity among the children of preschool and school age», years 2018–2020, No. AP05131147.*

### References

- 1 Токарев В.А. Варианты мониторинга госпитальных штаммов ВБИ сальмонеллезной этиологии / В.А. Токарев, Е.И. Гудкова, А.А. Адарченко // Внутрибольничные инфекции — проблемы эпидемиологии, клиники, диагностики, лечения и профилактики: тез. докл. Рос. науч.-практ. конф. — М., 1999. — С. 236–237.
- 2 Lim J.K. In Vivo Phase Variation of Escherichia coli Type 1 Fimbrial Genes in Women with Urinary Tract Infection / J.K. Lim, N.W. Gunther, H. Zhao, D.E. Johnson, S.K. Keay, H.L.T. Mobley // Infection and immunity. — 1998. — Vol. 66, No. 7. — P. 3303–3310.
- 3 Абжалиева А.Б. Усовершенствование методов идентификации пищевых патогенов в продуктах животного происхождения: автореф. дис. ... д-ра философии PhD: 6D120200 — «Ветеринарная санитария» / А.Б. Абжалиева. — Алматы, 2017.
- 4 Нургалиева М.Т. Методы выделения нуклеиновых кислот для проведения полимеразной цепной реакции в режиме реального времени / М.Т. Нургалиева, О.О. Жансеркенова, Е.С. Усенбеков, Ш.Н. Касымбекова, А.К. Смагулов // Издестер, нәтижелер — Исследования, результаты. — 2016. — № 3 (71). — С. 68–72.
- 5 Мамаев М.А. Разработка ускоренных способов ДНК-диагностики для определения бактерий в мясе и мясопродуктах: автореф. дис. ... канд. вет. наук: 16.00.08. — «Гигиена животных, продуктов животноводства и ветеринарно-санитарная экспертиза» / М.А. Мамаев. — М., 2000.
- 6 Herrera-Leo S. Multiplex PCR for Distinguishing the Most Common Phase-1 Flagellar Antigens of *Salmonella* spp. / S. Herrera-Leo, J.R. McQuiston, M.A. Usera // J. Clin. Microbiol. — 2004. — Vol. 42. — P. 2581–2586.
- 7 Scott O. Rogers. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues / Scott O. Rogers, Arnold J. Bendich // Plant Molecular Biology. — 1985. — Vol. 5. — P. 69–76.
- 8 Капустин Д.В. Высокоэффективный метод одностадийного выделения ДНК для ПЦР-диагностики *Mycobacterium tuberculosis* / Д.В. Капустин, А.И. Простякова, Я.И. Алексеев // Acta naturae. — 2014. — Т. 2, № 21. — С. 52–57.
- 9 Киркимбаева Ж.С. Сравнительное изучение эффективности различных методов выделения ДНК лептоспир / Ж.С. Киркимбаева, С.Е. Ермагамбетова, К.Б. Бияшев // Издестер, нәтижелер — Исследования, результаты. — 2016. — № 4(72). — С. 50–54.
- 10 Аукунов Н.Е. Выделение и очистка нуклеиновых кислот. Состояние проблемы на современном этапе / Н.Е. Аукунов, М.Р. Масабаева, У.У. Хасанова // Наука и здравоохранение. — 2014. — № 1. — С. 51–53.
- 11 Каталог сайта «ДНК-Технология». — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docplayer.ru/45703435-I-ekspress-metod-vydeleniya-dnk-komplekt-reagentov-dlya-vydeleniya-dnk-proba-rapid-4-komplekt-reagentov-dlya-vydeleniya-dnk-proba-rapid-genetika-5.html>

С.М. Бармак, Ю.А. Синявский, А.Б. Бердығалиев,  
И.С. Савицкая, Т.Ш. Шарманов, И.Х. Менденхалл, Е.В. Жолдыбаева

### Полимеразды тізбекті реакция көмегімен сальмонелланы айқындау үшін ДНҚ бөлудің тиімді әдісін таңдау

Молекулярлық-биологиялық әдістерін қолданған кезде ДНҚ бөлу шешуші қадам болып табылады, себебі ПТР-талдауының нәтижесі алынған ДНҚ препараттарының сапасына және санына байланысты болады. Мақалада *Salmonella* бактерияларының ДНҚ бөлу тиімділігі түрлі әдістермен салыстырды: TRizol коммерциялық реагентін қолданатын тризол әдісі, СТАБ әдісі және кремнезем бөлшектерін қолданатын сорбентті әдіс. ДНҚ кремнезем бөлшектерінде оқшауланған кезде, басқа әдістермен салыстырғанда, *Salmonella* бактерияларының ДНҚ-ын анықтау сезімталдығы қамтамасыз етілген. Бөлініп алынған ДНҚ амплификациялануы кремнеземдік бөлшектерді қолданғанда күшейтілуі тиімдірек және жоғары дәлдіктің қайталанатын нәтижелерін алуға мүмкіндік береді. Болашақта бұл әдіс *Salmonella* диагностикасының сынақ жүйесін жасау үшін қолданылды. Жедел диагностикалау әдістерін енгізу практикада өте маңызды, өйткені инфекцияны тез және ерте диагностика жасау оның таралуына уақытылы қарсы тұруға мүмкіндік береді, бұл, өз кезегінде, елдегі эпидемиологиялық және эпизоотологиялық жағдайдың деңгейін арттырды.

*Кілт сөздер:* *Salmonella* бактериялары, әдіс, айқындау, ДНҚ бөлу, полимеразды тізбекті реакция, амплификация, кремнезем бөлшектері.

С.М. Бармак, Ю.А. Синявский, А.Б. Бердығалиев,  
И.С. Савицкая, Т.Ш. Шарманов, И.Х. Менденхалл, Е.В. Жолдыбаева

### Подбор эффективного метода выделения ДНК для выявления сальмонелл методом полимеразной цепной реакции

При использовании молекулярно-биологических методов выделение ДНК является определяющим этапом, так как от качества и количества полученных препаратов ДНК во многом зависит результат ПЦР-анализа. В статье сравнили эффективность выделения ДНК бактерии рода *Salmonella* различными способами, а именно: тризольный метод с использованием коммерческого реагента TRizol, СТАБ метод и сорбентный метод с использованием частиц кремнезема. Показано, что при выделении ДНК на частицах кремнезема обеспечивается высокая чувствительность выявления ДНК бактерии рода *Salmonella* по сравнению с другими методами. Амплификация экстрагированной ДНК на частицах кремнезема является более эффективной и позволяет получать воспроизводимые результаты высокой степени точности. В перспективе данный метод будет использован для комплектации тест-системы для диагностики сальмонелл. Внедрение методов экспресс-диагностики в практику чрезвычайно важно, так как быстрая и ранняя диагностика позволит своевременно противодействовать распространению инфекции, что, в свою очередь, повысит уровень эпидемиологической и эпизоотологической ситуации в стране.

*Ключевые слова:* бактерии *Salmonella*, метод, идентификация, выделение ДНК, полимеразная цепная реакция, амплификация, частицы кремнезема.

#### References

- 1 Tokarev, V.A., Gudkova, E.I., & Adarchenko, A.A. (1999). Variants monitorin hospitalnykh shtammov VBI salmonelleznoi etiologii [Variants of monitoring hospital strains of nosocomial infections, *Salmonella* etiology]. Proceedings of Nosocomial infections — problems of epidemiology, clinic, diagnosis, treatment, and prevention. Rossiiskaia nauchno-prakticheskaya konferentsiia — Russian scientific-practical conference (pp. 236–237) [in Russian].
- 2 Lim, J.K., Gunther, N.W., Zhao, H., Johnson, D.E., Keay, S.K., & Mobley, H.L.T. (1998). In Vivo Phase Variation of Escherichia coli Type 1 Fimbrial Genes in Women with Urinary Tract Infection. *Infection and immunity*, 66, 7, 3303–3310.
- 3 Abzhalieva, A.B. (2017). Uovershenstvovanie metodov identifikatsii pishchevykh patohenov v produktakh zhitovnoho proiskhozhdeniia [Improving the identification of foodborne pathogens in animal products]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Almaty [in Russian].
- 4 Nurgaliev, M.T., Zhanserkenova, O.O., Usenbekov, E.S., Kasymbekova, Sh.N., & Smagulov, A.K. (2016). Metody vydeleniia nukleinovykh kislot dlia provedeniia polimeraznoi tsepoi reaktsii v rezhime realnogo vremeni [Nucleic acid isolation methods for real-time polymerase chain reaction]. *Izdenister, natizheler — Research results*, 3, 71, 68–72 [in Russian].
- 5 Mamaev, M.A. (2000). Razrabotka uskorennykh sposobov DNK-diahnostiki dlia opredeleniia bakterii v miase i miasoproduktakh [Development of accelerated methods of DNA diagnostics for the detection of bacteria in meat and meat products]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow [in Russian].

- 6 Herrera-Leo, S., McQuiston, J.R., & Usera, M.A. (2004). Multiplex PCR for Distinguishing the Most Common Phase-1 Flagellar Antigens of *Salmonella* spp. *J. Clin. Microbiol.*, 42, 2581–2586.
- 7 Scott O. Rogers, Arnold J. Bendich (1985). Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues. *Plant Molecular Biology*, 5, 69–76.
- 8 Kapustin, D.V., Prostiakova, A.I., & Alekseev, Ya.I. (2014). Vysokoeffektivnyi metod odnostadiinoho vydeleniia DNK dlia PTsR-diahnostiki *Mycobacterium tuberculosis* [Highly effective single-stage DNA extraction method for PCR diagnostics of *Mycobacterium tuberculosis*]. *Acta naturae*, 2, 21, 52–57 [in Russian].
- 9 Kirkimbaeva, Zh.S., Ermagambetova, S.E., & Biiashev, K.B. (2016). Sravnitel'noe izuchenie effektivnosti razlichnykh metodov vydeleniia DNK leptospir [A comparative study of the effectiveness of various methods of DNA isolation leptospiri]. *Izdenister, nãtzheler — Research results*, 4, 72, 50–54 [in Russian].
- 10 Aukenov, N.E., Masabaeva, M.R., & Khasanova, U.U. (2014). Vydelenie i ochildka nukleinoovykh kislot. Sostoianie problemy na sovremennom etape [Isolation and purification of nucleic acids. The state of the problem at the present stage]. *Nauka i zdra-vookhranenie — Science and Health*, 1, 51–53 [in Russian].
- 11 Kataloh saitã «DNK-Tekhnolohiia» [Site Catalog «DNA-Technology»]. docplayer.ru. Retrieved from <https://docplayer.ru/45703435-I-ekspress-metod-vydeleniya-dnk-komplekt-reagentov-dlya-vydeleniya-dnk-proba-rapid-4-komplekt-reagentov-dlya-vydeleniya-dnk-proba-rapid-genetika-5.html> [in Russian].



Г.С. Айдарханова<sup>1</sup>, А.П. Новак<sup>2</sup>, Б.С. Имашева<sup>3</sup>, А. Ташев<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Нур-Султан, Казахстан;

<sup>2</sup>Алтайский филиал Казахского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации, Риддер, Казахстан;

<sup>3</sup>Независимое агентство по обеспечению качества образования, Нур-Султан, Казахстан;

<sup>4</sup>Лесотехнический университет, София, Болгария

(E-mail: exbio@yandex.ru)

## Оценка ресурсов лекарственных растений в лесах Казахстанской части Алтая и их экологическое состояние

В статье представлены результаты полевых и лабораторных исследований лекарственных растений в лесах Казахстанской части Алтая. Учетные площадки были заложены в горных лесах в регионах Восточно-Казахстанской области. Общепринятыми методами проведена оценка ресурсов, экологического состояния лекарственных растений, интенсивно заготавливаемых в регионе. Исследованиями установлено, что наибольшим спросом среди заготовителей пользуются 9 видов широко распространенных и легкодоступных растений: *Origanum vulgare* L., *Hypericum perforatum* L., *Achillea millefolium* L., *Tanacetum vulgare* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., *Inula helenium* L., *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjin, *Hedysarum austrosibiricum* L. Биологический запас изученных видов находится в диапазоне 1,94–14,64 ц/га, хозяйственный запас варьирует в пределах 1,65–10,98 ц/га. Концентрации тяжелых металлов в образцах фитосырья характеризуются по Pb в пределах 0,0023–0,042 мг/кг, по As — 0,0016–0,019 мг/кг, по Cd — 0,0016–0,040 мг/кг, по Cu — 2,4–4,84 мг/кг, по Zn — 7,6–9,3 мг/кг, по Mn — 30,7–36,1 мг/кг. Наиболее важный вывод, установленный в ходе проведенных исследований, заключается в том, что все изученные пробы соответствуют требованиям нормативных документов по критерию экологической безопасности. Также исследования материалов лесных ресурсов в области экологической безопасности позволяют рекомендовать их использование в хозяйственных целях и заготовку в промышленных объемах.

**Ключевые слова:** лекарственные растения, биоразнообразие, Алтай, биотопы, лесные ресурсы, биомасса, объем заготовок, мониторинг, тяжелые металлы, экологическая безопасность.

В настоящее время в мире наблюдается устойчивая тенденция повышения спроса на растительное сырье и виды продукции из него. Это обусловлено резким увеличением в последние годы числа потребителей фитосырья, расширением ассортимента лекарственных, парфюмерно-косметических изделий. В вопросах рационального использования лесных ресурсов большое внимание уделяется лекарственным и витаминным растениям. Лекарственные растения занимают значительное место в современной медицине и косметологии. Также организации здравоохранения и фармацевтической промышленности Казахстана нацелены на создание сырьевой базы новых и эффективных лекарственных средств растительного происхождения [1–3].

В регионе Казахстанской части Алтая имеется значительное видовое разнообразие флоры и растительных ресурсов, применяемых в народной и традиционной медицине. Также отмечено, что для научно-практических целей необходимо решение вопросов по оценке запаса, распространению, экологической безопасности многих видов лекарственных растений [4]. Нуждаются в дополнении такие исследования, как современное состояние хозяйственно-ценных, интенсивно эксплуатируемых, редких и исчезающих видов лекарственных растений на территории изучаемого региона. Практически отсутствует научная информация об экологическом состоянии лекарственных растений, перспективных для заготовки. С учетом указанного выше, целью проводимых исследований стало изучение вопросов по оценке ресурсного потенциала и экологической безопасности лекарственных растений Казахстанской части Алтая, доступных для заготовителей.

### Материалы и методы исследований

При проведении исследований были использованы общепринятые геоботанические и ресурсоведческие методы. Маршрутно-реконгносцировочные методы использовались для изучения ценопопуляций лекарственных растений [5]. Визуальную оценку количества особей проводили по шкале Г. Друде [6]. При определении ресурсного потенциала лекарственных растений использована общепринятая «Методика определения запасов лекарственных растений» (1986). Для оценки обилия и запасов биомассы лекарственного сырья использованы три основных метода: линейная таксация (ЛТ), способ скрещенных трансект (ССТ), круговые площадки (КП) [7]. Идентификацию видов

лекарственных растений проводили по «Флоре Казахстана» (1956–1966) [8]. Номенклатура видов приведена по сводке С.К. Черепановой (1995) [9].

Для оценки современной экологической среды обитания изучаемых видов растений использованы методы дозиметрического контроля приземного слоя атмосферы [10]. Концентрации тяжелых металлов в пробах лекарственных растений определены в соответствии с требованиями по проведению атомно-абсорбционной спектроскопии [11]. Также в работе были использованы сведения из лесохозяйственных материалов, таксационных описаний лесохозяйственных учреждений Восточно-Казахстанской области.

### Результаты и их обсуждение

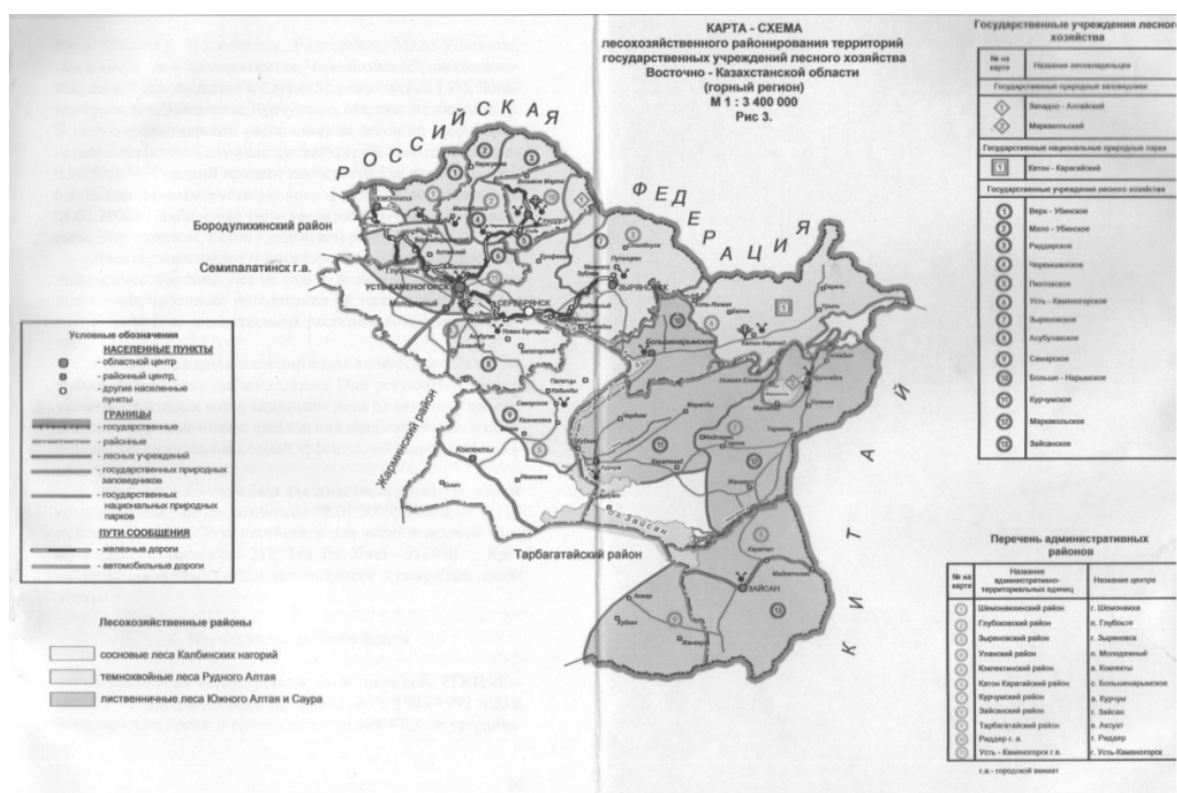
Биоразнообразие флоры лекарственных растений Казахстана значительно варьирует, как по составу и численности различных таксонов (видов, родов и др.), так и по географии. Основными факторами, обуславливающими распределение растений, являются приуроченность видов к природно-климатическим зонам и высотным поясам. В горных системах разнообразие и самобытность флоры увеличиваются с северо-востока (Алтай) на юго-запад (Западный Тянь-Шань, Каратау). Ресурсы основных лекарственных растений (80 %) распространены в горах Заилийского Алатау, Кетмень, Кунгей и Терской Алатау, Джунгарского Алатау, Киргизского хребта, Боралдайтау, Алтая, Тарбагатай. По некоторым видам республика может быть экспортером. Так, ресурсы эфедры хвощевой (*Ephedra equisetina*) позволяют заготавливать без ущерба до 700 т. сухого сырья, запасы солодок голой и уральской (*Glycyrrhiza glabra*, *G. uralensis*) составляют 75 тыс. т., что дает возможность вывозить сырье этих видов в значительных объемах. По другим видам ресурсы достаточны для удовлетворения внутреннего спроса на растительное сырье. Необходимо лишь упорядочить систему заготовок и правил проведения заготовительных работ [12].

На территории Казахстана зарегистрировано около 6500 видов высших сосудистых растений. В Алтайском регионе Казахстана при инвентаризации высших сосудистых растений установлены около 2500 видов, что составляет примерно 44 % от общего числа видов высших растений. Перечень лекарственных растений Казахской части Алтая включает 783 вида из 131 семейства, где 87 видов успешно применяются в традиционной медицине, а значительно большее число используется в народной медицине [13].

Экспедиционно-полевые исследования нами проведены в горных лесах Восточного Казахстана (окрестности г. Риддер, Пихтовский и Риддерский лесхозы). Экспериментально-полевые участки выбраны в разных частях лесных экосистем, что способствовало максимальному охвату исследовательских площадок. Первая экспериментальная площадка расположена на территории Риддерского лесхоза (Центральное лесничество, 26 квартал, 17 выдел; Журавлихинское лесничество, 18 кв., выдел 64; Пригородное лесничество, кв. 84, выдел 16). Общая площадь территории обследования составляет 36 га. На карте-схеме (рис. 1) лесохозяйственного районирования территории государственных учреждений лесного хозяйства Восточно-Казахстанской области данный участок значится под номером 3, находится в северной части г. Риддер. Вторая экспериментальная площадка расположена на территории Пихтовского лесхоза (Бутаковское лесничество, 38 квартал, 40 выдел). Общая площадь лесхоза составляет 30 га.

Известно, что в формировании видового биоразнообразия флоры и фауны регионов ключевая роль принадлежит природно-климатическим условиям. Многолетний мониторинг природно-климатических условий Восточной части Казахстана показывает, что отдаленность от океанов и горный рельеф определяют степень континентальности, увлажнения и температурного режима в течение всего годового цикла климатических параметров региона. Погодные условия зимы определяются Монголо-Сибирским антициклоном, приносящим холодную погоду в течение пяти месяцев. Весной и зимой преобладают северо-восточные, восточные ветры. Средняя высота снежного покрова на открытых пространствах достигает 50–60 см с глубиной промерзания почвы от 40 до 119 см. Средняя температура зимы составляет 12,6 °С с кратковременными морозами в диапазоне 35–45 °С. Согласно особенностям зимнего периода величина вынужденного покоя древесных растений достигает от 5,9 до 6,4 месяцев в году. Весна поздняя и продолжительная с частыми заморозками при господстве на территории края арктических холодных масс. Особенно пагубен возврат холодов в конце мая и начале июня, когда заморозки в 1–3 (иногда до –5 °С) вызывают нарушение естественного хода вегетативного развития растений. Повреждаются набухшие и тронувшие в рост почки, побеги и листья. Летом и осенью преобладают юго-западные ветры. Температура воздуха самого теплого месяца июля составляет 16,6 °С.

Горный рельеф местности смягчают низкие температуры зимой и высокие летом, сохраняя в тоже время общие закономерности климата, присущие данной широте. Благодаря особенностям орографии (направление хребтов, высота, экспозиция, конвекция и т.д.) создается различный комплекс природно-климатических условий ландшафта. Начало вегетации многих культур совпадает с переходом средней суточной температуры воздуха через 5 °С. Активная вегетация приходится на более высокие температуры, связанные с переходом среднесуточных показателей через 10 °С, во второй половине мая. Сумма эффективных температур за вегетационный период достигает 1000–1800 °С в течение 94–121 дня. Сумма годовых атмосферных осадков варьирует в среднем от 400 до 550 мм. Для территории региона свойственно обилие летних осадков от 140 до 300 мм, что обеспечивает хорошее увлажнение всего вегетационного периода [14]. Установлено, что на территории Восточно-Казахстанской области атмосферный воздух города Риддер в целом характеризуется повышенным уровнем загрязнения. Установлено, что по городу средняя концентрация диоксида серы составила — 1,2 ПДКс.с., озона — 1,7 ПДКс.с, другие загрязняющие вещества не превышали ПДК. Измеренный нами радиационный фон варьировал в пределах 0,05–0,24 мкЗв/ч. В среднем по области радиационный гамма-фон составил на уровне 0,13 мкЗв/ч и находился в допустимых пределах.



В северной части ВКО, на границе с РФ, участки № 1, 2 Риддерский лесхоз (2 экспериментальные площадки).  
Южнее Риддера участки № 3, 4 — Пихтовский лесхоз (2 экспериментальные площадки)

Рисунок 1. Карта-схема района обследования лесных территорий для сбора лекарственных растений

Из лекарственных растений, широко распространенных в лесном фонде Алтайского края, нами для исследования были отобраны *Origanum vulgare* L., *Hypericum perforatum* L., *Achillea millefolium* L., *Tanacetum vulgare* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., *Inula helenium* L., *Rhaphanticum carthamoides* (Willd.) Iljin, *Hedysarum austrosibiricum* L.

У отдельных видов фармакопейное значение имеет надземная часть: душица, зверобой, тысячелистник, пижма. Все они — многолетние травы с ползучими корневищами и боковыми корнями. Оптimum произрастания они находят в травяно-кустарниковых сообществах и на лесных опушках. Общая характеристика экологической ситуации участков обследования сведена в таблицу 1. Данные включают информацию об административном расположении учетных площадок, географических координатах местности, высоте над уровнем моря, мощности экспозиционной дозы (МЭД).

**Основные параметры состояния экспериментальных участков в местах произрастания  
лекарственных растений Казахстанской части Алтая**

№ п/п	Местоположение учетных площадок	Географические координаты	Высота над ур. моря, м	МЭД, мкЗв/ч
1	Риддерский лесхоз, Центральное лесничество, 26 кв., 17 выдел	50°22'25" с.ш. 83°55'44" в.д.	1171	0,17
2	Риддерский лесхоз, Черно-убинское лесничество, 83 кв., 70 выдел	50°22'25" с.ш. 83°55'44" в.д.	1182	0,19
3	Риддерский лесхоз, Журавлинское лесничество, 18 кв., 64 выдел	50°22'25" с.ш. 83°55'44" в.д.	1140	0,14
4	Пихтовский лесхоз, Бутаковское лесничество, 38 кв., 40 выдел	50°22'25" с.ш. 83°53'54" в.д.	1083	0,22
5	Пихтовский лесхоз, Пригородное лесничество, 84 кв., 16 выдел	50°20'26" с.ш. 83°45'24" в.д.	1117	0,18

Полученные данные о размерах надземной части и массе сухого сырья приведены в таблице 2. Средняя масса сухого сырья душицы изменяется от 52,4 до 116,4 г/м<sup>2</sup>, зверобоя — от 58,1 до 112,0 г/м<sup>2</sup>, тысячелистника — от 131,4 до 234,1 г/м<sup>2</sup>. Надземная часть этих многолетников дает урожай ежегодно. Поэтому особых ограничений в заготовке надземной части лекарственных трав на сенокосных лугах и пастбищах нет. Когда обилие заготавливаемых растений будет превышать 50 % (от 4 до 6 баллов по Друде), то травостой может просто скашиваться и из него выбирается нужный лекарственный вид. К тому же многие лекарственные растения, например, тысячелистник, совсем не поедаются скотом. Выборка лекарственных растений, если обилие их велико, из скошенной травы только улучшает качество сена. Наличие большой массы, например, зверобоя ядовито для скота и в сене нежелательно. Многие типы современных лугов представляют устойчивые экосистемы, регулярное скашивание которых стало фактором, поддерживающим их в состоянии равновесия. Из растений, у которых лекарственным сырьем являются корневища, нами изучались кровохлебка, лапчатка, девясил, рапontiкум, копеечник. Все эти растения имеют мощное деревянистое или мясистое (девясил) корневище с многочисленными корнями. Поскольку используются корневища и корни, то и определялась их масса (сухого вещества) на 1 м<sup>2</sup> (табл. 2). Корневища и корни у многолетников накапливают биомассу медленно и пригодны для промышленной заготовки только через 10–20 лет. Допускаемый объем заготовок, не истощающий растительных ресурсов, должен основываться на их возрастной продуктивности и условиях произрастания. Оборот заготовок всегда должен быть многолетним и она должна производиться после цветения, в конце цветения в конце лета и осенью или же ранней весной до начала вегетации. Запас корневищ восстанавливается через 10–20 лет при оставлении растений при заготовке 25–50 %. Для удобства прогнозирования и планирования объема заготовок лекарственных растений по биотопам нами рассчитаны средние запасы каждого вида (в центнерах на 1 га).

По результатам оценочных исследований лекарственных растений Казахстанской части Алтая, доступных для заготовителей, показано, что в регионе имеются их ресурсные потенциалы для хозяйственного применения в традиционной и народной медицине. По биологической продуктивности изученные виды по степени убывания можно расположить в следующем порядке:

«*Achillea millefolium* L. — *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin — *Hypericum perforatum* L. — *Origanum vulgare* L. — *Inula helenium* L. — *Sanguisorba officinalis* L. — *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. — *Tanacetum vulgare* L. — *Hedysarum sibiricum* L.» Значения биологической продуктивности варьируют в пределах от 1,94 ц/га до 14,64 ц/га. Эксплуатационный запас фитосырья изученных видов характеризуется наличием промыслового значения. Виды лекарственных растений по степени убывания будут расположены примерно в таком же порядке. Диапазон изменений эксплуатационного запаса находится в пределах 1,65–10,98 ц/га. Эксплуатационный запас сырья составляет объем возможных ежегодных заготовок. Следует указать, что территория Восточно-Казахстанского региона значительная и возможные запасы изученных растений могут быть различными в разных местах. Для более точных прогнозов следует проводить более масштабные исследования, результаты которых, несомненно, дополняют имеющуюся информацию.

Средние значения ресурсной оценки лекарственных растений

Название растения	Характеристика биотопа	Обилие по шкале Друде, баллы / %	Средняя высота растений, см	Средняя масса сухого сырья, г/м <sup>2</sup>	
				надземная часть	корни и корневища
<i>Origanum vulgare</i> L.	Суходольно-разнотравный луг, юго-зап. склон	3 / более 40	47,3±1,3	52,4±1,3	–
<i>Hypericum perforatum</i> L.	Лесная опушка осинника, юго-зап. склон	3 / более 40	67,7±1,4	116,4±1,2	–
<i>Achillea millefolium</i> L.	Обочина, дренажная канава, влажный луг надпоймы	4 / более 50	48,0±1,2	131,4±1,5	–
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	Суходольный луг, 1-я надпойменная терраса	3 / более 40	113,7±2,9	234,1±1,3	–
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	Суходольный луг, 1-я надпойменная терраса	5 / более 80	125,5±2,1	231,8±2,4	–
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	Заливной луг, пойма реки Луговатки	5 / более 80	49,9±2,2	80,5±1,4	–
<i>Inula helenium</i> L.	Устье распадка на северо-вост. склоне крутизной 10°	3 / около 35	124,6±4,5	–	156,7±1,5
<i>Rhaponticum carthamoides</i> (Willd.) Iljin	Субальпийское пихтово-кедровое редколесье	2 / около 25–28	131,4±3,4	–	216,8±2,1
<i>Hedysarum austrosibiricum</i> L.	Субальпийские луга, южный и юго-зап. каменистые склоны Проходного хребта	2 / около 25–28	53,4±1,4	–	19,4±0,6

На рисунке 2 показано современное состояние показателей запасов лекарственного сырья на обследованной территории Казахстанской части Алтая.

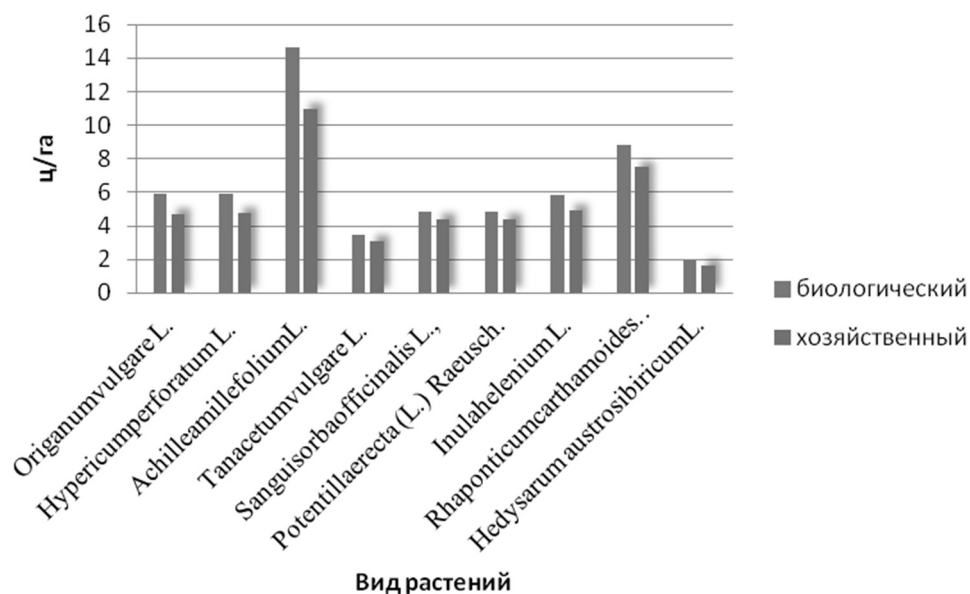


Рисунок 2. Оценка запасов лекарственного сырья в Казахстанской части Алтая

По данным службы экологического мониторинга, в Казахстане к загрязненным населенным пунктам отнесено 10 городов, где ИЗА5 ≥ 5. В списочный состав входят следующие города: Алматы, Шымкент, Темиртау, Актобе, Астана, Усть-Каменогорск, Караганда, Риддер, Тараз. Возможный ветро-пылеперенос может способствовать аккумулярованию экологически опасных загрязнителей в растения. Промышленные предприятия, автомобильный транспорт являются основными источниками загрязнения природной среды регионов [15]. Учитывая данный факт, для обеспечения экологической

безопасности растительного сырья, заготавливаемого в этих регионах, необходимо проводить постоянный мониторинг качества заготавливаемой продукции. В ходе исследования нами определены концентрации тяжелых металлов в изучаемых видах лекарственных растений и выполнен сравнительно-сопоставительный анализ соответствия сырья нормам предельно-допустимых концентраций (ПДК). Данные результатов исследований сведены в таблицу 3.

Т а б л и ц а 3

## Накопление тяжелых металлов в пробах лекарственных растений, мг/кг

Наименование растения	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Медь	Цинк	Марганец
ПДК	0,4	0,2	0,03	5,0	10,0	–
<i>Origanum vulgare</i> L.	0,031	0,016	0,0035	4,0	8,7	30,7
<i>Hypericum perforatum</i> L.	0,032	0,016	0,030	3,4	9,0	35,8
<i>Achillea millefolium</i> L.	0,029	0,018	0,040	4,84	9,3	32,7
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	0,023	0,019	0,004	2,4	9,02	32,5
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.,	0,042	0,016	0,0047	–	–	–
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	0,042	0,016	0,0047	–	–	–
<i>Inula helenium</i> L.	0,031	0,0018	0,0044	3,8	8,8	36,1
<i>Rhaponticum carthamoides</i> (Willd.) Iljin	0,0023	0,0019	0,0041	3,2	7,6	34,7
<i>Hedysarum austrosibiricum</i> L.	0,0028	0,0016	0,0016	–	–	–

Концентрация тяжелых металлов в образцах фитосырья характеризуется по Pb в пределах 0,0023–0,042 мг/кг, по As — 0,0016–0,019 мг/кг, по Cd — 0,0016–0,040 мг/кг, по Cu — 2,4–4,84 мг/кг, по Zn — 7,6–9,3 мг/кг, по Mn — 30,7–36,1 мг/кг. Как показывают результаты исследований, среди изучаемых видов в *Sanguisorba officinalis* L., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., *Hedysarum austrosibiricum* L. такие химические элементы, как Cu, Zn, Mn, не обнаружены. В целом, низкие уровни тяжелых металлов аккумулированы в *Tanacetum vulgare* L., *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin. По результатам исследований можно сделать важный принципиальный вывод о том, что лекарственное растительное сырье соответствует принятым в Казахстане нормам предельно-допустимых концентраций. Данный вывод, по-видимому, обусловлен тем, что выбранные экспериментальные площадки расположены на значительных расстояниях от источников загрязнения.

## Заключение

Таким образом, нами выполнены исследования по оценке ресурсного потенциала и экологической безопасности лекарственных растений Казахстанской части Алтая, доступных для заготовителей. Среди используемых видов фитосырья отобраны наиболее распространенные 9 видов лекарственных растений, широко используемых потребителями региона. Значения биологической продуктивности составили 1,94 ц/га до 14,64 ц/га, а эксплуатационный запас фитосырья изученных видов характеризуется наличием промышленного значения. Диапазон изменений эксплуатационного запаса находится в пределах 1,65–10,98 ц/га и составляет объем возможных ежегодных заготовок. Результаты выполненных исследований дополняют информацию [16] о перспективных лекарственных растениях Алтайского региона на территории Казахстана для нужд аптечной сети, частных лиц, промышленных предприятий.

*Исследования выполнены в рамках проекта по грантовому финансированию МОН РК АР05136154 «Ресурсный потенциал недревесных лесных материалов и их экологическая безопасность для социально-экономического развития регионов Казахстана» (2018–2020).*

## Список литературы

- 1 Закон РК «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам обращения лекарственных средств и медицинских изделий». — 3 РК № 211-VI от 28 декабря 2018 года. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://online.zakon.kz/Document/doc>
- 2 Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 01.07.1972. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.britannica.com/topic/Convention-on-International-Trade-in-Endangered-Species>
- 3 Закон РК «О лекарственных средствах». — 3 РК № 97-IV от 1 января 2009 года. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://online.zakon.kz/Document/?doc>

- 4 Кубентаев С.А. Видовое разнообразие и ресурсный потенциал лекарственной флоры Казахстанской части Южного и Юго-Западного Алтая: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Спец. 03.02.01 — «Ботаника» / С.А. Кубентаев. — Бишкек, 2018. — 24 с.
- 5 Быков Б.А. Геоботаника / Б.А. Быков. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1957. — 287 с.
- 6 Быков Б.А. Введение в фитоценологию / Б.А. Быков. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1970. — 226 с.
- 7 Методика определения запасов лекарственных растений. — М., 1986. — 50 с.
- 8 Флора Казахстана: в 9-ти т. — Т. 3–4 / гл. ред. Н.В. Павлов. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1956–1966.
- 9 Черепанова С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С.К. Черепанова. — СПб.: Мир и семья, 1995. — 990 с.
- 10 Инструкция по наземному обследованию радиационной обстановки на загрязненной территории. Утв. Межвед. комис. по радиацион. контролю природной среды. — М., 1989. — 27 с.
- 11 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178–96. — [Введен в действие 1998–01–01]. — М.: ИПК Издательство стандартов, Росстандарт.
- 12 Подготовка национального доклада Республики Казахстан о биологическом разнообразии // Отчет по Программе 001 — «Обеспечение деятельности уполномоченного органа в области охраны окружающей среды». — Астана, 2010. — 142 с.
- 13 Котухов Ю.А. Перечень лекарственных растений Казахского Алтая / Ю.А. Котухов, А.Н. Данилова, С.А. Кубентаев. — Риддер: Меда-Альянс, 2015. — 155 с.
- 14 Пояснительная записка к материалам Государственного учета лесного фонда Республики Казахстан по состоянию на январь 2018 г. РГКП «Казахское лесостроительное предприятие». — Алматы, 2018. — 109 с.
- 15 Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов за 2017 год. — Астана, 2018. — 465 с.
- 16 Отчет по проекту государственного грантового финансирования «Изучение лекарственных растений Казахского Алтая, применяемых в официальной и народной медицине, оценка их распространения, сырьевых запасов и возможности практического применения» (2015–2017). — № гос. регистрации 0115PK02671.

Г.С. Айдарханова, А.П. Новак, Б.С. Имашева, А. Ташев

## Алтайдың Қазақстандық бөлігіндегі ормандардағы дәрілік өсімдіктер ресурстарын бағалау және олардың экологиялық жағдайы

Мақалада Алтайдың Қазақстандық бөлігіндегі ормандардағы дәрілік өсімдіктердің далалық және зертханалық зерттеулерінің нәтижелері берілген. Есепке алу алаңдары Алтайдың Қазақстандық бөлігіндегі таулы ормандарда салынған. Жалпы қабылданған әдістермен өңірде қарқынды дайындалатын дәрілік өсімдіктердің ресурстарын, экологиялық жағдайын бағалау жүргізілді. Зерттеулер көрсеткендей, дайындаушылар арасында ең көп сұранысқа ие таралған және оңай қолжетімді өсімдіктердің 9 түрі бар: *Origanum vulgare* L., *Hypericum perforatum* L., *Achillea millefolium* L., *Tanacetum vulgare* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Potentilla erecta* (L.) Raesch., *Inula helenium* L., *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin, *Hedysarum austrosibiricum* L. Зерттелген түрлердің биологиялық қоры 1,94–14,64 ц/га аралығында орналасқан, шаруашылық қоры 1,65–10,98 ц/га шегінде түрленеді. Ауыр металдар концентрациясы фитошикізат үлгілерінде 0,0023–0,042 мг/кг, As — 0,0016–0,019 мг/кг, Cd — 0,0016–0,040 мг/кг, Cu — 2,4–4,84 мг/кг, Zn — 7,6–9,3 мг/кг, Mn — 30,7–36,1 мг/кг. Жүргізілген зерттеулер барысында белгіленген ең маңызды қорытынды барлық зерттелген сынамалардың экологиялық қауіпсіздік критерийі бойынша нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес келуі болып табылады. Сондай-ақ экологиялық қауіпсіздік саласындағы орман ресурстарының материалдарын зерттеу оларды шаруашылық мақсаттарда пайдалануды және өнеркәсіптік көлемде дайындауды ұсынуға мүмкіндік береді.

*Кілт сөздер:* дәрілік өсімдіктер, биоалуантүрлілік, Алтай, биотоптар, орман ресурстары, биомасса, егін жинау көлемі, мониторинг, ауыр металдар, экологиялық қауіпсіздік.

G.S. Aidarkhanova, A.P. Novak, B.S. Imasheva, A. Tashev

## Assessment of the resources of medicinal herbs in the forests of the Kazakhstan part of Altai and their ecological condition

In the article the results of field and laboratory researches of medicinal plants in the forests of the Kazakhstan part of Altai are presented. Study points were laid in the mountain forests of the Kazakhstan part of Altai. By standard methods an assessment of the resources and the ecological state of medicinal plants, intensively harvested in the region, has been carried out. Research has shown that 9 species of widespread and easily accessible plants are in the greatest demand among people: *Origanum vulgare* L., *Hypericum perforatum* L., *Achillea millefolium* L., *Tanacetum vulgare* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Potentilla erecta* (L.) Raesch., *Inula helenium* L., *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin, *Hedysarum austrosibiricum* L. The biological reserve of the studied

species is in the range of 1.94–14.64 c/ha, the economic reserve varies between 1.65–10.98 c/ha. The concentrations of heavy metals in the samples of phyto-raw materials are characterized by Pb within 0.0023–0.042 mg/kg, As — 0.0016–0.019 mg/kg, Cd — 0.0016–0.040 mg/kg, Cu — 2.4–4.84 mg/kg, Zn — 7.6–9.3 mg/kg and Mn — 30.7–36.1 mg/kg. The most important conclusion, established in the course of the research, is that all the studied samples comply with the requirements of regulatory documents on the criterion of environmental safety. As ecological safety, the studied medicinal plants are recommended for harvesting and use for economic purposes.

*Keywords:* medicinal plants, biodiversity, Altai, biotopes, forest resources, biomass, harvesting, monitoring, heavy metals, environmental safety.

## References

- 1 Zakon RK «O vnesenii izmenenii i dopolnenii v nekotorye zakonodatelnye akty Respubliki Kazakhstan po voprosam obrashcheniia lekarstvennykh sredstv i meditsinskikh izdelii» ZRK No 211-VI ot 28 dekabria 2018 hoda [Law of the Republic of Kazakhstan «On introducing amendments and addenda to some legislative acts of the Republic of Kazakhstan on the circulation of medicines and medical devices» LRK № 211-VI dated December 28, 2018]. *online.zakon.kz*. Retrieved from <https://online.zakon.kz/Document/doc> [in Russian].
- 2 Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 01.07.1972. *www.britannica.com* Retrieved from <https://www.britannica.com/topic/Convention-on-International-Trade-in-Endangered-Species>
- 3 Zakon RK «O lekarstvennykh sredstvakh». — ZRK № 97-IV ot 1 yanvaria 2009 hoda. [Law of the Republic of Kazakhstan «On Medicines». LRK № 97-IV dated January 1, 2009]. *online.zakon.kz* Retrieved from <https://online.zakon.kz/Document/doc> [in Russian].
- 4 Kubentaev, S.A. (2018). Vidovoe raznoobrazie i resursnyi potentsial lekarstvennoi flory Kazakhstanskoi chasti Yuzhnogo i Yuho-Zapadnogo Altaia [Species diversity and resource potential of the medicinal flora of the Kazakhstan part of the Southern and South-Western Altai]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Bishkek [in Russian].
- 5 Bykov, B.A. (1957). *Heobotanika [Geobotany]*. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSR [in Russian].
- 6 Bykov, B.A. (1970). *Vvedenie v fitotsenologiiu [Introduction to phytocenology]*. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSR [in Russian].
- 7 *Metodika opredeleniia zapasov lekarstvennykh rastenii [Method of determining stocks of medicinal plants]*. (1986). Moscow [in Russian].
- 8 Pavlov, N.V. (Eds.). (1956–1966). *Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]*. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSR [in Russian].
- 9 Cherepanova, S.K. (1995). *Sosudistye rasteniia Rossii i sopredelnykh gosudarstv [Vascular plants of Russia and neighboring states]*. Saint-Petersburg: Mir i semia [in Russian].
- 10 *Instruktsiia po nazemnomu obsledovaniiu radiatsionnoi obstanovki na zahriaznennoi territorii: Utverzhdena Mezhdovomstvennoi komissiei po radiatsion. kontroliu prirodnoi sredy [Instructions for ground-based survey of the radiation situation in the contaminated area: approved. Intermediate commissions by radiation environmental control]*. (1989). [in Russian].
- 11 Syre i produkty pishchevye. Atomno-absorbtsionnyi metod opredeleniia toksichnykh elementov [Food raw materials and products. Atomic absorption method for the determination of toxic elements]. (1998). *HOST 30178–96 from 1 January 1998*. Moscow: IPK Izdatelstvo standartov, Rosstandart [in Russian].
- 12 Podgotovka natsionalnogo doklada Respubliki Kazakhstan o biologicheskom raznoobrazii [Preparation of the national report of the Republic of Kazakhstan on biological diversity]. (2010) *Otchet po Programme 001 «Obespechenie deiatelnosti upolnomochennogo orhana v oblasti okhrany okruzhaiushchei sredy» — Report on Program 001 «Ensuring the activities of the authorized body in the field of environmental protection»*. Astana [in Russian].
- 13 Kotuhov, Yu.A., Danilova, A.N., & Kubentaev, S.A. (2015). *Perechen lekarstvennykh rastenii Kazakhstanskogo Altaia [List of medicinal plants of Kazakhstan Altai]*. Ridder: Meda-Alians [in Russian].
- 14 *Poiasnitelnaia zapiska k materialam Hosudarstvennogo ucheta lesnogo fonda Respubliki Kazakhstan po sostoianiiu na yanvar 2018 h. [Explanatory note to the materials of the state registration of the forest fund of the Republic of Kazakhstan as of January 2018]*. (2018). Almaty [in Russian].
- 15 *Natsionalnyi doklad o sostoianii okruzhaiushchei sredy i ob ispolzovanii prirodnykh resursov za 2017 hod [National Report on the State of the Environment and the Use of Natural Resources for 2017]*. (2018). Astana [in Russian].
- 16 *Otchet po proektu hosudarstvennogo hrantovogo finansirovaniia «Izuchenie lekarstvennykh rastenii Kazakhstanskogo Altaia, primeniaemykh v ofitsialnoi i narodnoi meditsine, otsenka ikh rasprostraneniia, syrevykh zapasov i vozmozhnosti prakticheskogo primeneniia» (2015–2017)*. No. Hos. rehistratsii 0115RK02671 [Report on the project of state grant financing «Study of medicinal plants of the Kazakhstan Altai, used in official and traditional medicine, evaluation of their distribution, raw materials and practical applications» (2015–2017). State registration number 0115PK02671] [in Russian].



A.S. Seilkhan<sup>1</sup>, V.B. Saibulatova<sup>2</sup>, R.N. Atraybaeva<sup>3</sup>, M.E. Beisenbaeva<sup>1</sup>, M.Zh. Zhumagul<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan;*

<sup>2</sup>*«Department of agrochemical and soil research and integrated research-a branch of the non-profit joint stock companies»;  
Public Corporation of the government for citizens», Almaty, Kazakhstan;*

<sup>3</sup>*Abay Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan;*

<sup>4</sup>*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

*(E-mail: ainura\_seilkhan@mail.ru)*

## **Ecological monitoring of pastures of Kurti rural district of Almaty region**

In the article the main indicators of the environmental monitoring system carried out in the territory of Kurti rural district, the main indicators of soil and chemical composition in the territory of Kurti rural district, their hydrological functions, climatic factors, as well as the biotic sequence and interaction of the unified system are studied. Integrated ecological monitoring of soil cover and vegetation features of the special rural district on the basis of dynamic changes in the territory and soil features of the relationship of a number of indicators, including one or more ecosystems. In the conditions of the local territory, agrochemical, ecological, climatic, soil and floristic compositions are studied, as well as productivity of pastures and the results of the number of livestock. Based on possible changes in the future, the relevance of the effective environmental monitoring increases in order to preserve the biodiversity of pasture lands and county territory in the future.

*Keywords:* ecological monitoring, soil fertility, flora composition, pasture mass.

The total area is 188 mln Ha or 70 % of all territory [1]. The pasture area of Kurti territory is 33348 ha net pasture 83205 ha (33.3 %), shrub land 65646 ha (26.2 %), sagebrush and another vegetative cover 434 ha (0.2 %), slightly ribbed and unchecked of Association are 8439 ha [2].

Environmental monitoring is a system covering many branches of research, which allows to determine the intensive load of pastures and to present a scientific concept and the possibility of further use of pastures, implementing them at the local, district, national and global levels, as well as to create conditions for controlling the causes of changes, including the dynamics of plant growth, effective and understandable methods [3–6].

In General, the processes of restoration of any vegetation cover a long time [7]. Quantitative studies obtained from point objects designated in the study area are carried out in order to obtain the characteristics of the soil composition and cover [8].

After analyzing the statistical data on environmental monitoring, the level of soil fertility depends on the productivity of hay fodder and at the same time has a high value of expeditionary research [9–12]. Before processing plants in the study area should be determined by the vegetable coating and feed thickness and Botanical composition of each site [13, 14]. Nutrients contained in the soil have a direct impact on pasture productivity and feed adequacy [15, 16]. The composition of the soil in which it is placed hayfields, approved by order No. 22/14 from 27.03.2020, confirming the suitability to 27.03.2020. Research soil nature protection, chemical, bacteriological, methods of preparation of samples and conclusions for helminthological analyses are carried out on the basis of the state standard 17.4.02–84 [17–23]. The principle of distribution of mobile elements in the General soil composition of Astana was carried out in accordance with the proposed method of Chernenko.

Among the factors affecting the spatial and temporal changes in pastures, the role of the grazing process is particularly relevant due to the fact that the calculation of the grazing index, not covering large areas, conducting studies at a minimized level leads to an effective result [24, 25]. Environmental monitoring determination of the relationship between quantitative and qualitative indicators of climate and soil and plant fertility, since most of the research is a source of nutrition of livestock vegetation cover, will allow in the future to make a qualitative forecast [26–28].

The greatest growth of adraspan, which is a toxic plant with gray wormwood growing in dry and semi-dry areas of excessive grazing, in the presence of the first signs of the degradation process, allows to conduct research at a minimized level without studying the large areas in which they grow, maximally adapted to the dry environment [29–31].

*Materials and methods of the object of study*

The relevance of carrying out environmental monitoring of the grasslands areas of the region due to overgrazing in areas in the period of 2015–2018 Kurti rural district has conducted studies of grasslands at the local level.

Due to the the spread of degraded pastures on the area of 145182 hectares, it is recommended to carry out the necessary measures to maintain the grazing regime and the optimal strength of pastures. In the course of the assessment, the study area was previously planned and marked with the help of Google earth-map program, the boundaries of which were numbered, in the laboratory state, indicators of humus and heavy substances in the soil were determined, geobotanical characteristics, density and humidity were established, floristic composition and indicators of the number of livestock belonging to the rural district were identified. Geobotanical characteristics and soil composition of pasture hayfields were determined, complex ecological monitoring studies of pastures were carried out.

In the Kurti rural district of Almaty region with the help of Google earth-map, shown in Figure 1, separated from the territory of the village of Akshi Kurti rural district in Almaty region, the coordinates of the contours and productivity of vegetation, and observed with a fixed territory coordinates: 44.00.00 76.18.56 East, parcel No. 2: 44.00 North East 76.19.28, lot No 3: North East 43.59.45 76.20.10. Environmental monitoring was carried out in expeditionary conditions. The data obtained from each plot in determining the mass of land ownership in the study area, in a 5-fold rate of repeatability of 1 m<sup>2</sup> of the established area and in a 5-fold radius of 5 square meters from each other, including hayfields from the rural border.

To obtain a qualitative chemical analysis of soils obtained in our territory, a number of special state standards were established. In particular, via special methods, elements of 100 g/dm<sup>3</sup> 50 g separately with the addition of nitric acid in a flask with a capacity of 500 cm<sup>3</sup> are planned in a pre-prepared solution of the CV brand. Most of the elements come to the analysis as a grain.

When determining the content of lead in the soil, 0,01 % of the mass is taken, and for cadmium and iron samples this figure should be obtained below 0,005 % of the ointment, only for copper this figure should not be below 0,001 % of the mass, while the measuring weight used in the additional calculation should be equal to 2500 g. For other withdrawn samples, the mass of 1000 g is taken into account under the conditions established. In some cases, it is recommended to use other solutions for accurate analysis. Zinc is heated in a ratio of 30 cm<sup>3</sup> nitric acid (1:3) provided that when weighed with a special heat-resistant solution of 2.5 cm<sup>3</sup> with an acidic solution is 2500 g or 15 cm<sup>3</sup>. Evaporating the wet salt, nitric acid is poured in a ratio (1:3), heated to dissolve the salt and cooled to 50 cm<sup>3</sup> flask. For analysis and results from spent reagents simultaneously for each measurement, including iron (Fe), copper (Cu), lead (Pb) and other elements 1000 and 2500 g. samples are taken in duplicate. As an example, solutions made on the basis of zinc, and sometimes on the basis of water, are used. When using atomic absorption spectrometers, results can be obtained automatically by special programs without operator assistance in the determination and measurement of the elements.

The second stage of our study was carried out using geobotanical methods, in particular, they cover three stages: 1. preparation, 2. departure to the field, and 3. office period.

Preparatory stage. At the preparatory stage, the purpose of the work and the scale of research is planned; the terms of work are planned and determined; planning and cartographic materials are collected, the boundaries of the territory on which the research is carried out are clarified and approved; the full literature about the object is acquainted with, information about the vegetation cover, natural and climatic conditions, the soil layer is summarized; cartographic materials of works on geobotanical and soil survey conducted in the previous stages are collected for analysis; selected topographic map, the photographic maps, drawings.

Field period. During this period, reconnaissance (preliminary studies) studies of the territory, geobotanical mapping of pastures, description of vegetation cover and soil, description of the cultural and technical condition of natural pastures, determination of measures for their effective use and improvement, determination of feed productivity and quality of feed, sampling of plants for chemical analysis and processing of collected materials in the field period.

The composition of the soil on the mobile compound of zinc, lead, cadmium, antimony, iron and copper, etc. were determined by atomic absorption and complex method Krupsky and Alexandrova listed in Tables 3–7.

Office period. Materials collected during the field period are processed. At finishing works the flora structure of the investigated territory is specified; the typological structure is formed, the classification of types of natural pastures is made; productivity of hayfields and pastures (on terms) is calculated; the geobotanical map of natural pastures is made, the offers on a cultural and technical condition and rational use is made.



Figure 1. Pasture points where environmental monitoring is carried out with the help of Google Earth-maps

Table 1

**Research tools and results**

№	Name of equipment	Serial number	Research certificate no.	Date of the study	Suitability of research analyses
1	Specord 210 PLUS	223F1426/1199	BA-11-19-430 22.05.2017	22.05.2018	27.03.2020
2	Ionomers laboratory type AND-160 MI	0451	BA-09-19-1514 22.05.2017	22.05.2018	27.03.2020
3	Photometer Type FLAPHO-4	779792/b/n	BA-11-19-433 22.05.2017.	22.05.2018	27.03.2020
4	Scales, electronic AR 2140	1227250240	BA-02-02-31112 17.07.2017	17.07.2018	27.03.2020
5	Scales, electronic Scout Pro SPS202 F	7132211951	BA-02-02-31116 17.07.2017	17.07.2018	27.03.2020

Table 2

**According to the results of the study and analyzes are purely individual  
Qualitative chemical analysis of soil (form) selection № 1**

Indicators	Unit of measurement mg/kg	Necessary methodological documents for the study
Zinc	1.2	State standard R 50686-94
Iron (Fe)	34.0	State standard R 23957.1-2003
Copper (Cu)	1.5	State standard R 50683-94
Lead (Pb)	0.5	
Cadmium (Cd)	0.5	PNDF 16.1.9.-98
Nickel (Ni)	3.8	
Cobalt (Co)	4.1	State standard R 50683-94
Cobalt (Co)	31.0	State standard 50685-94

Table 3

**According to the results of the study and analyzes are purely individual  
Qualitative chemical analysis of soil (form) plot № 2**

Indicators	Unit of measurement mg/kg	Necessary methodological documents for the study
Zinc	1.8	State standard R 50686–94
Iron (Fe)	40.0	State standard R 23957.1–2003
Copper (Cu)	1.9	State standard R 50683–94
Lead (Pb)	0.7	
Cadmium (Cd)	0.8	PNDF 16.1.9.–98
Nickel (Ni)	4.7	
Cobalt (Co)	5.8	State standard P 50683–94
Cobalt (Co)	38.0	State standard 50685–94

Table 4

**According to the results of the study and analyzes are purely individual  
Qualitative chemical analysis of soil (form) selection № 3**

Indicators	Unit of measurement mg/kg	Necessary methodological documents for the study
Zinc	1.6	State standard R 50686–94
Iron (Fe)	36.0	State standard R 23957.1–2003
Copper (Cu)	1.6	State standard R 50683–94
Lead (Pb)	0.9	
Cadmium (Cd)	0.9	PNDF 16.1.9.–98
Nickel (Ni)	5.5	
Cobalt (Co)	6.2	State standard R 50683–94
Cobalt (Co)	49.9	

Table 5

**According to the results of the study and analyzes are purely individual  
Qualitative chemical analysis of soil (form) indicators for the allocation № 3**

Indicators, Unit of measurement	Site			Necessary methodological documents for the study
	1	2	3	
pH	5.3	6.2	7.8	State standard 26423–85
The rest density, %	0.2	0.03	0.04	State standard 2826889
Humus, %	0.30	0.36	0.33	Method of I.V. Tyurin
Humidity, %	4.7	6.8	7.1	State standard 28268–89

The results and means of studying the mobile elements identified in the composition of the soil are obtained on the basis of a set of methods specified in Table 1, for example: a high view of zinc on the plot No. 2 — 1.8 mg/kg, the lowest rate on site No. 1 — 1.2 mg/kg, also noted high levels of iron from the same sample.

But if the rate of copper at station No. 3 above 1.9 mg/kg at station No. 2 observed the similarities between these two indicators, the rate of lead above sample No. 3 — 0.9 mg/kg, the minimum rate of cadmium from sample No. 1 — 0.5 mg/kg, the high rate of cadmium from the site of No. 3 — 0.9 mg/kg, The lowest figure, plot No. 1 — 0.5 mg/kg. the Rate of Nickel at station No. 3 was 5.5 mg/kg, and its average was 4.7 mg/kg from site No. 2, minimum level of received 3.8 mg/kg from sample No. 1. The cobalt index is 6.2 mg/kg higher than the sample No. 3. When determining the manganese content in the soil above the sample No. 3 by 49.9 mg/kg, the low width index is determined from the sample No. 1 — 31.0 mg/kg.

The soil is sandy-clayey, light gray, humus content of 0.36 mg/kg showed that the humus content in the soil is low, in the presence of a neutral soil acidity index of 7.8, the solid soil residue was 0.04 % the

result of the study showed no salinity level. Analyzing in accordance with the rules of distribution of mobile elements in the total soil composition, the study area is extremely low soil fertility.

Semi-annual indicators of three-year weather observations received from Kurti station had a direct impact on the results of the data of this territory. For example, in Table 2, plant growth rates in Kurti rural district in different years indicate that vegetative propagation of plants affects the aridity of the climate. In wet years, a large number of cereals and ephemeral herbs. In dry years, the ephemeral is not well developed. The results of studies conducted in the period from 2015–2017 years, had a normal effect on the vegetative state of the plants, as during the study period the temperature was warm in autumn, winter was mild. The spring month was warm and humid. Compared to other years with hot summers, rainfall was significantly lower.

Table 6

#### Vegetation growth rates in Kurti rural district for different years

Years	Months												the average t
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2015	-11.2	-6.4	+4.6	+10.5	+16.3	+21.7	+25.4	+22.6	+16.1	+7.6	-0.7	-3.8	8.6
2016	-6.9	-5.9	+1.9	+10.0	+17.4	+21.7	+26.3	+22.0	+16.8	+6.6	-0.7	-3.8	8.7
2017	-8.1	-2.8	+2.7	+8.6	+11.6	+25.8	+32.0	+27.9	+22.8	+9.7	+2.2	-4.2	10.7

Years	Months												rainfall (R)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2015	29	41	53	34	34	27	36	20	17	21	108	55	475
2016	24	41	37	80	114	86	68	28	20	20	19	43	580
2017	35	32	49	34	78	104	64	32	41	22	29	37	557

Table 7

#### Data on pasture areas Kurti rural district

Number of cattle grazing, pieces				
Four types of livestock, pets	2015 y.	2016 y.	2017 y.	Average index
Cattle	8811	8810	9518	9045
Sheep and goats	54188	56500	58450	56379
Horse	1990	2216	2840	2349
Camel	5313	5130	5570	5337
Type of bird	9200	8700	5800	5300
Total	79502	81356	85178	78410

The Botanical composition, number, m <sup>2</sup>				
Name of plants	№ 1 site control	№ 2 site control	№ 3 site control	Average index
Wormwood pale ( <i>Artemisia terra-albae</i> )	22	25	17	21.3
Bell ( <i>Poa bulbosa</i> )	18	22	20	20
Cornea ( <i>Eurotia ceratoides</i> )	25	27	30	27.3
Ears to bottles ( <i>Alyssum desertorum</i> )	23	25	21	23
Soran ( <i>Salsola</i> )	15	17	24	18.6
Tea wormwood ( <i>Artemisia arenaria</i> )	19	21	23	20
Sand stage ( <i>Ceratocarpus arenarius</i> )	11	13	18	21
Airspan ( <i>Peganum harmala</i> )	31	28	30	29.6
Total	164	178	183	175

At the first stage of the study of plant resources in natural pastures was carried out counting the number of plants placed in a specially square cell. During the three-year control there were changes in the dynamics of plant composition. In this case, it is explained by the presence of all representatives of the four species of livestock falling in the area. On the territory of the study it was found that the number of sheep twice as much as in other species. The revealed results of quantitative growth and percentage of IDA vegetation over the last 3 years can be seen in Figures 2, 3.

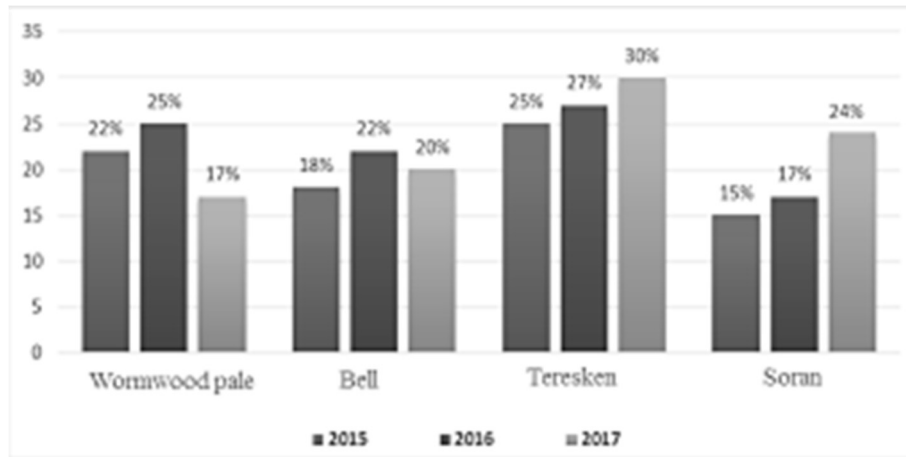


Figure 2. Percentages on the composition of plant growth for 3 years

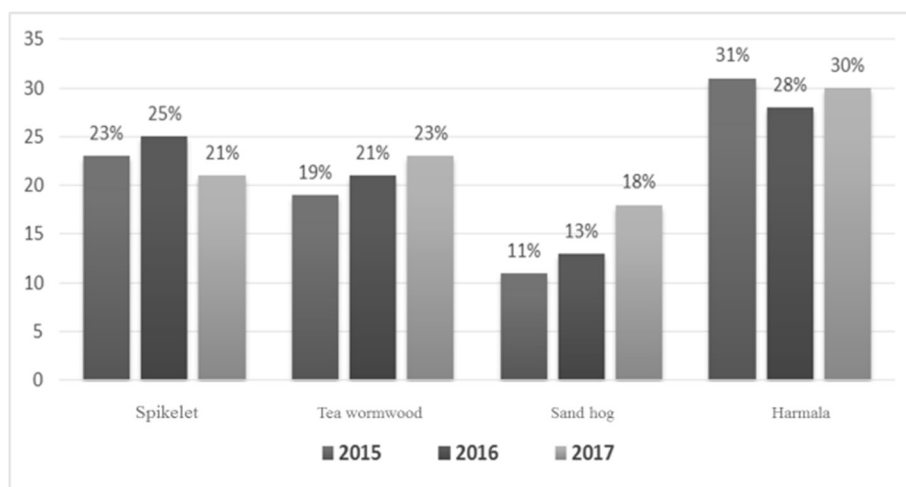


Figure 3. Percentages on the composition of plant growth for 3 years

### Conclusion

The results of ecological monitoring of pastures of the village of Akshi of Kurti rural district for 2015–2017 are brought to the following data:

1. General provisions the Minimum soil content was determined at 0.5 mg/kg of lead in boiler No. 1, the maximum manganese content was set at site No. 3 at 49.9 mg/kg, humus % at all sites indicators with a similar difference of 0.30–0.36 these indicators led to different growth of vegetation in place, respectively.

2. The results of studies conducted in the period from 2015–2017 had a moderate impact on the vegetation state of the plants, as during the study period the weather during the warm autumn was wet, winter is mild, spring is warm and humid. Compared to other years, the hot summer, somewhere low, was the cause of different distribution of some plant species.

3. On the territory of the village of Akshi of Kurti rural district, the number of sheep is 58450 thousand heads, which is in 2017 at the site No. 3 85178 thousand heads, as well as at the site No. 3, it was revealed that sheep, especially damaging the surface of the vegetation cover, and its hooves negatively affect the reproduction of plants.

4. It was estimated that the predominant amount of adraspan (*Peganum harmala*) in the covered layer of forage grass in the studied pasture is 28–31 %, which is directly related to the production of livestock of this plant species.

5. The availability of livestock productive mass and large botanical composition in pastures directly depends on the amount and temperature index of soil fertility and precipitation, the type and number of animals falling on them.

In order to ensure that the results of environmental monitoring were qualitative, we concluded that it is mandatory to investigate the plant resource and soil composition in areas minimized at the local level, and not in large areas of the research area.

Kurti rural district from early historical periods is recognized as an area with developed animal husbandry and occupies a leading position in the agricultural sector in Almaty region, due to the fact that the district is actively developing the farm, in order to optimize the degradation and efficient use of pastures, preserving biodiversity, proposes to carry out the following activities.

Due to the continuous year-round use of rangelands, some rangelands of the territory are observed processes of deradation, in turn, caused by soil deflation. In the solution of the arisen problems there was a need of cultivation of long-term cultural pastures and pasture species of plants.

In particular, the number of reclamation forage, trees and shrubs, performing protective functions of rangelands: saxaul in the protection of rangeland has high utility. In the district known black and white type of saxaul (*Haloxylon persicum* Bge), *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) of Elgin.) saxaul is a xerophytic plant. Anticonvulsant resistance is due to the strength of the root system and the specific anatomical structure of the assimilation organs. In the case of its absence the growth of saxaulnik living 10–12 years, increases to 3.0–3.5 meters. For landscaping and reclamation of feed recommended planting saxaul, isenovic, Tereshkovich plant communities.

Perennial plant, its dry weight is 10–15 ts/ha. It is suitable for eating in the early summer and winter months. The type of solid soil is followed by stone, and the type of loamy soils are in the form of loamy soils (*Kochia prostrata* (L.) Shrad. usage is submitted. For example, 100 kg of dry feed consists of 40–60 units of feed. Seeds of izena can be used as a concentrate feed, its yield is 1.0 to 1.5 kg/ha. Period of its economic use 10–12 years.

For the farmer, an indispensable useful crop, including when planting traces on an area of 150–200 hectares, it is able to give up to 15–20 tons of high quality feed in a timely manner. Teresken (*Eurotia ceratoides* (L.) C.A. Mey.) perennial plants suitable for use in autumn and winter.

On the territory of Kurti rural district in connection with the fact that rangelands are not in uneven use, it is necessary to conduct a comprehensive certification of the territory of the rural district with the aim of improving the ecological status of plant species, to review the current status and activities to the seasonal use of feed.

## References

- 1 Закон Республики Казахстан «О пастбищах». Принят в 2017 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://online.zakon.kz>
- 2 Природные кормовые угодья земель Куртинского сельского округа Илийского района Алматинской области: Отчет. — 2014. — 57 с.
- 3 Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды /Ю.А. Израэль. — М.: Гидрометеиздат, 1979. — 376 с.
- 4 Русанов А.М. Экологический мониторинг почв, как составная часть мониторинга земель Оренбургской области / А.М. Русанов, И.А. Новоженин, С.А. Юров // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. — 2006. — № 12. — С. 78–81.
- 5 Elzinga C.L. Measuring and monitoring plant populations / C.L. Elzinga, D.L. Salzer, J.W. Willoughby. — U.S. Department of Interior, Bureau of Land Management, Denver, Colorado, 1998. — 154 p.
- 6 Brown J.R. Shrub invasion of grassland: Recruitment is continuous and not regulated by herbaceous biomass or density / J.R. Brown, & S. Archer // Ecology. — 1999. — Vol. 80. — P. 2385–2396.
- 7 Scheffer M.S. Catastrophic shifts in ecosystems / J.A. Carpenter Foley, C. Folke, & B. Walker // Nature. — 2001. — Vol. 413. — P. 591–596.
- 8 Bonham C.D. Measurements for terrestrial vegetation / C.D. Bonham. — Wiley, New York, 1998. — P. 57–66.
- 9 Google Earth [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://earth.google.com/web/>
- 10 Методическое руководство по проведению агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий. — п. Научный: ГУ «ФНМЦАС», 2006. — 49 с.
- 11 Friedel M.H. Range condition assessments and the concept of thresholds / M.H. Friedel // Journal of Range Management. — 1991. — Vol. 44. — P. 422–426.
- 12 Archer S. Woody plant encroachment into southwestern grasslands and savannas: Rates, patterns and proximate causes, in Vavra M, Laycock W.A., Pieper R.D., eds. // Ecological implications of livestock herbivory in the west. — Society for Range Management, Denver, Colorado. — 1994. — P. 13–68.
- 13 Davenport D.W. Viewpoint: Sustainability of pinon-juniper ecosystems — a unifying perspective of soil erosion thresholds / D.D. Breshears, B.P. Wilcox, C.D. Allen // Journal of Range Management. — 1998. — Vol. 5. — P. 231–240.
- 14 Фисюнов А.В. Сорные растения /А.В Фисюнов. — М.: Колос, 1984. — 320 с.

- 15 Черенок В.Г. Научные основы и практические приемы управления плодородием почв и продуктивностью культур в Северном Казахстане / В.Г. Черенок. — Астана: КАТУ им. С. Сейфуллина. — 2009. — С. 24–28.
- 16 Eldridge D.J. Assessment of erosion rates from microphyte-dominated calcareous soils under rain-impacted flow / D.J. Eldridge // *Australian Journal of Soil Research*. — 1997. — Vol. 35. — P. 475–489.
- 17 Belnap J. Vulnerability of desert biological soil crusts to wind erosion: The influences of crust development, soil texture, and disturbance / J. Belnap, D. Gillette // *Journal of Arid Environments*. — 1998. — Vol. 39. — P. 133–142.
- 18 Почвы. Определение подвижных соединений цинка по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО: ГОСТ Р 50686–94–1994 [Введен в действия от 1994–06–23]. — М.: Госстандарт России, 1994. — 16 с.
- 19 Цинк. Атомно-абсорбционный метод определения свинца, кадмия, сурьмы, железа и меди: ГОСТ Р 23957.1–2003 [Введен в действия от 2005–07–01]. — Астана: Госстандарт Республики Казахстан, 2003. — 16 с.
- 20 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов нитрата, нитрата, хлорида, фторида, сульфата и фосфата в пробах почв. ПНДФ 16.1.9.-98. — 1998 [Введен в действия от 1998–04–21]. — М.: Госстандарт России, 1998. — 25 с.
- 21 Определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. ГОСТ Р 50683–94. — М.: Госстандарт России, 1994.
- 22 Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки ГОСТ 26423–85–1985 [Введен в действия от 1985–02–08]. — М.: Госстандарт СССР, 1985. — 10 с.
- 23 Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. ГОСТ 28268–89 [Введен в действия от 1989–09–27]. — М.: Стандартинформ, 1989. — 16 с.
- 24 Определение подвижных соединений марганца по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. ГОСТ Р 50685–2008 [Введен в действия от 2008-11-26]. — Астана: Госстандарт Республики Казахстан, 2008. — 31 с.
- 25 Wallis De Vries M.F. From feeding station to patch: scaling up food intake measurements in grazing cattle / Wallis De Vries M, E.A. Laca, M.W. Demment // *Applied Animal Behavior Science*. — 1998. — Vol. 60. — P. 301–315.
- 26 Kellner K. Influence of patch formation in determining the stocking rate for southern African grasslands / K. Kellner, & O.J.H Bosch // *Journal of Arid Environments*. — 1992. — Vol. 22. — P. 99–105.
- 27 Whitford, W.J. Ants as Indicators of Exposure to Environmental Stressors in North American Desert Grasslands / W.J. Whitford, Van Zee, M.S. Nash, W.E. Smith, J.E. Herrick // *Environmental Monitoring and Assessment*. — 1999. — Vol. 54. — P. 143–171.
- 28 Peters, D.P.C. Modelling vegetation change and land degradation in semiarid and arid ecosystems: An integrated hierarchical approach *Advances in Environmental Monitoring and Modeling*. — 2002.
- 29 Арыстангалиев С.А. Растения Казахстана. Народные научные названия / С.А. Арыстангалиев. — Алматы: Наука, 1977. — 57 с.
- 30 Northup B.K. Spatial distribution of soil carbon in grazed woodlands of dry tropical Australia: tussock and intertussock scales / B.K. Northup, J.R. Brown; D. Eldridge, D. Freudenberger (Eds.) // *VI International Rangelands Congress Proceedings, VI International Rangelands Congress Proceedings Inc. Aitkenville, Queensland*. — 1999. — P. 120–121.
- 31 Whitford W.G. Using resistance and resilience measurements for 'fitness' tests in ecosystem health / W.G. Whitford, D.J. Rapport, & A.G. deSoyza // *Journal of Environmental Economics and Management*. — 1999. — Vol. 57. — P. 21–29.

А.С. Сейлхан, В.Б. Сайбулатова, Р.Н. Атраубаева, М.Е. Бейсенбаева, М.Ж. Жұмағұл

### Алматы облысы Күрті ауылдық округі жайылымының экологиялық мониторингі

Мақалада Күрті ауылдық округі территориясында жүргізілген экологиялық мониторинг жүйесінде негізгі көрсеткіштері топырақ және жергілікті территориядағы флоралық құрам сол жерде жайылатын мал басы түрлеріне, гидрологиялық қызметі, климаттық факторлары және біртұтас жүйенің биотикалық бірізділігі мен өзара тигізетін әсері мен байланысы зерттелген. Арнайы ауылдық округінің топырағы мен өсімдік жамылғысындағы ерекшеліктердің бірқатар индикаторларын, соның ішінде бір немесе бірнеше экожүйелердің өзара байланысын территория мен топырақ ерекшеліктері динамикалық өзгерістері негізінде кешенді экологиялық мониторингі зерттеу жұмыстары жүзеге асырылды. Жергілікті территория жағдайында агрохимиялық, экологиялық, климаттық, топырақ және флоралық құрамы, жайылымды жерлердің өнімділігі мен мал басы санының нәтижелері, шын мәнісінде, бұрын орын алған, ал болашақта болуы ықтимал өзгерістерді негізге ала отырып, экономикалық тұрғыдан үнемді және зерттеуге ыңғайлы экологиялық мониторингі әдісінің өзектілігін арта түсіп, болашақта жайылымды жерлердің биоалуантүрлілік қорын байытып, территорияның флоралық құрамы мен экологиялық жай-күйін қалыпты күйде сақтау міндеті туындап отыр.

*Кілт сөздер:* экологиялық мониторинг, топырақтың құнарлылығы, флоралық құрам, жайылымдық масса.



А.С. Сейлхан, В.Б. Сайбулатова, Р.Н. Атраубаева, М.Е. Бейсенбаева, М.Ж. Жумагул

## Экологический мониторинг пастбищ Куртинского сельского округа Алматинской области

В статье изучены основные ключевые показатели системы экологического мониторинга, проведенные на территории Куртинского сельского округа, взаимосвязь целостной системы, климатические факторы, виды популяции почвенного и флористического состава. Проведены исследования по комплексному экологическому мониторингу сельского округа на основе динамических изменений территорий и почвенных особенностей взаимосвязи ряда индикаторов, в том числе одной или нескольких экосистем. В условиях локальной территории были изучены агрохимические, экологические, климатические, почвенные и флористические составы, а также продуктивность пастбищных угодий и результаты численности поголовья скота. Основываясь на возможных изменениях в будущем, повышается актуальность проведения эффективного экологического мониторинга в целях обогатить запасы пастбищных земель и сохранить биоразнообразие территории округа.

*Ключевые слова:* экологический мониторинг, плодородие почв, флористический состав, пастбищная масса.

### References

- 1 Zakon Respubliki Kazakhstan. O pastbishchakh [Law of The Republic of Kazakhstan. The pastures]. (2017). *online.zakon.kz*. Retrieved from <https://online.zakon.kz> [in Russian].
- 2 *Prirodnye kormovye uhodia zemel Kurtinskoho selskoho okruga Iliiskoho raiona Almatinskoi oblasti. Otchet [Natural forage lands of Kurti rural district of ili district of Almaty region. Report]*. (2014) [in Russian].
- 3 Izrael', U.A. (1979). *Ekologiya i kontrol sostoiania prirodnoi sredy [Ecology and environmental control]*. Moscow: Hidrometeo [in Russian].
- 4 Rusanov, A.M., Novozhenin, I.A., & Yurov, S.A. (2006). *Ekologicheskii monitorinh pochv, kak sostavnaia chast monitorinha zemel Orenburhskoi oblasti [Ecological monitoring of soils as an integral part of monitoring of lands of the Orenburg region]*. *Vestnik Orenburhskoho gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of Orenburg State university*, 12, 78–81 [in Russian].
- 5 Elzinga, C.L., Salzer, D.L. & Willoughby, J.W. (1998). *Measuring and monitoring plant populations*. U.S. Department of Interior, Bureau of Land Management, Denver, Colorado, 154.
- 6 Brown, J.R., & Archer, S. (1999). Shrub invasion of grassland: Recruitment is continuous and not regulated by herbaceous biomass or density. *Ecology*, 80, 2385–2396.
- 7 Scheffer, M., Carpenter S., Foley, J.A., Folke C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413, 591–596.
- 8 Bonham, C.D. (1998). *Measurements for terrestrial vegetation*. Wiley, New York.
- 9 Google Earth. *earth.google.com*. Retrieved from <https://earth.google.com/web/>
- 10 *Metodicheskoe rukovodstvo po provedeniiu ahrohimicheskoho obsledovaniia pochv selskohoziastvennykh uhodii [Guidance on carrying out of agrochemical inspection of soils of agricultural land]*. (2006). p. Nauchnyi: GU «RNMCAS» [in Russian].
- 11 Friedel, M.H. (1991). Range condition assessments and the concept of threshold. *Journal of Range Management*, 44, 422–426.
- 12 Archer, S. (1994). Woody plant encroachment into southwestern grasslands and savannas: Rates, patterns and proximate causes in M. Vavra, W.A. Laycock, and R.D. Pieper, (eds). *Ecological implications of livestock herbivory in the west*. Society for Range Management, Denver, Colorado.
- 13 Davenport, D.W., Breshears, D.D., Wilcox, B.P. & Allen, C.D. (1998). Viewpoint: Sustainability of pinon-juniper ecosystems—a unifying perspective of soil erosion thresholds. *Journal of Range Management*, 5, 231–240.
- 14 Fisyunov, A.V. (1984). *Sornye rasteniia [Weed plants]*. Moscow: Kolos [in Russian].
- 15 Chernenok, V.G. (2009). *Nauchnye osnovy i prakticheskie priemy upravleniia plodorodiem pochv i produktivnostiu kultur v Severnom Kazakhstane [Scientific basis and practical methods of soil fertility and crop productivity management in Northern Kazakhstan]*. Astana: KATU imeni S. Seifullina [in Russian].
- 16 Eldridge, D.J., & Kinnell, P.I.A. (1997). Assessment of erosion rates from microphyte-dominated calcareous soils under rain-impacted flow. *Australian Journal of Soil Research*, 35, 475–489.
- 17 Belnap, J., & Gillette, D.A. (1998). Vulnerability of desert biological soil crusts to wind erosion: The influences of crust development, soil texture, and disturbance. *Journal of Arid Environments*, 39, 133–142.
- 18 Pochvy. *Opreделение podvizhnykh soedinenii tsinka po metodu Krupskogo i Aleksandrovoi v modifikatscii CINA0 [Soils. Determination of mobile compounds of zinc by the method of Krupsky and Alexandrova in the modification of TIN]* (1994). *HOST R 50686-94- from 23 June 1994*. Moscow: Hosstandart Rossii [in Russian].
- 19 Tsink. *Atomno-absorbicionnyi metod opredeleniia svintsa, kadmiia, surmy, zheleza i medi [Zinc. Atomic absorption method for determination of lead, cadmium, antimony, iron and copper]*. (2003). *HOST R 23957.1-2003- from 1st July 2005. Standart Respubliki Kazakhstan* [in Russian].
- 20 *Kolichestvennii himicheskij analiz pochv. Metodika vypolneniia izmerenii massovoi kontsentratsii ionov nitrita, nitrata, hlorida, florida, sulfata i fosfata v probakh pochv [Quantitative chemical analysis of soil. Methods for measuring the mass concentration*

of nitrite, nitrate, chloride, fluoride, sulfate and phosphate ions in phosphoric acid samples]. *PNDF 16.1.9.-98 from 21 April 1998*. Moscow: Gosstandart Rossii [in Russian].

21 Opredelenie podvizhnykh soedinenii medi i kobalta po metodu Krupskoho i Aleksandrovoi v modifikatsii CINAO [Quantitative chemical analysis of soils. Method of measurement of mass concentration of ions of nitrite, nitrate, chloride, fluoride, sulfate and phosphate in soil samples]. *HOST R 50683–94*. Moscow: Gosstandart Rossii [in Russian].

22 Metody opredeleniia udelnoi ehlektricheskoi provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoi vytiashki [Methods for determination of specific electrical conductivity, pH and dense residue of aqueous extract]. *HOST R 26423–85 from 8 February 1985*. Moscow: Gosstandart SSSR [in Russian].

23 Metody opredeleniia vlazhnosti, maksimalnoi hihroskopicheskoi vlazhnosti i vlazhnosti ustoichivoho zaviadaniia rastenii [Methods for the determination of moisture, maximum hygroscopic moisture and humidity sustainable wilting plants]. *HOST R 28268–89 from 27 September 1989*. Moscow: Standartinform [in Russian].

24 Opredelenie podvizhnykh soedinenii marhantsa po metodu Krupskoho i Aleksandrovoi v modifikatsii CINAO Determination of mobile compounds of manganese by the method of Krupsky and Alexandrova in the modification of the TING]. *HOST R 50685–2008 from 26 November 2008. Standart Respubliki Kazakhstan* [in Russian].

25 Wallis De Vries, M.F., Laca E.A., & Demment, M.W. (1998). From feeding station to patch: scaling up food intake measurements in grazing cattle. *Applied Animal Behavior Science*, 60, 301–315.

26 Kellner, K., & Bosch, O.J.H. (1992). Influence of patch formation in determining the stocking rate for southern African grasslands. *Journal of Arid Environments*, 22, 99–105.

27 Whitford, W.G., Van Zee, J., & Nash, M.S. et al. (1999). Ants as Indicators of Exposure to Environmental Stressors in North American Desert Grasslands. *Environmental Monitoring and Assessment*, 54, 143–171.

28 Peters, D.P.C., & Herrick, J.E. (2002). *Modelling vegetation change and land degradation in semiarid and arid ecosystems: An integrated hierarchical approach. Advances in Environmental Monitoring and Modeling*.

29 Arystangaliev, S.A. (1977). *Rasteniia Kazakhstana. Narodnye nauchnye nazvaniia [Plants of Kazakhstan. The people's scientific name]*. Almaty: Nauka [in Russian].

30 Northup, B.K. & Brown, J.R. (1999). Spatial distribution of soil carbon in grazed woodlands of dry tropical Australia: tussock and intertussock scales. In: Eldridge, D.Freudenberger, D. (Eds.). *VI International Rangelands Congress Proceedings, VI International Rangelands Congress Proceedings Inc. Aitkenville*, (pp. 120, 121). Queensland.

31 Whitford, W.G., Rapport, D.J., & deSoyza A.G. (1999). Using resistance and resilience measurements for 'Fitness' tests in ecosystem health. *Journal of Environmental Economics and Management*, 57, 21–29.

УДК 613.6:620

О.В. Гребенева, Д.Х. Рыбалкина, А.Ж. Шадетова, Н.М. Жанбасинова, Е.А. Дробченко

*Медицинский университет Караганды, Казахстан  
(E-mail: alma7722@mail.ru)*

### **Комбинированное воздействие электромагнитных полей и промышленных ядов на состояние здоровья работников энергетического предприятия**

В статье представлены результаты изучения влияния промышленных ядов и низкочастотных электромагнитных полей на здоровье водителей транспорта и специального транспорта, работающих в АО «KEGOC». Условия труда водителей характеризовались непостоянным шумом и общей вибрацией, средние значения эквивалентных уровней которых соответствовали допустимым. Водители спецтранспорта подвергались сочетанному воздействию электрических и магнитных полей промышленной частоты и газов, выделяющих при эксплуатации автотранспорта. И хотя средние уровни химических веществ в воздухе рабочей зоны не превышали санитарных нормативов, но их совместное воздействие на одни и те же органы — мишени (органы дыхания, печень, почки) определяли возрастание риска возникновения заболеваний (индекс опасности достигал уровня 65,8–70,38). Заболеваемость с временной утратой трудоспособности у водителей различных транспортных средств на исследуемом предприятии характеризовалась в наибольшей степени болезнями органов дыхания. Отношение шансов для болезней системы кровообращения составило 10,3 (95 % доверительный интервал 1,56–67,82) с высокой степенью значимости ( $\chi^2 = 7,02, p < 0,05$ ). Производственное воздействие электрических полей промышленной частоты может оказывать специфическое влияние на риск возникновения заболеваний костно-мышечной системы и травм у работников энергетического предприятия (водителей специального транспорта), а также усиливать токсические и раздражающие свойства промышленных ядов, определяя возрастание болезней системы кровообращения и глаз, что следует учитывать в будущих исследованиях.

*Ключевые слова:* работники, энергетическое предприятие, водители, промышленные яды, электромагнитные поля промышленной частоты, состояние здоровья, условия труда.

#### *Введение*

При накоплении большого фактического материала по воздействию ЭМИ низкой частоты на реакции живых объектов и систем был выявлен ряд особенностей, касающихся отсутствия прямой зависимости биологических эффектов от интенсивности и частоты ЭМИ, необычность зависимости эффекта от дозы, от времени воздействия и после воздействия [1; 10]. Установлено, что профессиональное воздействие низкочастотных электромагнитных полей (ELF-EMF) может представлять потенциальную опасность для работников электростанции за счет изменений в окислительном стрессе и иммунных реакциях. Для частот до 10 МГц в организме индуцируются изменяющиеся во времени электрические поля, которые могут влиять на электрические свойства живых клеток и изменять их функцию [2]. В последнее десятилетие отмечаются случаи электромагнитной гиперчувствительности, которая относится к последствиям для здоровья, связанным с воздействием электромагнитных полей (ЭМП), и которая Всемирной организацией здравоохранения была официально названа «идиопатической непереносимостью окружающей среды, связанной с электромагнитными полями» (IEI-EMF) [3]. Предполагают, что причины электрогиперчувствительности (EHS) и множественной

химической чувствительности (MCS) могут иметь общий патологический механизм. Оба нарушения, по-видимому, включают связанную с воспалением гипергистамиэмию, окислительный стресс, аутоиммунный ответ, капсулоталамическую гипоперфузию, а также дефицит метаболической доступности мелатонина [4]. Некоторые авторы считают, что магнитные поля могут взаимодействовать с веществом посредством индуцирования электрических токов, путем приложения силы к магнитному материалу или путем воздействия на химические реакции [5]. Так, выявлено, что воздействие ELF-MF изменяло клеточный ответ клеток SH-SY5Y на 1-метил-4-фенилпиридиний [MPP(+)] за счет значительного ухудшения окислительно-восстановительного гомеостаза и содержания тиола, вызывая увеличение карбоксилирования белка. В результате токсичность MPP (+) даже в низких дозах сильно повышается в клетках, подвергшихся воздействию ELF-MF, из-за значительного повышения уровней АФК, потенцирования окислительного повреждения и индукции каспаз зависимого апоптоза [6].

Целью исследования явилось изучение состояния здоровья работников АО «КЕГОС» (водителей специального транспорта), испытывающих профессиональное воздействие промышленных ядов и низкочастотных электромагнитных полей при обслуживании ЛЭП (линий электропередач).

#### *Методы исследования*

Воздействие электрических полей и промышленных ядов оценивали по результатам измерений, собранных у 84 работников — водителей специального и вспомогательного автотранспорта 4 понижающих станций (ПС) АО «КЕГОС» за полную рабочую смену. Оценка воздействия факторов производственного процесса на здоровье для работников основных профессиональных групп были проведены по концентрации химических и интенсивности физических факторов, которые были сопоставлены с их гигиеническими нормативами (Р N 2.2.755–99, 2000Д) и оценены с получением интегральных характеристик. Согласно данным хронометражных исследований и интенсивности шума, вибрации, электрической и магнитной составляющих на рабочих местах, были проведены расчеты их сменной дозой нагрузки, которые сравнивали с допустимыми уровнями (кратность). Всего проведены исследования на 22 рабочих местах. Для определения загазованности и запыленности воздуха выполнено 216 анализов, для определения интенсивности шумоизлучения и вибрации — 33 замера шума и 18 замеров общей вибрации, а для определения интенсивности напряженности поля и плотность магнитного потока 8 замеров ЭМП ПЧ.

Средневзвешенная сменная концентрация минеральной пыли, азота диоксида, аэрозоля минеральных масел и смеси углеводородов на рабочем месте в автобусах, в кабинах автомобилей, а также сменная доза были включены в матрицу данных, чтобы определить их воздействие на состояние здоровья работников. Сменные дозы химической и пылевой нагрузок были рассчитаны с учетом фактических концентраций данных веществ в воздухе рабочей зоны, минутного объема дыхания, который зависит от категории тяжести труда, согласно данным таблицы классификация тяжести работы Бэскирка [7; 144], и продолжительности контакта за 8 часовую смену [8]. Интенсивность электрической и магнитной составляющих ЭМП промышленной частоты (50 Гц), регистрируемых на рабочем месте, оценивали по среднеарифметическому значению напряженности и сменной дозы при выполнении производственной деятельности в ходе обслуживания высоковольтных линий (ВЛ), рассчитывали суммарную напряженность поля с учетом времени ее воздействия, поглощенную дозу с учетом вектора Пойнтинга, экспозиционную нагрузку.

Заболеваемость с ВУТ (с временной утратой нетрудоспособности) анализировали для работающих на 4 ПС АО «КЕГОС» за период 2010–2014 гг., как по уровню общей заболеваемости, так и по каждому из 15 исследуемых классов заболеваний согласно МКБ-10.

Статистическая обработка проведена в программе «STASTICA V.10» с привлечением модуля описательной статистики, с проверкой гипотезы о нормальности распределения, с расчетом среднестатистических показателей ( $M \pm m$ ), ошибки среднего и 95 % доверительных интервалов, медианного уровня ( $Me$ ) и 25–75 % квартилей. Для сравнения количественных значений изучаемых параметров, соответствующих нормальному распределению и имеющих равные СКО, использовали критерий Стьюдента для несвязанных групп при уровне значимости  $p < 0,05$  [9].

#### *Результаты и обсуждение*

В современной промышленности ЭМП действуют на организм рабочего в комплексе с другими факторами трудового процесса и производственной среды. Малоизученным остается сочетанное воздействие ЭМП промышленной частоты и газов, характерных для энергетического производства.

Наиболее встречающимся на производстве газом является диоксид азота, он выделяется и при эксплуатации автотранспорта (выхлопные газы). Диоксид азота относят ко 2 классу опасности, он обладает общетоксическим действием. Его предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны составляет 5,0 мг/м<sup>3</sup> (табл. 1). При воздействии повышенных концентраций диоксида азота отмечается увеличение заболеваний органов дыхания за счет накоплений в крови метгемоглобина.

Углеводороды относят к 4 классу опасности, их концентрация в воздухе рабочей зоны составляет 300 мг/м<sup>3</sup>. Клиническая картина отравлений углеводородами складывается из симптомов поражения глаз, органов дыхания, печени, почек, ЦНС и кожи. ПДК аэрозолей минеральных масел в воздухе рабочей зоны составляет 5 мг/м<sup>3</sup> (4 класс опасности). Аэрозоли минеральных (нефтяных) масел воздействуют на печень, почки, органы дыхания и кожу. При их воздействии на кожу человека могут развиваться такие заболевания, как экземы и воспаления кожных покровов, злокачественные опухоли (канцерогенное действие), фолликулиты или масляные угри. Пыль неорганическая, с содержанием двуоксида кремния ниже 20 % относится к 4 классу опасности, ее концентрация в воздухе рабочей зоны составляет 6 мг/м<sup>3</sup>. Наибольшее влияние пыли подвержены органы дыхания.

Т а б л и ц а 1

**Гигиеническая характеристика основных химических веществ, присутствующих в воздухе рабочей зоны энергетического производства**

Название вещества	ПДК	Класс опасности	Референтные дозы RFC, мг/м <sup>3</sup>	Критические органы/системы
NO <sub>2</sub>	5	2	0,04	Органы дыхания, кровь (образование MetHb)
Минеральные масла	5	4	0,05	Печень, почки, органы дыхания, кожа
Углеводороды	300	4	0,071	Глаза, органы дыхания, печень, почки, ЦНС, кожа
Пыль	6	4	0,075	Органы дыхания

Проведенные нами исследования по оценке условий труда на энергетических предприятиях АО «КЕГОС» показали, что, в зависимости от вида профессии, персонал ПС подвергается воздействию различных физических факторов, интенсивность которых выходила за пределы допустимых гигиенических значений. Высоким уровням воздействия электрических полей промышленной частоты (ЭП ПЧ), прежде всего, подвергались электромонтёры и электрослесари подстанций и воздушных линий. Кроме них, воздействию ЭМП подвергаются и водители спецтранспорта (автовышки, автокраны) в ходе обследования и обслуживания элементов воздушных линий, территорий под ЛЭП, в зоне воздействия электрических и магнитных полей ПЧ со средней напряженностью 23,28 кВ/м и 2,84 мкТл. Их труд, кроме того, сопровождается непостоянным шумом и общей вибрацией, средние значения эквивалентных уровней которых соответствовали допустимым.

Подготовка и отладка двигателей специальной автотранспортной техники проводится в автобоксах на понижающих станциях и в подразделении службы механизации и транспорта. Здесь водители подвергались воздействию различных химических веществ, выделяющихся в воздух рабочей зоны при работе двигателей внутреннего сгорания с использованием различных видов топлива (бензин, дизельное топливо). И хотя средние уровни химических веществ в воздухе рабочей зоны не превышали санитарных нормативов (табл. 2), но их совместное воздействие на одни и те же органы — мишени (органы дыхания, печень, почки) определяли возрастание риска возникновения заболеваний (индекс опасности достигал 65,8–70,38).

Для всего персонала, обслуживающего электроустановки и воздушных линий (ВЛ), характерно нахождение в неудобной рабочей позе до 40–60 % рабочего времени за смену с частыми и глубокими наклонами, с поднятыми руками и головой. Кроме того, для водителей спецтранспорта энергетических объектов напряженность труда достигала класса 3.1–3.2, что было обусловлено наличием риска для собственной жизни и ответственности за жизни других людей.

Заболеваемость с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) у водителей специального транспорта на исследуемом предприятии характеризовалась в наибольшей степени болезнями органов дыхания (12,8 случаев и 97,2 дней на 100 работающих), костно-мышечной системы (12,1 случай и 168,7 дней) и системы кровообращения (9,8 случаев и 131,1 дней на 100 работающих) (табл. 3).

Т а б л и ц а 2

## Содержание вредных химических веществ в кбинах автомобилей и автобоксе

Химические вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Автомобильный бокс		Водитель специального транспорта		Водитель автотранспорта	
		<i>n</i>	среднее	<i>n</i>	среднее	<i>n</i>	среднее
Пыль	6	9	$\frac{3,17 \pm 0,35}{0,63-6,1}$	24	$\frac{3,30 \pm 0,30}{2,7-3,9}$	11	$\frac{3,38 \pm 0,38}{2,5-4,3}$
Азота диоксид	5	9	$\frac{1,51 \pm 0,1}{0,5-2,62}$	6	$\frac{10,38 \pm 5,0}{-2,6-23,3}$	4	$\frac{14,47 \pm 8,3}{-11,8-40,8}$
Аэрозоли минеральных масел	5			9	$\frac{3,29 \pm 0}{3,3-3,3}$	4	$\frac{2,0 \pm 0,5}{0,5-3,5}$
Углеводороды	300	9	$\frac{21,28 \pm 1,03}{7,6-37,6}$	7	$\frac{37,04 \pm 7,50}{18,6-55,5}$	4	$\frac{24,32 \pm 5,6}{6,4-42,3}$

Примечание. В числителе интенсивность в мг/м<sup>3</sup>, в знаменателе — 95 %ДИ.

Т а б л и ц а 3

## Показатели ЗВУТ по классам МКБ в случаях на 100 работающих АО «КЕГОС» за 2010–2014 гг.

Болезни по классам МКБ-10	Водители спецтранспорта			Водители автотранспорта		
	Сл./100	Дней/100	Прод-ть 1 случая	Сл./100	Дней/100	Прод-ть 1 случая
Инфекции и паразитарные болезни	–	–	–	15,1±0,3	422,4±1,1	27,9
Новообразования	–	–	–	2,8±0,1	80,8±0,8	28,8
Болезни крови	–	–	–	–	–	–
Эндокринные болезни	–	–	–	3,4±0,1	66,8±0,5	19,8
Психические расстройства	–	–	–	–	–	–
Болезни нервной системы	0,8±0,1	7,5±0,8	10,0	–	–	±
Болезни глаза и его придатков	2,3±0,1	26,4±1,1	11,7	1,7±0,1***	19,1±1,0***	11,3
Болезни уха и сосцевидного отростка	1,5±0,1	10,5±1,1	7,0	0,6±0,1***	12,9±0,6	23,0
Болезни системы кровообращения	9,8±0,3	131,1±2,2	13,4	2,8±0,1***	54,4±0,6***	19,4
Болезни органов дыхания	12,8±0,3	97,2±2,7	7,6	12,9±0,3	106,6±1,5**	8,3
Болезни органов пищеварения	3,0±0,2	43,7±1,3	14,5	5,6±0,2***	60,6±1,5***	10,7
Болезни кожи	–	–	–	1,1±0,1	10,1±0,8	9,0
Болезни костно-мышечной системы	12,1±0,3	168,7±2,1	14,0	5,0±0,2***	40,4±1,6***	8,0
Болезни мочеполовой системы	2,3±0,1	24,1±1,4	10,7	1,7±0,1***	21,9±1,0	13,0
Травмы	2,3±0,1	21,1±1,3	9,3	1,1±0,1***	70,1±0,8***	62,5
Прочие	0,8±0,1	9,0±0,8	12,0	0,6±0,1	6,2±0,6**	11,0
Общая заболеваемость	47,5±0,6	539,4±4,0	11,4	55,0±0,6***	981,7±3,2***	17,4

Примечание. Статистическая значимость: \* —  $p \leq 0,05$ ; \*\* —  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* —  $p \leq 0,001$ .

У водителей обычного автотранспорта наибольшую частоту составляли инфекции и паразитарные болезни, прежде всего за счет бактериальных инфекций легких (15,1 случая и 422,4 дней на 100 работающих). Болезни органов дыхания были на 2 месте (12,9 случаев и 106,6 дней), а болезни органов пищеварения (5,6 случаев и 60,6 дней на 100 работающих) — на третьем месте. Несмотря на 2-е место в структуре водителей автотранспорта интенсивные показатели болезней органов дыхания (по показателю числа дней нетрудоспособности на 100 работающих) у них оказались даже выше, чем у водителей специального транспорта ( $p < 0,01$ ), хотя по числу случаев ЗВУТ они не различались.

При анализе заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) за изучаемый период 2010–2014 гг. по различным классам было выявлено, что водители специального транспорта чаще и дольше ( $p < 0,001$ ), чем водители обычного автотранспорта, страдают болезнями системы кровообращения (в 3,5 раза), глаза и его придатков (в 1,4 раза), болезнями костно-мышечной системы (в 2,4 раза) и в 2,1 раз чаще травмируются.

Анализ сочетанного влияния химических и физических факторов на показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности показал некоторое повышение риска заболеваемости для болезней системы кровообращения. Отношение шансов для болезней системы кровообращения составило 10,3 (95 % доверительный интервал 1,56–67,82) с высокой степенью значимости ( $\chi^2 = 7,02$ ,  $p < 0,05$ ).

Известно, что хотя сердечно-сосудистые и скелетно-мышечные расстройства имеют многофакторное происхождение, некоторые характеристики профессионального воздействия на водителей транспорта (стресс, рабочая нагрузка, загрязняющие дорожные движения, неловкое положение, воздействие шума и вибрации всего тела) могут оказывать, по меньшей мере, определяющую роль для возникновения и развития из этих расстройств [10]. Риск для болезней системы кровообращения у водителей спецтранспорта на энергетическом предприятии может быть связан с комбинированным профессиональным воздействием ЭМП промышленной частоты и химических веществ. О повышенном риске некоторых заболеваний сердечно-сосудистой и неврологической систем от воздействия ЭМП на работников электроснабжения сообщается в [11]. Авторы отмечают, что сложность в оценке индивидуального облучения является основной проблемой при оценке взаимосвязи между воздействием ЭМП и неблагоприятными последствиями для здоровья у работников

Установлено, что работники с длительным воздействием ЭМП показали значительно более высокую частоту хронических заболеваний, таких как высокое кровяное давление и сердечно-сосудистые осложнения, а также жалобы на здоровье, включая головную боль, боль и депрессию, по сравнению с контрольной группой, возможно, за счет окислительного стресса, который играет критическую роль в некоторых хронических осложнениях, включая гипертонию, сердечно-сосудистые осложнения, дислипидемию и депрессию [12]. Известно, что дисфункции дыхательной системы часто осложняют гемодинамику, провоцируя рост болезней системы кровообращения [13], которые могут формироваться у водителей автотранспорта, испытывающих на рабочем месте воздействие пыли, химических факторов низкой интенсивности и переменного уровня ЭМП ПЧ. Биохимическим механизмом этого феномена является тот факт, что воздействие на клетки млекопитающих слабых импульсных электромагнитных полей (РЕМФ) стимулирует быстрое накопление активных форм кислорода (АФК), потенциально токсичного метаболита, играющего многократную роль в реакции на стресс и старении клеток [14].

В обзорах некоторыми авторами отмечено раздражающее воздействие азота диоксида на слизистую глаза, приводящее к возникновению заболевания глаза и придатков [15] и токсическое повреждение ЦНС от углеводородов нефти [16], масляного тумана, вызывающего развитие менингиомы [17]. Более высокая распространенность болезней костно-мышечной системы у водителей спецтранспорта и более частые травмы определяются, по мнению ряда авторов, специфическим влиянием ЭМП на амплитуду мю-ритма в области мозга, участвующей в тактильном восприятии [18], что нарушает координацию движений.

Таким образом, у водителей различных транспортных средств на АО «КЕГОС» основную часть заболеваний составляли болезни органов дыхания. Выявленные особенности распространенности заболеваний различных классов у водителей специального и обычного автотранспорта могут быть связаны с интенсивным производственным воздействием ЭМП ПЧ, самостоятельно вызывающего изменения в организме водителей, так и потенцируя (усиливая) воздействие химических веществ на центральную нервную систему, дыхательную систему и систему кровообращения.

#### Список литературы

- 1 Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика. Сверхнизкочастотные излучения: моногр. / Ю.Б. Кудряшов, А.Б. Рубин. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 230 с.
- 2 Zhang D. Resveratrol may reverse the effects of long-term occupational exposure to electromagnetic fields on workers of a power plant / D. Zhang, Y. Zhang, B. Zhu // *Oncotarget*. — 2017. — Vol. 8, No. 29. — P. 47497–47506. Doi: 10.18632/oncotarget.17668.
- 3 Huang P.C. Representative survey on idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields in Taiwan and comparison with the international literature / P.C. Huang, M.T. Cheng, H.R. Guo // *Environ Health*. — 2018. — Vol. 17, No. 1. — P. 5. Doi: 10.1186/s12940-018-0351-8.

- 4 Belpomme D. Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder / D. Belpomme, C. Campagnac, P. Irigaray // *Rev. Environ. Health.* — 2015. — Vol. 30, No. 4. — P. 25–71. Doi: 10.1515/revch-2015-0027.
- 5 Johnsen S. The physics and neurobiology of magnetoreception / S. Johnsen, K.J. Lohmann // *Nat. Rev. Neurosci.* — 2005. — Vol. 6. — P. 703–712. Doi: 10.1038/nrn1745.
- 6 Benassi B. Extremely Low Frequency Magnetic Field (ELF-MF) Exposure Sensitizes SH-SY5Y Cells to the Pro-Parkinson's Disease Toxin MPP / B. Benassi, G. Filomeni, C. Montagna // *Molecular Neurobiology.* — 2015. — Vol. 53, No. 6. — P. 4247–4260.
- 7 Беркович Е.М. Энергетический обмен в норме и патологии: моногр. / Е.М. Беркович. — М.: Медицина, 1964. — 333 с.
- 8 Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности. — Руководство Р 2.2.755–99. — Регистрационный номер АДЗ РК № 1.04.001.2000 от 30.11.2000 г. — Астана, 2000. — 149 с.
- 9 Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA: учеб. пос. / О.Ю. Реброва. — М.: МедиаСфера, 2006. — 305 с.
- 10 Ronchese F. Occupational risks and health disorders in transport drivers / F. Ronchese, M. Bovenzi // *G. Ital. Med. Lav. Ergo.* — 2012. — Vol. 34(3). — P. 352–359.
- 11 Szadkowska-Stańczyk I. Occupational exposure to electromagnetic fields and its health effects electric in energy workers / I. Szadkowska-Stańczyk, M. Zmysłony // *Medycyna pracy.* — 2000. — Vol. 51, No. 6. — P. 637–652.
- 12 Zhang D. Resveratrol may reverse the effects of long-term occupational exposure to electromagnetic fields on workers of a power plant / D. Zhang, Y. Zhang, B. Zhu // *Oncotarget.* — 2017. — Vol. 8(29). — P. 47497–47506. Doi:10.18632/oncotarget.17668
- 13 Баздырев Е.Д. Патология респираторной системы у пациентов с ишемической болезнью сердца / Е.Д. Баздырев, Ю.В. Байракова, Я.В. Казачек, Н.А. Безденежных, О.М. Поликутина, Ю.С. Слепынина и др. // *Сиб. мед. журн.* — 2019. — № 5. — С. 46–50.
- 14 Sherrard R.M. Low-intensity electromagnetic fields induce human cryptochrome to modulate intracellular reactive oxygen species / R.M. Sherrard, N. Morellini, N. Jourdan et al. // *PLoS Biol.* — 2018. — Vol. 16(10). — P. 200–229. Doi: 10.1371/journal.pbio.2006229
- 15 Дубинин Д.А. Анализ влияния пыли на здоровье человека и окружающей среды / Д.А. Дубинин, А.В. Дериченко, А.О. Висторова // *Инженерный вестник Дона: электрон. науч. журн.* — 2019. — № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/nly2019/5540](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/nly2019/5540).
- 16 Оруджев Р.А. Особенности токсического действия углеводородов нефти на организм человека / Р.А. Оруджев, Р.Э. Джафарова // *Вестник ВГМУ.* — 2017. — Т. 16, № 4. — С. 8–15.
- 17 McElvenny D.M. The INTEROCC case-control study: risk of meningioma and occupational exposure to selected combustion products, dusts and other chemical agents. / D.M. McElvenny, M. van Tongeren, M.C. Turner et al. // *Occupational and Environmental Medicine.* — 2017. — Vol. 16, No. 1. — P. 12–22. Doi: 10.1136/oemed-2016-104280. Epub 2017.
- 18 Davarpanah Jazi S. Effects of a 60 Hz magnetic field of up to 50 milliTesla on human tremor and EEG: A Pilot Study / Jazi S. Davarpanah, J. Modolo, C. Baker // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* — 2017. — Vol. 12. — P. 1446. Doi: 10.3390/ijerph14121446.

О.В. Гребенева, Д.Х. Рыбалкина, А.Ж. Шадетова, Н.М. Жанбасинова, Е.А. Дробченко

## Электрмагниттік өрістер мен өндірістік улардың энергетикалық кәсіпорын қызметкерлерінің денсаулығына құрама әсері

Мақалада «KEGOC» АҚ-да жұмыс істейтін арнаулы көлік және көлік жүргізушілерінің денсаулығына өнеркәсіптік улар мен төмен жиілікті электрмагниттік өрістердің әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Жүргізушілердің еңбек жағдайлары құбылмалы шу мен рұқсат етілген баламалы деңгейлерге сәйкес келетін орташа мәндері бар жалпы дірілмен сипатталды. Арнайы автокөлік жүргізушілері өнеркәсіптік орташа қуаты бар электр және магнит өрістерінің және көлікті пайдалану кезінде бөлінетін газдың жанамалас әсеріне ұшырайды. Жұмыс аймағында ауадағы химиялық заттардың орташа деңгейі санитарлық нормалардан асып кетпесе де, олардың бірдей мақсатты мүшелері (тыныс мүшелерінің, бауырға, бүйректерге) аурулардың (қауіптілік индексі 65,8–70,38 деңгейге дейін жетті) пайда болу қауіпінің артуын анықтады. Зерттелетін кәсіпорында әртүрлі көлік жүргізушілерінің еңбекке қабілеттілігін уақытша жоғалтатын ауру-сырқаулығы тыныс алу мүше ауруларының жоғары деңгейімен сипатталды. Қан айналымы жүйесінің ауруларына қатысты коэффициент мәні жоғары дәрежеде ( $\chi^2 = 7,02, p < 0,05$ ) 10,3 (95 % сенімділік интервалы 1,56–67,82) болды. Қан айналымы жүйесінің аурулары үшін мүмкіндік қатынасы 10,3 (95 % сенімділік интервалы 1,56–67,82 жоғары дәрежеде ( $\chi^2 = 7,02, p < 0,05$ ) болды. Өнеркәсіптік жиіліктердің электр өрісінің өнеркәсіптік әсері энергетикалық кәсіпорынның (арнайы көлік жүргізушілер) қызметкерлерінің арасында сүйек-бұлшықет жүйелері мен жарақаттарының пайда болу қауіпіне айрықша әсер етуі мүмкін, болашақ зерттеулерді ескере отырып, сондай-ақ көздерінің және қан айналымы жүйесінің аурулары өсуін анықтай келе, өнеркәсіптік удың улы және тітіркендіргіш қасиеттерін арттыруға нақты әсер етуі мүмкін.

*Кілт сөздер:* қызметкерлер, энергетикалық кәсіпорын, жүргізушілер, өндірістік улар, өнеркәсіптік жиілік, электрмагниттік өрістер, денсаулық жағдайы, еңбек жағдайы.



O.V. Grebeneva, D.Kh. Rybalkina, A.Zh. Shadetova, N.M. Zhanbasinova, E.A. Drobchenko

## The combined effect of electromagnetic fields and industrial poisons on the health of employees of an energy enterprise

In the article the results of studying the effect of industrial poisons and low-frequency electromagnetic fields on the health of drivers of transport and special vehicles working at «KEGOC» are presented. The working conditions of the drivers were characterized by inconstant noise and general vibration, the average values of equivalent levels of which corresponded to the permissible ones. Drivers of special vehicles were subjected to the combined effects of electric and magnetic fields of industrial frequency and gases that emit during the operation of vehicles. And although the average levels of chemicals in the air of the working area did not exceed the sanitary standards, their combined effect on the same target organs (respiratory organs, liver, kidneys) determined the increase in the risk of diseases (the hazard index reached 65.8–70.38). The incidence of temporary disability among drivers of various vehicles in the enterprise under study was characterized to the greatest extent by respiratory diseases. The odds ratio for circulatory system diseases was 10.3 (95 % confidence interval 1.56–67.82) with a high degree of significance ( $\chi^2 = 7.02$ ,  $p < 0.05$ ). The industrial impact of industrial frequency electric fields can have a specific effect on the risk of musculoskeletal diseases and injuries among employees of an energy company (special transport drivers), as well as enhance the toxic and irritating properties of industrial poisons, determining the increase in circulatory system diseases and eyes, which should take into account in future research.

**Keywords:** workers, energy company, drivers, industrial poisons, electromagnetic fields of industrial frequency, state of health, working conditions.

### References

- 1 Kudryashov, Yu.B., & Rubin, A.B. (2014). *Radiatsionnaya biofizika. Sverkhnizkочастотные излучения [Radiation biophysics. Ultra low frequency radiation]*. Moscow: FIZMATLIT [in Russian].
- 2 Zhang, D., Zhang, Y., & Zhu, B. (2017). Resveratrol may reverse the effects of long-term occupational exposure to electromagnetic fields on workers of a power plant. *Oncotarget*, 8, 29, 47497–47506. Doi: 10.18632/oncotarget.17668.
- 3 Huang, P.C., Cheng, M.T., & Guo, H.R. (2018). Representative survey on idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields in Taiwan and comparison with the international literature. *Environ Health*, 17, 1, 5. Doi: 10.1186/s12940-018-0351-8.
- 4 Belpomme, D., Campagnac, C., & Irigaray, P. (2015). Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder. *Rev. Environ. Health*, 30, 4, 25–71. Doi: 10.1515/reveh-2015-0027.
- 5 Johnsen, S., & Lohmann, K.J. (2005). The physics and neurobiology of magnetoreception. *Nat. Rev. Neurosci*, 6, 703–712. Doi: 10.1038/nrn1745.
- 6 Benassi, B., Filomeni, G., & Montagna, C. (2015). Extremely Low Frequency Magnetic Field (ELF-MF) Exposure Sensitizes SH-SY5Y Cells to the Pro-Parkinson's Disease Toxin MPP. *Molecular Neurobiology*, 53, 6, 4247–4260.
- 7 Berkovich, E.M. (1964). *Energeticheskii obmen v norme i patologii [Energy metabolism in health and disease]*. Moscow: Meditsina [in Russian].
- 8 Hihienicheskie kriterii otsenki i klassifikatsiia uslovii truda po pokazateliam vrednosti i opasnosti faktorov proizvodstvennoi sredy, tiazhesti i napriazhennosti [Hygienic criteria for the assessment and classification of working conditions according to the indicators of hazard and danger of factors of the working environment] (2000). *Rukovodstvo R 2.2.755–99 [Gude R 2.2.755–99]*. Registration number of ADZ RK No. 1.04.001.2000 of November 30, 2000. Astana [in Russian].
- 9 Rebrova, O.Yu. (2006). *Statisticheskii analiz meditsinskikh dannykh. Primenenie paketa prikladnykh prohrann STATISTICA. [Statistical analysis of medical data. Application of the STATISTICA Application Package]*. Moscow: MediaSfera [in Russian].
- 10 Ronchese, F., & Bovenzi, M. (2012). Occupational risks and health disorders in transport drivers. *G. Ital. Med. Lav. Ergo*, 34, 3, 352–359.
- 11 Szadkowska-Stańczyk, I., & Zmysłony, M. (2000). Occupational exposure to electromagnetic fields and its health effects electric in energy workers. *Medycyna pracy*, 51, 6, 637–652.
- 12 Zhang, D., Zhang, Y., & Zhu, B. (2017). Resveratrol may reverse the effects of long-term occupational exposure to electromagnetic fields on workers of a power plant. *Oncotarget*, 29, 8, 47497–47506. Doi:10.18632/oncotarget.17668
- 13 Bazdyrev, E.D., Bairakova, Yu.V., Kazachek, Ja.V., Bezdenezhnyh, N.A., Polikutina, O.M., & Slepynina, Yu.S. et al. (2019). Patolohiia respiratornoi sistemy u patsientov s ishemiceskoi bolezniiu serdtsa [Pathology of the respiratory system in patients with coronary heart disease]. *Sibirskii meditsinskii zhurnal — Siberian Medical Journal*, 5, 46–50 [in Russian].
- 14 Sherrard R.M., Morellini N., & Jourdan, N. (2018). Low-intensity electromagnetic fields induce human cryptochrome to modulate intracellular reactive oxygen species. *PLoS Biol.* 16, 10, 200–229. Doi: 10.1371/journal.pbio.2006229
- 15 Dubinin, D.A., Derichenko, A.V., & Vistorova, A.O. (2019). Analiz vliianiia pyli na zdorove cheloveka i okruzhaiushchei sredy [Analysis of the effects of dust on human health and the environment]. *Inzhenernyi vestnik Dona: Elektronnyi nauchnyi zhurnal — Engineering Bulletin of the Don: Electronic scientific journal*, 1. ivdon.ru/ru/magazine/archive/nly2019/5540 [in Russian].

16 Orudzhev, R.A., & Dzhafarova, R.E. (2017). Osobennosti toksicheskogo deistviia uhlevodorodov nefi na orhanizm cheloveka [Features of the toxic effect of petroleum hydrocarbons on the human body]. *Vestnik VGMU — Bulletin of VSMU*, 16, 4, 8–15 [in Russian].

17 McElvenny, D.M., van Tongeren, M., & Turner, M.C. et al. (2017). The INTEROCC case-control study: risk of meningioma and occupational exposure to selected combustion products, dusts and other chemical agents. *Occupational and Environmental Medicine*, 75, 1, 12–22. doi: 10.1136/oemed-2016-104280. Epub 2017.

18 Davarpanah, Jazi S., Modolo, J., & Baker, C. (2017). Effects of a 60 Hz magnetic field of up to 50 milliTesla on human tremor and EEG: A Pilot Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 12, 1446. Doi: 10.3390/ijerph14121446.

A.Kh. Shandaulov<sup>1</sup>, K.M. Khamchiev<sup>1</sup>, A.K. Ramazanov<sup>2</sup>,  
S.S. Zhumadilov<sup>2</sup>, G.Zh. Zhomartova<sup>2</sup>, Zh.G. Ibraibekov<sup>2</sup>, K.A. Elshina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Astana Medical University, Nur-Sultan, Kazakhstan;*  
<sup>2</sup>*Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan*  
(E-mail: zhssk777@mail.ru)

## **The effect of high-altitude hypoxia on the hemodynamics of the pulmonary circulation and the red blood indices of rats**

The article is devoted to the study of the reaction of the pulmonary circulation and the state of the blood in response to the prolonged (2.5 and 10 months) stay of rats at an altitude of 3200 m above sea level (Tien Shan, Tuya-Ashu Pass). As a result of the study it was found that the systolic pressure in the pulmonary artery increased to 60 % by the 2-month period and was increased throughout the stay in the mountains, with a constant diastolic pressure. As a result, the pulse pressure increased, which indicates an increase in the rigidity of the vessels of the pulmonary artery basin as the main cause of an increase in systolic pressure. Impedance in the lung tissue significantly increased by 30 %, which indicates the restructuring of the pulmonary vessels as an expression of a kind of «autoregulation» described by Folkov for vessels of the systemic circulation. Blood indices indicate long-lasting mechanisms of adaptation to high altitude, an increase in hemoglobin content in red blood cells. The role of erythrocytes in the conditions of the Tien Shan Highlands, apparently, is not so significant, at least in earlier periods of stay in the mountains.

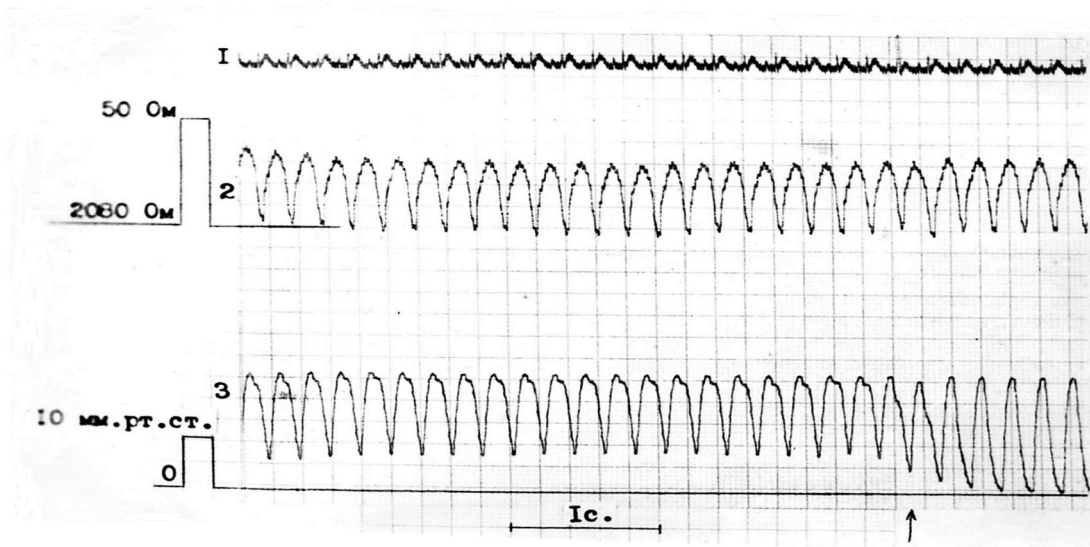
*Keywords:* transbronchial electroplethysmography, catheterization, pulmonary hypertension, red blood, high altitude hypoxia.

Numerous studies have established that alpine hypoxia leads to pulmonary hypertension and hematopoietic stimulation [1–4]. In this case, the reaction to a relatively short-term stay of lowland animals in the mountains was most often studied. However, it is known that aboriginal animals of highlands and people constantly living in the mountains have significant differences in a number of important blood and blood circulation parameters (erythrocytosis, increased hemoglobin content in erythrocytes, redistribution of blood flow in the lungs) [5–7]. Based on the aforementioned and some experimental facts indicating the development of high-altitude deterioration [6, 14], it can be considered that even after a long period of adaptation in the mountains, it cannot be regarded as stabilizing at a certain level [4, 9, 10].

In connection with the above, the purpose of this work was to study the reaction of the pulmonary circulation and the state of the blood in response to the prolonged (2.5 and 10 months) stay of rats at an altitude of 3200 m above sea level (Tien Shan, Tuya-Ashu Pass).

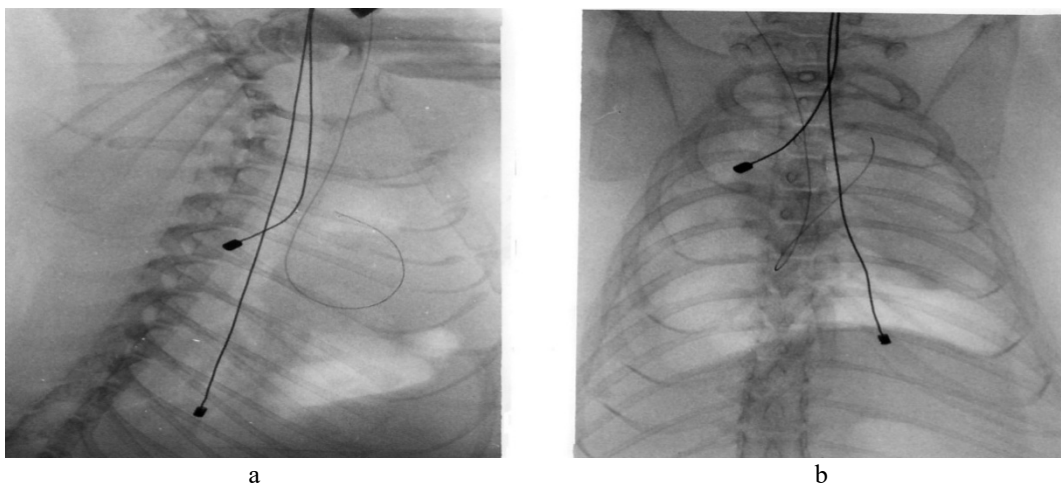
### *Research methods*

Experiments were carried out in summer on adult Wistar rats, previously (2, 5 and 10 months before the experiment began) delivered to the base and kept at room temperature on a normal diet without restriction of food and water. Part of the animals died during the exposure, and in the experiments 25 (2 months), 18 (5 months) and 10 (10 months) rats were used. Acute experiments on rats were performed with natural respiration under nembutal anesthesia (30 mg/kg intraperitoneally) in the supine position. Hematocrit and hemoglobin content were determined by standard methods, the number of erythrocytes was determined by means of Picoscale P-4 (Hungary). The pressure in the pulmonary artery, the blood flow of 5 conditionally isolated areas of the lungs (apical, ventromedial, ventrobasal, dorsomedial and dorsobasal) was determined by catheterization of the pulmonary artery through the right jugular vein and transbronchial regional electroflumography, which determined the blood flow, blood filling and air content per unit volume [9, 11]. Graphic recording of pressure, electroplethysmogram and electrocardiogram were performed on the Mingograf-34 (Siemens-El-ema) inkjet recorder (Fig. 1). The position of the probe of the electroplethysmograph in the indicated areas of the lungs was controlled by an x-ray device («Arman-1») in two projections and after autopsy of the animals (Fig. 2). The electrical resistance of the blood taken during the study was determined in a special cuvette (0.2 ml) using the same electroplethysmograph. Thirty-five Wistar rats examined on the plain served as controls.



1 — electrocardiogram; 2 — electroplethysmogram; 3 — pressure in the pulmonary artery

Figure 1. Electrocardiogram, electroplethysmogram and pulmonary artery records



*a* — side projection; *b* — front-rear projection. Against the background of the lung field, two electro-pleural probes with electrodes at the ends are visible. On the contour of the heart radiocontrastmandrin is visible, placed in the lumen of the catheter, the end of which is in the lumen of the pulmonary artery

Figure 2. Radiograph of the rat thoracic cage

The material was processed statistically using student's criterion. The result was considered reliable when  $p < 0,05$ .

#### *Research results*

It draws attention that the mass of animals after 2 months exposure was 29 % lower than in the control, and continued to decline steadily (Table). Such a picture is also observed during a long stay of a person in the mountains [12, 13] and is indirect evidence of the lack of stabilization of the adaptation process even in conditions of such a long for rats stay at high altitude.

The number of erythrocytes by this time, as well as the hematocrit and the electrical resistance of blood, depending mainly on the number of erythrocytes, did not significantly change compared with the control, which was significantly higher (Table).

By the 2-month period, systolic pulmonary arterial pressure was increased by 60 % with unchanged diastolic pressure (Table). As a result, the pulse pressure increased significantly, which indirectly indicated an

increase in the rigidity of the vessels of the pulmonary artery basin as the main cause of an increase in systolic pressure. This is confirmed by an approximate calculation of the characteristic impedance [14, 15], which reflects the measure of resistance of relatively large vessels of the pulmonary bed to the pulsating blood flow. The impedance increased approximately by 30 %, which may indicate an approximate restructuring of these vessels as an expression of a kind of «autoregulation» described by Folkov [16, 17] for vessels of the systemic circulation. It should be noted that hypoxic stimulation of the carotid and aortic chemoreceptors also led to a decrease in stretchability of the pulmonary arteries [15, 18].

Table

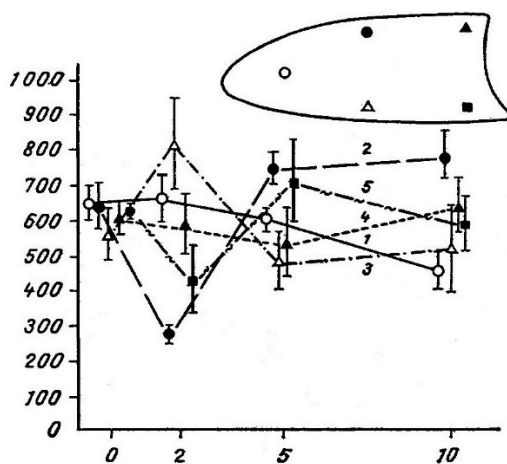
**Pulmonary artery pressure, red blood indices and body weight of rats in various periods of stay in the mountains ( $M \pm m$ )**

Criterion	Control	Duration of stay in the mountains, months		
		2	5	10
Pressure, mm Hg				
systolic	22.6±1.0	36.1±2.7**	35.9±3.7**	45.5±4.8**
diastolic	12.3±0.8	11.9±1.5	12.6±1.5	12.0±1.9
Specific electrical resistance of the blood, ohm·cm	173±4	172±4	155±6*	174±14
Hemoglobin, g/l	172±3	198±4**	215±7**	255±8**
Hematocrit, %	44.2±0.7	45.5±0.6	45.0±2.2	45.4±2.1
RBC count, 10 <sup>12</sup> /l	7.42±0.36	6.79±0.31	6.08±0.40*	7.46±0.43
Body mass, g	355±12	254±6**	210±6**	189±16**

Note: One asterisk —  $p < 0.05$ , (two —  $p < 0.01$  in comparison with the control).

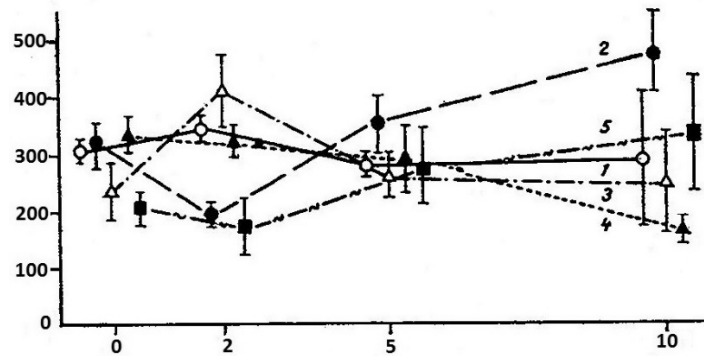
As it is known, pulmonary hypertension is attributed to the role of redistributive (for blood flow) and functionally expedient active factor [19, 20]. When analyzing the behavior of blood flow and blood filling of the lungs after a 2-month adaptation of rats to high altitude hypoxia, only in the ventromedial site could be noted a significant decrease in these indicators (Fig. 3 and 4).

Staying in the mountains for 5 months leads to the return of blood flow and blood filling in the mentioned area to the initial level, and the increased pressure in the pulmonary artery is maintained (Table). The greatest changes in this period are observed in the blood — the specific electrical resistance, hematocrit, and the number of red blood cells are reduced, but the hemoglobin content continues to increase. This leads to an increase in the oxygen capacity of the blood to 29 ml/100 ml, which even with a slightly reduced number of red blood cells improves the supply of oxygen to the body. The metabolic changes leading to a change in the affinity of oxygen for hemoglobin and an increase in its recoil to tissues probably also contribute to this [15].



Ordinate axis — ml/min/100 cm<sup>3</sup> of lung volume. Abscissa axis — months of adaptation.  
1 — apical area of lungs; 2 — ventromedial; 3 — dorsomedial; 4 — ventrobasal; 5 — dorsobasal

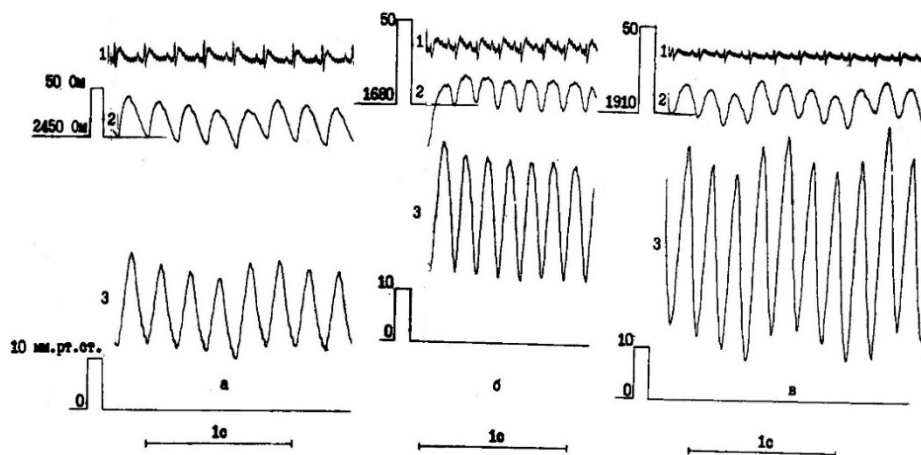
Figure 3. Minute volume of blood flow in the lungs



The ordinate axis is ml/100 cm<sup>3</sup> of lung volume in different parts of the lung in rats at different periods of stay in the mountains. The remaining notations are the same as in Figure 3

Figure 4. Average blood filling

At the 10-month adaptation stage (Fig. 5), a further increase in systolic pressure is observed in the absence of an increase in diastolic pressure (Table). The blood flow increases in the ventromedial region, while in the apical region of the lung it decreases significantly (Fig. 3). According to the severity of the blood filling reaction, the ventromedial area is again the most labile (Fig. 4). The mechanisms of such redistribution are still unclear and do not fit into the known schemes of a more uniform regional blood flow under conditions of high-altitude hypoxia [3, 4]. Probably, in this case more complex adaptive reorganizations of the cardiovascular system occur [14, 16].



1 — electrocardiogram; 2 — electroplethysmogram of the dorsobasal lung area; 3 — pressure in the pulmonary artery; the left at the beginning of the curves shows the calibration signals and the basic value of electrical resistance, as well as zero pressure. Below is a time stamp

Figure 5. Pressure curves in the pulmonary artery and electroplethysmogram of rats at different periods of stay in the mountains: a — 3 days, b — 60 days, c — 300 days

The combination of the available facts gives grounds to believe that one of the constantly and long-lasting mechanisms of adaptation to high mountains is an increase in the hemoglobin content in red blood cells and a corresponding increase in the oxygen capacity of the blood. Along with the change in the dissociation constant of hemoglobin and adaptation to hypoxia at the tissue level [5, 17], this forms the basis of an energetically more favorable adaptive mechanism. The role of erythrocytes in the conditions of the Tien Shan Highlands, apparently, is not so significant, at least in earlier periods of stay in the mountains [1, 2].

As for the role of pulmonary hypertension, as shown by our study, systolic hypertension, more research is needed here to clarify both the intimate mechanisms of its origin and its role in the regional redistribution of blood flow and blood filling in the lungs.

## References

- 1 Иванов К.П. Кровообращение в легких крысы при снижении содержания кислорода во вдыхаемом воздухе / К.П. Иванов, Н.Н. Мельникова // Бюл. exper. биол. и мед. — 2012. — Т. 154, № 8. — С. 161–167.
- 2 Лукьянова Л.Д. Новое о сигнальных механизмах адаптации к гипоксии и их роли в системной регуляции / Л.Д. Лукьянова, Ю.И. Кирова, Г.В. Сукоян // Патогенез. — 2011. — Т. 9, № 3. — С. 4–14.
- 3 Мажбич Б.И. Влияние высокогорной гипоксии на кровообращение в малом круге у крыс / Б.И. Мажбич, К.С. Умаров, А.Х. Шандаулов и др. // Физиол. журн. СССР. — 1989. — Т. 75, № 12. — С. 1718–1724.
- 4 Разумникова О.М. Гемодинамика малого круга кровообращения и показатели красной крови у крыс при длительной высокогорной гипоксии / О.М. Разумникова, А.Х. Шандаулов, Б.И. Мажбич // Бюл. exper. биол. и мед. — 1989. — Т. CVII, № 5. — С. 526–528.
- 5 Вётош А.Н. Физиологические характеристики организма крыс породы Wistar в условиях нарастающего гипоксического стимула / А.Н. Вётош, О.С. Алексеева // Патогенез. — 2011. — Т. 9(3), № 23. — С. 11–17.
- 6 Kulik T.J. Pulmonary hypertension caused by pulmonary venous hypertension / T.J. Kulik // *Pulm. Circ.* — 2014. — Vol. 4(4). — P. 581–595.
- 7 Vaillancourt M. Autonomic nervous system involvement in pulmonary arterial hypertension / M. Vaillancourt, P. Chia, S. Sarji, J. Nguyen, N. Hoftman, G. Ruffenach, M. Eghbali, A. Mahajan, S. Umar // *Respir. Res.* — 2017. — Vol. 18(1). — P. 201–216.
- 8 Clark C.B. Group 2 pulmonary hypertension: Pulmonary venous hypertension: Epidemiology and pathophysiology / C.B. Clark, E.M. Horn // *Cardiol. Clin.* — 2016. — Vol. 34(3). — P. 401–411.
- 9 Мажбич И.Б. Давление в легочной артерии и трансбронхиальная электроплетизмография у крыс / И.Б. Мажбич, Л.П. Кузьминых // Бюл. exper. биол. и мед. — 1986. — Т. CI, № 6. — С. 762–765.
- 10 Tuleta I. Intermittent hypoxia impairs endothelial function in early preatherosclerosis / I. Tuleta, C. Franca, D. Wenzel, B. Fleischmann, G. Nickenig, N. Werner, D. Skowasch // *Adv. Exp. Med. Biol.* — 2015. — Vol. 858. — P. 1–7.
- 11 Мажбич Б.И. Трансбронхиальная регионарная электроплетизмография легких / Б.И. Мажбич, Л.П. Кузьминых. — Новосибирск, 1986. — С. 20–32.
- 12 Евлахов В.И. Физиология легочных венозных сосудов / В.И. Евлахов, И.З. Поясов // *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова.* — 2018. — Т. 104, № 10. — С. 1136–1151.
- 13 Лукьянова Л.Д. Современные проблемы адаптации к гипоксии. Сигнальные механизмы и их роль в системной регуляции / Л.Д. Лукьянова // *Патол. физиол. и exper. тер.* — 2011. — № 1. — С. 3–19.
- 14 Дони́на Ж.А. Сопряженные реакции дыхания и гемодинамики наркотизированных крыс на прогрессирующую острую нормобарическую гипоксию / Ж.А. Дони́на, Е.В. Баранова, Н.П. Александрова // *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова.* — 2015. — Т. 101, № 10. — С. 1169–1180.
- 15 Евлахов В.И. Современные аспекты регуляции легочного кровообращения в норме и при экспериментальной патологии / В.И. Евлахов, И.З. Поясов, В.И. Овсянников, Е.В. Шайдаков // *Мед. акад. журнал.* — 2013. — № 13(4). — С. 54–65.
- 16 Иванов К.П. О физиологических проблемах альвеолярного кровообращения в легких / К.П. Иванов // *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова.* — 2014. — Т. 100, № 12. — С. 1382–1389.
- 17 Котельников В.Н. Оценка вегетативной регуляции сердца при острой экзогенной нормобарической гипоксии различной степени тяжести в эксперименте / В.Н. Котельников, И.О. Осипов, Ю.В. Заяц, Б.И. Гельцер // *Бюл. exper. биол. и мед.* — 2017. — Т. 164, № 11. — С. 541–547.
- 18 Morgan B.J. Quantifying hypoxia-induced chemoreceptor sensitivity in the awake rodent / B.J. Morgan, R. Adrian, M.L. Bates, J.M. Dopp, J.A. Dempsey // *J. Appl. Physiol.* — 2014. — Vol. 117. — P. 816–824.
- 19 Mifflin S. Neurogenic mechanisms underlying the rapid onset of sympathetic responses to intermittent hypoxia / S. Mifflin, J.T. Cunningham, G.M.J. Toney // *Appl. Physiol.* — 2015. — Vol. 119, No. 12. — P. 1441–1448.
- 20 Gao Y. Endothelial and smooth muscle cell interactions in the pathobiology of pulmonary hypertension / Y. Gao, T. Chen, J.U. Raj // *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* — 2016. — Vol. 54(4). — P. 451–460.

А.Х. Шандаулов, К.М. Хамчиев, А.К. Рамазанов, С.С. Жумадилов,  
Г.Ж. Жомартова, Ж.Г. Ибрайбеков, К.А. Ельшина

### **Егеуқұйрықтардың кіші қанайналым шеңберінің гемодинамикасына және қызыл қанның көрсеткіштеріне ұзақмерзімді жоғарытаулы гипоксияның әсері**

Мақала егеуқұйрықтардың теңіз деңгейінен 3200 м биіктікте ұзақ уақытқа (2,5 және 10 ай) мекендеуіне байланысты қанайналым кіші шеңбердің реакциясының және қан жағдайының жауабына қатысты зерттеуіне арналған (Тянь-Шань, Туя-Ашу асуы). Жүргізілген зерттеу нәтижесінде өкпе артериясының систолалық қысымы 2 айда 60 % дейін жоғарлады және тау жерде болған уақыт аралығында жоғары деңгейде сақталды, диастолалық қысым өзгермеді. Нәтижесінде пульстық қысым жоғарлады, бұл жағдай өкпе артериясының тамырлар арнасының серпімділігінің төмендеуін көрсетті және систолалық қысымның жоғарлауының негізгі себебі екенін дәлелдеді. Өкпе тіндерінің импедансы 30 % кемелді артты, бұл өкпе тамырларының қайта құрылуының өзіндік «аутореттелуін» көрсетті, Фолковтың айтуы бойынша,

үлкен қанайналым шеңберіне тән оқиға тәрізді. Қан көрсеткіштері, эритроциттер құрамындағы гемоглобин мөлшерінің жоғарлауы таулы жерге бейімделудің ұзақмерзімді механизмі екендігін дәлелдеді. Тянь-Шань таулы аймағындағы жағдайында эритроциттердің рөлі аса маңызды емес, әсіресе таулы аймақтарда аз уақыт аралығында мекендегенде.

*Кілт сөздер:* қан айналымы, трансқолқалық электроплетизмография, өкпе гипертензиясы, қызыл қан, жоғарытаулы қысым.

А.Х. Шандаулов, К.М. Хамчиев, А.К. Рамазанов, С.С. Жумадилов,  
Г.Ж. Жомартова, Ж.Г. Ибрайбеков, К.А. Ельшина

### Влияние высокогорной гипоксии на гемодинамику малого круга кровообращения и показатели красной крови крыс

Статья посвящена исследованию реакции малого круга кровообращения и состояния крови в ответ на длительное (2,5 и 10 мес.) пребывание крыс на высоте 3200 м над уровнем моря (Тянь-Шань, перевал Туя-Ашу). В результате проведенного исследования было установлено, что систолическое давление в легочной артерии повысилось до 60 % к 2-му месяцу срока и было высоким на всем протяжении пребывания в горах, при неизменном диастолическом давлении. Также возросло пульсовое давление, что указывает на повышение ригидности сосудов бассейна легочной артерии как на основную причину увеличения систолического давления. Импеданс в легочной ткани достоверно возрос на 30 %, что указывает на перестройку сосудов легких как на выражение своеобразной «ауторегуляции», описанных Фолковым, для сосудов большого круга кровообращения. Показатели крови свидетельствуют о длительно действующих механизмах приспособления к высокогорью, повышение содержания гемоглобина в эритроцитах. Роль эритроцитов в условиях Тянь-Шаньского высокогорья, по-видимому, не столь значительна, по крайней мере, на более ранних сроках пребывания в горах.

*Ключевые слова:* трансбронхиальная электроплетизмография, катетеризация, легочная гипертензия, красная кровь, высокогорная гипоксия.

#### References

- 1 Ivanov, K.P., & Melnikova, N.N. (2012). Krovoobrashchenie v lehkih krysy pri snizhenii sodержaniia kisloroda vo vdykhaemom vozdukhу [Blood circulation in the lungs of a rat with a decrease in the oxygen content in the inhaled air]. *Biulleten eksperimentalnoi biologii i meditsiny — Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 154, 8, 161–167 [in Russian].
- 2 Lukianova, L.D., Kirova, Iu.I., & Sukoian, G.V. (2011). Novoe o signalnykh mekhanizmax adaptatsii k hipoksii i ikh roli v sistemnoi rehuliatcii [New about signaling mechanisms of adaptation to hypoxia and their role in systemic regulation]. *Patohenez — Pathogenesis*, 9, 3, 4–14 [in Russian].
- 3 Mazhbich, B.I., Umarov, K.S., & Shandaulov, A.Kh. (1989). Vliianie vysokohornoi hipoksii na krovoobrashchenie v malom kruhe u kryс [The effect of high-altitude hypoxia on blood circulation in the small circle in rats]. *Fiziologicheskii zhurnal SSSR — Fiziological journal of the USSR*, 75, 12, 1718–1724 [in Russian].
- 4 Razumnikova, O.M., Shandaulov, A.Kh., & Mazhbich, B.I. (1989). Gemodinamika maloho kruha krovoobrashcheniia i pokazateli krasnoi krovi u kryс pri dlitelnoi vysokohornoi hipoksii [Hemodynamics of the pulmonary circulation and red blood indices in rats with prolonged high-altitude hypoxia]. *Biulleten eksperimentalnoi biologii i meditsiny — Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, CVII, 5, 526–528 [in Russian].
- 5 Vetosh, A.N., & Alekseeva, O.S. (2011). Fiziologicheskii kharakteristiki orhanizma kryс porody Wistar v usloviakh narastaiushchego hipoksicheskogo stimula [Physiological characteristics of the organism of Wistar rats in conditions of growing hypoxic stimulus]. *Patohenez — Pathogenesis*, 9(3), 23, 11–17 [in Russian].
- 6 Kulik, T.J. (2014). Pulmonary hypertension caused by pulmonary venous hypertension. *Pulm. Circ.*, 4(4), 581–595.
- 7 Vaillancourt, M., Chia, P., Sarji, S., Nguyen, J., Hoftman, N., & Ruffenach, G. et al. (2017). Autonomic nervous system involvement in pulmonary arterial hypertension. *Respir. Res.*, 18(1), 201–216.
- 8 Clark, C.B., & Horn, E.M. (2016). Group 2 pulmonary hypertension: Pulmonary venous hypertension. *Epidemiology and pathophysiology. Cardiol. Clin.*, 34(3), 401–411.
- 9 Mazhbich, I.B., & Kuzmynikh, L.P. (1986). Davlenie v lechochnoi arterii i transbronkhialnaia elektropletizmografiia u kryс [Pressure in the pulmonary artery and transbronchial electroplethysmography in rats]. *Biulleten eksperimentalnoi biologii i meditsiny — Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, CI, 6, 762–765 [in Russian].
- 10 Tuleta, I., Franca, C., Wenzel, D., Fleischmann, B., Nickenig, G., & Werner, N. et al. (2015). Intermittent hypoxia impairs endothelial function in early preatherosclerosis. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 858, 1–7.
- 11 Mazhbich, B.I., & Kuzmynikh, L.P. (1986). *Transbronkhialnaia rehionarnaia elektropletizmografiia lehkih [Transbronchial regional electroplethysmography of the lungs]*. Novosibirsk [in Russian].
- 12 Evlakhov, V.I., & Poiasov, I.Z. (2018). Fiziologhiia lechochnykh venoznykh sosudov [Physiology of pulmonary venous vessels]. *Ros. fiziol. zhurn. im. I.M. Sechenova — Russian physiological journal named after I.M. Sechenov*, 104, 10, 1136–1151 [in Russian].



- 13 Lukianova, L.D. (2011). Sovremennye problemy adaptatsii k hipoksii. Signalnye mekhanizmy i ikh rol v sistemnoi rehuliatcii [Modern problems of adaptation to hypoxia. Signaling mechanisms and their role in systemic regulation]. *Patolohicheskaia fiziolohiia i eksperimentalnaia terapiia — Pathological physiology and experimental therapy*, 1, 3–19 [in Russian].
- 14 Donina, Zh.A., Baranova, E.V., & Aleksandrova, N.P. (2015). Sopriazhennye reaktsii dykhanii i hemodinamiki narkotizirovannykh krysh na prohressiruiushchuiu ostruiu normobaricheskuiu hipoksiiu [Conjugate respiratory and hemodynamic responses of anesthetized rats to progressive acute normobaric hypoxia]. *Ros. fiziol. zhurn. im I.M. Sechenova — Russian physiological journal named after I.M. Sechenov*, 101., 10, 1169–1180 [in Russian].
- 15 Evlakhov, V.I., Poiasov, I.Z., Ovsianikov, V.I., & Shaidakov E.V. (2013). Sovremennye aspekty rehuliatcii lehochnoho krovoobrashcheniia v norme i pri eksperimentalnoi patolohii [Modern aspects of the regulation of pulmonary circulation in normal and experimental pathology]. *Med. akad. zhurnal — Medical Academic Journal*, 13(4), 54–65 [in Russian].
- 16 Ivanov, K.P. (2014). O fiziolohicheskikh problemakh alveoliarnoho krovoobrashcheniia v lehkikh [On the physiological problems of alveolar blood circulation in the lungs]. *Ros. fiziol. zhurn. im I.M. Sechenova — Russian physiological journal named after I.M. Sechenov*, 100, 12, 1382–1389 [in Russian].
- 17 Kotelnikov, V.N., Osipov, I.O., Zaiats, Iu.V., & Geltser, B.I. (2017). Otsenka vehetativnoi rehuliatcii serdtsa pri ostroi ekzohennoi normoboricheskoi hipoksii razlichnoi stepeni tiazhesti v eksperimente [Evaluation of the vegetative regulation of the heart in acute exogenous normo-boric hypoxia of varying degrees of severity in the experiment]. *Biulleten eksperimentalnoi biolohii i meditsiny — Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 164, 11, 541–547 [in Russian].
- 18 Morgan, B.J., Adrian, R., Bates, M.L., Dopp, J.M., & Dempsey, J.A. (2014). Quantifying hypoxia-induced chemoreceptor sensitivity in the awake rodent. *J. Appl. Physiol.*, Vol. 117, 816–824.
- 19 Mifflin, S., Cunningham, J.T., & Toney, G.M.J. (2015). Neurogenic mechanisms underlying the rapid onset of sympathetic responses to intermittent hypoxia. *J. Appl. Physiol.*, 119, 12, 1441–1448.
- 20 Gao, Y., Chen, T., & Raj, J.U. (2016). Endothelial and smooth muscle cell interactions in the pathobiology of pulmonary hypertension. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.*, 54 (4), 451–460.

S.Zh. Kabieva<sup>1</sup>, Zh.M. Mukatayeva<sup>2</sup>, A.A. Akhmetova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Pavlodar State Pedagogical University, Kazakhstan;*

<sup>2</sup>*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan  
(E-mail: dairbaevasg@mail.ru)*

## **Increase in morphofunctional indicators for girls aged 7–17 living in the northern and southern regions of Kazakhstan**

The article is devoted to the study of growth of morphofunctional indices of modern schoolgirls of 7–17 years old in Pavlodar and Kyzylorda. The results of the study of such anthropometric parameters as body length, body weight (BL, BW) and chest circumference (CC), wrist strength (WS), amount of reserve fat and active body weight of schoolgirls and their increase in the age range from 7 to 17 years are presented. In the article the growth of blood circulation system indicators such as heart rate (HR), systolic blood volume (SBV), minute blood volume (MBV) in girls of 7–17 years old in Pavlodar and Kyzylorda after a standard load of 12 kg/min relative to the resting state (in %). It was found out that in ontogenesis from 7 to 17 years of age anthropometric and functional indicators of physical development of all examined schoolgirls significantly increased. It was noted that there are significant differences in many ages between peers living in Pavlodar and Kyzylorda. Thus, the values of BW, CC, wrist strength, active body weight are lower in schoolgirls from Kyzylorda than from Pavlodar, while BL is higher in girls from Kyzylorda aged 14–17 years. The data obtained testify to the regional peculiarities of schoolgirls' development and determine the need to continue monitoring studies and observations of changes in the condition of schoolgirls in these regions.

*Keywords:* morphofunctional indicators, modern schoolchildren, absolute indicators, relative indicators, physical development, research monitoring, body length, body weight, chest circumference, heart rate.

### *Introduction*

Clarification of child development regularities, specificity of physiological systems functioning at different stages of ontogenesis and mechanisms, which determine this specificity, is a necessary condition for ensuring normal physical development of the younger generation [1].

Systematic observations of growth and development are an important link in the system of control over the state of health of the younger generation. One of the most relevant directions for the study is the establishment of shifts in the indicators of physical development of children and adolescents over time, characterizing morphological changes in the development of the population from generation to generation [2, 3]. Thus, knowledge of the individual capabilities of a child and prediction of his or her ontogenesis is a prerequisite for the successful education and upbringing of children without compromising health [4, 5].

The aim of the following research is to study the growth of morphofunctional indices of modern schoolgirls of 7–17 years old in Pavlodar and Kyzylorda.

### *Materials and research techniques*

In order to achieve this goal, 441 female schoolgirls aged 7–17 studying at general education school No. 22 in Pavlodar ( $n = 221$ ) and at lyceum No. 7 in Kyzylorda ( $n = 220$ ) were examined.

Generally accepted methods were used to determine the main anthropometric parameters of physical development: body length (BL), body weight (BW), chest circumference (CC) [6], arm flexor muscle strength using a hand dynamometer «DH-50». Based on the data of body length, body weight, and chest circumference, Kettle (KI) indices ( $KI = BW, \text{ kg}/BL, \text{ m}^2$ ) and stenum (S)  $S = BL, \text{ cm}/(2 \times BW, \text{ kg} + CC, \text{ cm})$  were calculated [7].

The reserve fat content was determined by indirect method of caliperometry [8]. Then, the developed tables were used to determine the percentage of reserve fat in the organism of the subjects for different age groups [9]. This, in turn, made it possible to calculate the body fat and active weight (FBW and ABW) [10].

The state of the cardiovascular system was evaluated by heart rate (HR) under relative rest and standard exercise. Heart rate was determined with the help of electrocardiograph «Aksion EC 1T-07». Blood pressure (BP) was measured using Korotkov's auscultative method, taking into account the width of the cuff for children. Blood volume systolic (Blood volume) was determined by the formula «Stagg Y» [11] in the modification of N.S. Pugina and Ya.F. Bomash (1963) [12], the Minute volume of blood circulation was determined by the formula ( $MVB = SBV \times CC$ ).

All obtained material was processed using statistical analysis methods. Reliability of the differences was estimated by the Student's t-criterion, the differences were considered reliable at  $p < 0.05$  [13].

### Research results and their discussion

The analysis of morphological data of girls of 7–17 years old in Pavlodar and Kyzylorda (Tables 1 and 2) has allowed to establish that in ontogenesis all studied indicators of physical development of children and teenagers — length and weight of a body, a circle of a chest, active weight of a body naturally increased. In some cases, the differences between age groups are reliable ( $p < 0.05$ ). The increase in body length in schoolgirls of Pavlodar for the period from 7 to 17 years was 33.9 % (from  $122.4 \pm 0.8$  to  $164.0 \pm 0.7$ ), body weight — 162.6 % ( $25.5 \pm 0.6$  to  $59.1 \pm 1.1$ ), chest circumference — 44.5 % (from  $58.2 \pm 0.7$  to  $84.1 \pm 1.2$ ). Increase in body length in schoolchildren of the town of Grozny of Kyzylorda for this period is 33.4 % (from  $127.4 \pm 0.6$  to  $169.9 \pm 0.5$ ), body weight — 184.1 % ( $20.7 \pm 0.5$  to  $58.8 \pm 0.6$ ), chest circumference — 43.6 % (from  $55.7 \pm 0.7$  to  $80.0 \pm 0.5$ ). The highest increase in body length in girls was observed in Pavlodar at the age of 11 years, and in girls from Kyzylorda at the age of 10 years, the average body length increased by 6.8 % and 7.5 %, respectively. The largest increase in body weight was observed in all surveyed schoolgirls at 8 and 13 years of age. Thus, the weight increased by 19.5 and 17.9 % for Pavlodar girls, and by 18.4 and 18.1 % for girls in Kyzylorda, and there are significant differences between the surveyed schoolgirls living in the northern and southern regions of Kazakhstan ( $p < 0.05$ ).

Table 1

#### Indicators of physical development of schoolgirls aged 7–12 living in Pavlodar and Kyzylorda

Indexes	City	Age, years					
		7	8	9	10	11	12
N (quantity)	P	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$	$n = 21$	$n = 20$	$n = 20$
	K	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$
BL, sm	P	$122.4 \pm 0.8$	$128.5 \pm 1.1^*$	$132.9 \pm 1.1^*$	$139.0 \pm 1.3^*$	$148.5 \pm 1.2^*$	$150.8 \pm 1.1$
	K	$127.4 \pm 0.6^\#$	$131.2 \pm 1.0^*$	$134.1 \pm 1.2$	$144.2 \pm 0.8^\#\#$	$150.3 \pm 0.9^*$	$151.0 \pm 0.9$
BW, kg	P	$22.5 \pm 0.6$	$26.9 \pm 0.7^*$	$29.2 \pm 0.5^*$	$34.2 \pm 0.9^*$	$39.3 \pm 0.7^*$	$43.3 \pm 0.8^*$
	K	$20.7 \pm 0.5^\#$	$24.5 \pm 0.9^\#\#$	$26.5 \pm 0.7^\#$	$33.4 \pm 0.6^*$	$37.0 \pm 0.6^\#\#$	$40.4 \pm 0.8^\#\#$
CC, sm	P	$58.2 \pm 0.7$	$59.0 \pm 0.5$	$60.2 \pm 0.9$	$64.8 \pm 1.0^*$	$69.2 \pm 1.2^*$	$70.3 \pm 0.8$
	K	$55.7 \pm 0.9^\#$	$57.4 \pm 0.5^\#$	$59.2 \pm 0.8$	$63.2 \pm 0.6^*$	$63.4 \pm 0.6^\#$	$67.0 \pm 0.8^\#\#$
Kettle index, s.u.	P	$15.0 \pm 0.4$	$16.3 \pm 0.4^*$	$16.6 \pm 0.3$	$17.7 \pm 0.3^*$	$17.8 \pm 0.3$	$19.0 \pm 0.3^*$
	K	$12.8 \pm 0.3^\#$	$14.2 \pm 0.4^\#\#$	$14.7 \pm 0.3^\#$	$16.1 \pm 0.3^\#\#$	$16.4 \pm 0.3^\#$	$17.7 \pm 0.4^\#\#$
Sthenie index, s.u	P	$1.19 \pm 0.02$	$1.14 \pm 0.01$	$1.12 \pm 0.01$	$1.05 \pm 0.01^*$	$1.01 \pm 0.01^*$	$0.96 \pm 0.01^*$
	K	$1.32 \pm 0.02^\#$	$1.24 \pm 0.02^\#\#$	$1.20 \pm 0.01^\#$	$1.11 \pm 0.02^\#\#$	$1.10 \pm 0.01^\#$	$1.03 \pm 0.02^\#\#$
Reserve fat, %	P	$22.3 \pm 0.6$	$21.8 \pm 0.5$	$22.6 \pm 0.7$	$24.7 \pm 0.6^*$	$23.6 \pm 0.6$	$23.7 \pm 0.6$
	K	$21.4 \pm 0.9$	$22.8 \pm 0.8$	$20.3 \pm 0.8^*$	$22.8 \pm 0.6^\#\#$	$23.0 \pm 0.5$	$24.3 \pm 0.5$
Reserve fat, kg	p	$5.0 \pm 0.2$	$5.9 \pm 0.2^*$	$6.7 \pm 0.3^*$	$8.5 \pm 0.4^*$	$9.3 \pm 0.4$	$10.3 \pm 0.4$
	к	$4.5 \pm 0.3$	$5.7 \pm 0.4^*$	$5.4 \pm 0.3^\#$	$7.6 \pm 0.3^*$	$8.5 \pm 0.2^*$	$9.9 \pm 0.4^*$
ABW, kg	P	$17.5 \pm 0.5$	$21.0 \pm 0.6^*$	$22.5 \pm 0.3^*$	$25.7 \pm 0.6^*$	$30.0 \pm 0.5^*$	$33.0 \pm 0.6^*$
	K	$16.2 \pm 0.3^\#$	$18.8 \pm 0.6^\#\#$	$21.1 \pm 0.6^\#\#$	$25.8 \pm 0.6^*$	$28.5 \pm 0.5^\#\#$	$30.5 \pm 0.5^\#\#$
Wrist strength, kg	P	$12.5 \pm 0.8$	$17.4 \pm 0.7^*$	$19.7 \pm 0.7^*$	$24.0 \pm 0.8^*$	$28.6 \pm 0.6^*$	$32.0 \pm 0.5^*$
	K	$10.5 \pm 0.4^\#$	$14.9 \pm 0.5^\#\#$	$16.2 \pm 0.4^\#$	$22.9 \pm 0.5^*$	$25.3 \pm 0.5^\#\#$	$28.7 \pm 0.7^\#\#$
KI, kg/kg	P	$0.55 \pm 0.03$	$0.65 \pm 0.03^*$	$0.68 \pm 0.02$	$0.71 \pm 0.03$	$0.70 \pm 0.02$	$0.74 \pm 0.02$
	K	$0.51 \pm 0.02$	$0.61 \pm 0.02^*$	$0.62 \pm 0.02^\#$	$0.67 \pm 0.02$	$0.66 \pm 0.02$	$0.71 \pm 0.01$

Note. Reliability of differences in mean values for non-parametric independent samples: \* — in relation to the previous age group ( $p < 0.05$ ); # — when comparing schoolgirls living in the northern and southern regions of Kazakhstan ( $p < 0.05$ ); P — Pavlodar, K — Kyzylorda.

The increase in CC was observed at 10 and 14 years for schoolgirls of Pavlodar city (by 7.6 and 7.4 % respectively) and 10 and 13 years for Kyzylorda city (6.7 and 8.2 % respectively compared to the previous age), this indicator is significantly lower for women of Kyzylorda city.

Children living in Pavlodar have a significantly higher Kettle index, while the structure index is much lower in comparison with schoolgirls living in Kyzylorda. At the same time, (Tables 1 and 2), the value of the

Ketle index in ontogenesis increased, and the values of the stension index decreased, which indicates an increase in the density of the body and a decrease in the severity of dolichomorphism in all children surveyed.

There was no particular pattern of fat percentage in girls in both cities. At the same time, the absolute content of reserve fat in the age period from 7 to 17 years for schoolgirls living in Pavlodar and Kyzylorda increased by 9.4 and 7.4 kg, respectively, compared to the original data.

According to the data obtained (Tables 1 and 2), the values of absolute and relative values of the wrist dynamometer significantly increased with age in all surveyed schoolgirls in both cities. Thus, the absolute values of wrist strength for the period from 7 to 17 years increased by 38.3 and 37.4 kg, respectively, with significant differences between schoolgirls of Pavlodar and Kyzylorda ( $p < 0.05$ ).

Table 2

## Indicators of physical development of schoolgirls aged 13–17 living in Pavlodar and Kyzylorda

Indexes	City	Age, years				
		13	14	15	16	17
N (quantity)	P	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$
	K	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$	$n = 20$
BL, sm	P	$157.7 \pm 1.1^*$	$161.0 \pm 1.0^*$	$162.1 \pm 1.2$	$163.2 \pm 0.8$	$164.0 \pm 0.7$
	K	$160.5 \pm 1.1^*$	$164.0 \pm 0.8^{*#}$	$166.7 \pm 0.8^{*#}$	$169.6 \pm 0.6^{*#}$	$169.9 \pm 0.5^{\#}$
BW, kg	P	$50.7 \pm 0.8^*$	$54.1 \pm 0.9^*$	$56.4 \pm 0.7^*$	$57.7 \pm 1.0$	$59.1 \pm 1.1$
	K	$47.7 \pm 0.8^{*#}$	$51.7 \pm 0.6^{*#}$	$54.5 \pm 0.4^{*#}$	$57.5 \pm 0.6^*$	$58.8 \pm 0.6$
CC, sm	P	$74.5 \pm 0.7^*$	$80.0 \pm 0.8^*$	$81.1 \pm 0.9$	$82.7 \pm 1.1$	$84.1 \pm 1.2$
	K	$72.5 \pm 0.7^{*#}$	$76.9 \pm 0.6^{*#}$	$78.0 \pm 0.8^{\#}$	$78.3 \pm 0.7^{\#}$	$80.0 \pm 0.5^{*#}$
Ketle index, s.u.	P	$20.4 \pm 0.2^*$	$20.9 \pm 0.3$	$21.5 \pm 0.2$	$21.7 \pm 0.4$	$22.0 \pm 0.3$
	K	$18.5 \pm 0.3^{\#}$	$19.2 \pm 0.3^{\#}$	$19.6 \pm 0.2^{\#}$	$20.0 \pm 0.3^{\#}$	$20.4 \pm 0.2^{\#}$
Sthenia index, s.u.	P	$0.90 \pm 0.01^*$	$0.86 \pm 0.01^*$	$0.84 \pm 0.01$	$0.83 \pm 0.01$	$0.81 \pm 0.01$
	K	$0.96 \pm 0.01^{*#}$	$0.91 \pm 0.01^{*#}$	$0.89 \pm 0.01^{\#}$	$0.88 \pm 0.01^{\#}$	$0.86 \pm 0.01^{\#}$
Reserve fat, %	P	$21.7 \pm 1.0$	$24.1 \pm 1.0$	$22.9 \pm 0.9$	$24.7 \pm 0.8$	$24.2 \pm 0.8$
	K	$19.1 \pm 0.7^{*#}$	$20.6 \pm 0.8^{\#}$	$18.4 \pm 1.0^{\#}$	$19.3 \pm 0.8^{\#}$	$20.1 \pm 0.8^{\#}$
Reserve fat, kg	P	$11.1 \pm 0.6$	$13.1 \pm 0.7^*$	$13.0 \pm 0.6$	$14.3 \pm 0.7$	$14.4 \pm 0.7$
	K	$9.2 \pm 0.4^{\#}$	$10.7 \pm 0.5^{*#}$	$10.1 \pm 0.6^{\#}$	$11.2 \pm 0.5^{\#}$	$11.9 \pm 0.5^{\#}$
ABW, kg	P	$39.6 \pm 0.5^*$	$40.9 \pm 0.5$	$43.4 \pm 0.5^*$	$43.4 \pm 0.5$	$44.7 \pm 0.6$
	K	$38.5 \pm 0.6^*$	$41.0 \pm 0.5^*$	$44.4 \pm 0.5^*$	$46.3 \pm 0.4^{*#}$	$46.9 \pm 0.5^{\#}$
Wrist strength, kg	P	$39.3 \pm 0.78^*$	$43.7 \pm 1.4^*$	$45.2 \pm 0.7$	$49.0 \pm 1.2^*$	$50.8 \pm 0.8$
	K	$34.1 \pm 0.4^{*#}$	$37.5 \pm 0.8^{*#}$	$40.9 \pm 0.8^{*#}$	$46.4 \pm 1.2^*$	$47.9 \pm 0.5^{\#}$
KI, kg/kg	P	$0.78 \pm 0.02$	$0.81 \pm 0.02$	$0.82 \pm 0.03$	$0.85 \pm 0.02$	$0.86 \pm 0.02$
	K	$0.72 \pm 0.02^{\#}$	$0.73 \pm 0.02^{\#}$	$0.75 \pm 0.01^{\#}$	$0.81 \pm 0.02^*$	$0.82 \pm 0.01$

Note. Reliability of differences in mean values for non-parametric independent samples: \* — in relation to the previous age group ( $p < 0.05$ ); # — when comparing schoolgirls living in the northern and southern regions of Kazakhstan ( $p < 0.05$ ); P — Pavlodar, K — Kyzylorda.

The degree of cardiovascular system response to physical activity in different age periods is of great importance in the assessment of functional reserves and adaptability of the body to adequate blood supply to the body [14].

The values of SBV and MBV are integral indicators characterizing the adaptive reaction of blood circulation to physical activity [15]. Compared to rest after physical activity, Pavlodar girls aged 7–17 years increased by an average of 33.8 to 25.4 %, MBV by 135.9 to 150.0 %, and heart rate by 77.7 to 100.7 % (Fig. 1).

SBV for girls aged 7–17 from Kyzylorda grew by an average of 30.8 to 25.6 %, MBV by 116.7 to 144.4 %, and HR by 65 to 97.7 % (Fig. 2).

At the same time, a significant increase in heart rate and MVB indicators reached the maximum values in the puberty period for schoolgirls of both cities compared to younger age. All female schoolgirls surveyed had a slight decline in SBV with age.

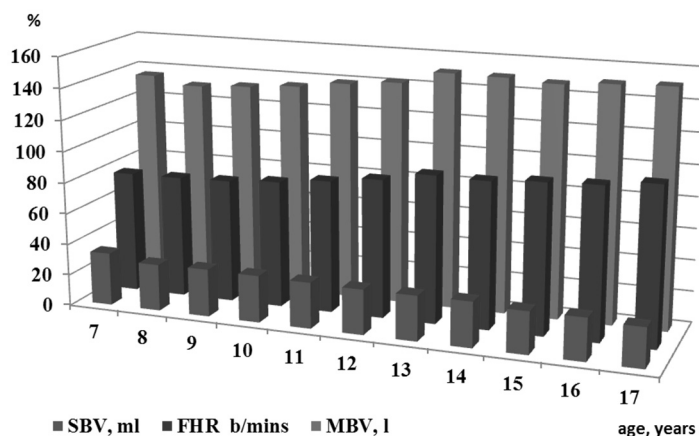


Figure 1. Changes in the blood circulation system of girls aged 7–17 in Pavlodar after a standard strain of 12 kg/min (increase in relation to the resting state, in %)

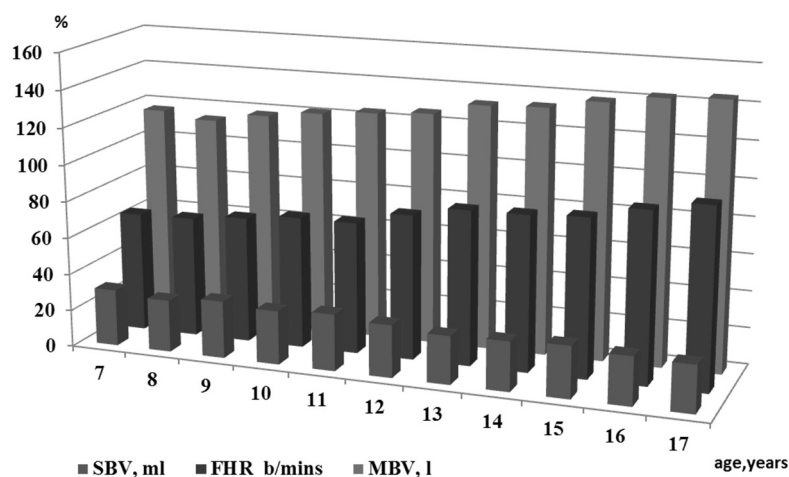


Figure 2: Changes in the blood circulation system in girls aged 7–17 in Kyzylorda after a standard load of 12 kg/min (increase in relation to the resting state, in %)

Thus, the increase in heart rate and MBV growth in the surveyed schoolgirls of both cities during puberty indicates a decrease in the economic activity of the circulatory system during this period of ontogenesis.

### Conclusion

Thus, in ontogenesis from 7 to 17 years of age, anthropometric and functional indicators of physical development of all examined schoolgirls significantly increased. It has been established that morphofunctional development of the examined girls is subject to general biological laws and is characterized by heterochronicity and discontinuity. There are significant differences between peers living in Pavlodar and Kyzylorda in many ages in terms of physical development (length, body weight, chest circumference, hand strength), especially in terms of relative indicators (Kettle index, stenin index). The data obtained testify to the regional peculiarities of schoolgirls' development and determine the need to continue monitoring studies and observations of changes in the condition of schoolgirls in these regions.

### References

- 1 Безруких М.М. Возрастная физиология (Физиология развития ребенка): учеб. пос. для студ. высш. пед. учеб. зав. / М.М. Безруких, В.Д. Сонькин, Д.А. Фарбер. — М.: Академия, 2003. — 416 с.
- 2 Баранов А.А. Состояние здоровья современных детей и подростков и роль медико-социальных факторов в его формировании / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Л.М. Сухарева // Вестн. Рос. академии мед. наук. — 2009. — № 5. — С. 6–11.
- 3 Нагаева Т.А. Оценка физического развития детей и подростков / Т.А. Нагаева, Н.И. Басарева, Д.А. Пономарева. — Томск, 2011. — 99 с.

- 4 Кабиева С.Ж. Морфофункциональное и нейрофизиологическое развитие детей и подростков 7–15 лет г. Павлодара: моногр. / С.Ж. Кабиева. — Павлодар, 2015. — 109 с.
- 5 Айзман Р.И. Здоровье населения России: медико-социальные и психолого-педагогические аспекты его формирования / Р.И. Айзман. — Новосибирск: СО РАМН, 1996. — 27 с.
- 6 Бунак В.В. Антропометрия / В.В. Бунак. — М.: Учпедгиз, 1941. — 182 с.
- 7 Воронцов И.М. Оценка антропометрических данных (лекция) / И.М. Воронцов // Вопросы охраны материнства и детства. — 1985. — Т. 30, № 6. — С. 6–11.
- 8 Табунов А.И. Основные методы определения количества жировой ткани в организме ребенка и их значение / А.И. Табунов // Педиатрия. — 1977. — № 10. — С. 90–93.
- 9 Рубанович В.Б. Врачебно-педагогический контроль при занятиях физической культурой / В.Б. Рубанович. — Новосибирск: Изд-во НИПКИПРО, 1998. — 283 с.
- 10 Шварц В.Б. К методике определения жировой и активной массы тела у спортсменов / В.Б. Шварц // Теория и практика физической культуры. — 1991. — № 1. — С. 21,22.
- 11 Starr Y. Clinical tests of simple method of estimating cardiac stroke volume from blood pressure and age // Circulation. — 1954. — № 9. — P. 664–668.
- 12 Пугина Н.С. Об использовании метода Старра у детей: сб. науч. работ аспирантов Ленинград. ин-та усовершенствования врачей / Н.С. Пугина, Я.Ф. Бомаш. — Л., 1963. — Вып. 40. — С. 64.
- 13 Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пос. для биол. спец. вузов / Г.Ф. Лакин. — 3-е изд; перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1980. — 293 с.
- 14 Рубанович В.Б. Онтогенез мальчиков в зависимости от типа конституции: моногр. / В.Б. Рубанович, Р.И. Айзман. — Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2004. — 196 с.
- 15 Самигуллин Г.Х. Реакция сердечно-сосудистой системы школьников на физическую нагрузку / Г.Х. Самигуллин // Растущий организм в условиях мышечной деятельности. — Казань: Изд-во Казан. пед. ин-та, 1990. — С. 116–125.

С.Ж. Кабиева, Ж.М. Мукатаева, А.А. Ахметова

### **Қазақстанның солтүстік және оңтүстік облыстарында тұратын 7–17 жастағы қыздардың морфофункционалды көрсеткіштерінің өсуі**

Мақала Павлодар және Қызылорда қалаларының 7–17 жас аралығындағы қазіргі заманғы оқушылардың морфофункционалды көрсеткіштерінің өсуін зерттеуге арналған. Дене ұзындығы, дене салмағы (ДҰ, ДС) және кеуде қуысының шеңбері (КҚШ), колдың күші (ҚК), қыз оқушылардың резервтік май мөлшері және белсенді дене салмағы және олардың 7-ден 17 жасқа дейінгі жас аралығындағы өсімі сияқты антропометриялық көрсеткіштері зерттеу нәтижелерінде келтірілген. Мақалада қан айналымы жүйесі көрсеткіштерінің өсуі: жүрек жиырылу жиілігі (ЖЖЖ), қанның систолалық көлемі (ҚСК), қыздарда қалыпты жағдайына қатысты қуаты 12 кг/мин стандартты жүктемені орындағаннан кейін қанның минуттық көлемі (ҚМК) (%-бен) көрсетілген. Онтогенезде 7 жастан 17 жасқа дейін барлық тексерілген оқушылардың физикалық дамуының антропометриялық және функционалды көрсеткіштері айтарлықтай ұлғайған. Павлодар және Қызылорда қалаларында тұратын құрдастарының арасында көптеген жастарда айтарлықтай айырмашылықтар бар екені атап өтілді. Мәселен, Қызылорда қаласы оқушыларының ДС, КҚШ, қол күші, белсенді дене салмағы көрсеткіштерінің мәні, Павлодар қ. құрдастарына қарағанда, төмен, ал ДҰ Қызылорда қ. тұратын қыздарда 14–17 жас аралығында айтарлықтай жоғары. Алынған мәліметтер мектеп оқушыларының дамуының аймақтық ерекшеліктері туралы куәландырады және мониторингтік зерттеулер мен осы өңірлердің мектеп оқушылары ағзасының жай-күйінің өзгерістеріне бақылау жасауды жалғастыру қажеттілігін анықтайды.

*Кілт сөздер:* морфофункционалды көрсеткіштер, қазіргі мектеп оқушылары, абсолюттік көрсеткіштер, салыстырмалы көрсеткіштер, физикалық даму, зерттеу мониторингі, дене ұзындығы, дене салмағы, кеуде қуысының шеңбері, жүрек жиырылу жиілігі.

С.Ж. Кабиева, Ж.М. Мукатаева, А.А. Ахметова

### **Прирост морфофункциональных показателей девочек 7–17 лет, проживающих в северных и южных областях Казахстана**

Статья посвящена изучению прироста морфофункциональных показателей современных школьниц 7–17 лет городов Павлодара и Кызылорды. Приведены результаты исследования таких антропометрических показателей, как длина, масса тела (ДТ, МТ), окружность грудной клетки (ОГК), силы кисти (КС), количество резервного жира и активная масса тела школьниц и их прирост в возрастном диапазоне от 7 до 17 лет. В статье показан прирост показателей системы кровообращения, таких как частота сердечных сокращений (ЧСС), систолический объем крови (СОК), минутный объем крови (МОК) у девочек

после выполнения стандартной нагрузки мощностью 12 кгм/мин кг по отношению к состоянию покоя (в %). Установлено, что в онтогенезе от 7 до 17 лет существенно увеличивались антропометрические и функциональные показатели физического развития всех обследованных школьников. Отмечено, что между сверстницами, проживающими в г. Павлодаре и Кызылорде, имеются существенные различия. Так, значения показателей МТ, ОГК, кистевой силы, активной массы тела у школьников г. Кызылорды ниже, чем у их сверстниц из г. Павлодара, тогда как ДТ выше, чем у девочек, проживающих в г. Кызылорде. Полученные данные свидетельствуют о региональных особенностях развития школьников и определяют необходимость продолжения мониторинговых исследований и наблюдений за изменениями состояния организма школьников данных регионов.

*Ключевые слова:* морфофункциональные показатели, современные школьники, абсолютные показатели, относительные показатели, физическое развитие, мониторинг исследования, длина тела, масса тела, окружность грудной клетки, частота сердечных сокращений.

## References

- 1 Bezrukikh, M.M., Sonkin, V.D., & Farber, D.A. (2003). *Vozrastnaia fiziologiia (Fiziologiia razvitiia rebenka)* [Age Physiology (Physiology of Child Development)]. Moscow: Akademiia [in Russian].
- 2 Baranov, A.A., Kuchma, V.R., & Sukhareva, L.M. (2009). *Sostoianie zdorovia sovremennykh detei i podrostkov i rol mediko-sotsialnykh faktorov v ego formirovani* [State of health of the modern children and teenagers and the role of the medical and social factors in its formation]. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk — Vestnik of the Russian Academy of Medical Sciences*, 5, 6–11 [in Russian].
- 3 Nagaeva, T.A., Basareva, N.I., & Ponamareva, D.A. (2011). *Otsenka fizicheskogo razvitiia detei i podrostkov* [Assessment of physical development of children and adolescents]. Tomsk [in Russian].
- 4 Kabieva, S.J. (2015). *Morfofunktionalnoe i neurofiziologicheskoe razvitie detei i podrostkov 7–15 let h. Pavlodara* [Morpho-functional and neurophysiological development of children and adolescents of 7–15 years old in Pavlodar]. Pavlodar [in Russian].
- 5 Aizman, R.I. (1996). *Zdorove naseleniia Rossii: mediko-sotsialnye i psikhologo-pedahohicheskie aspekty ego formirovaniia* [Health population of Russia: Medical, social and psychological and pedagogical aspects of its formation]. Novosibirsk: SO RAMS [in Russian].
- 6 Bunak, V.V. (1941). *Antropometriia* [Anthropometry]. Moscow: Uchpedhiz [in Russian].
- 7 Vorontsov, I.M. (1985). *Otsenka antropometricheskikh dannykh (lektsiia)* [Anthropometric data evaluation (lecture)]. *Voprosy okhrany materinstva i detstva — Issues of motherhood and childhood protection*, 30, 6, 6–11 [in Russian].
- 8 Tabunov, A.I. (1977). *Osnovnye metody opredeleniia kolichestva zhirovoi tkani v orhanizme rebenka i ikh znachenie* [Main methods of determining the amount of fatty tissue in a child's body and their value]. *Pediatriia — Pediatrics*, 10, 90–93 [in Russian].
- 9 Rubanovich, V.B. (1998). *Vrachebno-pedahohicheskii kontrol pri zaniatiiakh fizicheskoi kulturoi* [Medical and pedagogical control during physical training]. Novosibirsk: NIPKiPRO [in Russian].
- 10 Schwartz, V.B. (1991). *K metodike opredeleniia zhirovoi i aktivnoi massy tela u sportsmenov* [To the method of determination of fat and active body weight in athletes]. *Teoriia i praktika fizicheskoi kultury — Theory and practice of physical culture*, 1, 21–22 [in Russian].
- 11 Starr, Y. (1954). *Clinical tests of simple method of estimating cardiac stroke volume from blood pressure and age*. *Circulation*, 9, 664–668.
- 12 Pugina, N.S., & Bomash, Ya.F. (1963). *Ob ispolzovanii metoda Starra u detei* [About the use of the Starr method in children]. Leningrad [in Russian].
- 13 Lakin, G.F. (1980). *Biometriia* [Biometry]. (3rd ed.). Moscow: Vysshiaia shkola [in Russian].
- 14 Rubanovich, V.B., & Aizman, R.I. (2004). *Ontogenez malchikov v zavisimosti ot tipa konstitutsii* [Ontogenesis of boys depending on the type of constitution]. Novosibirsk: Izdatelstvo NGPU [in Russian].
- 15 Samigullin, G.H. (1990). *Reaktsiia serdechno-sosudistoi sistemy shkolnikov na fizicheskuiu nahruzku* [Reaction of the cardiovascular system of schoolchildren to physical activity]. *Rastushchii orhanizm v usloviakh myshechnoi deiatelnosti — Growing organism in the conditions of muscular activity*. (pp. 116–125). Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo Pedahohicheskogo Instituta [in Russian].

A.M. Rakhmetova<sup>1</sup>, G.K. Alshynbekova<sup>1</sup>, G.A. Tusupbekova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan;*

<sup>2</sup>*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

*(E-mail: gulnaz\_dak@mail.ru)*

## **Specificities of the workflow and evaluation of the working conditions of the working main professions of industrial rubber and technology production**

In the available literature there is a large number of diverse works on the assessment of the labor process and working conditions of industrial rubber production. At the same time, it is of interest and there is a practical need for a sanitary-hygienic assessment of the working conditions of workers in basic occupations who are in contact with chemical substances of a general toxic and irritant action during production. The production of industrial rubber products is based on a multistage intermittent technological process using numerous chemicals of the second, third and fourth classes of toxicity. During a work shift, production personnel is exposed to fractional and short-term exposure to toxic substances, therefore, the toxic effects of chemicals used in the industrial rubber industry to workers are enhanced, which was the purpose of the study. To assess the work process and the working conditions of the workers of the main occupations of industrial rubber production, the study of air dustiness, microclimate, and relative humidity was conducted. As a result of the research, it was established that one of the unfavorable production factors at the factory of the industrial rubber products is dustiness, air pollution, overcooling, overheating and considerable physical stress.

*Keywords:* industrial rubber production, technological process, toxic chemicals, dust formation, gas formation.

Currently, there is a lag in the growth of labor productivity, as evidenced by information and analytical materials about the dynamics of economic indicators in industries with harmful working conditions and hard work. Over the past decade, the share of people working in hazardous working conditions in organizations of various types of economic activity has increased significantly [1].

Certification of work places for the production of rubber products showed that the chemical factor is potentially dangerous in the studied production. In the air of the working area there were chemicals of I-IV hazard classes — dichloromethane, gasoline, styrene, benzopyrene, and soototalc, which have a harmful effect on organs: the nervous system, blood formation organs, cause liver damage, have mutagenic properties [2].

The identification of a group of chemical factors of the production environment in the manufacture of flexible rubber products must be carried out, since aggressive media and components with irritating, sensitizing, fibrogenic, carcinogenic and general toxic properties are used. Toxic stabilizers rubbers and, especially the nitrous and amino compounds of the aromatic series. Some chemicals can have a combined effect on the human body, others aggravate the effects of each other [3].

Industrial rubber production is a sub-industry of the petrochemical industry. It is characterized by high labor intensity and material consumption, due to the presence of a large number of manual operations necessary to ensure the technological process and the consumption of various materials (rubber, carbon black, etc.). Each ingredient gives rubber certain properties and it introduced into the mixture in a certain amount. Ingredients are divided into: 1) vulcanizing agents — sulfur, dithiomorpholine, zinc oxide, magnesium oxide, etc.; 2) vulcanization accelerators—tetraethylthiuramdisulfide, diphenylguanidine, captax, altax, sulfonamide and etc.; 3) activators — zinc oxide and etc.; 4) antiageing agent — neozone, aldol, quinol, unglazed porcelain, acetone anil, phthalic anhydride etc.; 5) reinforcing fillers or enhancers — carbon and etc. (to impart high tensile strength and high tear and abrasion resistance); 6) inert fillers — rubarx etc. (to ensure the process of mixing rubber compound, make it mangled and spewed) 7) coloring agent — antimony compounds, cadmium sulphide and etc., 8) fluidizing agent (softening agents) — petroleum oil flux, bitumen cutback and etc. According to the degree of toxicity, chemicals used in the manufacture of rubber include II, III, IV levels of toxic: antimonous acid anhydride, sulphur dioxide, cinnamene (II level), diphenylguanidine, tetramethylthiuramdisulfide, thiazone, carbon disulfide, carbolic acid (III level), scrape, black pigment, white zinc, dibutylphthalate (IV level) [4].

The factory workers of rubber products working on the main technological lines are affected by a complex of unfavorable production factors, the main of which are unfavorable microclimatic conditions, dustiness and air pollution. During a work shift, production personnel is exposed to fractional and short-term exposure to toxic substances [5].



The impact of unfavorable factors of the working environment is aggravated by a number of negative aspects in the very nature of work: monotony, forced working posture, the burden of labor processes, etc., negatively affecting the use of labor resources of workers as a result of their early development of industrial fatigue.

The technological process of rubber production consists of 4 stages: 1) making of rubber products; 2) rubber rolling; 3) pumping and vulcanization of products; 4) labeling, packaging of finished products.

The initial part of the technological chain involved in the preparation of rubber mixture for all production sites is the preparatory workshop. Preparation of rubber products is made in the preparatory workshop at the site of the sample, where all the ingredients entering the internal rubber mixer, must be pre-hung in a certain proportion according to the technological map, since these substances are in a powdery state, and the process is often only partially sealed and the main weighing is done manually, the elevated content of toxic dust is determined in the working area. When putting the bags with ingredients and removing them from the scales, there is considerable physical exertion. Suspended rubber compound materials in certain batches enter the area internal rubber mixer, in which the internal rubber mixers type (PC250/30; 250/20 and etc.) all rubber mass is mixed. On rubber mixers, automatic mixing process control is used. When ingredients are loaded into the nutrient funnels, quite a lot of toxic dust enters the workroom, when the finished mixture is unloaded of rubber mixes — gases. From the rubber mixers the mixture enters the rollers of the type CM-ПД-2130 600/600, located under rubber mixers on which sulfur is rolled into a composition at a temperature of 90 °C. After mixing (for 8–10 minutes), the quality is checked, cooled in water, then folded, covered with talc in layers and sent to syringe machines. Harm when rolling is dust, noise from rotors and the effect of heat factor [6, 7]. The main professional groups of preparatory workshop workers are: hangars, operators of internal rubbers mixers, roller men.

The next process chain begins in the form and conveyor-belt shops, separately derived from the preparatory shop. It produced at 60 °C by machine — (HСII-90, МЧГ-125; 160) forcing rubber through the profile head. The cooled profile is laid in spoons. The central part in the chain of preparation of rubber products is the vulcanization method of formation. Molding — vulcanization on presses ПХГ-6–212/4 (Hungary), 100H/89E (Czech Republic), steam presses D-4551, by heating the blanks through the walls of the molds, with the result that the product is given a certain shape. Vulcanization is carried out at a temperature of 180–200 °C under a pressure of 130–150 atmospheres for a period of time regulated by the flow sheet for the part. At the end of the vulcanization mode, the finished parts are unloaded from the mold into the boxes and cooled. When vulcanizing products, toxic substances are an unfavorable factor: high temperature, infrared radiation and physical exertion. The main professional groups of workers in the conveyor belt and molded workshops are: compression operators — vulcanizations, roller men, extruding machine operators, calender's operators, extrusion machine operators, integrators, transport workers. The final stage of the technological process is the control, marking and packaging of parts.

Steam and gases of toxic chemicals formed during the rubber production process are complex chemical multicomponent compounds. They mainly consist of complex organic substances formed during chemical transformations. So, the composition of vulcanization gases includes more than 150 substances of 5 groups of chemical compounds: organosulfur — 30 %, aromatic hydrocarbons — 24 %, aldehydes and ketones — 20 %, hard wax and cyclanes — 16 %, amines — 10 %. The main route of entry into the body of toxic chemicals at the factory of rubber products is inhalation. They receive: chlorine hydride, manganese oxides and hydrocarbons, petroleum benzin, thiuram, captax, mist spray and aniline.

Manganese oxides, coarse and fine aerosols of chromium oxide, sulfur dioxide, hydrogen chloride and gasoline can penetrate the skin. A significant contribution to the development of intoxication and cumulation of toxic chemicals is their intake through the mucous membranes of the eyes, upper respiratory tract and the gastrointestinal tract. Intake of harmful chemicals under production conditions can occur when ingesting dust, smoking, eating food, etc. Therefore, these toxic chemicals enter the body of the working personnel of the main occupations of rubber production, mainly in a combined way.

In the available literature there is a large number of diverse works on the assessment of the labor process and working conditions of rubber production. At the same time, it is of interest and there is a practical need for a sanitary-hygienic assessment of the working conditions of workers in basic occupations who are in contact with chemical substances of a general toxic and irritant action during production. Considering that the production of rubber products is based on a multistage intermittent technological process using numerous chemicals of the second, third and fourth classes of toxicity, and during a work shift, production personnel is

subjected to fractional and short-term exposure to toxic chemicals working in the rubber industry, sanitary assessment of working conditions of workers SIC rubber-production professionals.

### *Methodology*

To assess the working conditions of workers in the main occupations of rubber production, the following sanitary and hygienic studies were conducted: the study of air dustiness by the aspiration-weighting method with sampling filters АФА-10 electric aspirator [8, 9], gas chromatography method [10], the study of the microclimate in terms of temperature and relative humidity with an aspiration Assman psychrometer, a spherical cathetometer and a wing anemometer [11]. There were conducted a research with specialists from the National Center for Occupational Hygiene and Occupational Diseases of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan.

### *Results and discussion.*

The microclimate of the rubber products plant, depending on the season, and the specifics of the technological process, is subject to sharp fluctuations. Under the influence of unfavorable factors of production such as overcooling, overheating, significant physical stress, etc. The toxic effect of chemicals used in the rubber industry [12, 13] increases. The analysis of the microclimate at workplaces in the preparatory and conveyor-belt shops of rubber production was carried out. The analysis of microclimatic studies, studied in the cold and warm period of the year, made it possible to establish its dependence on the technological process stage, the building construction features, and also the temperature conditions of the outside air. It was established that, depending on the time of year, both the heating microclimate and the cooling microclimate are formed in the production premises. The studies were conducted at an outdoor air temperature equal to  $(-8.5 \pm 0.9)$  below zero, on average. Analysis of the microclimatic conditions showed that in the cold season there is a decrease in air temperature in the preparatory workshop at the hinge section of ingredients, where the average air temperature was 5.0 °C, air humidity was 80 %, and at the rubber mixer section the air temperature was 2.0 °C, air humidity — 86 %, while the temperature in the conveyor-belt workshop at the workplace of the driver-roller, the air temperature was 14.0 °C, air humidity — 73 %, the driver-calender air temperature — 15.0 °C, humidity — 70 %, a collector of conveyor belts and a pressman-vulcanizer, the air temperature is 16 °C, the humidity is 75 %.

During the warm period of the year, the air temperature of the production premises is allowed up to 25 °C with relative humidity of 30–60 %. The outdoor temperature was 22.8 °C. With a heating microclimate, the air temperature in the production premises is allowed 3 °C higher than the outside. The average air temperature in the preparatory workshop at the hinge section was 21.0 °C, the air humidity was 75 %, at the rubber mixer section the air temperature was 22.4 °C, and the air humidity was 73 %. In the conveyor-belt shop, the air temperature at workplaces was 23 °C, at a relative humidity of 80 %. It should be noted that the unfavorable microclimate of the production environment in the conveyor-belt and molded workshops of the plant is due to the technological features of the vulcanization process. Heat is supplied by a mixed radiation-convective type, since the surfaces of the molds, vulcanization rubber products are sources of infrared radiation. The temperature of the surface of the molds during extraction from the molds reaches 160–180 °C, and the temperature of the molds during recharging is more than 100 °C. All this creates high levels of radiation and causes an unfavorable temperature regime of production.

Thus, the unfavorable microclimate of the production environment in the main workshops is due to the large area of the premises, not isolated between themselves, both vertically and horizontally, insufficient heating system power, and also features of the technological process of vulcanization, which contribute to the formation of adverse temperature conditions at workplaces.

One of the unfavorable production factors at the factory rubber products is the dustiness of the air. The technological process of production is inevitably associated with dust and gas formation. The formation of aerosols of disintegration of complex composition in the working area is due to incomplete automation of the process, the use of manual techniques (rubbing, weighing, screening, backfilling and loading of bulk substances), the lack of local aspiration in the area of weighing and storing bulk materials. A high concentration of toxic dust of mixed composition was observed at the moment of loading the ingredients into the rubber mixer funnel manually. As a result of the research conducted, it was established that in the preparatory workshop at the workplace of a hitch weeper the dust of mixed composition is: thiuram — 3.3 mg/Nm<sup>3</sup> at maximum allowable concentration — 0.5 mg/Nm<sup>3</sup>, sulfur — 6.9 mg/Nm<sup>3</sup> at maximum allowable concentration — 2.0 mg/Nm<sup>3</sup>, carbon — 14.0 mg/Nm<sup>3</sup>, at maximum allowable concentration — 4.0 mg/Nm<sup>3</sup>, talc —

5.1 mg/Nm<sup>3</sup>, at maximum allowable concentration — 4.0 mg/m<sup>3</sup>. At workplaces of the rubber mixer, the steamer cabinet was installed an excess of phenol, which amounted to 0.38 mg/Nm<sup>3</sup> at the maximum permissible concentration is — 0.3 mg/Nm<sup>3</sup>. The results of sanitary and hygienic studies have shown that the content of phenol, carbon monoxide, sulfur dioxide, vapors of hydrochloric acid, nitric oxide at workplaces do not exceed the maximum permissible concentration of harmful substances in the working area air, except for the workplace of the roller operator a tape shop, where the phenol content is 0.38 mg/Nm<sup>3</sup>, with a normalized value 0.3 mg/Nm<sup>3</sup>.

### Conclusions

Thus, the results of the studies showed that the excess of the maximum permissible concentration was established in the preparatory workshop at the workplace of the driver-rubber mixer (excess of the maximum permissible concentration of phenol by 1.3 times), hanging weight (exceeding the maximum permissible concentration of thiuram more than 6.6, sulfur — 3.5, carbon black — 3.5, talc — 1.3). In the conveyor-belt shop the excess of the maximum permissible concentration is set at the workplace of the driver-roller (the excess of the maximum permissible concentration of phenol is more than 1.3). Consequently, a study of the working conditions of workers in the main occupations of rubber production revealed that the «multifactorial» technology and the specifics of technological processes form a complex of unfavorable factors of the working environment, of which are mixed dust (thiuram, talc, soot, sulfur, etc.), vulcanization gases (phenol), microclimate. In this connection, the risk increases not only of general morbidity, but also of pathology on the part of the respiratory organs, the gastrointestinal tract, the hepatobiliary system, etc.

### References

- 1 Шевелева Т.Е. Медико-социологическое исследование состояния условий труда рабочих основных профессий при производстве резинотехнических изделий // Вестн. новых мед. технологий. — 2016. — № 23. — С. 1–10.
- 2 Тимашева Г.В. Лабораторные маркеры ранних метаболических нарушений у работников производства резинотехнических изделий / Г.В. Тимашева, А.Б. Бакиров, Э.Т. Валеева // Клиническая лабораторная диагностика. — 2015. — № 7. — С. 32–34.
- 3 Шильникова Н.В. Идентификация вредных и опасных факторов в производстве резинотехнических изделий по специальной оценке условий труда на предприятии АО «Кварт» /Н.В. Шильникова, А.А. Карпова // Вестн. технолог. ун-та. — 2016. — Т. 19, № 6. — С. 89–92.
- 4 Заугольников С.Д. Экспрессные методы определения токсичности и опасности химических веществ / С.Д. Заугольников, М.И. Качалов, А.О. Лойд. — М., 1978. — 184 с.
- 5 Измеров Н.Ф. Методология оценки профессионального риска в медицине труда / Н.Ф. Измеров, Э.И. Денисов, Н.Н. Молодкина, Г.К. Радиопова // Медицина труда и промышленная экология. — 2001. — № 12. — С. 1–7.
- 6 Гигиенические критерии оценки и классификации по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности процесса. — Астана, 2003. — 100 с.
- 7 Закон РК от 28.02.2015. № 174 «Об утверждении санитарных норм. Санитарно-эпидемиологические требования к зданиям и сооружениям производственного назначения». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010939>
- 8 Муравьева С.И. Санитарно-гигиенический контроль воздуха промышленных предприятий / С.И. Муравьева, М.Д. Бабина, А.Г. Атласов, И.С. Новикова. — М., 1982. — 346 с.
- 9 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: № 1.02.011.-94 // Санитарные правила и нормы по гигиене труда в промышленности. — Омск, 1995. — С. 190–257.
- 10 Яворская С.Ф. Газовая хроматография — метод определения вредных веществ в воздухе и в биологических средах / С.Ф. Яворская. — М., 1972. — 207 с.
- 11 Санитарные нормы микроклимата производственных помещений № 1.02.006.-94 // Санитарные правила и нормы по гигиене труда и промышленности. — Омск, 1995. — С. 265–275.
- 12 Алтынбеков Б.Е. Особенности трудового процесса и оценка функционального состояния организма рабочих АО «Кагадандарезинотехника» / Б.Е. Алтынбеков, Ж.Х. Сембаев // Вестн. Южно-Казахстан. мед. акад. — 2000. — № 3. — С. 107–112.
- 13 Чекаль В.Н. О путях развития теории комбинированного действия химических соединений на организм / В.Н. Чекаль, В.И. Сватков, Н.Г. Митрофанова // Гигиена и санитария. — 1990. — № 8. — С. 94–96.

А.М. Рахметова, Г.К. Алшынбекова, Г.А. Тусупбекова

## Техникалық резеңке өндірісіндегі негізгі кәсіби жұмысшылардың еңбек жағдайлары мен еңбек үрдісінің ерекшеліктерін бағалау

Әдебиеттерде техникалық резеңке өндірісінің жұмыс жағдайы мен еңбек үрдісін бағалау бойынша көптеген әртүрлі жұмыстар кездеседі. Сонымен қатар химиялық заттармен өндіріс процесінде жалпы уытты және тітіркендіргіш әрекеттермен байланыс жасайтын негізгі кәсіптердегі жұмысшылардың еңбек жағдайларын санитарлық-гигиеналық бағалауда практикалық маңыздылығы зор және қызығушылық тудырады. Техникалық резеңке бұйымдарының өндірісі уыттылықтың екінші, үшінші және төртінші кластарындағы көптеген химиялық заттарды пайдаланатын көпсатылы үзіліссіз технологиялық үрдіске негізделген. Жұмыс ауысымында өндіріс қызметкерлері улы заттардың фракциялық және қысқамерзімді әсеріне ұшырайды, сондықтан техникалық резеңке өнеркәсібінде қолданылатын химиялық заттардың улы әсерлерінің көбеюі жұмыстың негізгі мақсаты болып табылады. Техникалық резеңке өндірісінің негізгі жұмысшыларының жұмыс үрдісін және жұмыс жағдайын бағалау үшін ауаның шаңдылығын, микроклиматты және салыстырмалы ылғалдылығын зерттеу жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде техникалық резеңке өнімдері зауытындағы қолайсыз өндірістік факторлар болып шаң, ауаның ластануы, суып кету, қызып кету және аздаған физикалық кернеу табылады.

*Кілт сөздер:* техникалық резеңке өндірісі, технологиялық үрдістер, улы химикаттар, шанның пайда болуы, газдың пайда болуы.

А.М. Рахметова, Г.К. Алшынбекова, Г.А. Тусупбекова

## Особенности трудового процесса и оценка условий труда рабочих основных профессий резинотехнического производства

В литературе имеется большое количество разноплановых работ по оценке трудового процесса и условий труда резинотехнического производства. Представляет интерес и существует практическая необходимость санитарно-гигиенической оценки условий труда рабочих основных профессий, контактирующих в процессе производства с химическими веществами общетоксического и раздражающего действия. В основе производства резинотехнических изделий лежит многостадийный прерывистый технологический процесс с использованием многочисленных химических веществ второго, третьего и четвертого классов токсичности. За рабочую смену производственный персонал подвергается фракционному и кратковременному воздействию токсических веществ, следовательно, усиливается токсическое воздействие химических веществ, применяемых в резинотехнической промышленности на работающих, что и явилось целью исследования. Для оценки трудового процесса и условий труда рабочих основных профессий резинотехнического производства проводились изучение запыленности воздуха, микроклимата, относительной влажности. В результате проведенных исследований установлено, что неблагоприятными производственными факторами на заводе резинотехнических изделий являются запыленность, загазованность воздуха, переохлаждение, перегрев и значительное физическое напряжение.

*Ключевые слова:* резинотехническое производство, технологический процесс, токсичные химические вещества, пылеобразование, газообразование.

## References

- 1 Sheveleva, T.E. (2016). Mediko-sotsiologicheskoe issledovanie sostoiianiia uslovii truda rabochikh osnovnykh professii pri proizvodstve rezinotekhnicheskikh izdelii [Medical sociological research of the working conditions of workers in major professions in the production of rubber products]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnolohii — Bulletin of new medical technologies*, 23, 1–10 [in Russian].
- 2 Timasheva, G.V., Bakirov, A.B., & Valeeva, A.T. (2015). Laboratornye markery rannikh metabolicheskikh narushenii u rabotnikov proizvodstva rezinotekhnicheskikh izdelii [Laboratory markers of early metabolic abnormalities in workers of rubber products manufacturing]. *Klinicheskaya laboratornaya diahnostika — Clinical laboratory diagnostics*, 7, 32–34 [in Russian].
- 3 Shilnikova, N.V., & Karpova, A.A. (2016). Identifikatsiia vrednykh i opasnykh faktorov v proizvodstve rezinotekhnicheskikh izdelii po spetsialnoi otsenke uslovii truda na predpriatii АО «Kvart» [Identification of harmful and hazardous factors in the production of rubber products by a special assessment of working conditions at the enterprise «Kvart» JSC]. *Vestnik tekhnolohicheskoho universiteta — Bulletin of the Technological University*, 9, 6, 89–92 [in Russian].
- 4 Zaugolnikov, S.D., Kachalov, M.I., & Lloide, A.O. (1978). *Ekspressnye metody opredeleniia toksichnosti i opasnosti khimicheskikh veshchestv* [Express methods for determining the toxicity and hazard of chemicals]. Moscow [in Russian].

5 Izmerov, N.F., Denisov, A.I., Molodkina, N.N., & Radionova, G.K. (2001). Metodolohiia otsenki professionalnogo riska v meditsine truda [The methodology of evaluation of occupational risk in occupational medicine]. *Meditsina truda i promyshlennaia ekolohiia — Occupational Medicine and Industrial Ecology*, 12, 1–7 [in Russian].

6 *Hihienicheskie kriterii otsenki i klassifikatsii po pokazateliu vrednosti i opasnosti faktorov proizvodstvennoi sredy, tiazhesti i napriazhennosti protsessa* [Hygienic criteria for assessing and classifying according to the indicators of hazard and danger of factors of the production environment, the severity and intensity of the process]. (2003). Astana [in Russian].

7 Ob utverzhenii sanitarnykh norm. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniia k izdaniiam i sooruzheniiam proizvodstvennogo naznacheniiia. Zakon RK № 174 ot 28.02.2015 [About the statement of sanitary standards. Sanitary and epidemiological requirements for publications and facilities for industrial purposes The Law of RK № 174 since 28.02.2015]. *adilet.zan.kz* Retrieved from <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010939> [in Russian].

8 Muravyeva, S.I. Babina, M.D., Atlasov, A.G., & Novikova, I.S. (1982). *Sanitarno-hihienicheskii kontrol vozdukha promyshlennykh predpriatii* [Sanitary and hygienic air control of industrial enterprises]. Moscow [in Russian].

9 Predelno-dopustimye kontsentratsii (PDK) vrednykh veshchestv v vozdukhie rabochei zony: № 1.02.011.-94 [The maximum permissible concentration (MPC) of harmful substances in the air of the working area: No. 1.02.011.-94]. *Sanitarnye pravila i normy po hihiene truda v promyshlennosti — Sanitary regulations and standards for occupational health in industry*. (1995). Omsk [in Russian].

10 Yavorskaya, S.F. (1972). *Gazovaia khromatohrafiia — metod opredeleniia vrednykh veshchestv v vozdukhie i v biologicheskikh sredakh* [Gas chromatography is a method for the determination of harmful substances in the air and in biological media]. Moscow [in Russian].

11 Sanitarnye normy mikroklimata proizvodstvennykh pomeshchenii № 1.02.006.-94. [Sanitary norms of the microclimate of industrial premises No. 1.02.006.-94]. *Sanitarnye pravila i normy po hihiene truda i promyshlennosti — Sanitary rules and norms on occupational health and industry*. (1995). Omsk [in Russian].

12 Altynbekov, B.E., & Sembayev, Z.K. (2000). Osobennosti trudovogo protsessa i otsenka funktsionalnogo sostoiianiia orhanizma rabochikh AO «Karahandarezinotekhnika» [Features of the labor process and the assessment of the functional state of the body of workers of JSC «Karagandarazinotekhnika»]. *Vestnik Yuzhno-Kazakhstanskoi meditsinskoi akademii — Bulletin of the South Kazakhstan Medical Academy*, 3, 107–112 [in Russian].

13 Chekal, V.N., Svatkov, V.I., & Mitrophanova, N.G. (1990). O putiakh razvitiia teorii kombinirovannogo deistviia khimicheskikh soedinenii na orhanizm [On the development of the theory of the combined action of chemical compounds on the body]. *Hihiena i sanitariia — Hygiene and Sanitation*, 8, 94–96 [in Russian].

---

## АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT AUTHORS

- Abukenova, V.S.** — Candidate of biological sciences, associated professor of Zoology Department, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Aidarkhanova, G.S.** — Associate professor, professor of Biological Sciences Department, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, Kazakhstan.
- Aipeisova, S.A.** — Doctor of biological sciences, professor, head of Plant Genetic Resources Laboratory, S. Baishev Aktobe University, Kazakhstan.
- Akhmedzhanov, R.R.** — Doctor of biological sciences, professor, Life Safety Department, Tomsk State Pedagogical University, Russia.
- Akhmetova, A.A.** — Undergraduate, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan.
- Alshynbekova, G.K.** — Candidate of biological sciences, docent, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Atraybaeva R.N.** — Senior lecturer, Abay Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan.
- Bakhtaulova, A.S.** — Candidate of biological sciences, associate professor, director of Science and Strategic Development Center, I. Zhansugurov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan.
- Bakibayev A.A.** — Doctor of chemical sciences, professor, Physical and Analytical Chemistry Department, Tomsk State University, Russia.
- Barmak, S.M.** — PhD student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
- Beisenbaeva, M.E.** — PhD student, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan.
- Berdygaliev, A.B.** — Candidate of medical sciences, Kazakh Academy of Nutrition, Almaty, Kazakhstan.
- Blyalova, M.Zh.** — Student of Biotechnology of Biology and Geography Faculty, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Blyalova, Zh.Zh.** — Teacher of Zoology Department, master of science, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Britko, V.V.** — Candidate of biological sciences, associate professor, Karaganda Medical University, Kazakhstan.
- Chervyakova O.V.** — Candidate of biological sciences, chief researcher, RSE «Research Institute for Problems of Biological Safety», Gvardeisky village, Zhambul region, Kazakhstan.
- Demets, O.V.** — Master of chemistry, research fellow, Research Institute «New materials», Karaganda State Technical University, Kazakhstan.
- Drobchenko, E.A.** — Teacher, Non-Profit Joint-Stock Company «Medical University of Karaganda», Kazakhstan.
- Elshina, K.A.** — Master of biology, lecturer of Zoology Department, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Gongalsky, K.B.** — Doctor of biological sciences, senior researcher, M.V. Lomonosov Moscow State University, Russia.
- Grebeneva, O.V.** — Doctor of medical sciences, chief researcher, Non-Profit Joint-Stock Company «Medical University of Karaganda», Kazakhstan.
- Ibraibekov, Zh.G.** — PhD student, master of natural science, senior lecturer of Zoology Department, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.

- Imasheva, B.S.** — Doctor of biological sciences, professor, chief coordinator of the Independent Agency for Quality Assurance of Education, Nur-Sultan, Kazakhstan.
- Isabek, A.U.** — Senior laboratory assistant, RSE «Research Institute for Problems of Biological Safety», Gvardeisky village, Zhambul region, Kazakhstan.
- Ishmuratova, M.Yu.** — Candidate of biological sciences, Associate professor, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Janiga, M.** — Prof., PhD, Institute of High Mountain Biology, University of Zilina, Slovakia.
- Kabieva, S.Zh.** — Candidate of biological sciences, associated professor, Pavlodar State Pedagogical University, Kazakhstan.
- Kabulova, F.D.** — PhD, associate professor, Plant Physiology and Microbiology Department, Alisher Navoi Samarkand State University, Uzbekistan.
- Kambarova, A.** — Master of pedagogical sciences, acting head of the Laboratory of Bioresources, Scientific Research Institute of Biotechnology Problems, I. Zhansugurov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan.
- Kanafina, B.A.** — Master of natural science, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Karasholakova, L.N.** — PhD, researcher, Laboratory of Germplasm Cryopreservation at the Institute of Plant Biology and Biotechnology, Committee of Science, Ministry of Education and Science, Almaty, Kazakhstan.
- Kartbaeva, G.T.** — Candidate of biological sciences, docent, head of Zoology Department, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Kasenov, R.Z.** — Candidate of chemical sciences, docent, director of Research Institute «New materials», Karaganda State Technical University, Kazakhstan.
- Kazkeev, E.T.** — Associate professor of the Department of Agriculture and Ecology, S. Baishev Aktobe University, Kazakhstan.
- Khamchiev, K.M.** — C.m.sc., professor, head of physiology Department, JSC «Medical University of Astana», Kazakhstan.
- Kirillov, V.Yu.** — Candidate of chemical sciences, associate professor, deputy director general on Research, Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Shchuchinsk, Kazakhstan.
- Kopytkova, L.A.** — Head of Laboratory at «Forestry Nursery» JSC, Aktogai, Almaty region, Kazakhstan.
- Kozhabergenov, N.S.** — Researcher, Research Institute for Biological Safety Problems, Gvardeisky village, Zhambul region, Kazakhstan.
- Kushnarenko, S.V.** — Candidate of biological sciences, associated professor, head of the Germplasm Cryopreservation Laboratory at the Institute of Plant Biology and Biotechnology, Committee of Science, Ministry of Education and Science, Almaty, Kazakhstan.
- Makhmutova, I.A.** — Senior laboratory assistant, Laboratory of Germplasm Cryopreservation, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Committee of Science, Ministry of Education and Science, Almaty, Kazakhstan.
- Mendenhall, I.H.** — PhD, Duke-NUS Medical School, Singapore.
- Mukatayeva, Zh.M.** — Doctor of biological sciences, professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan.
- Mukhami, N.N.** — Graduate student, I. Arabayev Kyrgyz State University, Bishkek, Kyrgyzstan, senior laboratory assistant, Research Institute for Biological Safety Problems, Gvardeisky village, Zhambul region, Kazakhstan.
- Myrzabaev, A.B.** — Candidate of pedagogical sciences, associate professor, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Novak, A.P.** — Researcher, Altai branch of the Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Ridder, Kazakhstan.
- Rakhmetova, A.M.** — Candidate of medical sciences, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.

- Ramazanov, A.K.** — Master of biology; senior lecturer of Zoology Department, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Romadanova, N.V.** — Candidate of biological sciences, leading researcher, Laboratory of Germplasm Cryo-preservation at the Institute of Plant Biology and Biotechnology, Committee of Science, Ministry of Education and Science, Almaty, Kazakhstan.
- Rsaliyev, A.S.** — Candidate of agriculture sciences, Head of the Laboratory, Research Institute for Biological Safety Problems, Gvardeisky village, Zhambul region, Kazakhstan.
- Rybalkina, D.Kh.** — Candidate of medical sciences, associate professor, Non-Profit Company «Medical University of Karaganda», Kazakhstan.
- Saibulatova, V.B.** — Complex Surveying Regional Branch Enterprise «SPCF», Almaty, Kazakhstan.
- Savitskaya, I.S.** — Doctor of biological sciences, professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
- Seilkhan, A.S.** — PhD student, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan.
- Shadetova, A.Zh.** — Candidate of biological sciences, leading researcher, Non-Profit Company «Medical University of Karaganda», Kazakhstan.
- Shandaulov, A.Kh.** — C.m.sc., assistant professor of Physiology Department, JSC «Medical University of Astana», Kazakhstan.
- Sharmanov, T.Sh.** — Doctor of medical sciences, professor, Kazakh Academy of Nutrition, Almaty, Kazakhstan.
- Shynybekova G.O.** — Junior researcher, Research Institute for Biological Safety Problems, Gvardeisky village, Zhambul region, Kazakhstan.
- Sinyavskiy, Yu.A.** — Doctor of biological sciences, professor, Kazakh Academy of Nutrition, Almaty, Kazakhstan.
- Strochkov, V.M.** — Senior Researcher, «Molecular biology and genetic engineering» laboratory of the «Research Institute for Biological Safety Problems» of the CS MES RK, Gvardeisky, Zhambul region, Kazakhstan.
- Sultankulova, K.T.** — Candidate of biological sciences, professor, «Molecular biology and genetic engineering» laboratory of the «Research Institute for Biological Safety Problems» of the CS MES RK, Gvardeisky, Zhambul region, Kazakhstan.
- Tailakova, E.T.** — Researcher, Research Institute for Biological Safety Problems, Gvardeisky village, Kazakhstan.
- Tashev, A.** — Doctor of biological sciences, professor, professor of Botany Department, University of Forestry, Sofia, Bulgaria.
- Tusupbekova, G.A.** — Candidate of medical sciences, docent, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
- Utarbaeva, N.A.** — Teacher, K. Zhubanova Aktobe Regional State University, Kazakhstan.
- Zhakupzhanova, M.F.** — Master of pedagogical sciences, acting junior researcher of the Laboratory of Bio-resources, Scientific Research Institute of biotechnology problems, I. Zhansugurov Zhetysu State University, Taldykorgan, Kazakhstan.
- Zhanbasinova, N.M.** — Candidate of biological sciences, specialist, Non-Profit Joint-Stock Company «Medical University of Karaganda», Kazakhstan.
- Zholdybaeva, E.V.** — Candidate of biological sciences, National Center for Biotechnology, Nur-Sultan, Kazakhstan.
- Zhomartova, G.Zh.** — Master of biology, senior lecturer of Zoology Department, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Zhumadilov, S.S.** — PhD student, master of biology, senior lecturer of Zoology Department, Ye.A. Buketov Karaganda State University, Kazakhstan.
- Zhumagul, M.Zh.** — PhD student, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.