



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

BULLETIN **OF THE KARAGANDA UNIVERSITY**

BIOLOGY.
MEDICINE.
GEOGRAPHY
Series

№ 3(111)/2023

ISSN-L 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(111)/2023

Шілде–тамыз–қыркүйек
30 қыркүйек 2023 ж.

Июль–август–сентябрь
30 сентября 2023 г.

July–August–September
September 30th, 2023

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, 2023
Караганда, 2023
Karaganda, 2023

Бас редакторы
биол. ғыл. канд.
М.Ю. Ишмуратова

Жауапты хатшы
биол. ғыл. канд.
С.У. Тлеуменова

Редакция алқасы

М. Броди,	PhD д-ры, Америка университеті, Вашингтон (АҚШ);
Р.Г. Оганесян,	PhD д-ры, Пенсильвания университеті, Филадельфия (АҚШ);
К.-Д. Конерт,	мед. ғыл. д-ры, Диабет институты, Карлсбург (Германия);
Аммад Ахмад Фаруки	PhD д-ры, Биомедициналық және генетикалық инженерия институты, Исламабад (Пакистан);
С.В. Кушнаренок,	биол. ғыл. канд., Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Алматы (Қазақстан);
Г.Г. Мейрамов,	мед. ғыл. д-ры, акад. Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті (Қазақстан);
А.В. Панин,	геогр. ғыл. д-ры, М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті (Ресей);
Р.Т. Бексеитова,	геогр. ғыл. д-ры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы (Қазақстан);
О.Л. Макарова,	биол. ғыл. канд., РГА А.Н. Северцов атындағы Экология және эволюция институты, Мәскеу (Ресей)

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

Тел.: (7212) 77-00-69; факс: (7212) 35-63-98.

E-mail: bulletin_karsu_biology@mail.ru

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

Атқарушы редактор
PhD д-ры **Г.Б. Саржанова**

Редакторлары
Ж.Т. Нурмуханова, С.С. Балкеева, И.Н. Муртазина

Компьютерде беттеген
М.С. Бабатаева

Қарағанды университетінің хабаршысы. «Биология. Медицина. География» сериясы. № 3(111)/2023. — 244 б. — ISSN-L 2518-7201 (Print). ISSN 2663-5003 (Online).

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

Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігімен тіркелген. 30.09.2020 ж. № KZ32VPY00027389 қайта есепке қою туралы куәлігі.

Басуға 29.09.2023 ж. қол қойылды. Пішімі 60×84 1/8. Қағазы офсеттік. Көлемі 30,5 б.т. Таралымы 200 дана. Бағасы келісім бойынша. Тапсырыс № 77.

«Акад. Е.А. Бөкетов ат. Қарағанды ун-ті» КЕАҚ баспасының баспаханасында басылып шықты.

100024, Қазақстан, Қарағанды қ., Университет к-сі, 28. Тел. (7212) 35-63-16. E-mail: izd_kargu@mail.ru

© Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, 2023

Главный редактор
канд. биол. наук
М.Ю. Ишмуратова

Ответственный секретарь
канд. биол. наук
С.У. Тлеуменова

Редакционная коллегия

М. Броди,	д-р PhD, Американский университет, Вашингтон (США);
Р.Г. Оганесян,	д-р PhD, Пенсильванский университет, Филадельфия (США);
К.-Д. Конерт,	д-р мед. наук, Институт Диабета, Карлсбург (Германия);
Аммад Ахмад Фаруки,	д-р PhD, Институт биомедицинской и генетической инженерии, Исламабад (Пакистан);
С.В. Кушнаренко,	канд. биол. наук, Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы (Казахстан);
Г.Г. Мейрамов,	д-р мед. наук, Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова (Казахстан);
А.В. Панин,	д-р геогр. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Россия);
Р.Т. Бексеитова,	д-р геогр. наук, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы (Казахстан);
О.Л. Макарова,	канд. биол. наук, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва (Россия);

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

Тел.: (7212) 77-00-69; факс: (7212) 35-63-98.

E-mail: bulletin_karsu_biology@mail.ru

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

Исполнительный редактор
д-р PhD **Г.Б. Саржанова**

Редакторы
Ж.Т. Нурмуханова, С.С. Балкеева, И.Н. Муртазина

Компьютерная верстка
М.С. Бабатаева

Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». — № 3(111)/2023. — 244 с. — ISSN-L 2518-7201 (Print). ISSN 2663-5003 (Online).

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

Зарегистрировано Министерством информации и общественного развития Республики Казахстан. Свидетельство о постановке на переучет № KZ32VPY00027389 от 30.09.2020 г.

Подписано в печать 29.09.2023 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Объем 30,5 п.л. Тираж 200 экз. Цена договорная. Заказ № 77.

Отпечатано в типографии издательства НАО «Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова». 100024, Казахстан, г. Караганда, ул. Университетская, 28. Тел. (7212) 35-63-16. E-mail: izd_kargu@mail.ru

© Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова, 2023

Chief Editor
Cand. of biology
M.Yu. Ishmuratova

Responsible secretary
Cand. of biology
S.U. Tleukenova

Editorial board

M. Brody,	PhD, American University, Washington, DC (USA);
R.G. Oganessian,	PhD, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA (USA);
K.-D. Kohnert,	MD, German Diabetes Center, Karlsburg (Germany);
Ammad Ahmad Farooqi	PhD, Institute of Biomedical and Genetic Engineering (IBGE), Islamabad, Pakistan;
S.V. Kushnarenko,	Cand. of biology, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty (Kazakhstan);
G.G. Meyramov,	MD, Karagandy University of the name of acad. E.A. Buketov (Kazakhstan);
A.V. Panin,	Doctor of geography, M.V. Lomonosov Moscow State University (Russia);
R.T. Bekseitova,	Doctor of geography, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty (Kazakhstan);
O.L. Makarova,	Cand. of biology, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow (Russia)

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

Tel.: (7212) 77-00-69; fax: (7212) 35-63-98.

E-mail: bulletin_karsu_biology@mail.ru

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

Executive Editor
PhD **G.B. Sarzhanova**

Editors
Zh.T. Nurmukhanova, S.S. Balkeyeva, I.N. Murtazina

Computer layout
M.S. Babatayeva

Bulletin of the Karaganda University. "Biology. Medicine. Geography" Series. — № 3(111)/2023. — 244 p. — ISSN-L 2518-7201 (Print). ISSN 2663-5003 (Online).

Proprietary: NLC "Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov".

Registered by the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan. Rediscount certificate No. KZ32VPY00027389 dated 30.09.2020.

Signed in print 29.09.2023. Format 60×84 1/8. Offset paper. Volume 30,5 p.sh. Circulation 200 copies. Price upon request. Order № 77.

Printed in the Publishing house of NLC "Karagandy University of the name of acad. E.A. Buketov".
28, University Str., Karaganda, 100024, Kazakhstan. Tel. (7212) 35-63-16. E-mail: izd_kargu@mail.ru

© Karagandy University of the name of acad. E.A. Buketov, 2023

МАЗМҰНЫ — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENT

БИОЛОГИЯ BIOLOGY

<i>Алиынбаева М.А., Ешмагамбетова А.Б.</i> Ғылыми зерттеулер негізіндегі мұнай қалдықтарының улы газдары мен органикалық қосылыстарының адам ағзасына әсері.....	7
<i>Amantayev N.G., Silantyeva M.M., Khassanov V.T.</i> Selecting sterilization conditions for the explants of different potato varieties to be <i>in vitro</i> introduced into the culture.....	16
<i>Байғұжина Ж.С., Хасенова А.Е., Елеунаева Ш.К., Динмухамедова А.С., Альжанова Г.С., Айзман Р.И., Базарбаева С.М., Хамзина С.Р.</i> Роль пробиотиков в профилактике и лечении заболеваний.....	25
<i>Bulgakova O.V., Rezhepova N.B.</i> Molecular mechanisms of radiation-induced aging	35
<i>Didorenko S.V., Kabylbekova G.K., Kasseno vR.Zh., Dalibaeva A.M., Andrambayeva N.S., Derbush S.N.</i> Pre-sowing seed treatment of soybean seeds as approach to increase crop yield	49
<i>Dostemessova A.B., Ametov A.A., Kurmanbayeva M.S., Izbastina K.S.</i> Biomorphological and phytochemical parameters of <i>Chelidonium majus</i> L. in the conditions of Kungei-Alatau.....	57
<i>Златанов Б.В.</i> Новый подвид <i>Eumerus aristatus</i> Peck, 1969 (Diptera, Syrphidae) из гор Карабас (Восточный Казахстан)	68
<i>Иванова Н.В.</i> Рекомендации по оценке качества данных <i>iNaturalist</i>	73
<i>Кадырбеков Р.Х., Колов С.В.</i> Обзор фауны тлей (<i>Hemiptera, Aphidomorpha</i>) казахстанской части хребта Кунгей Алатау (Северный Тянь-Шань).....	84
<i>Kim L.V., Salmenova M.Ye., Yeszhanov A.B.</i> On the jumping spider (<i>Araneae, Salticidae</i>) fauna of Almaty city (Republic of Kazakhstan)	99
<i>Махмудова К.Х., Мурзатаева Т.Ш., Ситпаева Г.Т., Елубаева А.С., Муган А., Дукенбаева Б.С., Саржанова С.Д.</i> Исследования по определению жизнеспособности семенного материала представителей семейства Asteraceae, находящихся на хранении в Семенном банке природной флоры Казахстана.....	105
<i>Мурсалиева В.К., Сәрсенбек Б.Т., Алғазы А.Т., Турашева С.К., Муханов Т.М., Т.Ш. Мурзатаева, Ситпаева Г.Т.</i> Введение <i>in vitro</i> и регенерационная способность реликтового эндемика недзвецкия семиреченская <i>Niedzwedzkia semiretschenskia</i> B.Fedtsch	115
<i>Нұртаза А.С., Дюсембекова Д.А., Исламова С.С., Саматова И.Н., Умирзакова А.Т., Какимжанова А.А.</i> Оптимизация условий микроклонального размножения и среднесрочного хранения <i>in vitro</i> редкого вида смородины Янчевского для сохранения	125
<i>Пережогин Ю.В., Бородулина О.В., Ерохин Н.Г., Кубентаев С.А.</i> Флористические находки на территории Казахстана.....	138
<i>Сапанов М.К., Ахмеденов К.М.</i> Естественно-исторические предпосылки промысла сайгаков в Казахстане	147
<i>Simanchuk Ye.A., Kuprijanov A.N., Sultangazina G.J.</i> Analysis of the syngensis pioneer stage on the iron ore enterprises dump sites in the Kostanay region	159
<i>Тулешова К., Қали А.К.</i> Сравнительное анатомическое исследование анатомических показателей листа сосны обыкновенной разного географического происхождения.....	169
<i>Турдиев Т.Т., Ковальчук И.Ю., Кабылбекова Б.Ж., Толеген А., Михайленко Н.В., Рахимбаев И.Р.</i> Восстановление регрессирующих популяций <i>Populus diversifolia</i> Schrenk в поймах рек Или и Сырдарья с применением клонирования <i>in vitro</i>	176
<i>Yerkinkazhina Ye.Ye., Bekenkali A., Toleukanova T.T., Kassymova Zh.E., Atambayeva Sh.A.</i> In silico study of the interaction features of microRNAs obtained from the diet	184

<i>Утеулин К.Р.</i> Всхожесть семян и развитие сеянцев каучукового одуванчика кок-сагыз (<i>Taraxacum kok-saghyz</i> Rodin L.E.) на образцах почв <i>in situ</i> популяций: «Соленое озеро», «Сарыжаз», «Кегень»	196
---	-----

МЕДИЦИНА MEDICINE

<i>Zhautikova S.B., Abdikadirova Kh.R., Abikenova F.S., Talaspekova Yu.P., Medvedeva I.V., Chergizova B.T.</i> Clinical and laboratory assessment of hormonal and metabolic disorders in experimental animals with alloxan, streptozotocin and dithizone diabetes.....	206
--	-----

ГЕОГРАФИЯ GEOGRAPHY

<i>Ердесов Н.Ж., Омарова А.О., Исмаилов Ч.У.</i> Обеспеченность услугами водоснабжения и водоотведения в Карагандинской области.....	216
<i>Кушербай К.Ж., Мусагалиева А.Н.</i> Географический анализ охвата объектами образования города Алматы на примере Алмалинского района на базе ГИС	224

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР — СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ — INFORMATION ABOUT AUTHORS	241
--	-----

М.А. Алшынбаева*, А.Б. Ермагамбетова

Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан

**Хат-хабарға арналған автор: alshynbaeva_mereke696@mail.ru*

Ғылыми зерттеулер негізіндегі мұнай қалдықтарының улы газдары мен органикалық қосылыстарының адам ағзасына әсері

Мұнай-газ өнеркәсібінің дамуына байланысты адам іс-әрекеті нәтижесінде атмосфералық ауаның ластануы қазіргі уақытта өзекті болып саналады. Мұнай өнеркәсіп орындарындағы қоршаған ортаны ластанушы компоненттер қатарына көмірсутектер, меркаптандар және күкіртсутегі жатады. Аталған сипаттағы уытты қалдықтармен ауаны ластану адам денсаулығына нақты қауіп төндіреді. Бензин, мазут, ацетон, бензол секілді органикалық еріткіштердің қолданылуы салдарынан түзілген газдармен аймақтың ластануын ерекше айтуға болады. Гигиеналық тұрғыдан күкіртсутектің атмосфералық химиясы үлкен қызығушылық тудырады. Атмосфералық ауаға түскенде, бұл газ оттегі мен озонмен әрекеттесіп, күкірт газын құрайды. Бұл газ сумен біріктірілсе күкірт қышқылын түзеді, үнемі тотығады, күкірт қышқылына айналады. Ауада күкіртсутектің тотығуы кезінде күкірт газы, суда тотығу кезінде қарапайым күкірт түзіледі. Мұнай тасымалданатын мекемелердің жұмыскерлеріне де мұнай қалдықтарынан тікелей төнетін қауіп жоғары. Демек, өндіріс орындарының жанында тұратын халықта қатердің жоғарғы деңгейінде тұр. Тұрғылықты халықтарға таралған зиянды көрсеткіштер бірден әсерін тигізбесе де, созылмалы улану нәтижесінде ағзаға айтарлықтай зиянын тигізеді. Зерттеулер көрсеткендей, аталған уытты заттар аз мөлшерде алайда ұзақ мерзімде әсер етуінен адамның жүйке, жүрек, иммундық, асқазан-ішек және басқа да дене жүйелері жұмысының бұзылуына әкеледі. Барлық ұшпа органикалық еріткіштер адам ағзасына өкпесі, терісі, ас қорыту мүшелері арқылы еніп, жүйке және май тінінде жинақталады. Химиялық құрылысына сәйкес уыттылық, ағзадағы таралу коэффициенті әртүрлі болады.

Кілт сөздер: мұнай өнімдері, күкіртсутек, меркаптан, ацетон, бензол, оттегі, озон, күкірт қышқылы, еңбек гигиенасы, концентрация.

Kipicne

Табиғи ортаның техногенді токсиндер салдарынан ластануы — бүгінгі күннің айшықты мәселесіне айналып отыр. Осыған орай, экологиялық және техногендік факторлардың тірі ағзаларға әсер ету мәселелерімен шұғылданатын БҰҰ сарапшылар тобы жер бетінің мұнаймен ластануын тіршілікке залалы мол деген қорытындыға келді. Әсіресе, адам денсаулығы үшін ең қатерлі көрсеткіштердің ішінде алдымен тіршілік ету ортасының көмірсутектермен, күкіртсутектермен, ауыр металдармен, радиоактивті қалдықтармен ластануын атады. Каспий теңізінің маңындағы елдер үшін ортаның улы элементтермен ластану мәселесі өзекті болып отыр. Батыс елдерінің зерттеулеріне сүйенсек, Каспий теңізінде бүгінгі таңда шамамен дәлелденген 6,5 млрд тонна мұнай мен газ қоры бар. Осы көрсеткіштердің 6,5 млрд тонна мұнайы мен газдың 2,15 млрд тонна мұнайы мен 0,91 млрд тонна газы — қазақ жеріне тиесілі [1]. Бұл дегеніміз еліміздегі теңізден алынатын қара алтынды өндіруде ауаға таралатын зиянды газдардың мөлшері де соғұрлым ұлғаяды.

Республиканың перспективалы мұнай-газ аудандарының ауданы 1700 мың км²-ге тең, бұл бүкіл аумақтың 62 %-дан астамын құрайды [2]. Бұл көрсеткіш бойынша елімізде мұнай мен газ

шоғырланған 14 алап пен 207 кен орындары жұмыс жасауда. Геологиялық зерттеулер нәтижесіне сүйенсек, бұл аймақтағы мұнай мен газ қоры 4,8 млрд тоннаны құрайды. Ал жалпы Қазақстандағы мұнай қорының болжамы 20–25 млрд тоннаға бағаланған. Ал газ қоры 6 трлн м³. Осындай есептеулермен еліміз дүниежүзінде қара алтын қоры бойынша он екінші орынды иеленетін ірі мұнай державаларының бірі. Өндіретін мұнайды көрші елдерге тасымалдау барысында да еліміз елеулі рөл атқарады. Сәйкесінше, мұнай тасымалының түрлі әдістері пайдаланылады. Республика аумағында Қазақстандағы мұнай тасымалдаудың екі бағыты бар. Тасымалдың магистралдық құбырлар арқылы жүзеге асуын барлығын дерлік «ҚазТрансОйл» АҚ еншілесе, теңіз флотымен тасымалдауды «Қазмортрансфлот» ЖШС жүзеге асырады. Осыған сәйкес, республика аумағында өндірілген мұнай жалпы ұзындығы 7 585 км құрайтын мұнай құбырлары арқылы көршілес мемлекеттерге үздіксіз тасымалдануда [3].

Зерттеу барысы

Қоғамда қалыпты дәрежеде көптеген химиялық заттарды адам баласы қолданып келеді. Алайда тіркелген 23 миллионнан астам химиялық заттардың тек аз ғана бөлігі адам ағзасына зиянсыз екені анықталған [4].

XXI ғасырдың жаһандық заманында адам популяциясына әсерін тигізетін мұнай қалдықтарынан түзілген химиялық заттарды реттеу мен бағалау үлкен мәселеге айналды. Түзілген химиялық заттарды басқару және бақылау стратегиялары пайдалануға рұқсаттарды белгілеу және ықтимал зиянды әсерлерді шектеу үшін барған сайын жетілдірілген үлгілерді талап етеді. Химиялық заттардың кеңістіктік және уақыттық таралуын ескеру мен адам денсаулығына әсерін анықтау біздің жұмысымыздың құрамдас бөлігі болып табылады. Мәселен, мұнай қалдықтары салдарынан пайда болған ұшпа көмірсутектер адам ағзасындағы заттармен өзара байланысқа түскенде, жүйке жүйесіне зиянды әсері жоғарылайды. Жұмыс барысында улы ластаушы заттардың тасымалдануы мен динамикасы бойынша ғылыми жұмыстардың нәтижелері салыстырмалы түрде талданған. Сыртқы ортаны ішкі (адам) мен байланыстыруға мүмкіндік беретін негізгі мәселелерге басты назар аударылады, атап айтқанда:

- Мұнай қалдықтарынан түзілген ластаушы заттар адамның рецепторларына жеткеннен кейін адам денсаулығына қалай әсер етеді?

Ластаушы заттардың қозғалғыштығын экологиялық бақылау ұшқыштық, сорбция/десорбция, ерігіштік, химиялық құрылым (дәл молекулалық пішін) және қоршаған ортамен әрекеттесу сияқты негізгі физикалық және химиялық қасиеттермен байланысты [5]. Мұнай тасымалданатын аймақта пайда болатын көміртегі атомдарының, көмірсутектердің және синтетикалық органикалық қосылыстардың немесе табиғи, өңделген қосылыстардың динамикасы қоршаған ортада тез ұлғайып келе жатқан улы тобы болып табылады.

Шекті көмірсутектер мен көміртегі атомдарының саны бірдей қанықпаған көмірсутектермен салыстырғанда аз уытты әсер етеді. Бұл яғни, қанықпаған көмірсутектердегі бос байланыстардың болуына байланысты шекті көмірсутектерге қарағанда дене құрылымдарымен химиялық әрекеттесуге оңай енетіндігімен түсіндіріледі. Сондай-ақ, бұл өз кезінде ағзадағы майлар мен сұйықтықта ерігіштік қасиетіне байланысты болады. Аталған заттардың липофильді болуы оның көміртегі атомдары санының артуымен байланыстырылады. Мәселен, майлардағы ерігіштіктің қандағы ерігіштікке қатынасы неғұрлым жоғары болса, көмірсутектердің липоидтерге бай орталық жүйке жүйесіне әсері етуі соғұрлым көбірек болады.

Хош иіске ие көмірсутектер қатарындағы парафиндер мен олефиндерден өзгеше, себебі жедел улану кезіндегі уытты әсер ету күші көміртегі атомдарының санына қатысты болғандықтан табиғи түрде өзгеріске ұшырамайды. Өзге көмірсутектер секілді, жылдам улану кезінде созылмалы әсер ететін хош иісті көмірсутектер қанның, жүйке жүйесін ауыр зақымдайды. Сонымен қатар, мұнай құрамында аз мөлшерде уытты қанықпаған көмірсутектерде кездеседі. Ондай көмірсутектердің құрамы мұнай кен орындарына байланысты әр түрлі болады. Олар мұнай алу кезінде ауаны ластайды. Мұнай қалдықтарын ашық алаңға төгуі салдарынан көмірсутектердің тасымалдау немесе мұнай өңдеу кәсіпорны орналасқан аудан тұрғындарының ағзасына әсері созылмалы интоксикациямен байқалады.

Мұнай өнімдерінің қатарына бензиндердің (отын және еріткіштердің) әртүрлі түрлері: лигроин, уайт-спирит (бензиннің жеңіл фракциясы), мұнай сольвенті (хош иісті көмірсутектердің қоспасы — бензиннің ауыр фракциясы), техникалық мақсаттарға арналған керосин және жалпы ерекшелігі

күрделілік және құрамның қатаң тұрақтылығының болмауы болып табылатын 40–300 °C температура аралықтарында мұнайды тікелей тасымалдау арқылы пайда болған басқа да техникалық өнімдер жатады [6].

Қазіргі таңда компьютерлік модельдердің болжамдық күші адам денсаулығына қауіп-қатерді бағалауға көмектесетін деректерді бағалаудың негізгі құралы болып табылады. Бұл тәсіл нақты белгісіз және модельдеу стратегиялары әсер етуін бағалауға арналған шеңберлік тәсіл аясында қарастырылады және болжамды ақпаратты алу үшін бір немесе бірнеше факторларды біріктіреді. Биосубстратпен байланыспайтын электролиттер қанға ауадан ұзақ уақыт сіңеді, ал таралу коэффициенті төмен қосылыстар яғни, көмірсутектер ауа мен қан арасындағы тепе-теңдік концентрациясы жылдам жүреді. Демек, егер таралу коэффициенті аз болатын болса, соғұрлым тезірек, бірақ төменгі деңгейде қан булармен қанықтырылады. Осыған орай, заттардың таралу коэффициентін білу арқылы, ағзаға әсер ету жылдамдығын, өлімге әкелетін улану қауіптілігін болжауға болады. Мәселен, таралу коэффициенті ($\kappa=2,1$) тең тез концентрацияланатын бензин буы жедел өлімді тудыратын улануға жатады, ал ацетон буы ($\kappa=400$) тез әсер етуші қасиетке ие емес [7].

Барлық органикалық еріткіштер (бензин, ацетон, бензол) липофильді, сондықтан олар теріге оңай енеді. Зерттеулерде анилин, нитробензол буы тыныс алу жолдары сияқты теріге тез енетіні дәлелденді. Бұл дегеніміз, улануды болдырмау үшін тыныс алу органдарын осы заттардың буларынан ғана емес, теріні де қорғау қажет. Егер заттың тері арқылы қанға түсу жылдамдығы оның ағзадан шығарылу жылдамдығынан аз болса, мысалы, бензин, онда жедел улану байқалмайды.

Егер адам ағзасына улы заттар асқазан-ішек жолдары арқылы түсетін болса, сәйкесінше зиянды әсері де басым болмақ. Аталған жағдайда уланудың әсер етуі адамның ауыз қуысынан басталады. Бұл липофильді заттарға байланысты. Осындай кездегі ерекше қауіп-қатер ауыз қуысына сіңген заттардың бауырды айнала өтіп, қан айналымының үлкен шеңберіне бірден сіңеді [8].

Адам асқазанындағы химиялық заттардың ыдырауы асқазан сөлінің реакциясына, асқазанның толу дәрежесіне, азық-түліктің құрамына, асқазан перистальтикасына байланысты болады. Ғалым И.П. Павлов пен оның ізбасарларының зерттеулерінде асқазан сөлінің секрециясы ми қыртысының бақылауында екендігі дәлелденген. Мұнай өндіретін кен орындарының қызметкерлеріне зерттеу жасау барысында, қышқылдықтың едәуір төмендеуімен асқазан секрециясының қызметі нашарлаған. Бүйректің экскреторлық қызметі де ми қыртысының функционалды жағдайымен байланыстырылған. Мұнай өңделетін зауыттардың қызметкерлерінде жүргізілген тәжірибеде жұмыс өтіліне және көмірсутектердің аз шоғырлануының әсер ету жағдайларына орай ұлғаятын полиуриялық диурез байқалды [9].

Жүйке жүйесі және ең баяу майлы тін уланудан тез босатылады, қайтадан олардың қанмен қамтамасыз етілу ерекшеліктеріне байланысты. Сондықтан өндіріс орындарындағы вахталық қызметтегі адамдарға жұмыстан кейін ыстық душ қабылдау ауыр улану белгілерін тудыруы мүмкін, өйткені қанмен қамтамасыз ету күрт артады және майлы тіндерде жиналған уланудың үлкен бөліктері қанға енеді. Мұның бәрі жоғарыда айтылғандай, электролит емес қасиеттері бар заттарға қатысты. Жұмысы мұнаймен тікелей байланысты адамдардың қолдарының терісі үнемі улы заттармен байланыста болғандықтан дерматит, экзема сынды тері ауруларының пайда болуын қоздырады. Сонымен қатар, мұнай тасымалдау аймақтарындағы жұмысшылардың арасында да лейкопениямен ауыратын адамдардың саны артып келеді [10].

Көптеген авторлар көмірсутектердің әсер етуін жануарларға сынап көрді. Аталған зерттеулер тікелей қан айналым жүйесіне қатысты болды. Жануарларға өткір эксперименттер жүргізген авторлардың барлығы дерлік қан қысымының төмендеуін және жүрек қызметінің баяулауын анықтады. Көмірсутектердің бу және газ түрінде таралуы тікелей тыныс алу қызметіне әсер ететіні белгілі. Зерттеу жұмыстарын талдай келе, көмірсутектердің тыныс алу жүйесінің жұмысына әсері етуі екі кезеңнен тұрады. Алғашқы кезеңінде тыныс алу жиілей түссе, ал екінші кезеңінде тыныс алу аяқталғанға дейін азаяды. Екінші кезеңде жүрек функциясын тоқтатпаса да тыныс алу толықтай үзіледі. Рефлекторлық өзгеріс себебінен тыныс алу тез өссе, ал улы заттың резорбтивті әсері салдарынан тыныс алу төмендейді. Әдеби деректерде көмірсутектер салдарынан денедегі терморегуляцияның бұзылуы байқалады. Бензиннің әсерінен дене температурасының төмендеуі байқалады [11].

Қан мен қан түзетін мүшелерге шекті және қанықпаған көмірсутектердің әсері туралы әдеби деректер әртүрлі. Қолданысқа бензин ұшыққан кезде бір реттік және қайта, сондай-ақ уланған жануарларда эритроциттер санының көбеюі және гемоглобин пайызы төмендеуі байқалған.

Бензинмен созылмалы уыттану кезінде эритроциттер санының артуымен сүйек кемігінің тітіркенуі дәлелденген [12].

Қанықпаған қоспалармен байланысқан көмірсутектердің әрекеті кезінде ағзадағы гемоглобиннің жоғарылауы мен эритроциттердің азаюы байқалды. Бұл қанның түсінің өзгеріске ұшырауымен анықталды. Көмірсутектердің салыстырмалы түрде жоғары концентрациясының әсерінен гемоглобин азайып, эритроциттердің саны артты, бұл қанның түс көрсеткішінің төмендеуіне әкелді.

Көмірсутектердің адамдарға әсер етуі кезінде пайда болатын функционалды ауысулардың тұрақтылығын бақылау да қызығушылық тудырады. Бұл тұста, ғалымдар жұмысшылардың демалысқа дейінгі, демалыс кезіндегі және одан кейінгі жағдайларын салыстыруға алды. Нәтижесінде көмірсутектердің әсерінен кен орындарында жұмысшылардың ағзасындағы қалыпты жағдайы тұрақты болмағаны айтылды. Ал жұмысшылардың демалысы кезінде ағза қалыпты жұмысын атқарады. Алайда жұмысқа қайта оралған кезде ағза өз функцияларын өзгертеді. Демек барлық белгілердің негізгі себебі көмірсутектердің төмен концентрациясын ингаляциялау екенін сөзсіз растайды. Бұл да бұл уақыт көмірсутектердің орталық жүйке жүйесіне және ең алдымен ми қыртысына әсерін көрсетеді, бұл мүшелер мен жүйелердегі тұрақсыз, функционалды өзгерістерді тудырады. Сыртқы ортаның басқа ынталандыруларымен бірге олар дененің функционалды күйіне әсер етуі мүмкін. Жоғарыда келтірілген жұмыстарға сүйене отырып, көмірсутектердің организмге уытты әсерінің сипаты мен ерекшеліктері туралы жалпы түсінік алуға болады.

Мұнай тектес органикалық еріткіштердің ішінде ацетонға ерекше орын беріледі. Адам қанындағы ацетонның таралу коэффициенті — 338,9 көрсетеді. Физиологиялық әсерге сәйкес ацетон — бұл шырышты қабығын тітіркендіретін дәрі. Жоғары ерігіштігіне байланысты ол қанды баяу қанықтырады және біртіндеп денеден шығарылады. Төмен қайнайтын ацетон, бензин, бензол секілді заттар ұшпа заттар қатарына кіреді. Ацетонның жоғары концентрациясы барысында адамның жедел улануы көрініс тапты. Бұндай жағдайда ағзаға есірткі тәрізді заттың әсері байқалады. Дәлірек айтатын болсақ, бастың ауруы, айналуы, әлсіздіктің болуы, жеңіл масайған күйге түсуі, жүрістің тұрақсыздығы, шырышты қабықтардың тітіркенуі. Ағзада түскен ацетон жинала келіп, созылмалы улануға әкеледі. Ондай кезде ағзада анемия байқалып, жоғарғы тыныс жолдарының катаральды ауруы күшейеді [13]. Олай болғанда жүрек-қан тамырлары жұмысы бұзылады, гематологиялық, неврологиялық, бауыр дисфункциясының белгілері дамиды, ағзадағы метаболикалық процестер өзгеріске ұшырайды. Ацетонның рұқсат етілген шекті концентрациясы — 200 мг/м³.

Кен орындарында мұнай өндіру барысында күкіртсутегі тітіркендіргіші адам ағзасына өлу қаупін туындататын уыттылығы жоғары зат. Оның табиғатта табиғи жолмен де, антропогендік процестер нәтижесінде де түзіледі. Аталған жағдай 1000 мг/м³ ауадағы күкіртті сутегі концентрациясы болған кезде байқалады. Күкіртсутек адам денесіне ең алдымен дем алатын ауа арқылы енеді. Ал тері арқылы денеге әлдеқайда аз мөлшерде түседі. Құрамында күкіртсутегі бар ауамен тыныс алғанда немесе күкіртсутек теріге енгенде, ол қанға сіңіп, бүкіл денеге таралады. Ағзада күкіртсутек негізінен сульфатқа айналады және несеп жолы арқылы сыртқа шығарылады. Осыған сәйкес, адамдар үшін күкіртті сутегінің иісін сезіну шегі 0,012–0,03 мг/м³ құрайды. Ал жеңіл, алайда анық сезілетін иіс 1,4–2,3 мг/м³ болса, үйренген организм үшін 4 мг/м³, 7–11 мг/м³ көрсеткіш шегі болып табылады. Тыныс алу ферменттері — цитохромдар құрамына кіретін темірмен әрекеттесу, цианид сутегі сияқты күкіртсутек тіндердің аноксиясына әкеледі. Жоғары концентрацияда иіс азырақ күшті және жағымсыз болады, бұл күкіртсутегінің әсерінен иіс сезу анализаторының сезімталдығының өзгеруімен түсіндіріледі. Күкіртсутектің уытты әсері мұнай газдарымен бірге әсер еткенде күшейеді [14]. Күкіртсутек атмосферада таралғанда маусымға байланысты шамамен 1–42 тәулік сақталады. Жергілікті аймақтардың суында күкіртсутек өндіріс орындарындағы сұйық қалдықтарды төгуден немесе табиғи құбылыс нәтижесінде бөлінуі мүмкін. Табиғи жағдайда оны құдық суынан табуға болады. Жерүсті суларындағы күкіртті сутегінің концентрациясы әдетте өте төмен, өйткені ол судан оңай буланады.

Күкіртсутектің концентрациясын есептеудің тәсілдеріне зерттеу жасаған ғалымдардың еңбектеріне сүйене келе, күкіртсутектің авариялық шығарындыларының адам денсаулығына әсер ету уақытының дозалық арақатынастары ұсынылған (1-кесте).

Күкіртсутектің жіті әсерін бағалау, мг/м³ (ppm)

Деңгейі	Жіктелуі	Әсер ету уақыты				
		10 минут	30 минут	1 сағат	4 сағат	8 сағат
1	Еңбекке жарамсыздықты тудырмайтын күкіртсутектің концентрациясы	0,04 (0,03)	0,04 (0,03)	0,04 (0,03)	0,04 (0,03)	0,04 (0,03)
2	Еңбек қабілетін жоғалтуға әкелетін күкіртсутектің концентрациясы	59 (42)	45 (32)	39 (28)	28 (20)	24 (17)
3	Сезімтал жеке тұлғаларды ескере отырып, денсаулыққа жоғары қауіп төндіретін тіпті өлімге қауіпті	106 (76)	85 (60)	71 (50)	52 (37)	44 (31)
4	Өмірге немесе денсаулыққа дереу қауіпті деп саналатын күкіртсутектің ең аз концентрациясы	948 (669)	720 (508)	605 (427)	428 (302)	-

Ескертпе: ШРК әсер етудің шекті шектерін білдіреді және 10 минуттан 8 сағатқа дейінгі шектерде авариялық жағдайларға қолданылады. ШРК-1 (Шекті рұқсат етілген концентрация), ШРК-2 және ШРК-3, 5 кезеңнің әрқайсысында қарастырылады (10 және 30 минут, 1 сағат, 4 сағат және 8 сағат) және уытты әсерлердің дәрежесінде ерекшеленеді.

Ұсынылған әсер ету деңгейлері жалпы халыққа, соның ішінде нәрестелер мен балаларға және сезімтал және сезімтал болуы мүмкін басқа адамдарға қолданылады [15]. Жоғарыдағы кестеде Г.С. Мамедовтың «Экология, окружающая среда и человек» атты еңбегінде күкіртсутектің авариялық шығарындыларының адам денсаулығына әсер ету уақытының дозалық арақатынастары жоғары мөлшерде берілген [13]. Сондай-ақ, салыстырмалы түрде адам денсаулығына күкіртсутек әсерінің төменгі мөлшері Ғ.М. Нұрсұлтанов, Қ.Н. Абайұлдановтың «Мұнай және газды өндіріп, өңдеу» еңбегіндегі зерттеу негізінде көрсетілген [3].

Кестеде көрсетілген күкіртсутектің жоғары концентрациясының адам организміне ұзақ уақыт әсер етуі нәтижесінде жоғарғы тыныс жолдарының, жүйке және жүрек-тамыр жүйелерінің, асқазан-ішек жолдарының, гемопоэтикалық жүйенің, терінің, көздің зақымдану белгілерімен сипатталады. Интоксикация кезеңдері бойынша күкіртсутекті үш кезеңге жіктейміз: I кезең бастапқы; II кезең орташа айқын; III кезең айқын.

Кезең бойынша жергілікті медициналық анықтамадан жинақталған материалдарға сүйенсек, төмендегі кестеде келтірілген ауырсыну белгілері байқалған (2-кесте).

Күкіртсутек концентрациясы әсерінен пайда болған адам организміндегі ауырсыну белгілері

Кезеңдер	Ауырсыну белгілері
I кезең	ОЖЖ тарапынан: астеновегетативті синдром (бас ауруы, бас айналу тітіркену, әлсіздік), гиперестезия. Көру мүшелері тарапынан: фотофобия, спазм, лакримация, жану сезімі, қызару және ісіну конъюнктивалар. Жүрек жағынан: жүрек соғысы; тұрақсыздық қан қысымы. Тыныс алу мүшелері тарапынан: мұрынның құрғауы, тамақ, дауыстың дауысы. Тері жағынан: жергілікті терінің қышуы
II кезең	ОЖЖ тарапынан: жоғары шаршау, эмоционалды тұрақсыздық, қарқынды бас аурулары, нейропсихиатриялық саладағы тұрақсыздық. Көру мүшелері жағынан: көз алмасындағы ауру (нейроретинит). Жүрек жағынан: жүрек соғысы. Тыныс алу ағзалары тарапынан: иіс сезуінің төмендеуі, жөтел, ентігу, кеудедегі ауырсыну. Асқазан-ішек жолдарының бұзылуы: жүрек айнуы, эпигастриядағы ауырлық сезімі, диарея. Тері тарапынан: дерматит көріністері
III кезең	ОЖЖ тарапынан: энцефаломиелопатия (есте сақтау қабілетінің бұзылуы, зейін, диссомния, бас айналу, өткір апатия, гипохондрия, галлюцинация, түнгі армандар, аносмия). Бөтен қолдың иығына тию сезімімен тактильді галлюцинация, қолдың дірілдеген дүмпуі. Полиневропатиялық синдром (сезімталдықтың терең бұзылуы, толық анестезияға дейін, аяқ-қолдардағы ауырсыну, пальпация кезінде жүйке бағаналары бойымен, созылу белгілері). Қозғалыс бұзылыстары: аяқтың дистальды бөліктеріндегі әлсіздік, диффузды амиотрофия. Дистальды вегетативті бұзылулар (тершендік, аяқ-қол цианозы), ашық қызыл төгілген демография. Көру органдары тарапынан: шеткері көрудің төмендеуі; нүктелер немесе фигуралар түрінде көру елестерінің пайда болуы, көру өрістерінің тарылуы, катаракта құбылысы; Жүрек жағынан: брадикардия. Тыныс алу мүшелері тарапынан: ентігу, іштің ауыруы, кеуде қуысы. Асқазан-ішек жолдары: эпигастриядағы ауырлық, ауырсыну, оң жақ гипохондрия, диспепсия, бауырдың ұлғаюы. Тері тарапынан: дерматит, экзема көріністері

Ал күкіртсутегінің адамдарда қатерлі ісік тудыратыны дәлелденбеген және оның жануарларда қатерлі ісік тудыратын потенциалы мұқият зерттелмеген. Денсаулық сақтау және халыққа қызмет көрсету департаменті және Халықаралық қатерлі ісіктерді зерттеу агенттігі (IARC) күкіртсутекті канцерогендік деп жіктемеген. ЕРА күкіртті сутегі деректерінің канцерогенділігін бағалау үшін жеткіліксіз екенін анықтады. Сонымен қатар, жануарларға жүргізілген зертханалық зерттеулер барысында жүктілік кезінде күкіртті сутегінің төмен концентрациясының әсері құрсақтағы шаранаға туа біткен ақауларды тудырмайтыны дәлелденді.

Организмдегі күкіртсутек пен оның тиосульфат сияқты ыдырау өнімдерін қан мен зәрге талдау сараптамаларын жасау арқылы өлшеуге болады. Дегенмен, күкіртті сутегін немесе оның метаболиттерін анықтау барысында сынақтар көп ұзамай жүргізілуі керек. Себебі күкіртті сутегінің сұйықтық затта болуы көп уақытқа созылмай оның метаболиттері организмнен тез шығарылады. Алайда адам организмнің тыныс алу жолдары мен жүйке жүйесі күкіртті сутегі уыттылығын қабылдауда ең сезімтал екендігі қазіргі таңда дәлелденген.

Мәселен, жануарларға жүргізілген зерттеулерде адамдар туралы мәліметтерді растайды, бұл тыныс алу жолдары мен жүйке жүйесі күкіртсутектің уыттылығының ең сезімтал нысаны болып табылады. Адамдар сияқты, есін жоғалту күкіртсутектің өте жоғары концентрациясына ұшыраған егеуқұйрықтарда байқалды (миллионға 800 бөлік); орталық жүйке жүйесінің депрессиясы (летаргия көрсеткендей) және өкпе ісінуі 4 сағат ішінде миллионға 400 бөліктен тұратын күкіртсутекке ұшыраған егеуқұйрықтарда байқалды. Неврологиялық тестілеу кезінде көрсеткіштердің төмендеуі 5 күннен 11 аптаға дейін миллион сутегі сульфидіне 80–200 бөлікке ұшыраған егеуқұйрықтарда байқалды. Мұрын иісті эпителийінің зақымдануы өткір немесе аралық ұзақтықта күкіртсутектің төменгі деңгейіне ұшыраған егеуқұйрықтарда да байқалады; жағымсыз әсер ету деңгейлері тиісінше жедел немесе аралық ұзақтықтың әсерінен кейін миллионға 80 бөлікті (5 күн ішінде күніне 3 сағат) және миллионға 30 бөлікті (күніне 6 сағат, 10 апта ішінде аптасына 7 күн) құрайды [16].

Осыған байланысты өндірістік факторлардың зияндылық дәрежесінің жоғарылауымен аурулардың даму қаупі туындайды. Атап айтқанда, Батыс Қазақстанның өндіріс аймағында мекен етуші мұнайшылардың аурушандық деңгейі жоғарылаған.

Қорытынды

Қорытындылай келе, бірнеше әдебиеттердегі зерттеулер ауаның ластануы өкпе жарақаты мен жүрек-қан тамырлары ауруларының жалпы қаупінің маңызды детерминанты болып табылатынын және дәстүрлі қауіп факторларына әсер етуі мүмкін екенін дәлелдеді. Әрбір қоршаған ортаны ластаушының өзіндік уыттылық механизмі болғанымен, ультра ұсақ бөлшектер, озон, азот оксидтері және өтпелі металдар сияқты ластаушы заттардың көпшілігі күшті тотықтырғыштар болып табылады. Тотығу қабыну және жасуша өлімі сияқты әртүрлі биологиялық процестерге әкелетін тотығу-тотықсыздану жолдарын тудыруы мүмкін. Бұл ретте, өнеркәсіпте және күнделікті өмірде кеңінен қолданылатын мұнай өнімдері қоршаған ортаның негізгі ластаушылары болып табылады. Түрлі деңгейде олар адам ағзасына түсу арқылы дененің әртүрлі мүшелеріне айтарлықтай өзгерістер тудырады, бұл ағзада аурулардың пайда болуына, дамуына әкеледі. Ауыр жағдайда қан жүйесі мен нейроэндокриндік жүйе жұмысы бұзылып, дененің қорғаныс механизмдерінің қызметтері нашарлап көптеген ауруларға, соның ішінде онкологиялық ауруларға жол ашады. Сондықтан, экологиялық ортаны жақсартумен қатар, адам ағзасындағы қайтымсыз патологиялық өзгерістердің дамуын болдырмау негізінде мұнай мен мұнай қалдықтарынан түзілген улы газдармен улануды ерте диагностикасы жасалу керек.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Қартабай А.Т. Мұнай кен орындарын игеру: жоғары оқу орындарына арналған оқулық / А.Т. Қартабай, Е.С. Орынғожин, А.К. Есімханова. — Алматы: Экономика, 2013. — 378 б.
- 2 Кенжеғалиев А. Экологическое состояние нефтегазовых месторождений Западного Казахстана / А. Кенжеғалиев, А. Курманғалиев. — Алматы: Ғылым, 1998. — 84 с.
- 3 Нұрсұлтанов Ғ.М. Мұнай және газды өндіріп, өңдеу / Ғ.М. Нұрсұлтанов, Қ.Н. Абайұлданов. — Алматы: Өлке, 2000. — 512 б.

- 4 Илькаева Е.Н. Диагностика, экспертиза и профилактика профессиональной нейросенсорной тугоухости в нефтедобывающей и нефтехимической промышленности / Е.Н. Илькаева, А.Д. Волгарева // Медицина труда и пром. экология. — 2008. — № 10. — С. 9–12.
- 5 Сорокин Г.А. Динамика заболеваемости с временной утратой трудоспособности как показатель профессионального риска / Г.А. Сорокин // Гигиена и санитария. — 2007. — № 4. — С. 43–46.
- 6 Ермолина Е.В. Исследование длительного комбинированного влияния бензола и хрома на морфофункциональное состояние нейроэндокринной и иммунной систем крыс «Вистар» / Е.В. Ермолина // Изв. Самар. науч. центра РАН. — 2012. — Т. 14, № 5. — С. 444–447.
- 7 Рахманин Ю.А. Влияние загрязнения атмосферного воздуха химическими соединениями на медико-биологические показатели состояния здоровья жителей Москвы / Ю.А. Рахманин // Приклад. токсикология. — 2011. — Т. 2, № 4. — С. 38–47.
- 8 Зюбина Л.Ю. Профессионально обусловленные гемеопатии и профессиональные заболевания крови / Л.Ю. Зюбина, Л.А. Шпагина, Л.А. Паначева // Медицина труда и пром. экология. — 2008. — № 11. — С. 15–20.
- 9 Попов В.В. Влияние климатических и гелиографических факторов Европейского Севера на течение анкилозирующего спондилоартрита / В.В. Попов. — Архангельск, 1986. — 106 с.
- 10 Камилев Р.Ф. Состояние здоровья работников нефтехимической промышленности / Р.Ф. Камилев // Медицина труда и пром. экология. — 2008. — № 12. — С. 10–15.
- 11 Ахметов В.М. Динамика профессиональной заболеваемости в нефтяной, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 40 лет / В.М. Ахметов // Медицина труда и пром. экология. — 2002. — № 5. — С. 9–13.
- 12 Базарный В.В. Цитохимическая характеристика нейтрофильных гранулоцитов при различных вариантах ишемической болезни сердца / В.В. Базарный, Е.А. Тихонина, Ю.В. Шилко // Клин. лаборатор. диагностика. — 2007. — № 8. — С. 48–49.
- 13 Мамедов Г.С. Экология, окружающая среда и человек / Г.С. Мамедов, М.Ю. Халилов. — Баку: Элм, 2006. — 608 с.
- 14 Белонг А.А. Научные основы управления гигиеническими факторами общественного здоровья / А.А. Белонг, Г.Г. Онищенко, Т.И. Слаженева, А.А. Корчевский. — Алматы, 2003. — 391 с.
- 15 Koh D.H. Lymphohematopoietic cancer mortality and morbidity of workers in a refinery/petrochemical complex in Korea / D.H. Koh // Safety and Health at Work. — 2011. — Vol. 2. — № 1. — P. 26–33.
- 16 Кенесариев У.И. Гигиеническая оценка состояния воздушной среды и здоровья населения региона нефтегазового производства / У.И. Кенесариев, Ж.Д. Бекмагамбетова, Н.Ж. Жакашов, З. Адильгирейулы // Астана мед. журн. — 2007. — № 7 (43). — С. 107–110.

М.А. Алшынбаева, А.Б. Ешмагамбетова

Влияние токсичных газов и органических соединений нефтеотходов на организм человека на основе научных исследований

В связи с развитием нефтегазовой отрасли в настоящее время актуально загрязнение атмосферного воздуха в результате деятельности человека. Углеводороды, меркаптаны и сероводород входят в число загрязняющих компонентов нефтяной промышленности. Загрязнение воздуха токсичными отходами такого рода представляет реальную угрозу для здоровья человека. Можно отметить загрязнение региона газами, образующимися при использовании органических растворителей, таких как бензин, мазут, ацетон, бензол. Химия сероводорода в атмосфере представляет большой интерес с гигиенической точки зрения. При попадании в атмосферный воздух этот газ вступает в реакцию с кислородом и озоном с образованием сернистого газа. Данный газ соединяется с водой с образованием серной кислоты, которая постоянно окисляется и становится серной кислотой. При окислении сероводорода на воздухе образуется сернистый газ, а при окислении в воде — простая сера. Работники нефтетранспортных объектов подвержены высокому риску прямого контакта с нефтяными отходами. Поэтому население, проживающее вблизи производственных объектов, находится в наибольшей степени опасности. Вредные показатели распространения среди населения, если не воздействовать сразу, нанесут значительный ущерб организму в результате хронического отравления. Исследования показали, что эти ядовитые вещества вызывают поражение нервной, сердечной, иммунной, желудочно-кишечной и других систем организма из-за их длительного воздействия в небольших количествах. Все летучие органические растворители попадают в организм человека через легкие, кожу, органы пищеварения и накапливаются в нервной и жировой тканях. В зависимости от химической структуры различаются токсичность и коэффициент распределения в организме.

Ключевые слова: нефтепродукты, сероводород, меркаптан, ацетон, бензол, кислород, озон, серная кислота, гигиена труда, концентрация.

M.A. Alshynbayeva, A.B. Eshmagambetova

The influence of toxic gases and organic compounds of oil waste on the human body based on scientific research

In connection with the development of the oil and gas industry, air pollution as a result of human activities is currently relevant. Hydrocarbons, mercaptans and hydrogen sulfide are among the polluting components of the oil industry. Air pollution with this kind of toxic waste poses a real threat to human health. It can be noted that the region is polluted with gases generated by the use of organic solvents, such as gasoline, fuel oil, acetone, and benzene. The chemistry of hydrogen sulfide in the atmosphere is of great interest from a hygienic point of view. When released into the atmospheric air, this gas reacts with oxygen and ozone to form sulfur dioxide. This gas combines with water to form sulfuric acid, which continually oxidizes to become sulfuric acid. When hydrogen sulfide is oxidized in air, sulfur dioxide is formed, and when oxidized in water, simple sulfur is formed. Workers at oil transportation facilities are at high risk of direct contact with oil waste. Therefore, the population living near production facilities is at the greatest risk. Harmful rates of spread among the population, if not acted upon immediately, will cause significant damage to the body as a result of chronic poisoning. Studies have shown that these toxic substances cause damage to the nervous, cardiac, immune, gastrointestinal and other systems of the body due to their long-term exposure in small quantities. All volatile organic solvents enter the human body through the lungs, skin, digestive organs and accumulate in the nervous and adipose tissues. Depending on the chemical structure, toxicity and distribution coefficient in the body differ.

Keywords: petroleum products, hydrogen sulfide, mercaptan, acetone, benzene, oxygen, ozone, sulfuric acid, occupational health, concentration.

References

- 1 Kartabai, A.T., Oryngozhin, Ye.S., & Esimkhanova, A.K. (2013). *Munai ken oryndaryn igeru: Zhogary oqu oryndaryna arnalgan oqulyq [Development of oil fields: textbook for universities]*. Almaty [in Kazakh].
- 2 Kenzhegaliev, A., & Kurmangaliev, A. (1998). *Ekologicheskoe sostoianie neftegazovykh mestorozhdenii Zapadnogo Kazakhstana [Ecological state of oil and gas fields in Western Kazakhstan]*. Almaty [in Russian].
- 3 Nursultanov, G.M., & Abaiuldanov, K.N. (2000). *Munai zhane gazdy ondirip, ondeu [Production and processing of oil and gas]*. Almaty [in Kazakh].
- 4 Ilkaeva, E.H., & Volgareva, A.D. (2008). Diagnostika, ekspertiza i profilaktika professionalnoi neirosensornoj tugoukhosti v nefteobrabatovyvayushchej i neftekhimicheskoj promyshlennosti [Diagnosis, examination and prevention of occupational sensorineural hearing loss in the oil and petrochemical industries]. *Meditsina truda i promyshlennaja ekologiya — Occupational medicine and industrial ecology*, 10, 9–12 [in Russian].
- 5 Sorokin, G.A. (2007). Dinamika zabolevaemosti s vremennoi utratoi trudosposobnosti kak pokazatel professionalnogo riska [Dynamics of morbidity with temporary disability as an indicator of occupational risk]. *Gigiena i sanitariia — Hygiene and sanitation*, 4, 43–46 [in Russian].
- 6 Ermolina, E.V. (2012). Issledovanie dlitelnogo kombinirovannogo vliianiia benzola i khroma na morfofunktsionalnoe sostoianie neuroendokrinnoi i immunnnoi sistem krysa «Vistar» [Study of the long-term combined effect of benzene and chromium on the morphofunctional state of the neuroendocrine and immune systems of Wistar rats]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk — News of Samara scientific centre of Russian Academy of Sciences*, Vol. 14, 5, 444–447 [in Russian].
- 7 Rahmanin, Yu.A. (2011). Vliianie zagriazneniia atmosfernogo vozdukhа khimicheskimi soedineniiami na mediko-biologicheskie pokazateli sostoianiia zdorovia zhitelei Moskvy [Influence of atmospheric air pollution by chemical compounds on medical and biological indicators of the health status of Moscow residents]. *Prikladnaia toksikologiya — Applied toxicology*, Vol. 2, 4, 38–47 [in Russian].
- 8 Zyubina, L.Yu., Shpagina, L.A., & Panacheva, L.A. (2008). Professionalno obuslovlennye gemopatii i professionalnye zabolevaniia krovi [Occupational haemopathies and occupational blood disorders]. *Meditsina truda i promyshlennaja ekologiya — Occupational Health and Industrial Ecology*, 11, 15–20 [in Russian].
- 9 Popov, V.V. (1986). Vliianie klimaticheskikh i geliograficheskikh faktorov Evropeiskogo Severa na techenie ankiloziruyushchego spondiloartrita [Influence of climatic and heliographic factors of the European North on the course of ankylosing spondylitis]. Arkhangelsk [in Russian].
- 10 Kamilov, R.F. (2008). Sostoianie zdorovia rabotnikov neftekhimicheskoj promyshlennosti [The health status of workers in the petrochemical industry]. *Meditsina truda i promyshlennaja ekologiya — Occupational Health and Industrial Ecology*, 12, 10–15 [in Russian].
- 11 Ahmetov, V.M. (2002). Dinamika professionalnoi zabolevaemosti v neftianoi, neftepererabatyvayushchej i neftekhimicheskoj promyshlennosti za 40 let [Dynamics of occupational morbidity in the oil, oil refining and petrochemical industries over 40 years]. *Meditsina truda i promyshlennaja ekologiya — Occupational Health and Industrial Ecology*, 5, 9–13 [in Russian].

- 12 Bazarnyi, V.V., Tikhonina, E.A., & Shilko, Yu.V. (2007). Tsitokhimicheskaya kharakteristika neutrofilnykh granulotsitov pri razlichnykh variantakh ishemicheskoi bolezni serdtsa [Cytochemical characteristics of neutrophilic granulocytes in various types of coronary heart disease]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika — Clinical laboratory diagnostics*, 8, 48-49 [in Russian].
- 13 Mamedov, G.S., & Khalilov, M.Yu. (2006). *Ekologiya, okruzhaiushchaya sreda i chelovek [Ecology, environment and human]*. Baku: Elm [in Russian].
- 14 Belong, A.A., Onishchenko, G.G., Slazheva, T.I., & Korchevski, A.A. (2003). *Nauchnye osnovy upravleniya gigienicheskimi faktorami obshchestvennogo zdorovia [Scientific bases of management of hygienic factors of public health]*. Almaty [in Russian].
- 15 Koh, D.H. (2011). Lymphohematopoietic cancer mortality and morbidity of workers in a refinery/petrochemical complex in Korea. *Safety and Health at Work*, Vol. 2, 1, 26–33.
- 16 Kenesariyev, U.I., Bekmagambetova, U.I., Zhakashov, Zh.D., Kenesariyev, N.Zh., & Adilgireiuly, Z. (2007). Gigienicheskaya otsenka sostoyaniya vozdukhnoy sredy i zdorovia naseleniya regiona neftegazovogo proizvodstva [Hygienic assessment of the state of the air environment and the health of the population of the oil and gas production region]. *Astana meditsinaly zhurnaly — Astana Medical Journal*, 7(43), 107–110 [in Russian].

N.G. Amantayev^{1*}, M.M. Silantyeva², V.T. Khassanov³

¹Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan;

²Altai State University, Barnaul, Russian Federation;

³S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: nurbolat81@mail.ru

Selecting sterilization conditions for the explants of different potato varieties to be *in vitro* introduced into the culture

An explant is a fragment of plant tissue or organ that is incubated on its own or used to produce a primary callus. The introduction of any plant's tissues into the culture *in vitro* begins with the selection of an uninfected viable explant. The authors presented the results of the effect of various sterilizing agents as well as the treatment timing on the viability of plant explants during microclonal propagation of potatoes of the following varieties: Aladin, Gala, Nevsky, Udacha and Kostanay Novosti. The meristem sprouts from potato tubers were used as parent material. The following commercial sterilizing agents were used: Bleach (Belizna), Tween 20, Lyziformin 3000, 96 % ethyl alcohol. The influence of sterilizing agents as well as the timing of the treatment on the viability of explants and their contamination is analyzed. As a result of the experiments, it has been found that the most effective sterilizing agent is the 3 % bleach and 96 % ethyl alcohol with exposure duration of 10 minutes. Based on the results of the experiment, it is proposed to use the 3 % bleach with an exposure time of 10 minutes as the main sterilizing agent, and the 96 % ethyl alcohol as some pre-treatment of explants to reduce surface contamination. The authors believe that the 96 % ethyl alcohol is the best option for sterilizing solutions since it is a non-toxic, gentle method of sterilization with minimum damage of the plant material tissues.

Keywords: potato tubers, meristem sprouts, sterilizing solutions, explant, exposure, sterilization.

Introduction

An important stage of microclonal propagation of plants and vegetable crops is the selection of the explant, its *in vitro* introduction into the culture and obtaining an aseptic culture. Epiphytic microflora and rhizosphere microorganisms [1] accompany the surface of cells, tissues and explants of plants and vegetable crops. When plant cells are introduced into callus culture, the problem of sterility of explants is acute. The selection of sterilization conditions is an important stage in all the works on the culture of isolated cells, tissues and explants of plants and vegetable crops. The choice of sterilizing substance, its concentration and exposure time are determined depending on the type of cells, tissue, explants of plants and vegetable crops.

In addition, the substance should not penetrate deeply into the tissue and should be easily washed out. When injected into culture *in vitro*, the sterilizing substance and exposure time are selected in such a way as to neutralize the concomitant epiphytic and rhizosphere microflora and at the same time not to significantly damage the explant tissues [2–4].

In the scientific literature [5–7], a wide range of different sterilizing substances is used: those containing active chlorine (calcium or sodium hypochlorite, chloramine), mercury preparations — sublimate, diacide, and oxidizing agents — hydrogen peroxide, potassium permanganate, etc.

Potatoes are one of the most important crops after wheat for the Republic of Kazakhstan [8]. Potato (*Solanum tuberosum*) is a species of perennial tuberous herbaceous plants from the *Solanum* genus of the *Solanaceae* family. The massive spread of bacterial, fungal, viral diseases on potatoes and the great damage caused by them to the yield and quality of tubers develop the need to produce seed materials by using active healing methods, such as microclonal propagation with a combination of cryopreservation of meristematic tissues in liquid nitrogen at the temperature –196 °C. These prerequisites will not only reliably preserve the potato gene pool for a long time, but also allow for obtaining the planting material during subsequent regeneration freed from phytopathogenic microorganisms [9–10].

Potatoes are heterozygous crops, which makes it difficult to preserve the genetic purity of a cultivated variety through continuous vegetative propagation [11].

To prevent the loss of potato genetic resources, the method of long-term storage of plant samples in gene banks, gene resource centers and cryo-collections is used in the CIS and foreign countries [12–14].

Storing and preserving genetic resources in gene banks is very important due to the high biological value as a breeding sample and for the further scientific research in biotechnology, crop production, and agriculture. Therefore, in order to preserve the genetic resource of the studied plant samples during long-term storage, the cryopreservation method is considered to be the best option today [15].

One of the advantages of cryopreservation storage at very low temperatures is the ability to significantly slow down or even stop metabolic processes and biological destruction in the cells of living organisms. In this case, the plant material remains genetically stable, which does not lead to genetic changes [16].

Currently, in the major gene banks worldwide, such as the *International Potato Center (CIP)*, Argentina — INTA (INTA Balcarce Potato Collection); Czech Republic — CRI (Crop Research Institute) and PRI (Potato Research Institute, Havlíčkov Brod); Republic of Korea — NAC (National Agrobiodiversity Center); Peru — CIP (International Potato Center); Leibniz Institute of *Plant Genetics and Crop Research (IPK)*, the Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Production (VIR), the Scientific and Practical Center for Potato and Horticulture of the National Academy of Sciences of Belarus (SPC NASB) store potatoes using three storage systems: natural conditions (field collections), *in vitro*, at ultra-low temperatures (cryocollections) [17–18].

Thus, one of the stages of microclonal propagation that is the sterilization of plant explants is aimed at obtaining sterile explants and viable explants when introduced into culture *in vitro*, which is of great current interest.

The aim of the given study is to identify the effect of various types of sterilizing agents on the efficiency of disinfection of explants of different varieties in order to further obtain callus crops.

Experimental

The 5 varieties of potatoes (Fig.) of Kazakhstani selection, namely, Aladin, Gala, Nevsky, Udacha and Kostanay Novosti (*Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin (Astana) (KazATU)*) were selected to be the test subjects for the research.



Figure. Varieties of potatoes: Aladin, Gala, Nevsky, Udacha and Kostanay Novosti

Kostanay Novosti: The variety is medium-late, table purpose. The plant is tall, upright, medium foliage with the stems colored with anthocyanin. The nest is very compact. The color of the flowers is bright red-purple, which turns pale by the end of flowering. The berry formation is moderately abundant. The tubers are round-oval with small eyeholes, red peel, weakly mesh, and yellow flesh.

The potential yield is 45.0–50.0 tons/ha. The starch content is 14–20 %. The taste is good. It is relatively resistant to viral diseases, heat and drought. When tested, it is easily distinguishable from other varieties. Tubers are capable of long-term storage. It has been included in the State Register of Breeding Achievements of the Republic of Kazakhstan since 2007 and has been zoned in the Kostanay region since 2008 [19].

Gala: The Gala variety is classified as early-ripening. It takes 75 to 80 days for it to ripen after planting. The plants have a spherical shape, blooming with white flowers. The stems are dense, dark green. Medium-

sized potato tubers grow up to 8 cm in length. Root vegetables are oval-shaped, yellow in the section, glossy dense peel with a waxy sheen.

Gala is a high-quality early-ripening table variety with beautiful round-oval and oval tuber shapes. The ripening period of the fully-ripen crop is only 70–80 days from the moment the seeds are planted in the ground. Tubers of medium size (average weight of one tuber is 100–120 grams), covered with a yellowish skin of medium thickness. The flesh is pale yellow to rich yellow, has a low starch content (11–13 %) and good taste. Gala is a high-yielding variety (up to 25 tubers from one plant) and highly marketable (98 %) with numerous advantages. The yield of marketable tubers on the 40th day after germination is 170 tons/ha. At the end of the growing season the total yield reaches 700 t/ha.

Aladin is a high-yielding mid-season table potato variety with round-oval tubers. The ripening period is 100–110 days. Aladin belongs to the Dutch selection. Potato tubers are large. The color of the peel is red; the flesh on the cut has a light cream color. Aladin is very unpretentious to growing conditions and is suitable for planting in loamy and sandy soils. Aladin is highly resistant to late blight, resistant to nematode. The starch content is 21 %. It has good palatability traits. Tubers have shallow eyeholes, marketable condition and are well stored. The yield of Aladin at the end of the growing season reaches 780 quintals per hectare.

Nevsky. It is a medium-early table variety. The period from germination to the technical ripeness of the tubers is 70–80 days. Tubers have an oblong-rounded shape with even peel without any roughness, white-yellow in color with slightly pinkish unburied eyeholes. On the cut of the tuber, a delicate white flesh is visible, which does not darken for a long time. The average weight of the tuber is 90–130 g. It is precisely because of the attractiveness of the tubers that this potato has earned recognition. Besides, it is easy to clean, wash and it does not fall apart when cooked. The potato has good storability (better than that of many mid-late and late varieties). No special storage conditions are required; the tubers do not sprout for a long time and retain their commercial appearance throughout the winter. Potato plants are lush, of medium height, semi-upright, of intermediate type. The stems are well-leafed with medium-sized light green leaves with a slight wavy edge. The inflorescences are compact, consisting of many small white flowers. The flowering of the plants is very abundant but short-lived. It has been zoned in the East Kazakhstan region since 1987.

Udacha is an early variety that reaches maturity in 55–60 days after planting. It is characterized by high yield — 42 tons/hectare. The plant has a strong stem and dense leaves. It blooms for a short time, with white inflorescences and bent sepals. Under the plant, 10–15 round tubers of yellowish-cream color weighing about 150 g are formed. The flesh of the tubers is white and gets slightly yellow during thermal processing.

It is an early-ripening table variety. The plant has a spreading, medium-tall, heavily foliated structure. The tubers are round-oval with a blunt tip, white smooth skin, small eyeholes, and white flesh. The potato shoots are characterized by rare berry formation. The flowers are white, medium-sized, and the sepals are strongly curved downward. The sprout is spherical with a red-violet base. Udacha potato variety stands out for its good yield and allows harvesting from 10 to 15, sometimes even up to 20 tubers weighing 100–150 grams from each healthy plant.

An early-maturing variety, which is excellent for harvesting and consumption in summer and autumn, intended for table use. It has versatile applications. Under optimal storage conditions, the storability of Udacha ranges from 88 % to 97 %. The tubers are not very susceptible to mechanical damage, making them convenient for commercial cultivation. The marketability is 96 % [20–21].

It is characterized by low susceptibility to diseases and is not affected by viral infections. It is low-maintenance. The ripening and yield of the potatoes are not dependent on weather conditions and soil types. Thanks to the fast formation of tubers, it attains marketable quality within 45 days after the emergence of the first sprouts. With proper care, it yields high harvests, which is 500 quintals per hectare.

The tubers were sprouted as follows: for the first 2–3 weeks, the tubers were sprouted in darkness at a temperature of +10–12 °C until the sprouts reached a length of 1–1.5 cm. Afterwards, the tubers were transferred to light (a bright room) and continued their sprouting for another 2 weeks at a temperature of +25 °C to obtain strong sprouts (green or violet in color).

Apical meristems, measuring 3–5 mm, isolated from the eyes of the tubers, were used.

In the beginning, the potato tubers were washed with a soapy solution in tap water for 5–10 minutes, and then rinsed in running tap water for about 15 minutes. All further manipulations were carried out under aseptic conditions in a laminar flow cabinet.

The explants were sterilized by the following methods:

1. The washed potato tubers and meristematic shoots were sterilized in a sterilizing solution: a commercial chlorine-containing reagent called bleach (2.8 % active chlorine sodium and 2.0 % hydroxide) diluted

with distilled water at a concentration of 3 % for 5–10 minutes. Afterwards, the shoots were rinsed with sterile distilled water for about 5–10 minutes, repeating the process 3–4 times.

2. The washed potato tubers and meristematic shoots were sterilized in a sterilizing solution: Tween 20 (*Tween 20*, a viscous liquid, polyoxymethylene sorbitan monolaurate), diluted with distilled water at a concentration of 10 % for 5–10 minutes. Then the shoots were rinsed with sterile distilled water for about 5 minutes, repeating the process 3–4 times.

3. The washed potato tubers and meristematic shoots were sterilized in a solution of Lyzoformin 3000 (glutaraldehyde, glyoxal, dodecyldimethyl ammonium chloride) diluted with distilled water at a concentration of 2 % for 5–10 minutes. Then the shoots were rinsed with sterile distilled water for about 5 minutes, repeating the process 3–4 times.

4. The washed potato tubers and meristematic shoots were sterilized in 96 % ethanol diluted with distilled water at a concentration of 2 % for 5–10 minutes. Then the shoots were rinsed with sterile distilled water for about 5 minutes, repeating the process 3–4 times.

All sterilized tubers of the potato varieties Aladin, Gala, Nevsky, Udacha, and Kostanay Novosti were transferred to growth stimulators such as Biostimulator, Epin, Heteroauxin, Kornevin and Humate. All stimulators were diluted with distilled water in a ratio of up to 250 ml and poured into sterile jars until the potato tubers were completely covered with the solution. All the jars containing the solutions and potato tubers were left in the laminar flow cabinet for 24 hours. For introduction into in vitro culture, the potato tuber pith was used, and the Murashige and Skoog nutrient medium was applied with 30 g/L sucrose, 4 g/L agar, pH 5.7 with added various concentrations of plant growth regulators (phytohormones) [22–24].

Results and Discussion

The efficiency of different options for sterilizing explants of different potato varieties using antimicrobial agents was compared and presented in Table 1.

Table 1

Efficiency of different sterilization options for explants of different potato varieties with the use of antimicrobial agents

Sterilizing Agents	Solution concentration	Number of infected explants, %									
		Gala		Udacha		Nevsky		Kostanay Novosti		Aladin	
		Exposure, min									
		5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
Bleach	3 %	75 ±1.47	58 ±2.16	69 ±1.78	55 ±1.63	87 ±1.41	69 ±2.27	85 ±1.08	76 ±1.87	81 ±2.55	73 ±1.22
Tween	10 %	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00
Lyzoformin	2 %	100 ±0.00	97 ±1.78	100 ±0.00	98 ±1.87	100 ±0.00	96 ±2.16	100 ±0.00	98 ±1.87	100 ±0.00	97 ±1.47
Ethyl Alcohol	96 %	76 ±1.08	69 ±0.41	78 ±0.41	61 ±1.08	82 ±2.12	73 ±2.16	92 ±1.78	76 ±0.82	89 ±0.71	64 ±1.08
Note: The data in the table are presented as the arithmetic mean ± SD. p<0.05.											

Note: The data in the table are presented as the arithmetic mean ± SD, p<0.05.

The results of the conducted experiments showed that when using 10 % Tween and 2 % Lyzoformin as sterilizing agents, there was a 100 % contamination of the entire plant material. With an increase in exposure time to 2 % Lyzoformin by 10 minutes, the percentage of potato explants infection slightly decreased from 96 % to 97 %.

When using 96 % ethyl alcohol with an exposure time of 5 minutes, the number of infected explants ranged from 92 % to 73 %. With an increase in exposure time by 10 minutes in 96 % ethyl alcohol, the percentage of explant infection decreased significantly by 3.5 times.

The use of 3 % bleach for sterilizing the plant material resulted in a significant reduction in the percentage of infection in the potato explants. Increasing the sterilization timing with 3 % bleach to 10 minutes led to a 1.5 times reduction in potato explant infection and the complete absence of bacterial and fungal infections on the explants.

The choice of sterilizing agent directly affects the preservation of explants in a viable state (Table 2). The use of disinfecting agents, such as a solution of 2 % Lyzoformin and 10 % Tween with prolonged exposure (5 and 10 minutes) led to high death rates of shoots. At the same time, medium overgrowth was observed when using 10 % Tween solution: the Gala variety — 36 %, Udacha — 42.3 %, Nevsky — 68.2 %, Kostanay Novosti — 90.5 %, Aladin — 58.3 %. No medium overgrowth was observed when using the 2 % Lyzoformin solution. The treatment with the disinfecting agents, 2 % Lyzoformin and 10 % Tween solutions, did not significantly increase the number of sterile viable explants.

Table 2

Regeneration of explants after treatment with disinfectants (percentage of the total explants)

Variety Potato	Sterilizing agents, Solution concentration	Aseptic Viable Explants		Aseptic non-viable Explants		Infected Viable Explants		Infected non-viable Explants	
		Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
Gala	Bleach 3 %	22	88	3	12	2	8	1	4
Udacha		24	92.3	2	7.7	3	11.5	2	7.7
Nevsky		19	86.4	3	13.6	2	9.1	1	4.5
Kostanay Novosti		18	87.7	3	14.3	4	19.1	2	9.5
Aladin		19	79.2	5	20.8	3	12.5	2	8.3
Gala	Tween 10 %	0	0	25	100	0	0	9	36
Udacha		0	0	26	100	0	0	11	42.3
Nevsky		0	0	22	100	0	0	15	68.2
Kostanay Novosti		0	0	21	100	0	0	19	90.5
Aladin		0	0	24	100	0	0	14	58.3
Gala	Lyzoformin 2 %	1	4	24	96	0	0	0	0
Udacha		2	7.7	24	92.3	0	0	0	0
Nevsky		2	9.1	20	90.9	0	0	0	0
Kostanay Novosti		1	4.8	20	95.2	0	0	0	0
Aladin		1	4.2	23	95.8	0	0	0	0
Gala	Ethanol 96 %	12	48	13	52	3	12	5	20
Udacha		13	50	13	50	4	15.4	6	23
Nevsky		9	41	13	59	2	9.1	5	22.7
Kostanay Novosti		11	52.4	10	47.6	2	9.5	4	19
Aladin		11	45.8	13	54.2	3	12.5	5	20.8

Note: The observed differences with potato varieties are statistically significant at $p < 0.05$.

The use of bleach based on sodium hypochlorite for sterilization showed high viability of explants. However, in this case, there was also significant mortality of explants: Gala — 12 %, Udacha — 7.7 %, Nevsky — 13.6 %, Kostanay Novosti — 14.3 %, Aladin — 20.8 %.

During the growth of explants using the described treatment method, the development of infection was observed. Microorganisms grew on the surface of the agar layer around the explant, originating from the tissues and contaminating the nutrient medium. The infected viable explants showed the following percentages: Gala — 8 %, Udacha — 11.5 %, Nevsky — 9.1 %, Kostanay Novosti — 19.1 %, Aladin — 12.5 %.

When treated with 96 % ethyl alcohol compared to the bleach, the viability of explants was moderate: Gala — 48 %, Udacha — 50 %, Nevsky — 41 %, Kostanay Novosti — 52.4 %, Aladin — 45.8 %. The aseptic non-viable explants were observed in the experiment: Gala — 52 %, Udacha — 50 %, Nevsky — 49 %, Kostanay Novosti — 47.6 %, Aladin — 54.2 %.

At the same time, a number of viable explants with infection and a low yield of non-sterile explants ranged from 9.1 % to 15.4 %.

The laboratory experiment on the effect of sterilizing solutions on the yield of aseptic viable explants did not reveal significant differences between the potatoes varieties used.

The best result was obtained using the following procedure:

1. The washed potato tubers and meristematic shoots were sterilized in a sterilizing solution: a commercial chlorine-containing reagent — bleach (active chlorine — 2.8 %, sodium hydroxide — 2.0 %), diluted with distilled water to a concentration of 3 %, for 5–10 minutes. Afterwards, the shoots were rinsed with sterile distilled water for about 5–10 minutes, 3–4 times.

2. The washed potato tubers and meristematic shoots were sterilized with 96 % ethyl alcohol diluted with distilled water to a concentration of 2 %, for 5–10 minutes. Then, the shoots were rinsed with sterile distilled water for about 5 minutes, 3–4 times.

Conclusions

Thus, the obtained results indicate that the success of introducing meristematic potato shoots of the Aladin, Gala, Nevsky, Udacha, and Kostanay Novosti varieties into *in vitro* culture is influenced by the method of explant's sterilization.

During the laboratory experiments, it was found that the most effective sterilizing agents are 3 % bleach (Belizna) and 96 % ethyl alcohol with an exposure time of 10 minutes. Based on the experiment results, we propose using 3 % bleach as the main sterilizing agent with a 10-minute exposure time and for reducing surface contamination, preliminary treatment of explants with 96 % ethyl alcohol is recommended. The authors believe that 96 % ethyl alcohol is the most optimal option for sterilizing solutions since it is non-toxic, provides a gentle sterilization, and minimally damages the plant material tissues.

References

- 1 Селихова А.А. Эпифитная микрофлора растений как специфический фактор растительного иммунитета / А.А. Селихова // Молодой ученый. — 2019. — № 51 (289). — С. 280–282.
- 2 Патент 2322061 Россия, ООО «Экобиотех» НПО. № 200 6112903/13. Заявл. 15.04.2006. Биопрепарат для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения качества продукции / Е.Н. Афанасьев, Н.С. Тюминцова, Н.Е. Афанасьев. Опубл. 20.04.2008.
- 3 Моргун В.В. Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение / В.В. Моргун, С.Я. Коць, Е.В. Кириченко // Физиология и биохимия культурных растений. — 2009 — Т. 41, № 3. — С. 187–206.
- 4 Каменева С.В. Генетический контроль процессов взаимодействия бактерий растениями в ассоциациях / С.В. Каменева, Е.М. Муронец // Генетика. — 1999. — Т. 35, № 11. — С. 1480–1494.
- 5 Чураков А.А. Способ получения асептических эксплантов картофеля в культуре *in vitro* / А.А. Чураков, Н.М. Попова, А.Н. Халипский, Ю.А. Пирятенец. // Вестн. КрасГАУ. — 2019. — № 5. — С. 16–21.
- 6 Лебедь М.Б. Исследование эффективности различных способов стерилизации эксплантов картофеля при микроклональном размножении / М.Б. Лебедь, Ю.В. Берестнева, И.В. Волков, К.Р. Бикметова, Н.И. Лебедь // Успехи современного естествознания. — 2019. — № 9. — С. 26–30.
- 7 Sevostyanova E.P. Obtaining micro cuttings of potatoes by clonal micropropagation / E.P. Sevostyanova, S.V. Akimova, M.A. Sevostyanov, E.O. Nasakina, A.V. Korshunov and A.P. Glinushkin // Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants. IOPConf. Series: Earth and Environmental Science. — 2021. — No 663.
- 8 Айтбаев Т.Е. Сорта картофеля, допущенные к использованию в Республике Казахстан: сб. тез. Второго науч.-практ. совещания «Генетические и агротехнологические ресурсы повышения качества продовольственного и технического картофеля» / Т.Е. Айтбаев. — М., 2012. — С. 5–6.
- 9 Wang Q. Cryotherapy of the shoot tips: novel pathogen eradication method / Q. Wang, J.P.T. Valkonen // Trends in Plant Science. — 2008. — Vol. 14, No 3. — P. 119–122.
- 10 Wang Q.C. Cryotherapy of potato shoot tips for efficient elimination of Potato leaf roll virus (PLRV) and Potato virus Y (PVY) / Q.C. Wang, Y. Liu, Y. Xie, M. You. — Potato Research, 2006. — Vol. 49. — P. 119–129.
- 11 Kaczmarczyk A. Potato Shoot Tip Cryopreservation. A Review / A. Kaczmarczyk, Rokka Veli-Matti, E.R. Joachim Keller // European Potato Journal, 2011. — Vol. 54(1). — P. 45–79. DOI: 10.1007.
- 12 Plant Cryopreservation. A Practical Guide / B.M. Reed (Ed.). — Springer Science+ Business Media, LLC, 2008. — 513 p.
- 13 Espinoza N. Tissue culture micropropagation, conservation, and export of potato germplasm / N. Espinoza, R. Estrada, P. Tovar, J. Bryan, J.H. Dodds // Specialized Technology Document I. International Potato Center, Lima, Peru, 1986. — 20 p.
- 14 Киру С.Д. Мобилизация, сохранение и изучение генетических ресурсов культивируемого и дикорастущего картофеля / С.Д. Киру, Е.В. Рогозина // Вавиловский журн. генетики и селекции. — 2017. — № 21(1). — С. 7–15.
- 15 Жученко А.А. Эколого-генетические принципы мобилизации мировых генетических ресурсов высших растений / А.А. Жученко // Образование, наука и производство. — 2014. — № 2. — С. 9–17.
- 16 Вержук В.Г. Анализ эффективности методов криоконсервации по показателю жизнеспособности плодовых растений после криосохранения / В.Г. Вержук, А.В. Павлов // Науч. журн. НИУ ИТМО. Сер. Процессы и аппараты пищевых производств. — 2015. — № 2. — С. 162–167.
- 17 Дунаева С.Е. Сохранение вегетативно размножаемых культур в *in vitro*- и криоколлекциях: метод. указ. / С.Е. Дунаева, Г.И. Пендинен, О.Ю. Антонова, Н.А. Швачко, Н.Н. Волкова, Т.А. Гавриленко. — СПб., 2011. — С. 72.
- 18 Kaczmarczyk A. Influence of alternating temperature preculture on cryopreservation results for potato shoot tips / A. Kaczmarczyk, N. Shvachko, Y. Lupysheva, M.R. Hajirezaei, E.R.J. Keller // Plant Cell Rep. — 2008. — Vol. 27. — P. 1551–1558.

19 Двуреченский В.И. Сорта картофеля Костанайской селекции / В.И. Двуреченский, А.С. Удовичский, В.Г. Тулаева, Р.М. Альмурзина, В.В. Тайков, А.С. Гук / Утв. на заседании Ученого совета ТОО «Костанайский НИИ сельского хозяйства». Протокол № 4 от 9 июля 2010 г.

20 Kane M. Micropropagation of potato by node culture and microtuber production / M. Kane // In: Plant Tissue Culture, Development, and Biotechnology. Eds. R.N. Trigiano and D.J. Gray. CRC Press. Taylor & Francis Group. — USA. — 2011. — P. 207–212.

21 Калашникова Е.А. Практикум по сельскохозяйственной биотехнологии / Е.А. Калашникова, Е.З. Кочиева, О.Ю. Миронова. — М.: КолоС, 2006. — 144 с.

22 Магзумова Г.К. Оптимизация условий криосохранения образцов картофеля / Г.К. Магзумова, А.Н. Хусанбаева, А.Ж. Измаганбетова, А.А. Какимжанова // Биотехнология. Теория и практика. — 2013. — № 4. — С. 42–49.

23 Кушнаренко С.В. Создание коллекции *in vitro* сортов и гибридов картофеля как исходного материала для криоконсервации / С.В. Кушнаренко, Н.В. Ромаданова, М.М. Аралбаева, Г.Н. Матакова, М.О. Бекебаева, Д.И. Бабисекова // Биотехнология. Теория и практика. — 2013. — № 1. — С. 28–33.

24 Турашева С.К. Оптимизация режима стерилизации эксплантов растения тау-сагыз / С.К. Турашева, К.К. Богуспаев, Д.Г. Фалеев, С.Б. Оразова, Амангуль, А.С. Аксамбаева // Вестн. Казах. нац. ун-та. Сер. биол. — 2012. — № 3 (55). — С. 73–77.

Н.Г. Амантаев, М.М. Силантьева, В.Т. Хасанов

Әртүрлі картоп сорттарының экспланттарын *in vitro* жағдайында дақылға енгізу мақсатында оларды зарарсыздандыру жолын таңдау

Эксплант — өсімдік ұлпасының немесе органының фрагменті. Кез келген өсімдіктің ұлпасын *in vitro* жағдайда дақылға енгізу барысында инфекцияланбаған, тіршілікке қабілетті эксплантты таңдаудан басталады. Мақалада «Аладин», «Гала», «Невский», «Удача» және «Қостанай жаңалықтары» атты картоп сорттарын микроклоналды көбейту үшін олардың экспланттарының тіршілікке қабілеттілігіне әртүрлі зарарсыздандыратын агенттердің әсері, сондай-ақ оларды өңдеу уақытын зерттеу нәтижелері көрсетілген. Бастапқы материал ретінде картоп түйнектерінен алынған меристемалық өскіндер болды. Белизна, Твин 20, Лизоформин 3000, 96 % этил спирті сияқты коммерциялық зарарсыздандыру агенттері қолданылған. Тәжірибе нәтижелері бойынша негізгі зарарсыздандыру агенті ретінде экспозиция уақыты 10 минут болатын 3 % Белизнаны қолдануды және беткейлік ластануын азайту үшін экспланттарды 96 % этил спиртімен алдын ала өңдеу ұсынылған. Авторлар 96 % этил спирті ерітіндісін зарарсыздандырудың ең жақсы нұсқасы деп санайды, өйткені экспланттар үшін ерітінді улы емес, зарарсыздандырудың жұмсақ әдісі және өсімдік материалының тіндерін аз зақымдайды.

Кілт сөздер: картоп түйнектері, меристемалық өскіндер, зарарсыздандыратын ерітінділер, эксплант, экспозиция, зарарсыздандыру.

Н.Г. Амантаев, М.М. Силантьева, В.Т. Хасанов

Подбор условий стерилизации эксплантов различных сортов картофеля для введения в культуру *in vitro*

Эксплант — фрагмент ткани или органа растений, инкубируемый самостоятельно или используемый для получения первичного каллуса. Введение в культуру тканей *in vitro* любого растения начинается с подбора неинфицированного жизнеспособного экспланта. Авторами приведены результаты исследования влияния различных стерилизующих агентов, а также времени их обработки на жизнеспособность растительных эксплантов при микроклональном размножении картофеля сортов «Алладин», «Гала», «Невский», «Удача» и «Костанайские новости». Исходным материалом являлись меристемные ростки из клубней картофеля. Использованы такие коммерческие стерилизующие агенты, как Белизна, Твин 20, Лизоформин 3000, 96 %-ный этиловый спирт. Проанализировано влияние стерилизующих агентов, а также времени их обработки на жизнеспособность эксплантов и их контаминацию. В результате проведенных экспериментов было установлено, что наиболее эффективными являются 3 %-ная Белизна и 96 %-ный этиловый спирт с длительностью экспозиции 10 мин. По результатам эксперимента предлагаем в качестве основного стерилизующего агента использовать 3 %-ную Белизну со временем экспозиции 10 мин, а для уменьшения поверхностных загрязнений применять предварительную обработку эксплантов 96 %-ным этиловым спиртом. Авторы считают, что 96 %-ный этиловый спирт является наиболее оптимальным вариантом стерилизующих растворов, так как не токсичен, является щадящим способом стерилизации и минимально повреждает ткани растительного материала.

Ключевые слова: клубни картофеля, меристемные ростки, стерилизующие растворы, эксплант, экспозиция, стерилизация.

References

- 1 Selikhova, A.A. (2019). Epifitnaia mikroflora rastenii kak spetsificheskii faktor rastitelnogo immuniteta [Epiphytic microflora of plants as a specific factor of plant immunity]. *Molodoi uchenyi — Young scientist*, 51(289), 280–282 [in Russian].
- 2 Patent 2322061 Rossiia, ООО «Ekobiotech» NPO 6112903/13. Zaiavleno 15.04.2006 (2008). Biopreparat dlia povysheniia urozhainosti selskokoziastvennykh kultur i uluchsheniia kachestva produktii [Biopreparation for increasing crop yields and improving product quality] / E.N. Afanas'ev, N.S. Tjumincova, N.E. Afanas'ev. Opublikovano 20.04.2008, 200 [in Russian].
- 3 Morgun, V.V., Koc', S.Ya., & Kirichenko, E.V. (2009). Roststimuliruiushchie rizobakterii i ikh prakticheskoe primeneniye [Growth-stimulating rhizobacteria and their practical application]. *Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rastenii — Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 41(3), 187–206 [in Russian].
- 4 Kameneva, S.V., & Muronec, E.M. (1999). Geneticheskii kontrol protsessov vzaimodeistviia bakterii rasteniiami v assotsiatsiiakh [Genetic control of the processes of interaction between bacteria and plants in associations]. *Genetika — Genetics*, 35(11), 1480–1494 [in Russian].
- 5 Churakov, A.A., Popova, N.M., Khalipskiy, A.N., & Piryatenets, Yu.A. (2019). Sposob polucheniia asepticheskikh eksplantov kartofelia v kulture *in vitro* [Method of obtaining potato aseptic explants in *in vitro* culture]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universitea — Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 5, 16–21 [in Russian].
- 6 Lebed', M.B., Berestneva, Yu.V., Volkov, I.V., Bikmetova, K.R., & Lebed', N.I. (2019). Issledovanie effektivnosti razlichnykh sposobov sterilizatsii eksplantov kartofelia pri mikroklonalnom razmnozhenii [Investigation of the effectiveness of various methods of sterilization of potato explants during microclonal propagation]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia — Successes of modern natural science*, 9, 26–30 [in Russian].
- 7 Sevostyanova, E.P., Akimova, S.V., Sevostyanov, M.A., Nasakina, E.O., Korshunov, A.V. & Glinushkin, A.P. (2021). Obtaining micro cuttings of potatoes by clonal micropropagation. *Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 663.
- 8 Aitbaev, T.E. (2012). Sorta kartofelia, dopushchennye k ispolzovaniyu v Respublike Kazakhstan [Potato varieties approved for use in Republic of Kazakhstan]. *Sbornik tezisev Vtorogo nauchno-prakticheskogo soveshchaniia "Geneticheskie i agrotekhnologicheskie resursy povysheniia kachestva prodovol'stvennogo i tekhnicheskogo kartofelia"* — Collection of abstracts of the second scientific and practical meeting "Genetic and agrotechnological resources of improving the quality of food and technical potatoes", P. 5-6. Moscow [in Russian].
- 9 Wang, Q., & Valkonen, J.P.T. (2008). Cryotherapy of the shoot tips: novel pathogen eradication method. *Trends in Plant Science*, 14(3), 119–122.
- 10 Wang, Q.C., Liu, Y., Xie, Y., & You, M. (2006). Cryotherapy of potato shoot tips for efficient elimination of Potato leaf roll virus (PLRV) and Potato virus Y (PVY). *Potato Research*, 49, 119–129.
- 11 Kaczmarczyk, A., Veli-Matti, Rokka, & Joachim Keller, E.R. (2011). Potato Shoot Tip Cryopreservation. A Review. *European Potato Journal*, 54(1), 45–79 DOI: 10.1007.
- 12 Reed, B.M. (2008). Plant Cryopreservation. A Practical Guide. Springer Science+ Business Media, LLC, 513.
- 13 Espinoza, N., Estrada, R., Tovar, P., Bryan, J., & Dodds, J.H. (1986). Tissue culture micropropagation, conservation, and export of potato germplasm. *Specialized Technology Document I*, 20. International Potato Center, Lima, Peru.
- 14 Kiru, S.D., & Rogozina, E.V. (2017). Mobilizatsiia, sokhraneniye i izuchenie geneticheskikh resursov kultiviruемого i dikorastushchego kartofelia [Mobilization, conservation and study of genetic resources of cultivated and wild potatoes]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii — Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 21(1), 7–15 [in Russian].
- 15 Zhuchenko, A.A. (2014). Ekologo-geneticheskie printsipy mobilizatsii mirovykh geneticheskikh resursov vysshikh rastenii [Ecological and genetic principles of mobilization of the world genetic resources of higher plants]. *Obrazovanie, nauka i proizvodstvo — Education, science and production*, 2, 9–17 [in Russian].
- 16 Verzhuk, V.G., & Pavlov, A.V. (2015). Analiz effektivnosti metodov kriokonservatsii po pokazatelyu zhiznesposobnosti plodovykh rastenii posle kriosokhraneniia [Analysis of the effectiveness of cryopreservation methods in terms of the viability of fruit plants after cryopreservation]. *Nauchnyi zhurnal Natsionalnogo issledovatel'skogo universiteta innovatsionnykh tekhnologii mekhaniki i optiki. Seriya Protsestry i apparaty pishchevykh proizvodstv — Scientific Journal of the National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. Series "Processes and devices of food production"*, 2, 162–167 [in Russian].
- 17 Dunaeva, S.E., Pendinen, G.I., Antonova, O.Yu., Shvachko, N.A., Volkova, N.N., & Gavrilenko, T.A. (2011). Sokhraneniye vegetativno razmnozhaemykh kultur v *in vitro* i kriokollektsiakh [Preservation of vegetatively propagated crops in *in vitro* and cryocollections]. Saint Petersburg [in Russian].
- 18 Kaczmarczyk A., Shvachko, N., Lupysheva, Y., Hajirezaei, M.R., & Keller, E.R.J. (2008). Influence of alternating temperature preculture on cryopreservation results for potato shoot tips. *Plant Cell Rep*, 27, 1551–1558.
- 19 Dvurechenskii, V.I., Udovickii, A.S., Tulaeva, V.G., Al'murzina, R.M., Tajkov V.V., & Guk, A.S. (2010). Sorta kartofelia Kostanaiskoi seleksii [Potato varieties of Kostanay selection]. *Broshiura utverzhdena na zasedanii Uchenogo soveta TOO «Kostanaiskii Nauchno issledovatel'skii institut selskogo khoziaistva»* — The brochure was approved at the meeting of the Academic Council of Kostanay Research Institute of Agriculture LLP, 4 [in Russian].
- 20 Kane, M. (2011). Micropropagation of potato by node culture and microtuber production. *Plant Tissue Culture, Development, and Biotechnology. Eds. R.N. Trigiano and D.J. Gray*. CRC Press. Taylor & Francis Group. USA, P. 207–212.
- 21 Kalashnikova, E.A., Kochieva, E.Z., & Mironova, O.Yu. (2006). *Praktikum po selskokhoziaistvennoi biotekhnologii [Workshop on agricultural biotechnology]*. Moscow: KoloS [in Russian].

22 Magzumova, G.K., Husanbaeva, A.N., Izmaganbetova, A.Zh., & Kakimzhanova, A.A. (2013). Optimizatsiia uslovii kriosokhraneniia obraztsov kartofelia [Optimization of conditions for cryopreservation of potato samples]. *Biotehnologiya. Teoriia i praktika — Biotechnology. Theory and practice*, 4, 42–49 [in Russian].

23 Kushnarenko, S.V., Romadanova, N.V., Aralbaeva, M.M., Matakova, G.N., Bekebaeva, M.O., & Babisekova, D.I. (2013). Sozdanie kollektzii *in vitro* sortov i gibridov kartofelia kak iskhodnogo materiala dlia kriokonservatsii [Creation of an *in vitro* collection of potato varieties and hybrids as a source material for cryopreservation]. *Biotehnologiya. Teoriia i praktika — Biotechnology. Theory and practice*, 1, 28–33 [in Russian].

24 Turasheva, S.K., Boguspaev, K.K., Faleev, D.G., Orazova, S.B., Amangul', & Aksambaeva, A.S. (2012). Optimizatsiia rezhima sterilizatsii eksplantov rasteniia tau-sagyz [Optimization of the sterilization conditions of tau-sagyz explants]. *Vestnik Kazakhskogo natsionalnogo universiteta. Seriya biologicheskaya — Bulletin of the Kazakh National University. Biology series*, 3(55), 73–77 [in Russian].

Ж.С. Байгужина^{1,2*}, А.Е. Хасенова², Ш.К. Елеупаева³, А.С. Динмухамедова¹,
Г.С. Альжанова², Р.И. Айзман⁴, С.М. Базарбаева⁵, С.Р. Хамзина⁶

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан;

²Филиал ТОО «Национальный центр биотехнологии», Степногорск, Казахстан;

³Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;

⁴Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия;

⁵Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан;

⁶Кокшетауский университет имени А. Мырзахметова, Кокшетау, Казахстан

*Автор для корреспонденции: karaganda_sh2007@mail.ru

Роль пробиотиков в профилактике и лечении заболеваний

Пробиотики, включающие бактерии и дрожжи, представляют собой живые микроорганизмы, оказывающие благотворное влияние на здоровье человека. Некоторые из этих микроорганизмов составляют часть нормальной микробиоты кишечника человека, где они живут в симбиотических отношениях. В последнее время пробиотические микроорганизмы постоянно изучаются и их применение рассматривается в перспективных методах профилактики и лечения различных заболеваний. Клинические испытания и эксперименты *in vitro*, *in vivo* расширили текущее понимание важной роли, которую пробиотики играют при заболеваниях, связанных с микробиомом кишечника человека. Во многих исследованиях отмечается, что пробиотики участвуют в формировании кишечной микробиоты, что приводит к потенциальному контролю течения множества заболеваний кишечника и содействует общему оздоровлению. Убедительные доказательства в пользу использования пробиотиков при лечении таких заболеваний, связанных с микробиомом кишечника (ассоциированная диарея, хронические запоры, синдром раздраженного кишечника, колоректальный рак и различные расстройства функций желудочно-кишечного тракта) как антибиотик. Пробиотики также используются для лечения и профилактики заболеваний, не связанных с желудочно-кишечным трактом, таких как атопический дерматит, аллергия, сердечно-сосудистые заболевания, урогенитальные инфекции и раковые заболевания. Однако в этих случаях точные механизмы воздействия пробиотиков недостаточно изучены и требуют дальнейших исследований в этом направлении. Целью данной статьи является анализ современной литературы о применении пробиотиков в профилактике и лечении различных заболеваний.

Ключевые слова: пробиотики, микробиота кишечника человека, микробиом, использование пробиотиков, бифидобактерии, лактобациллы, кишечные инфекции, терапевтическое использование пробиотиков.

Введение

Пробиотики — это живые непатогенные микроорганизмы, которые применяются для улучшения микробного баланса желудочно-кишечного тракта. Они включают дрожжи вида *Saccharomyces boulardii* или молочнокислые бактерии родов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* и используются как диетические продукты и пищевые добавки [1]. Однако отмечено, что пробиотические препараты, состоящие из мертвых клеток и их метаболитов, также могут вызывать биологический ответ, во многих случаях аналогичный тому, который наблюдается у живых клеток. Следовательно, пробиотики, состоящие из живых или мертвых клеток и их метаболитов, могут играть важную роль в поддержании здоровья и предотвращении заболеваний хозяина [2].

Доказано, что пробиотики эффективны при различных клинических состояниях — от детской диареи, некротизирующего энтероколита, диареи, связанной с приемом антибиотиков, рецидивирующего колита *Clostridium difficile*, инфекций *Helicobacter pylori*, воспалительных заболеваний кишечника до рака, женских мочеполовых и хирургических инфекций. Также известно, что штамм *Lactobacillus rhamnosus GG* благотворно влияет на кишечный иммунитет, увеличивая количество IgA и других иммуноглобулинов в слизистой оболочке кишечника, он стимулирует местное высвобождение интерферонов, что облегчает транспортировку антигена к нижележащим лимфоидным клеткам [3].

Пробиотики оказывают свое благотворное влияние различными механизмами, такими как снижение pH кишечника, уменьшение колонизации и инвазии патогенными организмами, а также изменением иммунного ответа хозяина [4].

Целью данной статьи является анализ современной литературы о применении пробиотиков в профилактике и лечении различных заболеваний.

Методы и материалы

Проведен анализ публикаций в базах данных PubMed, Web of Science, Scopus, Elsevier за последние 5 лет, используя следующие термины: «пробиотики», «микробиота кишечника человека», «микробиом», «использование пробиотиков», «бифидобактерии», «лактобациллы», «кишечные инфекции», «терапевтическое использование пробиотиков». Было проанализировано более 100 публикаций, для этого обзора отобрано 45 статей, которые включали рандомизированные, слепые и непредвзятые исследования.

Результаты и обсуждение

Роль пробиотиков в заболеваниях, связанных с микробиомом кишечника человека

Пробиотики постоянно используются для улучшения гомеостаза кишечника человека. В результате количество вредных бактерий, которые не могут выжить в кислой среде, уменьшается, а полезные бактерии, которые хорошо растут в такой среде, размножаются, тем самым уравнивая кишечную микробиоту [5]. В целом, микробиом кишечника работает подобно эндокринному органу, вырабатывающему биоактивные метаболиты, ферменты или небольшие молекулы, которые оказывают влияние на многие функции организма хозяина. Дисбактериоз кишечника связан со многими кишечными заболеваниями, включая различные воспалительные заболевания кишечника, синдром раздраженного кишечника, хронический запор, осмотическую диарею, колоректальный рак и др. Потенциальный патогенный механизм дисбактериоза кишечника, связанного с кишечными заболеваниями, включает изменение состава кишечной микробиоты, а также сигнальных молекул, полученных из кишечной микробиоты [6].

Поскольку микробные сообщества кишечника не являются постоянными и могут быть изменены различными факторами, такими как образ жизни, диета и антибиотики, пробиотики могут использоваться для лечения и профилактики различных кишечных расстройств. Благоприятное действие пробиотиков и их связь с кишечными заболеваниями были продемонстрированы в различных исследованиях (см. табл.).

Т а б л и ц а

Результаты клинического исследования влияния пробиотиков

\	Пробиотик	Итоги исследования	Ссылка
Антибиотик-ассоциированная диарея (ААД)	<i>Bacillus spp.</i> , <i>Bifidobacterium spp.</i> , <i>Clostridium butyricum</i> , <i>Lactobacilli spp.</i> , <i>Lactococcus spp.</i> , <i>Leuconostoc cremoris</i> , <i>Saccharomyces spp.</i> или <i>Streptococcus spp.</i> , отдельно или в комбинации	Было включено тридцать три исследования (6352 участника). Через 5 дней–12 недель наблюдения частота ААД в группе, применяющей пробиотики, составила 8 % (259/3232) по сравнению с 19 % (598/3120) в контрольной группе. Высокая доза (≥ 5 миллиардов КОЕ в день) более эффективна, чем низкая доза пробиотика (<5 миллиардов КОЕ в день)	[7]
	<i>Lactobacillus</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Bifidobacterium</i> , <i>Streptococcus</i>	Было изучено тридцать шесть исследований (9312 участников). Пробиотики снижали частоту ААД на 38 %. Статистически значимого увеличения нежелательных явлений в группе, принимающей пробиотики, не наблюдалось	[8]
	<i>Lactobacillus rhamnosus GG</i> <i>Saccharomyces boulardii</i> <i>Lactobacillus reuteri</i>	Анализ 82 исследований (12127 участников), 11526 детей (возраст < 18 лет) и 412 взрослых. Продолжительность госпитализации в стационарах в среднем была короче в группе, принимавшей пробиотики, чем в контрольной группе. Не было обнаружено различий между группами у людей с диареей продолжительностью ≥ 14 дней	[9]

Продолжение таблицы

\	Пробиотик	Итоги исследования	Ссылка
Хронические запоры	<i>Bifidobacterium lactis</i> GCL2505 <i>Lactobacillus casei</i> B. lactis NCC2818 VSL#3, <i>L. paracasei</i> , <i>B. lactis</i> DN-173010, <i>B. lactis</i> HN01, <i>L. reuteri</i> DSM 17938, <i>L. plantarum</i> LMG P-21021, <i>B. breve</i> DSM 16604, <i>B. lactis</i> LMG P-21384	У людей с запорами выявлено снижение концентрации бифидобактерий, лактобацилл и увеличение количества <i>Bacteroidetes</i> . Добавление <i>Bifidobacterium lactis</i> GCL2505 или <i>Lactobacillus casei</i> увеличивало концентрацию бифидобактерий, однако <i>B. lactis</i> NCC2818 и мульти-штаммовый пробиотик VSL#3 не оказывали влияния на состав микробиоты кишечника. Для отдельных штаммов показано несколько механизмов действия, в том числе модуляция кишечной микробиоты и ферментации, улучшение состояния нервной и иммунной систем	[10]
Синдром раздраженного кишечника (СРК)	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> Flora Active™ 19070–2, <i>Lactobacillus acidophilus</i> DSMZ 32418, <i>Bifidobacterium lactis</i> DSMZ 32269, <i>Bifidobacterium longum</i> DSMZ 32946, <i>Bifidobacterium bifidum</i> DSMZ 32403 и фруктоолигосахариды	В исследование были включены 80 пациентов с СРК средней и тяжелой степени, которые были рандомизированы для приема синбиотиков или плацебо в течение 8 недель. Препарат из нескольких штаммов был связан со значительным улучшением симптомов у пациентов с СРК и хорошо переносился	[11]
	<i>Bacillus coagulans</i> LBSC [DSM17654]	40 пациентов (18–65 лет) прошли скрининг и были рандомизированы на 2 группы: интервенционную и плацебо-группу. Эндоскопия верхних отделов желудочно-кишечного тракта не выявила клинической разницы слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта между обеими группами. Пробиотик был безопасен и эффективен в облегчении общих патофизиологических симптомов СРК	[12]
	<i>B.coagulans</i> <i>L.plantarum</i> <i>L.acidophilus</i>	В исследовании изучен 5531 пациент с СРК. <i>B. coagulans</i> оказался оптимальным видом пробиотиков для улучшения скорости облегчения симптомов СРК, а также общих симптомов, как боль в животе, вздутие и напряжение живота. <i>L.plantarum</i> занял первое место по улучшению качества жизни пациентов с СРК, но без каких-либо существенных различий по сравнению с другими видами пробиотиков У пациентов, получавших <i>L.acidophilus</i> , была самая низкая частота нежелательных явлений. Не было обнаружено существенных различий между участниками, принимавшими разные дозы пробиотиков во всех исходах, в то время как продолжительность лечения может значительно влиять на эффективность действия пробиотиков в облегчении боли в животе	[13]
Функциональные расстройства желудочно-кишечного тракта	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG <i>Lactobacillus reuteri</i> DSM 17938	Исследовано 702 ребенка в возрасте от 4 до 18 лет, 506 с функциональной болью в животе. Применение <i>Lactobacillus reuteri</i> DSM 17938 незначительно снижало интенсивность боли у больных детей	[14]
	<i>Bacillus subtilis</i> BS50	Рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое параллельное клиническое исследование 76 взрослых показало, что прием пищевых добавок в количестве 2×10^9 КОЕ <i>Bacillus subtilis</i> BS50 в день является хорошо переносимой и безопасной для облегчения желудочно-кишечных симптомов у обследуемых	[15]

\	Пробиотик	Итоги исследования	Ссылка
Колоректальный рак (КРК)	<i>L. acidophilus</i> KLDS1.0901	Изучено влияние на пролиферацию клеток HT-29, Caco-2 и IEC-6, а также механизм апоптоза клеток HT-29 при обработке <i>L. acidophilus</i> KLDS1.0901. Было проверено 1133 дифференциально экспрессируемых гена, в том числе 531 ген с повышенной регуляцией и 602 гена с пониженной регуляцией. Результаты свидетельствуют о том, что <i>L. acidophilus</i> KLDS1.0901 потенциально может быть использован при разработке нового типа функциональных пищевых продуктов для лечения рака толстой кишки	[16]
	<i>Lactobacillus acidophilus</i> CICC 6074	Белок S-слоя <i>Lactobacillus acidophilus</i> CICC 6074 в дозах 0, 25, 50 и 100 мг/л значительно подавлял пролиферацию клеток HT-29. Клетки, обработанные белком S-слоя, показали характерные изменения апоптоза, включая конденсацию хроматина, фрагментацию ядра, вакуоли и др.	[17]
	<i>Lactobacillus plantarum</i> NCU116 <i>L. lactis</i> <i>L. rhamnosus</i> GG <i>L. acidophilus</i> <i>Lactobacillus kefir</i> LKF01 <i>Bifidobacterium</i> <i>Streptococcus</i> <i>Saccharomyces boulardii</i>	В обзоре анализируются исследования о пользе пробиотиков при лечении тяжелых желудочно-кишечных заболеваний, в том числе КРК. Показано, что род <i>Lactobacillus</i> является наиболее широко используемым пробиотиком	[18]
Исследования на мышах			
Лямблиоз	<i>Lactobacillus johnsonii</i> CNCM I-4884	Пробиотический штамм <i>Lactobacillus johnsonii</i> CNCM I-4884 проявляет активность против лямблий <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i> на мышинной модели лямблиоза. Штамм хорошо адаптирован к желудочно-кишечной среде и может быть безопасно использован в пробиотических препаратах	[19]

Ожирение

Кишечная микробиота взаимодействует с эпителиальными клетками кишечника посредством нескольких механизмов, в том числе через выработку конечных продуктов метаболизма, таких как короткоцепочечные жирные кислоты (основной источник энергии эпителиальных клеток толстой кишки), например, ацетат (предшественник синтеза холестерина и жирных кислот), бутират (рост и дифференцировка клеток, защищает от ожирения) и пропионат (субстрат для глюконеогенеза, снижает синтез холестерина). Существует метаболическая синергия между бактериальным сообществом для создания физиологических отношений с клетками хозяина, нарушение регуляции физиологического и биохимического взаимодействия между хозяином и кишечной микробиотой приводит к ожирению. Дополнение диеты с высоким содержанием жиров с *Lactobacillus paracasei* F19 и *Bifidobacterium lactis*, показало, что они повышают экспрессию фактора адипоцитов и снижают уровень триацилглицеридов в сыворотке крови, уменьшая отложение жира в печени [20].

Исследование роли пробиотика в пищевом ожирении у мышей показало, что после 10 недель диетического вмешательства с использованием *L. rhamnosus* JL1 масса тела в экспериментальной группе была значительно ниже ($p < 0,05$). Биохимический анализ сыворотки крови показал, что содержание ТС, ТГ и ХС ЛПНП у мышей группы JL1 было значительно снижено ($p < 0,05$). Гистологические изображения печени мышей показали, что действие липидов способствовало снижению повреждения печеночных клеток. После диетического вмешательства с *L. rhamnosus* JL1 концентрация уксусной, пропионовой и масляной кислот была значительно увеличена [21].

Атопический дерматит и аллергия

Точный механизм действия пробиотиков для лечения атопического дерматита недостаточно изучен, предполагается, что это связано с иммуномодулирующими эффектами пробиотических средств.

Многоцентровое рандомизированное плацебо-контролируемое исследование эффективности пробиотического препарата, включающего *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0900, *Lactobacillus rhamnosus* LOCK 0908 и *Lactobacillus casei* LOCK 0918, у детей в возрасте до 2 лет (151 ребенок) с атопическим дерматитом и аллергией на белок коровьего молока показало уменьшение симптомов атопического дерматита. Процент детей, у которых наблюдалось улучшение, был значительно выше в группе, принимавшей пробиотики (суточная доза 10^9 бактерий), чем в группе плацебо. Пробиотики индуцировали улучшение в основном у детей, сенситизированных к аллергенам, но этот положительный эффект не наблюдался через 9 месяцев. Результаты показали, что смесь пробиотических штаммов полезна для детей с атопическим дерматитом и аллергией, однако необходимы дальнейшие исследования для оценки влияния пробиотиков на развитие иммунной толерантности [22].

Эффективность *Lactobacillus rhamnosus* GG в сочетании с безмолочной диетой была исследована у пациентов с аллергией на белок коровьего молока в результате многоцентрового проспективного исследования детей (0–12 месяцев). Младенцы экспериментальной группы (48 младенцев) получали диету без содержания белка коровьего молока и перорально ежедневно 1×10^9 КОЕ/LGG, а в группе плацебо — безмолочную диету и плацебо (52 младенца). Матери всех пациентов, находящихся на грудном вскармливании, были переведены на безмолочную диету, и всем пациентам, которых кормили смесями, предлагалась смесь с высоким содержанием гидролизата. После 4 недель диетического питания у младенцев, принимавших пробиотики, наблюдалось статистически значимое улучшение симптомов кровавого стула, диареи, беспокойства и вздутия живота ($p \leq 0,001$), слизистого стула ($p = 0,038$) и рвоты ($p = 0,034$), однако не наблюдалось существенного улучшения при болях в животе ($p = 0,325$), запорах ($p = 0,917$) и дерматите ($p = 0,071$) [23].

Исследование влияния применения пробиотиков после родов (1320 участников) на профилактику и лечение детской астмы и атопических расстройств показало, что раннее применение *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG) приводило к снижению кумулятивного показателя заболеваемости астмой. Также авторами продемонстрировано, что смешанные штаммы *Lactobacillus paracasei* и *Lactobacillus fermentum* способствуют клиническому улучшению детей с астмой, в то время как при использовании смеси *Ligilactobacillus salivarius* и *Bifidobacterium breve* наблюдалось значительное снижение частоты обострений астмы [24].

Иммунитет

Пероральное введение *Lactobacillus rhamnosus* CRL1505 модулирует врожденный противовирусный иммунный ответ у новорожденных мышей, повышая устойчивость к респираторно-синцитиальной вирусной инфекции (RSV). Пробиотик активировал альвеолярные макрофаги и усиливал их способность продуцировать интерфероны I типа (IFNs) и IFN- γ в ответ на RSV-инфекцию [25]. Также показано, что в раннем возрасте введение пробиотиков может влиять на кишечную микробиоту и связанные с кишечником иммунные клетки. На мышинной модели введение ферментированного молока, содержащего *L. casei* DN-114001, матерям в период кормления грудью и их потомству после отлучения от груди положительно улучшало кишечную микробиоту и стимулировало неспецифические иммунные клетки, такие как IgA+ клетки, макрофаги и DCs [26].

Механизмы действия пробиотиков объясняются улучшением барьерной функции и иммунитета за счет действия клеточных компонентов (флагеллин, липополисахарид, липотейхоевую кислоту, пептидогликан и т.д.) и метаболитов (уксусная кислота и др.) пробиотиков. *L. casei* увеличивал активность естественных клеток-киллеров легких, и выработка интерлейкина-12 была увеличена на мышинной модели вирусной инфекции гриппа. В мышинной модели диареи, связанной с приемом антибиотиков клиндамицина, *C. butyricum* снижал уровень воспалительных цитокинов и белков, связанных с кишечным барьером, таких как IL-6, IFN- γ , муцин-2 в толстой кишке. Лактобациллы увеличивали регуляторные Т-клетки с лучшей выживаемостью в мышинной модели синегнойной пневмонии [27]. Эти данные свидетельствуют о том, что пробиотики могут модулировать реакцию организма хозяина и предотвращать системное воспаление.

Сердечно-сосудистые заболевания

Большое количество данных указывает на то, что кишечный микробиом и метаболиты вносят важный вклад в прогрессирование сердечно-сосудистых заболеваний. В исследовании *Zuo et al* сообщалось, что фибрилляция предсердий связана с нарушением микрофлоры кишечника. При этом отмечается, что дисбиоз кишечной микробиоты уже имел место на легких стадиях фибрилляции предсердий [28].

Значительные различия в бактериальном составе также обнаружены у пациентов с хронической сердечной недостаточностью, у которых наблюдалось повышение уровня *Ruminococcus gnavus* и снижение уровня *F. prausnitzii* [29].

Исследование, в котором 15 мужчин с ишемической болезнью сердца, принимавшие шесть недель *Lactobacillus plantarum* 299v, показало не только улучшение функции эндотелия сосудов, но и значительное противовоспалительное действие пробиотика [30].

Moludi et al. исследовали противовоспалительные и антидепрессивные эффекты *Lactobacillus Rhamnosus* G, отдельно и в комбинации с пребиотиком инулином у пациентов с ишемической болезнью сердца. Показано, что совместное применение LGG и инулина в течение 8 недель оказывало благотворное влияние на показатели депрессии, тревоги и воспаления [31].

Как известно, окислительный стресс играет определенную роль в возникновении сердечно-сосудистых заболеваний и атеросклероза, так как активная форма кислорода (АФК) модифицирует белки, липиды, ДНК, другие формы кислорода. Основой источник образования АФК — комплекс НАДФН-оксидаза. Многие исследования показали, что пробиотики обладают антиоксидантными свойствами и способны снижать действие комплекса НАДФН-оксидазы [32].

Урогенитальные инфекции

Известно, что пробиотики оказывают профилактическое действие против инфекции мочевыводящих путей (ИМП) [33]. Исследования показали, что лечение гелем молочной кислоты может повысить устойчивость к уропатогенам, предотвращая необходимость антибиотикопрофилактики рецидивирующих уроинфекций [34]. Результаты различных исследований показывают, что лактобациллы вырабатывают молочную кислоту, которая снижает pH влагалища, тем самым предотвращая рост других бактерий [35].

Профилактика ИМП пробиотиками у детей с диагностированным острым пиелонефритом показала, что частота рецидивов ИМП в группе, принимавшей пробиотики, составила 8,2 %, что было значительно ниже, чем в группе без профилактики (20,6 %) и достоверно не отличалась в группе, принимавшей антибиотики (10,0 %). Авторы отмечают эффективность применения пробиотиков у детей раннего возраста с пиелонефритом [36].

Эффективность пробиотиков в снижении риска рецидива уроинфекций у детей с нормальными мочевыми путями после первого эпизода фебрильной ИМП также отмечают *Sadeghi-Bojd et al.* [37].

Meštrović Popović et al. отмечают сокращение числа лихорадочных дней после начала антибиотикотерапии и отсутствие рецидивов фебрильной ИМП в течение 6 месяцев после периода наблюдения в группе детей, принимавших пробиотики. Авторы считают, что пробиотики могут быть полезны для облегчения симптомов ИМП и ее профилактики [38].

Раковые заболевания

В обзоре, проведенном *Bedada et al.*, описывается противоопухолевый эффект живых и инактивированных пробиотиков, а также их клеточных компонентов и продуктов метаболизма. Авторы отмечают, что пробиотики полезны для устранения риска различных видов рака и обеспечения безопасности существующей химиотерапии, лучевой терапии и хирургического вмешательства с незначительными побочными эффектами. Более того, эффективная профилактика и лечение различных типов рака связаны с пробиотическими штаммами бактерий или грибов, дозой пробиотика и временем воздействия [39].

Молочнокислые бактерии составляют основную часть микробиома кишечника, однако роль, которую они играют в лечении рака, изучена для отдельных штаммов [40].

Некоторые исследования показали, что молочнокислые бактерии обладают функцией ингибирования раковых клеток благодаря таким активным веществам, как внеклеточные полисахариды, пептидогликан, нуклеиновые кислоты, бактериоцины и белок S-слоя [41, 42].

Анализ данных 2621 пациентов (21 исследование) показал, что прием пробиотиков улучшает определенные побочные эффекты желудочно-кишечного тракта после получения химио- и/или лучевой терапии [43].

Микробиом кишечника также может модулировать внутриопухолевый микробиом, и эти изменения могут быть частично вызваны прямым переносом кишечных бактерий, но, что более важно, могут быть достигнуты путем изменения внутриопухолевого бактериального состава [44].

Перспективы применения пробиотиков

Последние данные недавних исследований свидетельствуют о возможном широком спектре полезных эффектов пробиотиков. Потенциальное будущее применения пробиотиков включает контроль

воспалительных заболеваний, лечение и профилактику аллергии [22, 23], профилактику рака [39–43], стимулирование иммунитета [25–27] и снижение частоты респираторных заболеваний [45]. Такие эффекты могли бы оправдать добавление не одного, а потенциально нескольких пробиотиков к обычно употребляемым продуктам питания, что могло бы принести пользу здоровью всего населения.

Пробиотики также могут быть полезны при лечении и профилактике многих воспалительных заболеваний желудочно-кишечного тракта [7–19]. Виды бактерий сильно различаются по активности и вполне вероятно, что изменение среды обитания микробиоты в желудочно-кишечном тракте с помощью пробиотиков может модулировать воспалительный процесс.

Известно, что молочнокислые бактерии оказывают широкий спектр воздействия на иммунную систему. Они могут оказывать общее иммуностимулирующее действие, которое включает усиление фагоцитарной функции, то есть нейтрофилов, моноцитов, макрофагов и естественных клеток-киллеров [26].

Заключение

По мере открытия или разработки большего количества пробиотических препаратов и накопления данных вполне вероятно, что они могут быть использованы для лечения и профилактики других инфекционных расстройств. Однако невозможно переоценить важность тщательно проведенных плацебо-контролируемых исследований для документирования индивидуальной эффективности каждого конкретного организма для каждого потенциального клинического применения. Пробиотики следует назначать только на основе убедительных научных доказательств. Такие доказательства должны указывать на осторожное, преднамеренное добавление клинически доказанных пробиотиков в обычно потребляемые пищевые продукты, чтобы потребители могли извлекать пользу из этих организмов.

Таким образом, анализ литературных источников показал, что исследования, в которых оценивалась микробиота кишечника после приема пробиотиков, имеют многообещающие результаты в лечении заболеваний. Поэтому пробиотики могут быть рекомендованы в качестве потенциальных решений для профилактики и лечения заболеваний, связанных с микробиомом кишечника человека.

References

- 1 Probiotics in food. Health and nutritional properties and guidelines for evaluation [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.fao.org/3/a0512e/a0512e.pdf> (accessed 5.12.2022)
- 2 Le Noci, V., Bernardo, G., Manenti, G., Infante, G., Khaleghi Hashemian, D., Minoli, L., Canesi, S., Bianchi, F., Triulzi, T., Arioli, S., De Cecco, L., Guglielmetti, S., Ambrogi, F., Recordati, C., Gagliano, N., Tagliabue, E., Sommariva, M., & Sfondrini, L. (2022). Live or Heat-Killed *Lactobacillus rhamnosus* Aerosolization Decreases Adenomatous Lung Cancer Development in a Mouse Carcinogen-Induced Tumor Model. *Int J Mol Sci.*, 23(21), 12748. <https://doi.org/10.3390/ijms232112748>.
- 3 Wang, F., Zhao, T., Wang, W., Dai, Q., & Ma, X. (2022). Meta-analysis of the efficacy of probiotics to treat diarrhea. *Medicine (Baltimore)*, 101(38), e30880. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000030880>.
- 4 Boggio Marzet, C., Burgos, F., Del Compare, M., Gerold, I., Tabacco, O., & Vinderola, G. (2022). Approach to probiotics in pediatrics: the role of *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Arch Argent Pediatr.*, 120(1), e1-e7. <https://doi.org/10.5546/aap.2022.eng.e1>.
- 5 Kim, S.K., Guevarra, R.B., Kim, Y.T., Kwon, J., Kim, H., Cho, J.H., Kim, H.B., & Lee, J.H. (2019). Role of Probiotics in Human Gut Microbiome-Associated Diseases. *J Microbiol Biotechnol.*, 29(9), 1335–1340. <https://doi.org/10.4014/jmb.1906.06064>.
- 6 Meng, X., Zhang, G., Cao, H., Yu, D., Fang, X., de Vos, W.M., & Wu, H. (2020). Gut dysbiosis and intestinal disease: mechanism and treatment. *J Appl Microbiol.*, 129(4), 787–805. <https://doi.org/10.1111/jam.14661>.
- 7 Guo, Q., Goldenberg, J.Z., Humphrey, C., El Dib, R., & Johnston, B.C. (2019). Probiotics for the prevention of pediatric antibiotic-associated diarrhea. *Cochrane Database Syst Rev.*, 4(4), CD004827. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004827>.
- 8 Liao, W., Chen, C., Wen, T., & Zhao, Q. (2021). Probiotics for the Prevention of Antibiotic-associated Diarrhea in Adults: A Meta-Analysis of Randomized Placebo-Controlled Trials. *J Clin Gastroenterol.*, 55(6), 469–480. <https://doi.org/10.1097/MCG.0000000000001464>.
- 9 Collinson, S., Deans, A., Padua-Zamora, A., Gregorio, G.V., Li, C., Dans, L.F., & Allen, S.J. (2020). Probiotics for treating acute infectious diarrhoea. *Cochrane Database Syst Rev.*, 12(12), CD003048. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003048>.
- 10 Dimidi, E., Mark Scott, S., & Whelan, K. (2020). Probiotics and constipation: mechanisms of action, evidence for effectiveness and utilisation by patients and healthcare professionals. *Proc Nutr Soc.*, 79(1), 147–157. <https://doi.org/10.1017/S0029665119000934>.
- 11 Skrzydło-Radomańska, B., Prozorow-Król, B., Cichoż-Lach, H., Majsiak, E., Bierła, J.B., Kosikowski, W., Szczerbiński, M., Gantzel, J., & Cukrowska, B. (2020). The Effectiveness of Synbiotic Preparation Containing *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* Probiotic Strains and Short Chain Fructooligosaccharides in Patients with Diarrhea Predominant Irritable Bowel Syndrome-A Randomized Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Nutrients.*, 12(7), 1999. <https://doi.org/10.3390/nu12071999>.

- 12 Gupta, A.K., & Maity, C. (2021). Efficacy and safety of *Bacillus coagulans* LBSC in irritable bowel syndrome: A prospective, interventional, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical study [CONSORT Compliant]. *Medicine (Baltimore)*; 100(3), e23641. [https://doi: 10.1097/MD.00000000000023641](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000023641).
- 13 Zhang, T., Zhang, C., Zhang, J., Sun, F., & Duan, L. (2022). Efficacy of Probiotics for Irritable Bowel Syndrome: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Front Cell Infect Microbiol.*, 12, 859967. [https://doi: 10.3389/fcimb.2022.859967](https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.859967).
- 14 Trivić, I., Niseteo, T., Jadrešin, O., & Hojsak, I. (2021). Use of probiotics in the treatment of functional abdominal pain in children-systematic review and meta-analysis. *Eur J Pediatr*, 180(2), 339–351. [https://doi: 10.1007/s00431-020-03809-y](https://doi.org/10.1007/s00431-020-03809-y).
- 15 Garvey, S.M., Mah, E., Blonquist, T.M., Kaden, V.N., & Spears, J.L. (2022). The probiotic *Bacillus subtilis* BS50 decreases gastrointestinal symptoms in healthy adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Gut Microbes*, 14(1), 2122668. [https://doi: 10.1080/19490976.2022.2122668](https://doi.org/10.1080/19490976.2022.2122668).
- 16 Yue, Y., Wang, S., Shi, J., Xie, Q., Li, N., Guan, J., Evivie, S.E., Liu, F., Li, B., & Huo, G. (2022). Effects of *Lactobacillus acidophilus* KLD51.0901 on Proliferation and Apoptosis of Colon Cancer Cells. *Front Microbiol.*, 12, 788040. [https://doi: 10.3389/fmicb.2021.788040](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.788040).
- 17 Zhang, T., Pan, D., Yang, Y., Jiang, X., Zhang, J., Zeng, X., Wu, Z., Sun, Y., & Guo, Y. (2020). Effect of *Lactobacillus acidophilus* CICC 6074 S-Layer Protein on Colon Cancer HT-29 Cell Proliferation and Apoptosis. *J Agric Food Chem.*, 68(9), 2639–2647. [https://doi: 10.1021/acs.jafc.9b06909](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06909).
- 18 Karbalaee, M., & Keikha, M. (2022). Probiotic as anti-colorectal cancer agents: Challenges and further perspective. *Ann Med Surg (Lond)*, 80, 104189. [https://doi: 10.1016/j.amsu.2022.104189](https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.104189).
- 19 Boucard, A.S., Florent, I., Polack, B., Langella, P., & Bermúdez-Humarán, L.G. (2022). Genome Sequence and Assessment of Safety and Potential Probiotic Traits of *Lactobacillus johnsonii* CNCM I-4884. *Microorganisms*, 10(2), 273. [https://doi: 10.3390/microorganisms10020273](https://doi.org/10.3390/microorganisms10020273).
- 20 Amabebe, E., Robert, F.O., Agbalalah, T., & Orubu, E.S.F. (2020). Microbial dysbiosis-induced obesity: role of gut microbiota in homeostasis of energy metabolism. *Br J Nutr.*, 123(10), 1127–1137. [https://doi: 10.1017/S0007114520000380](https://doi.org/10.1017/S0007114520000380).
- 21 Yang, M., Zheng, J., Zong, X., Yang, X., Zhang, Y., Man, C., & Jiang, Y. (2021). Preventive Effect and Molecular Mechanism of *Lactobacillus rhamnosus* JL1 on Food-Borne Obesity in Mice. *Nutrients*, 13(11), 3989. [https://doi: 10.3390/nu13113989](https://doi.org/10.3390/nu13113989).
- 22 Cukrowska, B., Ceregra, A., Maciorkowska, E., Surowska, B., Zegadło-Mylik, M.A., Konopka, E., Trojanowska, I., Zakrzewska, M., Biełła, J.B., Zakrzewski, M., Kanarek, E., & Motyl, I. (2021). The Effectiveness of Probiotic *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus casei* Strains in Children with Atopic Dermatitis and Cow's Milk Protein Allergy: A Multicenter, Randomized, Double Blind, Placebo Controlled Study. *Nutrients*, 13(4), 1169. [https://doi: 10.3390/nu13041169](https://doi.org/10.3390/nu13041169).
- 23 Basturk, A., Isik, İ., Atalay, A., & Yılmaz, A. (2020). Investigation of the Efficacy of *Lactobacillus rhamnosus* GG in Infants With Cow's Milk Protein Allergy: a Randomised Double-Blind Placebo-Controlled Trial. *Probiotics Antimicrob Proteins*, 12(1), 138–143. [https://doi: 10.1007/s12602-019-9516-1](https://doi.org/10.1007/s12602-019-9516-1).
- 24 Uwaezuoke, S.N., Ayuk, A.C., Eze, J.N., Odimegwu, C.L., Ndiokwelu, C.O., & Eze, I.C. (2022). Postnatal probiotic supplementation can prevent and optimize treatment of childhood asthma and atopic disorders: A systematic review of randomized controlled trials. *Front Pediatr.*, 10, 956141. [https://doi: 10.3389/fped.2022.956141](https://doi.org/10.3389/fped.2022.956141).
- 25 Garcia-Castillo, V., Tomokiyo, M., Raya Tonetti, F., Islam, M.A., Takahashi, H., Kitazawa, H., & Villena, J. (2020). Alveolar Macrophages Are Key Players in the Modulation of the Respiratory Antiviral Immunity Induced by Orally Administered *Lactobacillus rhamnosus* CRL1505. *Front Immunol.*, 11, 568636. [https://doi: 10.3389/fimmu.2020.568636](https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.568636).
- 26 Cortes-Perez, N.G., de Moreno de LeBlanc, A., Gomez-Gutierrez, J.G., LeBlanc, J.G., & Bermúdez-Humarán, L.G. (2021). Probiotics and Trained Immunity. *Biomolecules*, 11(10), 1402. [https://doi: 10.3390/biom11101402](https://doi.org/10.3390/biom11101402).
- 27 Shimizu, K., Ojima, M., & Ogura, H. (2021). Gut Microbiota and Probiotics/Synbiotics for Modulation of Immunity in Critically Ill Patients. *Nutrients*, 3(7), 2439. [https://doi: 10.3390/nu13072439](https://doi.org/10.3390/nu13072439).
- 28 Zuo, K., Yin, X., Li, K., Zhang, J., Wang, P., Jiao, J., Liu, Z., Liu, X., Liu, J., Li, J., & Yang, X. (2020). Different Types of Atrial Fibrillation Share Patterns of Gut Microbiota Dysbiosis. *mSphere*, 5(2), e00071–20. [https://doi: 10.1128/mSphere.00071-20](https://doi.org/10.1128/mSphere.00071-20).
- 29 Cui, X., Ye, L., Li, J., Jin, L., Wang, W., Li, S., Bao, M., Wu, S., Li, L., Geng, B., Zhou, X., Zhang, J., & Cai, J. (2018). Metagenomic and metabolomic analyses unveil dysbiosis of gut microbiota in chronic heart failure patients. *Sci Rep.*, 8(1), 635. [https://doi: 10.1038/s41598-017-18756-2](https://doi.org/10.1038/s41598-017-18756-2).
- 30 Hofeld, B.C., Puppala, V.K., Tyagi, S., Ahn, K.W., Anger, A., Jia, S., Salzman, N.H., Hessner, M.J., & Widlansky, M.E. (2021). *Lactobacillus plantarum* 299v probiotic supplementation in men with stable coronary artery disease suppresses systemic inflammation. *Sci Rep.*, 11(1), 3972. [https://doi: 10.1038/s41598-021-83252-7](https://doi.org/10.1038/s41598-021-83252-7).
- 31 Moludi, J., Khedmatgozar, H., Nachvak, S.M., Abdollahzad, H., Moradinazar, M., & Sadeghpour Tabaei, A. (2022). The effects of co-administration of probiotics and prebiotics on chronic inflammation, and depression symptoms in patients with coronary artery diseases: a randomized clinical trial. *Nutr Neurosci.*, 25(8), 659–1668. [https://doi: 10.1080/1028415X.2021.1889451](https://doi.org/10.1080/1028415X.2021.1889451).
- 32 Oniszczuk, A., Oniszczuk, T., Gancarz, M., & Szymańska, J. (2021). Role of Gut Microbiota, Probiotics and Prebiotics in the cardiovascular diseases. *Molecules*, 26(4), 1172. [https://doi: 10.3390/molecules26041172](https://doi.org/10.3390/molecules26041172).
- 33 Bodke, H., & Jogdand, S. (2022). Role of Probiotics in Human Health. *Cureus*, 14(11), e31313. [https://doi: 10.7759/cureus.31313](https://doi.org/10.7759/cureus.31313).
- 34 Diebold, R., Schopf, B., Stammer, H., & Mendling, W. (2021). Vaginal treatment with lactic acid gel delays relapses in recurrent urinary tract infections: results from an open, multicentre observational study. *Arch Gynecol Obstet.*, 304(2), 409–417. [https://doi: 10.1007/s00404-021-06040-8](https://doi.org/10.1007/s00404-021-06040-8).

- 35 Kwon, M.S., & Lee, H.K. (2022). Host and Microbiome Interplay Shapes the Vaginal Microenvironment. *Front Immunol.*, 13, 919728. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.919728>.
- 36 Lee, S.J., Cha, J., & Lee, J.W. (2016). Probiotics prophylaxis in pyelonephritis infants with normal urinary tracts. *World J Pediatr.*, 12(4), 425–429. <https://doi.org/10.1007/s12519-016-0013-2>.
- 37 Sadeghi-Bojd, S., Naghshizadian, R., Mazaheri, M., Ghane Sharbaf, F., & Assadi, F. (2020). Efficacy of Probiotic Prophylaxis After The First Febrile Urinary Tract Infection in Children With Normal Urinary Tracts. *J Pediatric Infect Dis Soc.*, 9(3), 305–310. <https://doi.org/10.1093/jpids/piz025>.
- 38 Meštrović Popović, K., Povalej Bržan, P., Langerholc, T., & Marčun Varda, N. (2022). The Impact of Lactobacillus Plantarum PCS26 Supplementation on the Treatment and Recurrence of Urinary Tract Infections in Children-A Pilot Study. *J Clin Med.*, 11(23), 7008. <https://doi.org/10.3390/jcm11237008>.
- 39 Legesse Bedada, T., Feto, T.K., Awoke, K.S., Garedew, A.D., Yifat, F.T., & Birri, D.J. (2020). Probiotics for cancer alternative prevention and treatment. *Biomed Pharmacother.*, 129, 110409. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110409>.
- 40 Dicks, L.M.T., & Vermeulen, W. (2022). Do Bacteria Provide an Alternative to Cancer Treatment and What Role Does Lactic Acid Bacteria Play? *Microorganisms*, 10(9), 1733. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091733>.
- 41 Liu, C., Zheng, J., Ou, X., & Han, Y. (2021). Anti-cancer Substances and Safety of Lactic Acid Bacteria in Clinical Treatment. *Front Microbiol.*, 12, 722052. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.722052>.
- 42 Wei, X., Du, M., Chen, Z., & Yuan, Z. (2022). Recent Advances in Bacteria-Based Cancer Treatment. *Cancers (Basel)*, 14(19), 4945. <https://doi.org/10.3390/cancers14194945>.
- 43 Garczyk, A., Kaliciak, I., Drogowski, K., Horwat, P., Kopeć, S., Staręga, Z., Bogdański, P., Stelmach-Mardas, M., & Mardas, M. (2022). Influence of Probiotics in Prevention and Treatment of Patients Who Undergo Chemotherapy or/and Radiotherapy and Suffer from Mucositis, Diarrhoea, Constipation, Nausea and Vomiting. *J Clin Med.*, 11(12), 3412. <https://doi.org/10.3390/jcm11123412>.
- 44 Gao, F., Yu, B., Rao, B., Sun, Y., Yu, J., Wang, D., Cui, G., & Ren, Z. (2022). The effect of the intratumoral microbiome on tumor occurrence, progression, prognosis and treatment. *Front Immunol.*, 13, 1051987. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1051987>.
- 45 Chunxi, L., Haiyue, L., Yanxia, L., Jianbing, P., & Jin, S. (2020). The Gut Microbiota and Respiratory Diseases: New Evidence. *J Immunol Res.*, 2340670. <https://doi.org/10.1155/2020/2340670>.

Ж.С. Байгужина, А.Е. Хасенова, Ш.К. Елеупаева, А.С. Динмухамедова,
Г.С. Альжанова, Р.И. Айзман, С.М. Базарбаева, С.Р. Хамзина

Пробиотиктердің ауруларды алдын алуда және емдеуде алатын рөлі

Бактериялар мен ашытқы саңырауқұлақтарынан тұратын пробиотиктер адам денсаулығына пайдалы болып табылатын микроорганизмдер. Бұл микроорганизмдердің кейбіреулері селбесушілік қарым-қатынаста өмір сүретін адамның қалыпты ішек микробиотасының бөлігін құрайды. Қазіргі кезде пробиотикалық микроорганизмдер қарқынды зерттелуде және оларды қолдану әртүрлі аурулардың алдын алумен емдеудің перспективалық әдістерінде қолдану қарастырылуда. Клиникалық сынақтар мен *in vitro*, *in vivo* тәжірибелері адам ішек микробиомасымен байланысты ауруларда пробиотиктердің маңызды рөл атқаратыны туралы қазіргі түсінікті кеңейтті. Көптеген зерттеулер пробиотиктердің ішек микробиотасының түзілуіне қатысатынын атап өтті, бұл бірталай ішек ауруларының ағымын ықтимал бақылауға әкеледі және жалпы сауықтыруға ықпал етеді. Аралас іш өту, созылмалы іш қату, тітіркенген ішек синдромы, колоректалды қатерлі ісік және асқазан-ішек жолдарының әртүрлі бұзылыстары сияқты ішек микробиомасына байланысты ауруларды емдеуде антибиотик ретінде пробиотиктерді қолдану осының дәлелі. Сонымен қатар пробиотиктер атопиялық дерматит, аллергия, жүрек-қан тамырлары аурулары, зәр-жыныс инфекциялары және қатерлі ісік сияқты ас қорыту жолымен байланысты емес ауруларды емдеу және алдын алу үшін қолданылады. Бірақ осы жағдайларда пробиотиктердің нақты әсер ету механизмдері жақсы зерттелмегендіктен бұл бағытта қосымша зерттеулер жүргізу қажет. Мақаланың мақсаты — әртүрлі аурулардың алдын алу және емдеуде пробиотиктерді қолдану туралы заманауи әдебиеттерді талдау.

Кілт сөздер: пробиотиктер, адамның ішек микробиотасы, микробиома, пробиотиктерді қолдану, бифидобактериялар, лактобацилдер, ішек инфекциялары, пробиотиктерді емдеуде қолдану.

Zh.S. Baiguzhina, A.E. Khasenova, Sh.K. Yeleupayeva, A.S. Dinmukhamedova,
G.S. Alzhanova, R.I. Aizman, S.M. Bazarbaeva, S.R. Khamzina

The role of probiotics in the prevention and treatment of diseases

Probiotics, including bacteria and yeast, are living microorganisms that have a beneficial effect on human health. Some of these microorganisms form part of the normal human gut microbiota, where they live in a symbiotic relationship. Recently, probiotic microorganisms are constantly being studied and their use is being considered in promising methods of prevention and treatment of various diseases. Clinical trials and experiments *in vitro*, *in vivo* have expanded the current understanding of the important role that probiotics play in diseases related to the human gut microbiome. Many studies have noted that probiotics are involved in the formation of the intestinal microbiota, which leads to the potential control of multiple intestinal diseases and promotes overall wellness. Convincing evidence in favor of the use of probiotics are such diseases associated with the intestinal microbiome as antibiotic-associated diarrhea, chronic constipation, irritable bowel syndrome, colorectal cancer and various disorders of the gastrointestinal tract. Probiotics are also used for the treatment and prevention of diseases not related to the gastrointestinal tract, such as atopic dermatitis, allergies, cardiovascular diseases, urogenital infections and cancers. However, in these cases, the exact mechanisms of action of probiotics are insufficiently studied and further research in this direction is required. The purpose of this article is to provide the latest information on the use of probiotics in the prevention and treatment of various diseases.

Keywords: probiotics, human gut microbiota, microbiome, use of probiotics, bifidobacteria, lactobacilli, intestinal infections, therapeutic use of probiotics.

O.V. Bulgakova*, N.B. Rezhepova

*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan***Corresponding author: ya.summer13@yandex.kz*

Molecular mechanisms of radiation-induced aging

Radiation-induced aging is a complex process that involves multiple molecular mechanisms. One of the primary mechanisms underlying radiation-induced aging is oxidative stress. Exposure to radiation can lead to the generation of reactive oxygen species (ROS), which can cause damage to DNA, proteins, and other cellular components. In addition to these mechanisms, radiation-induced aging can also involve alterations in gene expression, cellular metabolism, and epigenetic modifications. These changes can affect the function of various cellular pathways and contribute to the aging process. Understanding the molecular mechanisms of radiation-induced aging is critical for developing strategies to mitigate its effects. Potential interventions include targeting oxidative stress, promoting DNA repair, altering the epigenetic landscape and modulating cellular metabolism. However, further research is needed to fully elucidate the complex molecular pathways involved in radiation-induced aging and identify effective therapeutic approaches. In general, the molecular mechanisms of radiation's impact on aging discussed in this review provide a new perspective on radiation-induced aging and identify new targets for intervention.

Keywords: aging, DNA damage, telomeres, Mitochondrion, MicroRNA, Inflammation, p16, Radiation-induced aging.

Introduction

Aging is a complex, multifaceted process leading to widespread functional decline affecting every organ and tissue. Remarkably, it is still unknown whether aging has a unifying causal mechanism or whether it is based on multiple sources. Phenotypically, the aging process is associated with a wide range of features at the molecular, cellular, and physiological level, such as genomic and epigenomic changes, loss of proteostasis, decreased overall cellular and subcellular function, and impaired regulation of signaling systems. DNA damage is the driving force behind aging. The nuclear and mitochondrial genomes are constantly damaged by external agents (UV, X-rays, chemical compounds in food, water, air), endogenous sources such as reactive oxygen species (ROS), aldehydes and glycation end products (AGEs) and spontaneous reactions (hydrolysis). Molecular consequences of the time-dependent accumulation of DNA damage are (i) genetic aberrations such as mutations and chromosomal instability, and (ii) shutdown of RNA and DNA polymerases by DNA damage, which provokes DNA damage signaling and disrupts primary DNA function. Cellular and tissue consequences of DNA damage include cell fate decisions such as cell death and aging, leading to functional cell and organ loss, cancer, atrophy and inflammation [1].

Old age became a major risk factor for very common chronic and devastating diseases, including cancer, cardiovascular and neurodegenerative diseases. Classically, the aging process is characterized by several possible features, including genomic damage and telomere shortening, epigenetic changes, dysregulation of proteostasis, mitochondrial dysfunction, stem cell pool collapse, intercellular communication disorder and cellular aging [2].

Cell aging appears as an irreversible loss of replicative potential of primary cells in culture, initiated as a persistent DNA damage response to dysfunctional telomeres [3].

The environment, especially early life events, is important modifiers of the aging process. Since the genetic mechanisms underlying aging are not controllable, understanding how environmental factors slow or accelerate the aging process is of great practical importance.

Radiation-induced aging refers to the premature aging and degeneration of tissues and organs caused by exposure to ionizing radiation. The cellular and molecular mechanisms underlying radiation-induced aging are complex and not fully understood. However, some of the key mechanisms that were proposed included:

DNA damage: Ionizing radiation can cause direct damage to DNA, leading to mutations and chromosomal abnormalities. These mutations can accumulate over time and contribute to aging and age-related diseases.

Oxidative stress: Radiation exposure can increase the production of reactive oxygen species (ROS) in cells, leading to oxidative stress and damage to cellular components such as proteins, lipids, and DNA.

Inflammation: Radiation exposure can trigger an inflammatory response in tissues, leading to chronic inflammation and tissue damage over time.

Epigenetic changes: Radiation exposure can cause changes in gene expression patterns by altering the epigenetic marks on DNA, such as DNA methylation and histone modifications.

DNA damage

These mechanisms can interact and amplify each other, leading to the cumulative effects of radiation-induced aging. While the exact mechanisms may vary depending on the dose and type of radiation, understanding the cellular and molecular mechanisms of radiation-induced aging is important for developing effective strategies to mitigate its negative effects. Ionizing radiation can cause various types of DNA damage, including single-strand breaks, double-strand breaks, base damage, and crosslinking. These types of damage can lead to mutations, chromosomal abnormalities, and other changes in DNA structure and function.

Of these types of damage, double-strand breaks (DSBs) are considered the most dangerous and difficult to repair. DSBs can lead to cell death, chromosomal rearrangements, and mutations, all of which contribute to aging and age-related diseases.

TP53 is a tumor suppressor gene that plays a key role in the DNA damage response. When DSBs occur, TP53 is activated and triggers cell cycle arrest or apoptosis to prevent the propagation of damaged cells. However, TP53 expression declines with age, which can lead to increased genomic instability and age-related diseases [4].

ATM and ATR are protein kinases that are also involved in the DNA damage response. They are activated by DSBs and help to repair the damage by coordinating DNA repair pathways. Defects in ATM and ATR were linked to premature aging syndromes, such as ataxia-telangiectasia and Seckel syndrome [5].

WRN is a helicase enzyme that is involved in DNA repair and maintenance. It plays a role in repairing DSBs through non-homologous end joining (NHEJ) and homologous recombination (HR) pathways. Mutations in WRN are associated with Werner syndrome, a rare genetic disorder characterized by premature aging and age-related diseases [6].

Ku70 and Ku80 are subunits of a protein complex called Ku, which is involved in NHEJ repair of DSBs. Defects in Ku70 and Ku80 were linked to premature aging and age-related diseases, such as progeria and dyskeratosis congenita [7].

These are just a few examples of how DSBs can impact gene expression and contribute to aging [8]. However, it's worth noting that the relationship between DNA damage and aging is complex and multifaceted, and there are likely many other genes and pathways involved.

Several types of ionizing radiation can cause DSBs in DNA, including:

X-rays are a type of electromagnetic radiation that can penetrate tissues and cause ionization of atoms and molecules, leading to DSBs in DNA.

Gamma rays are high-energy photons emitted by radioactive isotopes. They can also penetrate tissues and cause ionization and DNA damage.

Alpha particles are high-energy helium nuclei that are emitted by some radioactive isotopes. They have a relatively short range and can cause DSBs when they collide with DNA.

Beta particles are high-energy electrons or positrons emitted by some radioactive isotopes. They can penetrate tissues to varying degrees and cause ionization and DNA damage.

The amount of DSBs caused by ionizing radiation depends on various factors, such as the energy and dose of the radiation, the type of tissue being exposed, and the duration of exposure. The ability of cells to repair DSBs also varies depending on the type of radiation and the cell type. Nonetheless, DSBs are considered one of the most serious types of DNA damage caused by ionizing radiation, and they can have long-term effects on cell function and contribute to aging and age-related diseases [9].

Radiation can also cause oxidative damage to DNA, leading to the formation of 8-hydroxyguanine (8-OHdG), a type of base damage that can cause mutations and lead to aging. 8-OHdG is a type of oxidative DNA damage that occurs when ROS react with guanine in DNA. ROS are generated by various cellular processes, such as metabolism and inflammation, as well as by exposure to ionizing radiation and environmental toxins. 8-OHdG can cause mutations and other types of DNA damage, which can contribute to aging and age-related diseases [10].

There is evidence that levels of 8-OHdG increase with age in various tissues, including the brain, liver, and kidney. This suggests that oxidative damage to DNA may play a role in the aging process. In addition, several studies linked higher levels of 8-OHdG to age-related diseases such as cardiovascular disease, neurodegenerative diseases, and cancer.

One mechanism by which 8-OHdG may contribute to aging is by interfering with DNA repair mechanisms [11] 8-OHdG can disrupt the structure of DNA and interfere with the activity of enzymes involved in DNA repair, making it more difficult for cells to fix other types of damage. This can lead to further accumulation of DNA damage and contribute to the aging process.

Overall, while the exact role of 8-OHdG in aging is still being studied, there is evidence to suggest that this type of oxidative DNA damage may contribute to age-related changes in cellular function and the development of age-related diseases.

In addition to these specific types of DNA damage, radiation exposure can also lead to more general changes in DNA structure and function, such as altered epigenetic marks and changes in gene expression patterns, which can also contribute to aging.

Epigenetic changes

There is evidence to suggest that exposure to ionizing radiation can alter global DNA methylation levels, but the exact nature of these changes can depend on various factors, including the dose and duration of radiation exposure, the type of cells exposed, and the timing of exposure.

Both aging and ionizing radiation exposure were shown to affect DNA methylation patterns in various ways.

With regards to aging, research showed that there was a general decrease in DNA methylation levels with age, which could lead to changes in gene expression and contribute to age-related diseases such as cancer. Specific genes and regions of the genome were identified as being particularly affected by age-related DNA methylation changes.

Regarding ionizing radiation exposure, research showed that exposure to radiation could induce changes in DNA methylation patterns. Studies reported both increases and decreases in DNA methylation levels following radiation exposure, depending on the dose, timing, and specific tissue or cell type studied. Those changes in DNA methylation were linked to altered gene expression and potentially increased cancer risk [12].

Some studies reported that exposure to ionizing radiation could lead to global hypomethylation, which was a reduction in the overall level of DNA methylation. For example, one study showed that low-dose radiation exposure in mice led to a decrease in global DNA methylation levels in multiple tissues [13]. Another study found that radiation exposure led to a decrease in DNA methylation levels in blood samples from workers who had been exposed to radiation [14].

Radioactive contamination is a significant factor affecting the environment and human health. For the Republic of Kazakhstan, the issues of radiation safety of the population are very relevant, since the Semipalatinsk nuclear test site has been operating on the territory of our country for a long time. During the testing period, several hundred thousand people were repeatedly exposed to it [15], and these consequences of nuclear explosions pose a serious threat to the health of the population of Kazakhstan. In addition to technogenic contamination, Kazakhstan also has a very high level of natural radiation exposure of the population. For example, in the north of the country there is the North Kazakhstan uranium province, which belongs to the North Tien Shan uranium belt and includes about 50 uranium deposits. As a result, the product of radioactive decay of uranium is radon gas, recognized by the World Health Organization (WHO) as a carcinogen [16].

Other studies, however, reported the opposite effect, with some showing that radiation exposure could lead to global hypermethylation, which was an increase in the overall level of DNA methylation. For example, one study exposed an increase in DNA methylation levels in the sperm of mice exposed to low-dose radiation, which the authors suggest may be a compensatory response to radiation-induced DNA damage [17].

There is evidence to suggest that the change in DNA methylation following ionizing radiation exposure can be dependent on the type of radiation. For example, one study comparing the effects of low-dose gamma radiation and high-energy iron ions found that gamma radiation exposure resulted in global DNA hypomethylation, while iron ion exposure resulted in both hypo- and hypermethylation in a tissue-specific manner [18].

Other studies also reported radiation-induced changes in DNA methylation that are dependent on the dose, timing, and specific tissue or cell type studied [12]. Therefore, the effect of ionizing radiation on DNA methylation may be complex and context-dependent.

It is also worth noting that different types of radiation can induce different types of DNA damage, which may lead to distinct downstream effects on DNA methylation. For example, high-energy charged particles such as iron ions can cause more complex DNA damage than low-energy photons, which could potentially lead to different DNA methylation changes.

Overall, while there is evidence to suggest that the type of ionizing radiation can influence the change in DNA methylation following exposure, further research is needed to fully understand the relationship between radiation type and DNA methylation changes.

Overall, both aging and ionizing radiation exposure can affect DNA methylation patterns, potentially leading to changes in gene expression and increased risk of disease. Understanding the epigenetic effects of these factors is important for developing targeted therapies and improving radiation safety.

It was shown, that several chemical modifications of histones were associated with aging.

Age-related changes in histone methylation were reported in various species, including humans, mice, and fruit flies. For example, decreased levels of H3K4me3 and H3K36me3, two histone marks associated with active transcription, were observed in the brains of aged mice [19].

Histone acetylation, which is generally associated with transcriptional activation, declines with age in various tissues, including the liver, brain, and muscle [20].

Histone phosphorylation was implicated in the regulation of chromatin structure and gene expression, and changed in histone phosphorylation patterns were observed in aged cells and tissues [21].

The level of histone ubiquitination was shown to decrease with age in some tissues, such as the liver and brain [22].

These modifications can alter chromatin structure and gene expression, leading to changes in cellular function and potentially contributing to age-related phenotypes.

The ionizing radiation was shown to affect the chemical modifications of histones. For example, exposure to ionizing radiation was reported to alter histone acetylation and methylation patterns in various cell types, including human lymphoblastoid cells and mouse bone marrow cells [23]. Additionally, ionizing radiation was shown to induce histone phosphorylation and ubiquitination, which are important modifications involved in DNA damage response pathways. The effects of ionizing radiation on histone modifications may contribute to radiation-induced changes in gene expression and cellular function [24].

There is limited research on the coincidence of changes in histone modifications associated with aging and exposure to ionizing radiation. However, some studies suggest that the effects of radiation exposure on histone modifications may accelerate or exacerbate changes associated with aging. For example, it was shown low-dose radiation exposure induced epigenetic changes in mice that resembled changes observed during aging, such as decreased levels of histone H3K4me3 and H3K36me3 marks. These findings suggest that radiation exposure may contribute to premature aging through its effects on histone modifications [25]. However, further research is needed to fully understand the relationship between histone modifications associated with aging and those induced by radiation exposure.

MicroRNAs (miRNAs) are small non-coding RNAs that play important roles in regulating gene expression. There is increasing evidence that miRNAs are involved in the process of aging and age-related diseases, as they regulate key cellular pathways that are associated with aging, such as DNA repair, oxidative stress, and inflammation.

Several studies suggested that exposure to ionizing radiation could alter miRNA expression patterns and contribute to radiation-induced aging. In some studies it was found that low-dose radiation exposure led to changes in miRNA expression in the livers of mice, including upregulation of miRNAs associated with aging and downregulation of miRNAs involved in DNA repair and cell cycle regulation [26]. Similarly, a study by Gao et al. (2017) found that exposure to high-dose radiation led to changes in miRNA expression in the lungs of mice, including upregulation of miRNAs associated with aging and down regulation of miRNAs involved in cell cycle regulation and DNA repair [27].

Radon is a naturally occurring radioactive gas that can accumulate in buildings and can be a source of low-dose ionizing radiation exposure. The exposure to radon led to changes in the expression of several miRNAs in mice, including miR-21 and miR-34a, which are both involved in the DNA damage response and aging-related processes [28]. These findings suggest that exposure to radon may contribute to radiation-induced aging through changes in miRNA expression. Some miRNAs infected during radiation-induced aging are shown in Table.

Table

miRNAs in the radiation-induced aging

miR name	Effect and function	References
miR-34a:	Upregulated in response to ionizing radiation and associated with aging, cellular senescence, and DNA damage response.	[29]
miR-21:	Upregulated in response to ionizing radiation and involved in the regulation of DNA damage response, apoptosis, and cell proliferation. Was also implicated in aging-related processes such as cellular senescence and inflammation.	[30]
miR-29:	Down regulated in response to ionizing radiation and associated with aging-related processes such as tissue fibrosis, inflammation, and extracellular matrix remodeling.	[31]
miR-146a:	Upregulated in response to ionizing radiation and involved in the regulation of inflammation and immune responses. Was also implicated in aging-related processes such as cellular senescence and age-related diseases.	[32]
miR-199a-5p:	miR-199a-5p was significantly upregulated in response to radiation exposure, and that it may be involved in regulating the expression of genes involved in DNA repair and cell cycle regulation	[33]
miR-218-5p:	miR-218-5p was significantly upregulated in response to radiation exposure, and that it may be involved in regulating the expression of genes involved in DNA repair, cell cycle regulation, and apoptosis	[34]
miR-150-5p:	miR-150 was reported to decrease in the circulation of mammals exposed to radiation. miR-150-5p enhanced the radiosensitivity of the cancer cells, possibly by promoting DNA damage and inhibiting DNA repair.	[31]
miR-26b-5p:	miR-26b-5p could be inhibit ATF2 expression to promote DNA damage, apoptosis and radiosensitivity of cancer cells	[35]

Overall, these studies suggest that miRNAs play a role in the process of radiation-induced aging and may be potential targets for interventions to prevent or mitigate radiation-induced damage. However, further research is needed to fully understand the mechanisms underlying these effects and to develop effective strategies for using miRNAs to modulate radiation-induced aging.

MitomiRs are microRNAs that are involved in the regulation of mitochondrial function and metabolism. Mitochondrial dysfunction is a hallmark of aging and is thought to contribute to age-related diseases. Therefore, dysregulation of mitomiRs may play a role in the aging process. Therefore, mitomiRs are thought to play a role in aging-related processes.

Several studies investigated the role of mitomiRs in aging. For example, one study by Burgess et al. (2015) found that the expression of several mitomiRs was altered in the livers of aged mice compared to young mice, including miR-34a, hsa-miR-18a, hsa-miR-431-5p, etc. [36]. These changes were associated with altered mitochondrial function and increased oxidative stress.

Another study found that the expression of several mitomiRs was associated with Alzheimer's Disease, including miR-107 [37], miR-125b [38]. These changes were associated with alterations in mitochondrial function and increased inflammation [39].

Overall, these studies suggest that dysregulation of mitomiRs may play a role in the aging process by contributing to mitochondrial dysfunction and increased oxidative stress and inflammation.

In our last review (2021) we discussed the potential role of mitomiRs in the development of lung cancer induced by exposure to radon, a radioactive gas found in many homes and workplaces [40].

Radon is a naturally occurring radioactive gas that is produced by the decay of uranium in soil, rock, and water. It is colorless, odorless, and tasteless, and can seep into homes and other buildings through cracks in walls, floors, and foundations. Radon exposure is a major cause of lung cancer, and is estimated to be responsible for tens of thousands of deaths from lung cancer each year worldwide.

In this article we highlight several mitomiRs that were shown to be dysregulated in response to radon exposure and might play a role in promoting cancer development, including miR-21, miR-34a, and miR-200c [40].

Based on the above, it can be concluded that mitochondria play an important role in the response of cells to ionizing radiation.

Mitochondria

Radiation-induced aging was shown to be associated with changes in mitochondrial function, including alterations in mitochondrial DNA (mtDNA) and the production of ROS in mitochondria. Mitochondria are organelles responsible for generating cellular energy and play a key role in regulating cellular processes such as apoptosis, metabolism, and signaling. Exposure to ionizing radiation can cause damage to mtDNA and impair mitochondrial function, leading to an increase in ROS production and oxidative stress. This, in turn, can contribute to cellular senescence and aging-related processes.

As mtDNA is located close to the site of ROS production, it is highly susceptible to oxidative damage caused by ionizing radiation. This damage can accumulate over time, leading to mutations and deletions in mtDNA that impair mitochondrial function and contribute to the aging process.

Several studies investigated the relationship between radiation exposure and mtDNA damage. For example, a study by Melin et al. (2022) found that low-dose radiation exposure led to significant increases in mtDNA damage and mutations in the liver tissues of mice [41]. Another study by Liu et al. (2012) reported that radiation exposure caused mtDNA damage and accelerated aging in the brains of mice [42].

One example of mutations in mtDNA leading to aging is mitochondrial myopathy, which is caused by mutations in mtDNA that affect the function of mitochondria, leading to muscle weakness and atrophy. Another example is Leigh syndrome, a rare genetic disorder caused by mutations in mtDNA that affect energy production in the brain, leading to developmental delays, seizures, and other neurological problems. Many studies suggested that radiation exposure can cause mitochondrial dysfunction, exacerbating the symptoms of mitochondrial diseases [43]. The radiation exposure can lead to changes in mitochondrial DNA, which may increase the risk of developing mitochondrial diseases [44].

There is evidence to suggest that radiation exposure can lead to changes in the copy number of free-circulating mitochondrial DNA (cf mtDNA). For example, a study by Borghini et al. (2015) found that exposure to ionizing radiation led to an increase in the levels of free circulating nuclear acids, including the fragment of mtDNA in the blood of cardiologists [45]. Similarly, Bissierier et al. (2021) measured cf-mtDNA levels in blood samples from astronauts before and after long-duration spaceflight on the International Space Station. The researchers found that cf-mtDNA levels increased during spaceflight and remained elevated after return to Earth, suggesting cf-mtDNA abundance might be a biomarker of stress or immune response related to radiation [46].

Our previously results showed a significant difference in the level of cf mtDNA in the blood plasma of healthy volunteers exposed and not exposed to high doses of radon. Moreover, our data indicated that the level of cf mtDNA in the radon-induced lung cancer patients was significantly higher than that of the other study participants with lung cancer [47].

In general, mtDNA copy number tends to decrease with age in many tissues, including blood, muscle, and brain tissue [48]. This decline in mtDNA copy number was suggested to contribute to age-related decline in mitochondrial function and the development of age-related diseases. Yue et al. (2018) used a meta-analysis to examine the relationship between mtDNA copy number and healthy aging in human populations. They found that fewer copies of mtDNA associated with higher risk of cardiovascular disease [49].

It is generally believed that a higher mtDNA copy number is associated with better health and longevity. However, there is no consensus on the exact relationship between mtDNA copy number and aging. Some studies suggested that a higher mtDNA copy number was protective against age-related diseases while others found no association or even a negative association between mtDNA copy number and aging [50]. More research is needed to fully understand the relationship between mtDNA copy number and aging.

Additionally, studies suggested that mitochondria might contribute to the radiation-induced aging process by increasing oxidative stress and inflammation.

Oxidative stress

Oxidative stress is known to play a role in aging. It refers to an imbalance between the production of ROS and the ability of cells to detoxify these reactive molecules. ROS can damage cellular components such as DNA, proteins, and lipids, leading to cellular dysfunction and senescence.

Several studies demonstrated a correlation between oxidative stress and aging. For example, a study by Sastre et al. (2000) found that oxidative damage to mitochondrial DNA increased with age in humans [51]. Another study by Stadtman and Levine suggested that oxidative damage to proteins accumulates with age [52].

In addition, research showed that interventions that reduce oxidative stress can extend lifespan in model organisms such as worms and mice. For instance, a study by Melov et al. found that over expression of anti-oxidant enzymes in transgenic mice led to increased lifespan [53]. Similarly, a study by Van Raamsdonk and Hekimi found that administration of antioxidants to worms increased their lifespan [54].

Ionizing radiation exposure can lead to the production of ROS, which can damage cells and tissues and contribute to aging. ROS can cause oxidative damage to lipids, proteins, and nucleic acids, including mtDNA. Over time, this damage can accumulate and contribute to age-related decline in cellular and physiological functions.

Several studies investigated the relationship between oxidative stress and radiation-induced aging. It was shown that low-dose ionizing radiation exposure led to increased oxidative stress and accelerated aging in mice. The authors suggested that antioxidant therapies could potentially mitigate the effects of radiation-induced aging [55].

Another study by Hauer-Jensen et al. (2014) investigated the effects of ionizing radiation exposure on the gastrointestinal tract and found that radiation exposure led to increased oxidative stress and inflammation, which contributed to tissue damage and accelerated aging. The authors suggested that antioxidants and anti-inflammatory agents could potentially be used to prevent or treat radiation-induced gastrointestinal damage [56].

Inflammation

Chronic low-grade inflammation, also known as “inflammaging”, is believed to be a contributor to many age-related diseases, including cardiovascular disease, Alzheimer's disease, and cancer. Inflammation can also lead to the accumulation of oxidative stress and damage, which further accelerates the aging process. Several studies demonstrated that levels of inflammatory markers such as C-reactive protein (CRP) and interleukin-6 (IL-6) increased with age, and that reducing inflammation could improve healthspan and lifespan in animal models.

Exposure to ionizing radiation can cause acute or chronic inflammation, which can contribute to tissue damage and the development of radiation-induced diseases. It is very interesting that all the above mechanisms intersect here.

Ionizing radiation can cause damage to DNA, which triggers a cascade of events leading to the production of pro-inflammatory cytokines and chemokines. These molecules recruit immune cells to the site of radiation exposure and activate the inflammatory response.

Radiation can also cause oxidative stress, which occurs when there is an imbalance between ROS and antioxidants in the body. ROS can damage cellular components and trigger inflammation.

It can activate immune cells such as macrophages and dendritic cells, which release pro-inflammatory cytokines and chemokines. These molecules recruit other immune cells to the site of radiation exposure and amplify the inflammatory response.

The rates of cytokines released by irradiation will vary depending on the assay used to measure them. Thus IL-6, obtained from epithelial cells 24 h after exposure to 1.2 Gy of x-rays, the radiation level increases and determined by ELISA, RNA transcripts increase much earlier (by 1 h), and reach a maximum after 2 h by approximately 8-24 h later [57].

The nuclear factor-kappa B (NF- κ B) pathway is a key regulator of inflammation can be activated by radiation, which leading to the production of pro-inflammatory cytokines and chemokines. Interleukin-6 (IL-6) is a pro-inflammatory cytokine that is produced by immune cells and plays a role in regulating the immune response. The level of IL-6 can be influenced by a variety of factors, including radiation exposure.

Studies showed that exposure to ionizing radiation could cause an increase in IL-6 levels in both animals and humans [58]. For example, a study in mice exposed to a single dose of whole-body radiation showed an increase in IL-6 levels in the blood within 24 hours of exposure [59]. Similarly, a study in human subjects exposed to radiation during diagnostic procedures showed an increase in IL-6 levels in the blood.

The magnitude and duration of the increase in IL-6 levels can vary depending on the dose and duration of radiation exposure, as well as individual factors such as age, sex, and genetics. In some cases, the increase in IL-6 levels may be transient and return to baseline levels within a few days, while in other cases it may persist for longer periods.

The increase in IL-6 levels is thought to contribute to the inflammatory response and tissue damage associated with radiation exposure. In addition, IL-6 was implicated in the development of radiation-induced diseases such as radiation pneumonitis and fibrosis. Therefore, monitoring IL-6 levels may be useful in as-

sessing the severity of radiation-induced inflammation and identifying individuals at risk for developing radiation-induced diseases.

Radiation exposure can also inhibit anti-inflammatory pathways. Interleukin-10 (IL-10) is an anti-inflammatory cytokine that is produced by immune cells and plays a role in regulating the immune response. The level of IL-10 can also be influenced by radiation exposure [60].

Studies showed that exposure to ionizing radiation could cause changes in IL-10 levels in both animals and humans. However, the direction and magnitude of these changes can vary depending on the dose and duration of radiation exposure, as well as individual factors such as age, sex, and genetics.

Some studies reported an increase in IL-10 levels after radiation exposure. For example, a study in mice exposed to a single dose of whole-body radiation showed an increase in IL-10 levels in the spleen within 24 hours of exposure [61]. Similarly, a study in human subjects exposed to radiation during cancer treatment showed an increase in IL-10 levels in the blood [62].

Other studies reported a decrease in IL-10 levels after radiation exposure [63]. For example, a study in rats exposed to ionizing radiation showed a decrease in IL-10 levels after radiation exposure [64].

The exact mechanisms underlying the changes in IL-10 levels after radiation exposure are not fully understood. However, it is thought that radiation-induced oxidative stress and inflammation may play a role in modulating IL-10 levels. Further research is needed to better understand the relationship between radiation exposure and IL-10 levels, as well as the implications of these changes for health outcomes.

Aging markers for detection of radiation-induced aging

The accumulation of senescent cells generally contributes to tissue aging in all organ systems and suggests that aging biomarkers can be used to determine the “molecular age” of a patient. Molecular age, in turn, can be used for better risk stratification to maximize treatment efficacy and minimize adverse events [65].

Thus, a significant increase in the frequency of p16-positive melanocytes was found in human skin with age. The data obtained confirm that melanocytes are the main population of senescent cells in the human skin epidermis [66].

Senescent macrophages express high levels of aging-related markers p16. They release pro-inflammatory cytokines that promote chronic inflammation and cause excess ROS production [67].

However, a number of researchers question the usefulness of p16 as a macrophage aging marker, since p16 expression is also upregulated in response to stimuli that induce macrophage polarization to the M2 phenotype. Moreover, activated macrophages in atherosclerotic lesions resemble senescent cells. Therefore, an aging-like phenotype in macrophages may represent a state of physiological activation rather than true aging [68].

The p16 gene belongs to the INK4 gene family and consists of four members: p16 INK4A, p15 INK4B, p18 INK4C, and p19 INK4D, all of which share common biological properties, namely cell growth inhibition and tumor suppression. After p53, p16 is the second most common tumor suppressor gene [69].

p16 (also known as a cyclin-dependent kinase 2A inhibitor) can inhibit the formation of cyclin D-CDK4/6 complexes and thereby prevent retinoblastoma (RB) protein phosphorylation, which in turn contributes to the inhibition of cell cycle gene expression [70].

Cellular senescence may have a twofold effect on carcinogenesis. On the one hand, activation of oncogenes, loss of anti-oncogenes, and DNA damage not only cause apoptosis, but also cause cellular senescence, thereby preventing tumor initiation. Thus, the p16-RB signaling pathway was shown to be involved in oncogene-induced aging and suppression of tumorigenesis [71].

Although aging may prevent cancer by inducing cell cycle arrest, evidence suggests that the chronic inflammation that occurs with aging may contribute to tumorigenesis. In this connection, many studies link high p16 levels with malignant transformation processes and poor outcomes in oncological diseases [72], [73].

It is interesting that the change in p16 level can also be a marker of exposure to radiation. Thus, in irradiated C57BL/6 mice, an increased expression of p16 in macrophages was observed, which indicates the possibility of using p16 as a biomarker of radiation-induced aging [74].

Also biomarker aging is human telomeres, are the exact structure of the DNA-protein complex covering the ends of linear chromosomes. DNA telomeres include numbers of alternating tandem repeats of a double-stranded TTAGGG and an enriched 3' G single-stranded protrusion, called a G-tail. The attachment of the 3'-G-tail to the double-stranded region builds a high-order structure and a three-stranded structure called the T-(telomeric) loop and the D-(shifting) loop. If the DNA polymerase complex stops replicating the 3'-end of the lagging chain in linear chromosomes leads to telomere shortening at each DNA replication cycle during

cell division, leading to a final replication problem. The more the number of cell divisions increases, the TL gradually shortens. If TL decreases to a critical length, cells stop dividing and may fall into cellular senescence or apoptosis [75].

Telomeres nowadays represent one of the powerful biomarkers of aging and pathological conditions associated with aging. Aging is a phenomenon involving multiple pathways and operating at different levels of biological organization of the living system. Different data measuring different parts of the aging process. Estimates of human biological age derived in different ways may differ from one another. Biomarkers of aging can change over the course of a lifetime [76].

Radiation exposure can also cause telomere shortening, as the ionizing radiation can damage DNA and lead to the activation of cellular pathways that accelerate telomere attrition. As a result, telomere length was suggested as a potential biomarker of radiation exposure, as it could provide a means of assessing an individual's risk of radiation-induced health effects.

Studies showed that individuals exposed to ionizing radiation, such as nuclear plant workers [77] or cancer patients undergoing radiotherapy [78] had shorter telomeres compared to unexposed individuals. However, other factors such as age, lifestyle, and environmental exposures can also influence telomere length, making it difficult to use telomere length as a definitive marker of radiation exposure.

In conclusion, while telomere length can be affected by radiation exposure, it is not a reliable marker on its own and should be considered alongside other indicators of exposure to ionizing radiation, such as dosimetry measurements or biomarkers of DNA damage.

Cytokines can also be classified as biomarkers of radiation-induced aging. Pro-inflammatory cytokines are a class of signaling molecules that are involved in the immune response and play an important role in regulating inflammation. Research was suggested that chronic inflammation might be a contributing factor to the aging process and the development of age-related diseases.

Exposure to ionizing radiation was shown to induce chronic inflammation, which may contribute to radiation-induced aging. Studies demonstrated that radiation exposure could lead to increased levels of pro-inflammatory cytokines, including interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), and interleukin-1 beta (IL-1 β) [79].

For example, a study of [80] examined the levels of various cytokines in the blood of mice exposed to ionizing radiation. The researchers found that radiation exposure led to an increase in the levels of pro-inflammatory cytokines, including IL-6 and TNF- α , and that these increases persisted for several weeks after the exposure.

Another study found that radiation exposure led to an increase in the levels of IL-6 and IL-1 β , and that these increases were associated with lung and liver radiation-induced damage [81].

Overall, these studies suggest that pro-inflammatory cytokines may serve as a marker of radiation-induced aging and could potentially be used to assess an individual's risk of developing age-related diseases following exposure to ionizing radiation. However, further research is needed to fully understand the relationship between radiation-induced inflammation and aging, and to identify the most reliable and sensitive biomarkers of this process.

Conclusions

Due to the presence of the densely populated territories in the Republic of Kazakhstan contaminated with radionuclides as a result of nuclear weapons testing at the Semipalatinsk test site, mining and processing of uranium ores, high levels of radon radioactive gas, there is a significant threat to the health of our population [82].

A number of studies showed that ionizing radiation induced the development of cellular senescence, and as a result, increased the risk of developing age-associated diseases such as cancer, neurodegenerative diseases and diseases of the cardiovascular system. Therefore the issue of developing preventive measures that could reduce the adverse effects of ionizing radiation on the Kazakhstan population is acute. But such developments require a complete understanding of the mechanism of radiation-induced senescence. And although the mechanisms of radiation-induced senescence are gradually being studied, a lot of things still remain unclear.

Thus, miRNAs was shown to play an important role in the radiation response of cells. miRNAs are short non-coding RNAs involved in the regulation of almost all cellular processes, including the functioning of such important organelles as mitochondria.

Mitochondria are unique organelles that, on the one hand, have their own genome, the functioning of which is subordinate to the nuclear genome, and on the other hand, mitochondria are able to regulate the

functioning of the nuclear genome. There is no doubt that mitochondria play a key role in cellular responses to various types of ionizing radiation. Thus, it was shown that ionizing radiation leads to an increase in mitochondrial DNA, levels of intracellular reactive oxygen species (ROS) in the absence of increased mitochondrial activity, a change in the transmembrane potential, and, ultimately, the development of mitochondrial dysfunction in irradiated cells.

MitomiRs are microRNAs that regulate the expression of mitochondrial genes. However, there is no information in the literature about changes in the expression profile of mitomiRs under different types of ionizing radiation, or about the role of these regulatory molecules in radiation-induced senescence. At the same time, the study of the relationship between mitochondria, mitomiR and radiation in the senescence process will expand the range of possible approaches to slowing down the rate of senescence, delaying or completely stopping the development of age-associated diseases, especially for people living under conditions of exposure to high doses of ionizing radiation.

Radiation-induced aging can have significant implications for the preservation of human health, both in terms of preventing age-related diseases and improving outcomes for individuals who have been exposed to radiation.

Understanding the mechanisms of radiation-induced aging can help identify potential interventions to mitigate the effects of radiation exposure. For example, researchers may be able to identify drugs or other therapies that can help protect cells from radiation-induced damage, or promote the repair of damaged cells.

Radiation-induced aging can serve as a model for studying natural aging. Many of the molecular and cellular changes that occur during radiation-induced aging are similar to those that occur during natural aging, such as telomere shortening, oxidative stress, and inflammation. By studying radiation-induced aging, researchers can gain insight into the mechanisms of natural aging, and identify potential targets for interventions to improve healthspan and lifespan.

Radiation exposure is a significant risk factor for a range of age-related diseases, including cardiovascular disease, neurodegenerative disorders, and cancer. By studying the effects of radiation on aging at the cellular and molecular level, researchers can gain insight into the underlying mechanisms of these diseases, and identify potential targets for prevention and treatment.

Overall, understanding the mechanisms of radiation-induced aging can have important implications for the preservation of human health. By identifying potential interventions to mitigate the effects of radiation exposure and studying the mechanisms of age-related diseases, researchers can work towards improving health outcomes for individuals who have been exposed to radiation and preventing age-related diseases more broadly.

Acknowledgements

This research was supported by a grant from the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under award number AP14870508.

References

- 1 Schumacher, B., Pothof, J., Vijg, J., & Hoeijmakers, J.H.J. (2021). The central role of DNA damage in the ageing process. *Nature*, 592(7856):695-703. doi: 10.1038/s41586-021-03307-7.
- 2 Schmeer, C., Kretz, A., Wengerodt, D., Stojiljkovic, M., & Witte, O.W. (2019). Dissecting Aging and Senescence-Current Concepts and Open Lessons. *Cells*, 8(11):1446. doi: 10.3390/cells8111446.
- 3 Miwa, S., Kashyap, S., Chini, E., & von Zglinicki, T. (2022). Mitochondrial dysfunction in cell senescence and aging. *J Clin Invest*, 132(13), e158447. doi: 10.1172/JCI158447.
- 4 Todorova, P.K., Fletcher-Sananikone, E., Mukherjee, B., Kollipara, R., Vemireddy, V., Xie, X.J., Guida, P.M., Story, M.D., Hatanpaa, K., Habib, A.A., Kittler, R., Bachoo, R., Hromas, R., Floyd, J.R., & Burma, S. (2019). Radiation-Induced DNA Damage Cooperates with Heterozygosity of TP53 and PTEN to Generate High-Grade Gliomas. *Cancer Res*, 79(14):3749-3761. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-19-0680.
- 5 Blackford, A.N., & Jackson, S.P. (2017). ATM, ATR, and DNA-PK: The Trinity at the Heart of the DNA Damage Response. *Mol Cell*, 66(6):801-817. doi: 10.1016/j.molcel.2017.05.015.
- 6 Lu, H., Davis, A.J., & Human Rec, Q. (2021). Helicases in DNA Double-Strand Break Repair. *Front Cell Dev Biol*, 9:640755. doi: 10.3389/fcell.2021.640755.
- 7 Inagawa, T., Wennink, T., Lebbink, J.H.G., Keijzers, G., Florea, B.I., Verkaik, N.S., & van Gent, D.C. (2020). C-Terminal Extensions of Ku70 and Ku80 Differentially Influence DNA End Binding Properties. *Int J Mol Sci*, 21(18):6725. doi: 10.3390/ijms21186725.

- 8 White, R.R., & Vijg, J. (2016). Do DNA Double-Strand Breaks Drive Aging? *Mol Cell*, 63(5):729-38. doi: 10.1016/j.molcel.2016.08.004.
- 9 Blimkie, M.S., Fung, L.C., Petoukhov, E.S., Girard, C., & Klovov, D. (2014). Repair of DNA double-strand breaks is not modulated by low-dose gamma radiation in C57BL/6J mice. *Radiat Res*, 181(5):548-59. doi: 10.1667/RR13324.1.
- 10 Kumar, N., Theil, A.F., Roginskaya, V., Ali, Y., Calderon, M., Watkins, S.C., Barnes, R.P., Opresko, P.L., Pines, A., Lans, H., Vermeulen, W., & Van Houten, B. (2022). Global and transcription-coupled repair of 8-oxoG is initiated by nucleotide excision repair proteins. *Nat Commun.*, 13(1):974. doi: 10.1038/s41467-022-28642-9.
- 11 Fouquerel, E., Barnes, R.P., Uttam, S., Watkins, S.C., Bruchez, M.P., & Opresko, P.L. (2019). Targeted and Persistent 8-Oxoguanine Base Damage at Telomeres Promotes Telomere Loss and Crisis. *Mol Cell*, 75(1):117-130.e6. doi: 10.1016/j.molcel.2019.04.024.
- 12 Belli, M., & Tabocchini, M.A. (2020). Ionizing Radiation-Induced Epigenetic Modifications and Their Relevance to Radiation Protection. *Int J Mol Sci*, 21(17):5993. doi: 10.3390/ijms21175993.
- 13 Koturbash, I., Miousse, I.R., Sridharan, V., Nzabarushimana, E., Skinner, C.M., Melnyk, S.B., Pavliv, O., Hauer-Jensen, M., Nelson, G.A., & Boerma, M. (2016). Radiation-induced changes in DNA methylation of repetitive elements in the mouse heart. *Mutat Res*, 787:43-53. doi: 10.1016/j.mrfmmm.2016.02.009.
- 14 Su, S., Jin, Y., Zhang, W., Yang, L., Shen, Y., Cao, Y., & Tong, J. (2006). Aberrant promoter methylation of p16(INK4a) and O(6)-methylguanine-DNA methyltransferase genes in workers at a Chinese uranium mine. *J Occup Health*, 48(4):261-6. doi: 10.1539/joh.48.261.
- 15 Bersimbaev, R.I., Lindholm, C., Tankimanova, M.K., Djansugarova, L.B., Mamyrbayeva, Z.Zh., Mustonen, R., Dubrova Y.E., Hulten, M., Suomela, M., Auvinen, A., & Salomaa, S. (2002). Three generation study of population living the vicinity of the Semipalatinsk nuclear test site — biosample database and population characteristics. *Helsinki: STUK-Radiation and Nuclear Safety Authority*.
- 16 WHO. (2021). *Radon*. World Health Organization. [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>.
- 17 Mughal, S.K., Myazin, A.E., Zhavoronkov, L.P., Rubanovich, A.V., & Dubrova, Y.E. (2012). The dose and dose-rate effects of paternal irradiation on transgenerational instability in mice: a radiotherapy connection. *PLoS One*, 7(7): e41300. doi: 10.1371/journal.pone.0041300.
- 18 Legendre, A., Elmhiri, G., Gloaguen, C., Magneron, V., Kereselidze, D., Saci, N., Elie, C., Vaysset, É., Benadjaoud, M.M., Tack, K., Grison, S., & Souidi, M. (2019). Multigenerational exposure to uranium changes morphometric parameters and global DNA methylation in rat sperm. *C R Biol*, 342(5-6):175-185. doi: 10.1016/j.crvi.2019.07.002.
- 19 Sun, Z., Zhang, Y., Jia, J., Fang, Y., Tang, Y., Wu, H., & Fang, D. (2020). H3K36me3, message from chromatin to DNA damage repair. *Cell Biosci*, 10:9. doi: 10.1186/s13578-020-0374-z.
- 20 Kumar, A., Choi, K.H., Renthal, W., Tsankova, N.M., Theobald, D.E., Truong, H.T., Russo, S.J., Laplant, Q., Sasaki, T.S., Whistler, K.N., Neve, R.L., Self, D.W., & Nestler, E.J. (2005). Chromatin remodeling is a key mechanism underlying cocaine-induced plasticity in striatum. *Neuron*, 48(2):303-14. doi: 10.1016/j.neuron.2005.09.023.
- 21 O'Sullivan, R.J., & Karlseder, J. (2012). The great unravelling: chromatin as a modulator of the aging process. *Trends Biochem Sci*, 37(11):466-76. doi: 10.1016/j.tibs.2012.08.001.
- 22 Uckelmann, M., & Sixma, T.K. (2017). Histone ubiquitination in the DNA damage response. *DNA Repair (Amst)*, 56:92-101. doi: 10.1016/j.dnarep.2017.06.011.
- 23 Peng, Q., Weng, K., Li, S., Xu, R., Wang, Y., & Wu, Y.A. (2021). Perspective of Epigenetic Regulation in Radiotherapy. *Front Cell Dev Biol*, 9:624312. doi: 10.3389/fcell.2021.624312.
- 24 Di Nisio, E., Lupo, G., Licursi, V., & Negri, R. (2021). The Role of Histone Lysine Methylation in the Response of Mammary Cells to Ionizing Radiation. *Front Genet*, 12:639602. doi: 10.3389/fgene.2021.639602.
- 25 Friedl, A.A., Mazurek, B., & Seiler, D.M. (2012). Radiation-induced alterations in histone modification patterns and their potential impact on short-term radiation effects. *Front Oncol*, 2:117. doi: 10.3389/fonc.2012.00117.
- 26 Liang, X., Zheng, S., Cui, J., Yu, D., Yang, G., Zhou, L., Wang, B., Cai, L., & Li, W. (2018). Alterations of MicroRNA Expression in the Liver, Heart, and Testis of Mice Upon Exposure to Repeated Low-Dose Radiation. *Dose Response*, 16(3):1559325818799561. doi: 10.1177/1559325818799561.
- 27 Gao, F., Liu, P., Narayanan, J., Yang, M., Fish, B.L., Liu, Y., Liang, M., Jacobs, E.R., & Medhora, M. (2017). Changes in miRNA in the lung and whole blood after whole thorax irradiation in rats. *Sci Rep*, 7:44132. doi: 10.1038/srep44132.
- 28 Pei, W., Tao, L., Zhang, L.W., Zhang, S., Cao, J., Jiao, Y., Tong, J., & Nie, J. (2017). Circular RNA profiles in mouse lung tissue induced by radon. *Environ Health Prev Med*, 22(1):36. doi: 10.1186/s12199-017-0627-6.
- 29 Suh, N. (2018). MicroRNA controls of cellular senescence. *BMB Rep*, 51(10):493-499. doi: 10.5483/BMBRep.2018.51.10.209.
- 30 Liu, C., Li, B., Cheng, Y., Lin, J., Hao, J., Zhang, S., Mitchel, R.E., Sun, D., Ni, J., Zhao, L., Gao, F., & Cai, J. (2011). MiR-1 plays an important role in radiation induced carcinogenesis in BALB/c mice by directly targeting the tumor suppressor gene Big-h3. *Int J Biol Sci*, 7(3):347-63. doi: 10.7150/ijbs.7.347.
- 31 Dinh, T.-K.T., Fendler, W., Chałubińska-Fendler, J., Acharya, S.S., O'Leary, C., & Deraska, P.V., et al. (2016). Circulating miR-29a and miR-150 Correlate with Delivered Dose during Thoracic Radiation Therapy for Non-small Cell Lung Cancer. *Radiat. Oncol*, 11, 61. doi: 10.1186/s13014-016-0636-4.
- 32 Jia, M., & Wang, Z. (2022). MicroRNAs as Biomarkers for Ionizing Radiation Injury. *Front Cell Dev Biol*, 10:861451. doi: 10.3389/fcell.2022.861451.

- 33 Baek, D.W., Kim, G., Kang, B.W., Kim, H.J., Park, S.Y., Park, J.S., et al. (2020). High Expression of microRNA-199a-5p Is Associated with superior Clinical Outcomes in Patients with Locally Advanced Rectal Cancer. *J. Cancer Res. Clin. Oncol*, 146(1), 105–115. 10.1007/s00432-019-03099-4
- 34 Chen, X., Xu, Y., Jiang, L., & Tan, Q. (2021). miRNA -218-5p Increases Cell Sensitivity by Inhibiting PRKDC Activity in Radiation-Resistant Lung Carcinoma Cells. *Thorac. Cancer*, 12(10), 1549–1557. 10.1111/1759-7714.13939
- 35 Han, F., Huang, D., Huang, X., Wang, W., Yang, S., & Chen, S. (2020). Exosomal microRNA-26b-5p Down-Regulates ATF2 to Enhance Radiosensitivity of Lung Adenocarcinoma Cells. *J. Cel Mol Med*, 24(14), 7730–7742. 10.1111/jcmm.15402
- 36 Burgess, K.S., Philips, S., Benson, E.A., Desta, Z., Gaedigk, A., Gaedigk, R., Segar, M.W., Liu, Y., & Skaar, T.C. (2015). Age-Related Changes in MicroRNA Expression and Pharmacogenes in Human Liver. *Clin Pharmacol Ther*, 98(2):205-15. doi: 10.1002/cpt.145.
- 37 Shu, B., Zhang, X., Du, G., Fu, Q., & Huang, L. (2018). MicroRNA-107 prevents amyloid- β -induced neurotoxicity and memory impairment in mice. *Int. J. Mol. Med*, 41:1665–1672. doi: 10.3892/ijmm.2017.3339.
- 38 Ma, X., Liu, L., & Meng, J. (2017). MicroRNA-125b promotes neurons cell apoptosis and Tau phosphorylation in Alzheimer's disease. *Neurosci. Lett*, 661:57–62. doi: 10.1016/j.neulet.2017.09.043.
- 39 John, A., Kubosumi, A., & Reddy, P.H. (2020). Mitochondrial MicroRNAs in Aging and Neurodegenerative Diseases. *Cells*, 9(6):1345. doi: 10.3390/cells9061345.
- 40 Kussainova, A., Bulgakova, O., Aripova, A., Khalid, Z., Bersimbaev, R., & Izzotti, A. (2022). The Role of Mitochondrial miRNAs in the Development of Radon-Induced Lung Cancer. *Biomedicines*, 10(2):428. doi: 10.3390/biomedicines10020428.
- 41 Melin, N., Yarahmadov, T., Sanchez-Taltavull, D., Birrer, F.E., Brodie, T.M., Petit, B., Felser, A., Nuoffer, J.M., Montani, M., Vozenin, M.C., Herrmann, E., Candinas, D., Aebbersold, D.M., & Stroka, D. (2022). A new mouse model of radiation-induced liver disease reveals mitochondrial dysfunction as an underlying fibrotic stimulus. *JHEP Rep*, 4(7):100508. doi: 10.1016/j.jhepr.2022.100508.
- 42 Liu, G.S., Zhang, Z.S., Yang, B., & He, W. (2012). Resveratrol attenuates oxidative damage and ameliorates cognitive impairment in the brain of senescence-accelerated mice. *Life Sci*, 91(17-18):872-7. doi: 10.1016/j.lfs.2012.08.033.
- 43 Kottnerus, S.J.G., Bleeker, J.C., Wüst, R.C.I., Ferdinandusse, S., IJlst, L., Wijburg, F.A., Wanders, R.J.A., Visser, G., & Houtkooper, R.H. (2018). Disorders of mitochondrial long-chain fatty acid oxidation and the carnitine shuttle. *Rev Endocr Metab Disord*, 19(1):93-106. doi: 10.1007/s11154-018-9448-1.
- 44 Livingston, K., Schlaak, R.A., Puckett, L.L., & Bergom, C. (2020). The Role of Mitochondrial Dysfunction in Radiation-Induced Heart Disease: From Bench to Bedside. *Front Cardiovasc Med*, 7:20. doi: 10.3389/fcvm.2020.00020.
- 45 Borghini, A., Mercuri, A., Turchi, S., Chiesa, M.R., Piccaluga, E., & Andreassi, M.G. (2015). Increased circulating cell-free DNA levels and mtDNA fragments in interventional cardiologists occupationally exposed to low levels of ionizing radiation. *Environ Mol Mutagen*, 56(3):293-300. doi: 10.1002/em.21917.
- 46 Bissierier, M., Shanmughapriya, S., Rai, A.K., Gonzalez, C., Brojakowska, A., Garikipati, V.N.S., Madesh, M., Mills, P.J., Walsh, K., Arakelyan, A., Kishore, R., Hadri, L., & Goukassian, D.A. (2021). Cell-Free Mitochondrial DNA as a Potential Biomarker for Astronauts' Health. *J Am Heart Assoc*, (21): e022055. doi: 10.1161/JAHA.121.022055.
- 47 Bulgakova, O., Kussainova, A., Kakabayev, A., Aripova, A., Baikenova, G., Izzotti, A., & Bersimbaev, R. (2022). The level of free-circulating mtDNA in patients with radon-induced lung cancer. *Environ Res*, 1; 207, 112215. doi: 10.1016/j.envres.2021.112215.
- 48 Mengel-From, J., Thinggaard, M., Dalgård, C., Kyvik, K.O., Christensen, K., & Christiansen, L. (2014). Mitochondrial DNA copy number in peripheral blood cells declines with age and is associated with general health among elderly. *Hum Genet*, 133(9):1149-59. doi: 10.1007/s00439-014-1458-9.
- 49 Yue, P., Jing, S., Liu, L., Ma, F., Zhang, Y., Wang, C., Duan, H., Zhou, K., Hua, Y., Wu, G., & Li, Y. (2018). Association between mitochondrial DNA copy number and cardiovascular disease: Current evidence based on a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 13(11): e0206003. doi: 10.1371/journal.pone.0206003.
- 50 Pinti, M., Cevenini, E., Nasi, M., De Biasi, S., Salvioli, S., Monti, D., Benatti, S., Gibellini, L., Cotichini, R., Stazi, M.A., Trenti, T., Franceschi, C., & Cossarizza, A. (2014). Circulating mitochondrial DNA increases with age and is a familiar trait: Implications for "inflamm-aging". *Eur J Immunol*, 44(5):1552-62. doi: 10.1002/eji.201343921.
- 51 Sastre, J., Pallardó, F.V., & Viña, J. (2000). Mitochondrial oxidative stress plays a key role in aging and apoptosis. *IUBMB Life*, 49(5):427-35. doi: 10.1080/152165400410281.
- 52 Stadtman, E.R., & Levine, R.L. (2003). Free radical-mediated oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins. *Amino Acids*, 25(3-4):207-18. doi: 10.1007/s00726-003-0011-2.
- 53 Melov, S., Coskun, P., Patel, M., Tuinstra, R., Cottrell, B., Jun, A.S., Zastawny, T.H., Dizdaroglu, M., Goodman, S.I., Huang, T.T., Mizioro, H., Epstein, C.J., & Wallace, D.C. (1999). Mitochondrial disease in superoxide dismutase 2 mutant mice. *Proc Natl Acad Sci USA*, 96(3):846-51. doi: 10.1073/pnas.96.3.846.
- 54 Van Raamsdonk, J.M., & Hekimi, S. (2012). Superoxide dismutase is dispensable for normal animal lifespan. *Proc Natl Acad Sci USA*, 109(15):5785-90. doi: 10.1073/pnas.1116158109.
- 55 Tharmalingam, S., Sreetharan, S., Kulesza, A.V., Boreham, D.R., & Tai, T.C. (2017). Low-Dose Ionizing Radiation Exposure, Oxidative Stress and Epigenetic Programming of Health and Disease. *Radiat Res*, 188(4.2):525-538. doi: 10.1667/RR14587.1.
- 56 Hauer-Jensen, M., Denham, J.W., & Andreyev, H.J. (2014). Radiation enteropathy — pathogenesis, treatment and prevention. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 11(8):470-9. doi: 10.1038/nrgastro.2014.46.

- 57 Sridharan, D.M., Asaithamby, A., Blattnig, S.R., Costes, S.V., Doetsch, P.W., Dynan, W.S., Hahnfeldt, P., Hlatky, L., Kidane, Y., Kronenberg, A., Naidu, M.D., Peterson, L.E., Plante, I., Ponomarev, A.L., Saha, J., Snijders, A.M., Srinivasan, K., Tang, J., Werner, E., & Pluth, J.M. (2016). Evaluating biomarkers to model cancer risk post cosmic ray exposure. *Life Sci Space Res (Amst)*, 9:19-47. doi: 10.1016/j.lssr.2016.05.004.
- 58 Lumniczky, K., Impens, N., Armengol, G., Candéias, S., Georgakilas, A.G., Hornhardt, S., Martin, O.A., Rödel, F., & Schae, D. (2021). Low dose ionizing radiation effects on the immune system. *Environ Int*, 149:106212. doi: 10.1016/j.envint.2020.106212.
- 59 Lierova, A., Jelicova, M., Nemcova, M., Proksova, M., Pejchal, J., Zarybnicka, L., & Sinkorova, Z. (2018). Cytokines and radiation-induced pulmonary injuries. *J Radiat Res*, 59(6):709-753. doi: 10.1093/jrr/try067.
- 60 Zhang, Q., Chen, X., Luo, Y., Ren, H., & Qiao, T. Fuzi. (2017). Enhances Anti-Tumor Efficacy of Radiotherapy on Lung Cancer. *J Cancer*, 8(19):3945-3951. doi: 10.7150/jca.22162.
- 61 Liu, X., Liu, Z., Wang, D., Han, Y., Hu, S., Xie, Y., Liu, Y., Zhu, M., Guan, H., Gu, Y., & Zhou, P.K. (2020). Effects of low dose radiation on immune cells subsets and cytokines in mice. *Toxicol Res (Camb)*, 9(3):249-262. doi: 10.1093/toxres/tfaa017.
- 62 Aneva, N., Zaharieva, E., Katsarska, O., Savova, G., Stankova, K., Djounova, J., & Boteva, R. (2019). Inflammatory profile dysregulation in nuclear workers occupationally exposed to low-dose gamma radiation. *J Radiat Res*, 60(6):768-779. doi: 10.1093/jrr/trz059.
- 63 Haase, M.G., Klawitter, A., Geyer, P., & Baretton, G.B. (2007). Expression of the immunomodulator IL-10 in type I pneumocytes of the rat: alterations of IL-10 expression in radiation-induced lung damage. *J Histochem Cytochem*, 55(11), 1167-72. doi: 10.1369/jhc.7A7173.2007.
- 64 Hussien, S.M., & Rashed, E.R. (2023). Immune system modulation by low-dose ionizing radiation-induced adaptive response. *Int J Immunopathol Pharmacol*, 37, 3946320231172080. doi: 10.1177/03946320231172080.
- 65 Muss, H.B., Smitherman, A., Wood, W.A., Nyrop, K., Tuchman, S., Randhawa, P.K., Entwistle, A.R., Mitin, N., & Shachar, S.S. (2020). p16 a biomarker of aging and tolerance for cancer therapy. *Transl Cancer Res*, 9(9), 5732-5742. doi: 10.21037/tcr.2020.03.39.
- 66 Victorelli, S., Lagnado, A., Halim, J., Moore, W., Talbot, D., Barrett, K., Chapman, J., Birch, J., Ogrodnik, M., Meves, A., Pawlikowski, J.S., Jurk, D., Adams, P.D., van Heemst, D., Beekman, M., Slagboom, P.E., Gunn, D.A., & Passos, J.F. (2019). Senescent human melanocytes drive skin ageing via paracrine telomere dysfunction. *EMBO J*, 38(23): e101982. doi: 10.15252/embj.2019101982.
- 67 Sadhu, S., Decker, C., Sansbury, B.E., Marinello, M., Seyfried, A., Howard, J., Mori, M., Hosseini, Z., Arunachalam, T., Finn, A.V., Lamar, J.M., Jourdeuil, D., Guo, L., MacNamara, K.C., Spite, M., & Fredman, G. (2021). Radiation-Induced Macrophage Senescence Impairs Resolution Programs and Drives Cardiovascular Inflammation. *J Immunol*, 207(7):1812-1823. doi: 10.4049/jimmunol.2100284.
- 68 Hall, B.M., Balan, V., Gleiberman, A.S., Strom, E., Krasnov, P., Virtuoso, L.P., Rydkina, E., Vujcic, S., Balan, K., Gitlin, I.I., Leonova, K.I., Consiglio, C.R., Gollnick, S.O., Chernova, O.B., & Gudkov, A.V. (2017). p16(Ink4a) and senescence-associated β -galactosidase can be induced in macrophages as part of a reversible response to physiological stimuli. *Aging (Albany NY)*, 9(8):1867-1884. doi: 10.18632/aging.101268.
- 69 Sand, F.L., Nielsen, D.M.B., Frederiksen, M.H., Rasmussen, C.L., & Kjaer, S.K. (2019). The prognostic value of p16 and p53 expression for survival after vulvar cancer: A systematic review and meta-analysis. *Gynecol Oncol*, 152(1):208-217. doi: 10.1016/j.ygyno.2018.10.015.
- 70 Huang, W., Hickson, L.J., Eirin, A., Kirkland, J.L., & Lerman, L.O. (2022). Cellular senescence: the good, the bad and the unknown. *Nat Rev Nephrol*, 18(10):611-627. doi: 10.1038/s41581-022-00601-z. Epub 2022 Aug 3.
- 71 Yasaei, H., Gilham, E., Pickles, J.C., Roberts, T.P., O'Donovan, M., & Newbold, R.F. (2013). Carcinogen-specific mutational and epigenetic alterations in INK4A, INK4B and p53 tumour-suppressor genes drive induced senescence bypass in normal diploid mammalian cells. *Oncogene*, 32(2):171-9. doi: 10.1038/onc.2012.45.
- 72 Yasuda, T., Koiwa, M., Yonemura, A., Miyake, K., Kariya, R., Kubota, S., Yokomizo-Nakano, T., Yasuda-Yoshihara, N., Uchiyama, T., Itoyama, R., Bu, L., Fu, L., Arima, K., Izumi, D., Iwagami, S., Eto, K., Iwatsuki, M., Baba, Y., Yoshida, N., Ohguchi, H., Okada, S., Matsusaki, K., Sashida, G., Takahashi, A., Tan, P., Baba, H., & Ishimoto, T. (2021). Inflammation-driven senescence-associated secretory phenotype in cancer-associated fibroblasts enhances peritoneal dissemination. *Cell Rep*, 34(8):108779. doi: 10.1016/j.celrep.2021.108779.
- 73 Raju, K., Raghuvver, C.V., Sheela, S.R., Natarajan, A., Jagadish, T.V., Sunil, B.N., & Sharat, B. (2022). Evaluation of enzyme-linked immunosorbent assay plasma p16INK4a protein in squamous cell carcinoma in uterine cervix: A case-control study. *J Cancer Res Ther*, 18(1):152-157. doi: 10.4103/jcrt.JCRT_1290_20.
- 74 Sadhu, S., Decker, C., Sansbury, B.E., Marinello, M., Seyfried, A., Howard, J., Mori, M., Hosseini, Z., Arunachalam, T., Finn, A.V., Lamar, J.M., Jourdeuil, D., Guo, L., MacNamara, K.C., Spite, M., & Fredman, G. (2021). Radiation-Induced Macrophage Senescence Impairs Resolution Programs and Drives Cardiovascular Inflammation. *J Immunol*, 207(7):1812-1823. doi: 10.4049/jimmunol.2100284.
- 75 Tian, Y., Wang, S., Jiao, F., Kong, Q., Liu, C., & Wu, Y. (2019). Telomere Length: A Potential Biomarker for the Risk and Prognosis of Stroke. *Front Neurol*, 10:624. doi: 10.3389/fneur.2019.00624. PMID: 31263449; PMCID: PMC6585102.
- 76 Vaiserman, A., & Krasnienkov, D. (2021). Telomere Length as a Marker of Biological Age: State-of-the-Art, Open Issues, and Future Perspectives. *Front Genet*, 11:630186. doi: 10.3389/fgene.2020.630186.

- 77 Lustig, A., Shterev, I., Geyer, S., Shi, A., Hu, Y., Morishita, Y., Nagamura, H., Sasaki, K., Maki, M., Hayashi, I., Furukawa, K., Yoshida, K., Kajimura, J., Kyoizumi, S., Kusunoki, Y., Ohishi, W., Nakachi, K., Weng, N.P., & Hayashi, T. (2016). Long term effects of radiation exposure on telomere lengths of leukocytes and its associated biomarkers among atomic-bomb survivors. *Oncotarget*, 7(26):38988-38998. doi: 10.18632/oncotarget.8801.
- 78 Pauleck, S., Sinnott, J.A., Zheng, Y.L., Gadalla, S.M., Viskochil, R., Haaland, B., Cawthon, R.M., Hoffmeister, A., & Hardikar, S. (2023). Association of Telomere Length with Colorectal Cancer Risk and Prognosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cancers (Basel)*, 15(4):1159. doi: 10.3390/cancers15041159.
- 79 Liu, X., Shao, C., & Fu, J. (2021). Promising Biomarkers of Radiation-Induced Lung Injury: A Review. *Biomedicines*, 9(9):1181. doi: 10.3390/biomedicines9091181.
- 80 Zhang, et al. Zhang, M., Yin, L., & Zhang, K. et al. (2012). Response patterns of cytokines/chemokines in two murine strains after irradiation. *Cytokine*, 58:169–77.
- 81 Sultan, S., Ahmad, S., & Rave-Fränk, M. et al. (2016). Induction of lipocalin2 in a rat model of lung irradiation. *Int J Mol Sci*, 17.
- 82 Bersimbaev, R.I., & Bulgakova, O. (2015). The health effects of radon and uranium on the population of Kazakhstan. *Genes Environ*, 37:18. doi: 10.1186/s41021-015-0019-3.

О.В. Булгакова, Н.Б. Режепова

Радикация әсерінен қартаюдың молекулалық механизмдері

Радикацияның әсерінен қартаю — көптеген молекулалық механизмдерді қамтитын күрделі процесс. Радикацияның әсерінен қартаюдың негізгі механизмдерінің бірі — тотығу күйзелісі. Сәулеленудің әсері реактивті оттегі түрлерінің (ROS) түзілуіне әкеліп соғады, бұл ДНҚ-ға, ақуыздарға және басқа жасушалық компоненттерге зақым келтіруі мүмкін. Осы механизмдерден басқа, радикацияның әсерінен қартаю ген экспрессиясының, жасушалық метаболизмнің және эпигенетикалық модификациядағы өзгерістерді қамтуы мүмкін. Бұл өзгерістер әртүрлі жасушалық жолдардың жұмысына әсер етуі және қартаю процесіне ықпал етуі мүмкін. Радикация әсерінен болатын қартаюдың молекулалық механизмдерін түсіну оның әсерін азайту стратегияларын әзірлеу үшін өте маңызды. Ықтимал араласуларға тотығу күйзелісімен күресу, ДНҚ-ны қалпына келтіруге көмектесу, эпигенетикалық ландшафтты өзгерту және жасушалық метаболизмді модуляциялау кіреді. Дегенмен, радикациядан туындаған қартаюға қатысатын күрделі молекулалық жолдарды толығымен түсіндіру және тиімді терапиялық тәсілдерді анықтау үшін қосымша зерттеулер қажет. Тұтастай алғанда, осы шолуда қарастырылған радикацияның қартаюға әсер етуінің молекулалық механизмдері радикациядан туындаған қартаюға жаңа көзқараспен қарауға және араласудың жаңа мақсаттарын анықтауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: қартаю, ДНҚ зақымдануы, теломерлер, митохондрия, микроРНК, қабыну, p16, радикацияның әсерінен қартаю.

О.В. Булгакова, Н.Б. Режепова

Молекулярные механизмы радиационно-индуцированного старения

Радиационно-индуцированное старение — это сложный процесс, который включает в себя множество молекулярных механизмов. Одним из основных механизмов, лежащих в основе радиационно-индуцированного старения, является окислительный стресс. Воздействие радиации может привести к образованию реактивных форм кислорода (ROS), которые могут вызвать повреждение ДНК, белков и других клеточных компонентов. Помимо этих механизмов, радиационно-индуцированное старение также может включать изменения в экспрессии генов, клеточном метаболизме и эпигенетических модификациях. Эти изменения могут влиять на функционирование различных клеточных путей и способствовать процессу старения. Понимание молекулярных механизмов радиационно-индуцированного старения имеет решающее значение для разработки стратегий по смягчению его последствий. Потенциальные меры вмешательства включают борьбу с окислительным стрессом, содействие восстановлению ДНК, изменение эпигенетического ландшафта и модуляцию клеточного метаболизма. Однако для полного выяснения сложных молекулярных путей, участвующих в радиационно-индуцированном старении, и определения эффективных терапевтических подходов необходимы дальнейшие исследования. В целом, молекулярные механизмы влияния радиации на старение, рассмотренные в данном обзоре, позволяют по-новому взглянуть на радиационно-индуцированное старение и определить новые мишени для вмешательства.

Ключевые слова: старение, повреждение ДНК, теломеры, митохондрия, микроРНК, воспаление, p16, радиационно-индуцированное старение.

S.V. Didorenko^{1*}, G.K. Kabylbekova², R.Zh. Kassenov¹, A.M. Dalibaeva¹,
N.S. Andrambayeva¹, S.N. Derbush³

¹ *Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty, Kazakhstan;*

² *L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;*

³ *Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan;*

**Corresponding author: svetl_did@mail.ru*

Pre-sowing seed treatment of soybean seeds as approach to increase crop yield

Soybean holds a leading position in the world ranking of the agricultural crops. The cultivated areas for this crop have been expanding in all countries of the global leaders in its production. In Kazakhstan, in recent years the cultivated areas have decreased from 139.5 thousand hectares in 2019 to 113.3 thousand hectares in 2021. This is due to the difficulty to grow the early-season varieties in the northern region of the Republic. The average crop yield of soybean by region ranges from 3.0 c/ha in the north to 24.8 c/ha in southeastern Kazakhstan. The crop yield of the developed and approved for production varieties can be increased by the additional agronomic techniques, including the pre-sowing seed treatment with the biologically active substances. This paper demonstrates the results of the effect of soybean seed treatment for different groups of maturity with the nitrogen-fixing inoculant HiStick and micronutrients of Co and Mo. Profitability of the conducted treatments was calculated. The pre-sowing treatment with salts of molybdenum and cobalt is profitable to use for early-season variety Ivushka and full-season variety Lastochka. For the early ripening variety Birlik KV, the highest profitability was observed for the combined seed treatment with nitrogen-fixing inoculant HiStick and salts of Mo and Co. In Zhansaya soybean variety, the application of the additional treatments decreases the profitability of production.

Keywords: soybean, variety, nitrogen fixation, micronutrients, crop yield, profitability.

Introduction

Significance of soybean in the global food system is indisputable. The unique qualitative seed composition, a wide range of product applications and green manure crop are priority for the agro-industrial complex of any country [1, 2]. The cultivated areas in the Republic of Kazakhstan tend to spread the area for this crop. In 2021, about 113.3 thousand hectares were for the crop [3]. The main soybean are in the Republic is its southeastern region — the Almaty region. This region is an irrigated area. About 15 thousand hectares are occupied by soybean in the north and east of Kazakhstan in Kostanay and East Kazakhstan regions. These regions are cultivated without irrigation. The high soybean crop yield of 30-35 c/ha in the south-east of Kazakhstan is resulted by the favorable climatic conditions, many warm days, cultivation of the mid-season with middle-late varieties, a growing season of 120-140 days and irrigation. In the northern and eastern regions, the crop yield of varieties is low and less than 10-15 c/ha. This is due to less positive temperatures, cultivation of the early-ripening varieties, and lack of irrigation.

The highest soybean crop yields with high quality factors depend on the regular, balanced plant nutrition by the macro- and micronutrients. This is due to the fact that intensification of the agriculture increases in removal of all nutrients including micronutrients [4].

Micronutrients improve nitrogen fixation. Thus, the molecular nitrogen fixation in legume nodules depends on a complex of micronutrients in various enzymes [5]. Therefore, it is important to study the effect of the certain micronutrients on the symbiotic fixation of the molecular nitrogen by soybean. Their nutrition will be improved due to the atmospheric nitrogen. As a result, the biological cycle will include the additional nitrogen inaccessible to other crops.

Some experiments in our country and abroad have proved that the biological nitrogen significantly enhances soybean crop yield and a protein in seeds without reducing an oil content, i.e. it is very important [6–8]. In the grain legume group, soybean and white lupine have the highest nitrogen-fixing activity [9].

In order to cultivate soybean an obligatory and important approach is an application of the bacterial fertilizer (rhizotorfin) containing an active strain of the nodulating nitrogen-fixing bacteria [10, 11].

The seed treatment by nitrogen-fixing inoculants, foliar nutrition with preparations containing biologically active substances [12, 13], stimulants and regulators of growth [14–16], various types of the microbio-

logical fertilizers [17-21] are becoming very popular. Studies demonstrate the positive effects from these types of stimulants.

Cobalt and molybdenum are the most important of all micronutrients in the nitrogen fixation process [22-25]. Cobalt elevates the leghemoglobin content in nodules. Its content determines intensity of their respiration. The nitrogen fixation process is active with cobalt. Molybdenum is a component of about 20 enzymes. It is actively involved in protein and phosphorus metabolism. It affects intensity of respiration and chlorophyll synthesis. Choice of method and practicability of molybdenum application in soybean cultivation should be very carefully, i.e. the pre-sowing treatment can reduce soybean crop yield during the high content of this micronutrient in seeds. The simplest method of providing soybean with this element is the pre-sowing seed treatment. Thus, it is possible to increase nitrogen fixation and to achieve 10-15 % of the crop yield increase [22].

Not all soybean varieties are well adoptive to the pre-sowing treatment with cobalt and molybdenum, i.e. it may be related to their growing season [26]. However, it has been stated that the pre-sowing treatment with micronutrients has an impact on the complex of production characters [27].

Purpose of the study is to determine the possibility of yield increase of the domestic soybean varieties using cobalt and molybdenum salts in combination with a nitrogen-fixing inoculant.

Experimental

The studies were conducted in 2020-2021 in the experimental field sites of laboratory of oilseeds at LLP "Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing", in the Almaty region.

Four soybean varieties of different groups of maturity were studied for the pre-sowing seed treatment: Lastochka (III), Zhansaya (II), Birlik KV (0) and Ivushka (00).

The day before the sowing, the soybean seeds were treated with ammonium molybdate 4 % w/v aqueous solution (40 g per 100 kg of seeds) and cobalt (II) sulfate heptahydrate (4 g per 100 kg of seeds). On the day of the sowing, seeds were inoculated with HiStick containing nitrogen-fixing bacteria (400 g per 100 kg of seeds). The experiment was according to the scheme: the control — without treatment; the first experience — seed treatment with HiStick; the second experience — seed treatment with Mo + Co; and the third experience — seed treatment with HiStick + Mo + Co.

The sowing was done in the third decade of April. The registration plot was 25 m². The seeding rate was 500 thousand pcs/ha. The row spacing was 30 cm. The depth of seed placement was 4 cm.

The randomized seeding was replicated four times. The agrotechnological actions were made with the standard methods and recommendations for the research area [28]. Establishment of experiments, harvesting and crop accounting was performed with the method of field study of Dospekhov B.A. [29]. The structural analysis was performed under the VIR procedure [30]. The vegetative irrigation was done three times in the development phases (flowering, full pod, full seed) on June 15-20, July 10-15 and August 10-15 with an irrigation rate of 1200 m³/ha.

The statistical processing was performed in the open-source R (<https://cran.r-project.org/>) software and in the Windows Excel program.

The weather conditions in 2020 were comparable to the mean annual values. However, decrease in moisture availability in May, June and July was observed. Conditions in 2021 differed significantly from the mean annual indicators, i.e. they were arid. In 2021 the temperature was 1.2-2.9 °C higher than the average annual indicators. July was the hottest month, with a deviation of 2.9 °C from the average annual indicators. Maximum day temperatures of 20 days of this month were in the range of 35-39 °C. The amount of precipitation during the growing season in 2021 was 1.5 times lower than the average annual indicators. The decrease in precipitation was observed in all spring and summer months (Fig. 1).

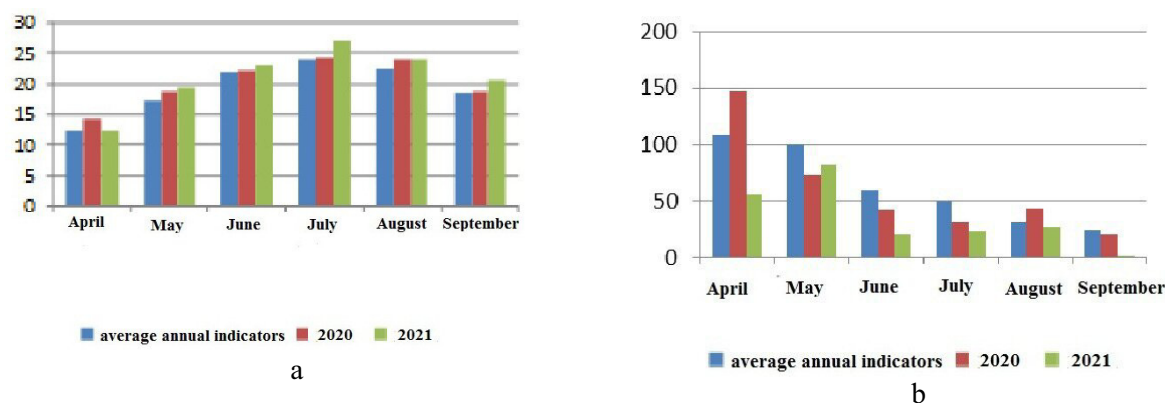


Figure 1. Distribution of temperature (a) and precipitation (b) in experimental area for 2020 and 2021

Results

The phenological observations demonstrated some variations from year to year within one variety. However, different types of treatments did not impact on the individual development phases. All varieties in the control and with treatments ripened within their group of maturity. The growing season of varieties of Ivushka was 95-97 days, Birlik KV — 107-110 days, Zhansaya — 127-130 days and Lastochka — 139-145 days.

The soybean crop yield of varieties has a positive correlation with the group of maturity ($r = 0.87$). It is interesting to state that weather conditions had an ambiguous effect on the crop yield of varieties of groups of maturity. During the driest year the crop yields of soybean varieties of Birlik KV and Zhansaya were decreased. The late-ripening variety Lastochka had higher crop yield compared to 2020 (Fig. 2).

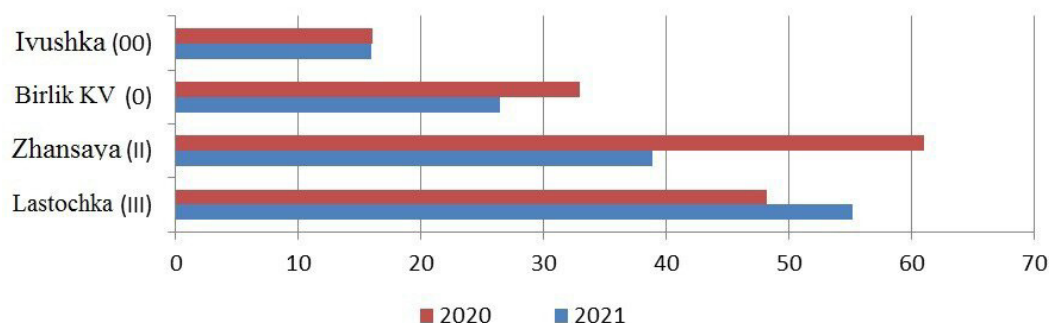


Figure 2. Soybean crop yield of varieties of the four groups of maturity during the study years, c/ha

The pre-sowing seed treatment showed varietal specificity for the types of treatment. Thus, the average crop yield of the early ripening of variety Ivushka was the lowest. The crop yield depending on treatment was in the range from 15.5 ± 1.0 c/ha to 16.9 ± 0.5 c/ha. This variety had the smallest range of variability in crop yield as compared to the full-season varieties. The second highest crop yield was middle-early variety Birlik KV with values from 28.8 ± 3.8 c/ha to 31.7 ± 3.4 c/ha. Soybean varieties of maturity groups of II and III were the most yielding. The crop yield of variety Zhansaya during the study years averaged 50.0 ± 9.3 c/ha — 51.8 ± 12.8 c/ha. The crop yield of the most late-ripening variety Lastochka was 48.5 ± 1.6 c/ha — 54.8 ± 5.1 c/ha. The crop yield of ultra-ripening variety Ivushka and late-ripening variety Lastochka most impacted by the pre-sowing treatment with micronutrients of Mo and Co without nitrogen-fixing inoculant. The crop yield increase compared to the control for these varieties was 1.4 and 6.3 c/ha, respectively.

The crop yield of early-ripening variety Birlik KV and mid-season variety Zhansaya significantly increased by 2.3 c/ha and 1.8 c/ha with a combined treatment of seeds with nitrogen-fixing inoculant HiStick and micronutrients of Mo and Co (Table 1).

Table 1

Soybean crop yield of four groups of maturity with various types of the pre-sowing seed treatment, c/ha

Types of treatments	2020	2021	Average	Deviations from the control
Ivushka (00)				
The control	16,5±2,5	14,5±2,9	15,5±1,0	0,0
HiStik	14,6±1,7	15,0±1,0	14,8±0,2	-0,7
Mo, Co	16,3±4,4	17,4±5,9	16,9±0,5	1,4
HiStik+ Mo, Co	16,7±3,1	16,7±0,4	16,7±0,0	1,2
<i>HCP</i>	1,77	1,25		
Birlik KV (0)				
The control	34,1±3,3	24,6±7,7	29,4±4,8	0,0
HiStik	32,5±3,5	25,0±7,1	28,8±3,8	-0,6
Mo, Co	30,0±4,8	27,7±1,7	28,8±1,2	-0,6
HiStik+ Mo, Co	35,1±4,2	28,3±6,1	31,7±3,4	2,3
<i>HCP</i>	2,12	1,88		
Zhansaya (II)				
The control	59,2±9,2	40,7±4,4	50,0 ±9,3	0,0
HiStik	61,4±9,6	40,6±2,9	51,0±10,4	1,0
Mo, Co	58,9±5,2	35,3±8,5	47,1±11,8	-2,9
HiStik + Mo, Co	64,6±7,1	39,0±4,0	51,8±12,8	1,8
<i>HCP</i>	1,55	2,14		
Lastochka (III)				
The control	46,9±4,2	50,0±4,2	48,5±1,6	0,0
HiStik	46,4±2,7	56,9±6,3	51,7±5,3	3,2
Mo, Co	49,7±6,9	56,9±6,3	54,8±5,1	6,3
HiStik + Mo, Co	49,9±1,9	56,9±2,1	53,4±3,5	4,9
<i>HCP</i>	1,99	1,85		

Production costs of the test sowing consist of the seed cost, salary fund of mechanics, irrigators, agronomist, including all taxes, the cost of fuel and lubricants, fertilizers, amortization, overhead costs, cost of irrigation water, storage, cleaning and storage of seeds.

For the additional types of treatments, production costs increase from the cost of nitrogen-fixing inoculant and micronutrients, and expenditures of the seed treatment. Minimum increase in production costs involves the using of micro-fertilizers and it is 1.63 US dollars. Application of nitrogen fixing inoculant increases production costs by 22.88 US dollars per hectare. Application of the HiStik + Mo, Co complex magnifies the costs by 24.51 US dollars.

Calculation of the economic efficiency proves the high profitability of soybean production. Thus, the early ripening and low-yielding variety Ivushka has profitability of 39.3-64.8 %. The full-season and high-yielding variety Lastochka had profitability of 374.3 — 434.4 % depending on treatment.

Soybean seed treatment of the ultra-ripening variety Ivushka with nitrogen-fixing inoculant HiStik for two study years showed the low efficiency. In the first year with this type of treatment, the crop yield of Ivushka variety was lower than in the control. In the second year it did not significantly exceed in the control. Thus, this type of treatment was the least profitable (39.3 %). The using of the pure salts of molybdenum and cobalt were the most profitable (64.8 %) for this variety.

Application of the HiStik + Mo, Co complex was the most cost-effective for early-ripening variety Birlik KV in production. Profitability of this production was 197.5 %.

The highest profitability for the mid-season soybean variety Zhansaya was observed in the control. However, the using of nitrogen-fixing inoculant HiStik in combination with Mo and Co in the pre-sowing seed treatment resulted in a yield increase of 1.8 c/ha. The additional costs for these inoculants reduced the overall profitability from 388.9 to 386.2 % (Table 2).

The good results were obtained for the late-ripening variety Lastochka. Its profitability was higher than in the control during any type of treatment. The seed treatment with micronutrients of molybdenum and cobalt had the highest profitability. Profitability of this type of treatment in variety Lastochka was 434.4 %, and 374.3 % in the control.

Table 2

Calculation of the economic efficiency

Types of treatment	Production costs per hectare, US dollars	Crop yield, c/ha	Price of 1 ton of commercial seeds, US dollars	Cost of gross production from 1 ha, US dollars	Conditional net income from 1 ha, US dollars	Profitability, %
Ivushka						
The control	584,96	15,50	572,00	886,60	301,64	51,6
HiStik	607,84	14,80	572,00	846,56	238,72	39,3
Mo, Co	586,59	16,90	572,00	966,68	380,09	64,8
HiStik + Mo, Co	609,47	16,70	572,00	955,24	345,77	56,7
Birlik KV						
The control	584,96	29,40	572,00	1681,68	1096,72	187,5
HiStik	607,84	28,80	572,00	1647,36	1039,52	171,0
Mo, Co	586,59	28,80	572,00	1647,36	1060,77	180,8
HiStik + Mo, Co	609,47	31,70	572,00	1813,24	1203,77	197,5
Zhansaya						
The control	584,96	50,00	572,00	2860,00	2275,04	388,9
HiStik	607,84	51,00	572,00	2917,20	2309,36	379,9
Mo, Co	586,59	47,10	572,00	2694,12	2107,53	359,3
HiStik + Mo, Co	609,47	51,80	572,00	2962,96	2353,49	386,2
Lastochka						
The control	584,96	48,50	572,00	2774,20	2189,24	374,3
HiStik	607,84	51,70	572,00	2957,24	2349,40	386,5
Mo, Co	586,59	54,80	572,00	3134,56	2547,97	434,4
HiStik + Mo, Co	609,47	53,40	572,00	3054,48	2445,01	401,2

Conclusions

1. The soybean production is highly profitable.
2. The increase in profitability of production from ultra-ripening to late-ripening varieties was observed.
3. The pre-sowing seed treatment determined the varietal response to application of stimulants.
4. It was the most cost-effective to use the pre-sowing treatment with salts of molybdenum and cobalt for varieties of Ivushka and Lastochka. The highest profitability was observed in the combined seed treatment with nitrogen-fixing inoculant HiStick and salts of Mo, Co for the variety Birlik KV. Application of the additional treatments reduced the profitability of production in Zhansaya soybean variety.

Acknowledgements

This study was done within the program-targeted funding of the Ministry of Agriculture under the budget program 267, BR10764991 “Development of high-yielding varieties and hybrids of oilseeds and cereals based on achievements of biotechnology, genetics, physiology, plant biochemistry for sustainable production in various soil and climatic zones of Kazakhstan”.

References

- 1 Ибрагимов А.Д. Соя — уникальная белково-масличная культура / А.Д. Ибрагимов // Инновационные достижения в стратегии развития агропромышленного комплекса России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. — Махачкала, 2018. — С. 40–44.
- 2 Малашонок А.А. Стратегия развития соевого субкомплекса агропромышленного комплекса: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 — «Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами АПК и сельского хозяйства)» / А.А. Малашонок. — М., 2020. — 170 с.
- 3 Статистические данные по Республике Казахстан. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/5>
- 4 Удобрения. Классификация. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5050216/page:16/>
- 5 Завалин А.А. Экология фиксации азота / А.А. Завалин, О.А. Сколов, Н.Я. Шмурева. — М.: РАН, 2019. — 252 с.

- 6 Didorenko S.V. Comparative study of soybean collection varieties by ability to symbiotic nodule formation in light chestnut soils of the Zaili Alatau / S.V. Didorenko, Yu.G. Karyagin, S.B. Ramazanov / Bulletin of KazNU. — 2005. — No. 3 (26). — P. 37-44.
- 7 Jaybhay S.A. Microbial inoculation of Rhizobium and phosphate-solubilizing bacteria along with inorganic fertilizers for sustainable yield of soybean / S.A. Jaybhay, S.P. Taware, Ph. Varghese // Journal of Plant Nutrition. — 2017. — Vol. 40. — P. 2209-2216.
- 8 Omelyanyuk L.V. Application of biological preparation Rhizobact SP for soybean in the southern forest-steppe of Western Siberia / L.V. Omelyanyuk, A.M. Assanov, O.A. Yussova // Oil cultures. — 2018. — Iss. 1 (173). — P. 61-66.
- 9 Nassiev B.N. Features of formation of symbiotic apparatus of grain legume / B.N. Nassiev // Bulletin of Agricultural science of Kazakhstan. — 2004. — No. 8. — P. 33-34.
- 10 Khaitov B. Effects of Rhizobium inoculation and magnesium application on growth and nodulation of soybean (*Glycine max* L.) / B. Khaitov // Journal of Plant Nutrition. — 2018. — Vol. 41. — P. 2057-2068.
- 11 Joshua G. Impact of an antarctic rhizobacterium on root traits and productivity of soybean (*Glycine max* L.) / G. Joshua, E. Jennifer, G. Manuel, C.M. Amélie // Journal of Plant Nutrition. — 2021. — Vol. 44. — P. 1-8.
- 12 Suryanto P. Morpho-Physiological Characters and Soybean Productivity on Alfisol and Vertisol under Intercropping with Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*) / P. Suryanto, B. Suwignyo, S.D. Prianto, E.T.S. Putra, T. Alam // Agrivita Journal of Agricultural Science. — 2017. — Vol. 39(2). — P. 153-159.
- 13 Didorenko S.V. Influence of pre-sowing seed treatment of soybean with biologically active substances on yields and production characters / S.V. Didorenko, T.B. Mussaldinov // Bulletin of KazNU. — 2014. — No. 2 (41). — P. 188-193.
- 14 Akulov A.S. Study of effectiveness of the growth stimulator Alfastim and organo-mineral micro-fertilizer Polidon bio for cultivating of soybean / A.S. Akulov, A.G. Vassilchikov // Legumes and cereals. — 2019. — No. 2 (30). — P. 72-77.
- 15 Andreev A.A. Evaluation of effect of the Epivio preparation on growth and productivity of soybean / A.A. Andreev, M.K. Dracheva // Legumes and cereals. — 2019. — No. 2 (30). — P. 77-83.
- 16 Eliseeva L.V. Influence of growth regulators on soybean productivity in conditions of the Chuvash Republic / L.V. Eliseeva, O.V. Kayukova, O.P. Nesterova // Bulletin of the Mari State University. — 2018. — Vol. 4, No. 3 (15). — P. 22-27.
- 17 Zolotoreva A.V. Application of biological products in cultivation of soybean / A.V. Zolotoreva, Yu.N. Dmitrieva, Yu.V. Koryagin // XXI century: results of the past plus the present problems. Series: Ecology. — 2011. — No. 1(1). — P. 134-137.
- 18 Tishkov N.M. Influence of microbiological fertilizer TagTeam LHO on crop yield and quality of soybean seeds / N.M. Tishkov, M.V. Shkarupa // Enthusiasts of agrarian science: materials of the International scientific and practical conference. — Almaty, 2018. — P. 99-105.
- 19 Yelisseeva L.V. Influence of fertilizing with microbiological fertilizers on crop yield and quality of soybean seeds / L.V. Yelisseeva, O.V. Kayukova, I.P. Yeliseev // Bulletin of the Kursk state agricultural academy. — 2019. — No 2. — P. 33-38.
- 20 Belyaev N.N. Effectiveness of microbiological fertilizers in treatment of seeds and soybean plants in the northeast of the Central Black Earth region / N.N. Belyaev, Ye.A. Dubinkina // Legumes and cereals. — 2019. — No 2(30). — P. 67-72.
- 21 Kayukova O.V. Efficiency of additional nutrition with microbiological fertilizers on soybean / O.V. Kayukova, L.V. Yelisseeva, U.N. Puleeva // Development of agrarian science as an essential condition for effective functioning of agro-industrial complex of country: materials of the All-Russian scientific and practical conference. — Cheboksary, 2018. — P. 55-58.
- 22 Chumak A. Molybdenum and soybean: Opportunities and challenges / A. Chumak, M. Dovgayuk-Semenyuk // Proposition. — 2017. — No 2. — P. 60-62.
- 23 Переверзева Е.И. Эффективность инокуляции сои, применение цинка и молибдена на предкавказских черноземах: дис. ... канд. с.-х. наук. 06.01.09 — «Растениеводство» / Е.И. Переверзева. — Ставрополь, 2000. — 161 с.
- 24 Прохорова Т.М. Эффект кобальта и молибдена на метаболизм азота и минеральные компоненты *Lupinus luteus* L.: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т.М. Прохорова. — М., 1985. — 20 с.
- 25 Yagodin B.A. Nitrogen fixing ability of lucerne and its consumption of mineral nutrition elements for seed treatment with solutions of molybdenum and cobalt salts / B.A. Yagodin, I.G. Zakharova // Proceedings of Timiryazev agricultural academy. — 1984. — No 3. — P. 69-75.
- 26 Didorenko S.V. Crop yield of soybean varieties of different groups of maturity depending on pre-sowing seed treatment / S.V. Didorenko, G.K. Kabylbekova, A. Zh. Saikenova, R. Zh. Kassenov // Bulletin of KazNU, Series ecological. — 2021. — No. 4(69). — P. 54-63.
- 27 Vassin A.V. Influence of application of micro-fertilizer mixtures on crop yield structure and productivity of soybean in the forest-steppe conditions of the Middle Volga Region / A.V. Vassin, A.N. Burunov, V.G. Vassin, Ye.S. Kuznetsova // Legumes and Cereals. — 2021. — No. 4 (40). — P. 32-38.
- 28 Кудайбергенов М.С. Технология культивирования сои на поливных площадях в юго-восточном Казахстане / М.С. Кудайбергенов, С.В. Дидоренко. — Алматы: Китап, 2014. — 24 с.
- 29 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М., 2012. — 352 с.
- 30 Вышнякова М.А. Коллекция мировых генетических ресурсов зерно-бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение: метод. рекомендации / М.А. Вышнякова, Т.В. Буравцева и др. — СПб.: ВИР, 2010. — 141 с.

С.В. Дидоренко, Г.К. Кабылбекова, Р.Ж. Касенов, А.М. Далибаева,
Н.С. Андрамбаева, С.Н. Дербуш

Өнімділікті арттыруға тәсіл ретінде соя тұқымдарын алдын ала өңдеу

Соя ауыл шаруашылығы дақылдарының әлемдік рейтингісінде алдыңғы орында. Осы дақылдарды өндіру бойынша өсірілетін алаңдар әлемдік көшбасшылардың барлық елдерінде кеңейіп келеді. Қазақстанда соңғы жылдары өңделетін алқаптар 2019 жылғы 139,5 мың гектардан 2021 жылы 113,3 мың гектарға дейін қысқарды. Бұл республиканың солтүстік ауданында ерте маусымдық сорттарды өсірудің қиындығымен байланысты. Өңірлер бойынша сояның орташа өнімділігі солтүстікте 3,0 ц/га-дан Қазақстанның оңтүстік-шығысында 24,8 ц/га-ға дейін ауытқиды. Өндіріс үшін әзірленген және бекітілген сорттардың өнімділігі қосымша агрономиялық әдістермен, оның ішінде тұқымдарды биологиялық белсенді заттармен алдын ала себу арқылы ұлғайтылуы мүмкін. Мақалада соя тұқымдарын өңдеудің әр түрлі жетілу топтары үшін азот жинақтаушы HiStick инокулят пен Со және Мо микроэлементтерімен әсер ету нәтижелері көрсетілген. Жүргізілген өңдеулердің рентабельділігі есептелген. Молибден және кобальт тұздарын себу алдындағы өңдеуді ерте маусымдық «Ивушка» сорты және толық маусымдық «Ласточка» сорты үшін пайдалану тиімді. Ерте пісетін «Birlik KV» сорты үшін тұқымдарды азот жинақтаушы HiStick инокулят пен Со және Мо тұздарымен біріктіріп өңдеу кезінде ең жоғары рентабельділік байқалды. Ал «Жансая» соясының сорттарында қосымша өңдеулерді қолдану өндірістің рентабельділігін төмендетеді.

Кілт сөздер: соя, сорттар, азот жинақтаушы, микроэлементтер, түсімділік, кірістілік.

С.В. Дидоренко, Г.К. Кабылбекова, Р.Ж. Касенов, А.М. Далибаева,
Н.С. Андрамбаева, С.Н. Дербуш

Предварительная обработка семян сои в качестве подхода к повышению урожайности

Соя занимает лидирующие позиции в мировом рейтинге сельскохозяйственных культур. Возделываемые площади по производству этой культуры расширяются во всех странах мировых лидеров. В Казахстане за последние годы обрабатываемые площади сократились со 139,5 тыс. га в 2019 г. до 113,3 тыс. га в 2021 г. Это связано с трудностью выращивания ранне-сезонных сортов в северном районе Республики. Средняя урожайность сои по регионам колеблется от 3,0 ц/га на севере до 24,8 ц/га на юго-востоке Казахстана. Урожайность разработанных и утвержденных для производства сортов может быть увеличена дополнительными агрономическими методами, в том числе путем предварительной посевной обработки семян биологически активными веществами. Настоящая статья демонстрирует результаты воздействия обработки семян сои для различных групп зрелости азотфиксирующим инокулятом HiStick и микроэлементами Со и Мо. Рассчитана рентабельность проведенных обработок. Предпосевную обработку солями молибдена и кобальта выгодно использовать для ранне-сезонного сорта «Ивушка» и полно-сезонного сорта «Ласточка». Для сорта раннего созревания «Birlik KV» наибольшая рентабельность наблюдалась при комбинированной обработке семян азотфиксирующим инокулятом HiStick и солями Мо и Со. В сортах сои «Жансая» применение дополнительных обработок снижает рентабельность производства.

Ключевые слова: соя, сорт, фиксация азота, микроэлементы, урожайность, доходность, предпосевная обработка.

References

- 1 Ibragimov, A.D. (2018). Soia — unikalnaia belkovo-maslichnaia kultura [Soybean is unique protein-oil-bearing crop]. *Innovatsionnye dostizheniia v strategii razvitiia agropromyshlennogo kompleksa Rossii: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii — Innovative approach in development strategy of agroindustrial complex of Russia: materials of the All-Russian scientific-practical conference*. Makhachkala, 40–44 [in Russian].
- 2 Malashonok, A.A. (2020). Strategii razvitiia soevogo subkompleksa agropromyshlennogo kompleksa [Development strategy of soybean subcomplex of agroindustrial complex]. *Candidate's thesis*. Moscow [in Russian].
- 3 Statisticheskie dannye po Respublike Kazakhstan [Statistic Data on the Republic of Kazakhstan]. Retrieved from <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/5> [in Russian].
- 4 Udobreniia. Klassifikatsiia [Fertilizer. Classification]. Retrieved from <https://studfile.net/preview/5050216/page:16/> [in Russian].

- 5 Zavalin, A.A., Skolov, O.A. & Shmyreva, N.Ya. (2019). *Ekologiya fiksatsii azota* [Ecology of nitrogen fixation]. Moscow: RAN [in Russian].
- 6 Didorenko, S.V., Karyagin, Yu.G., & Ramazanov, S.B. (2005). Comparative study of soybean collection varieties by ability to symbiotic nodule formation in light chestnut soils of the Zaili Alatau. *Bulletin of the Kazakh National University*, 3(26), 37-44.
- 7 Jaybhay, S.A., Taware, S.P., & Varghese, Ph. (2017). Microbial inoculation of Rhizobium and phosphate-solubilizing bacteria along with inorganic fertilizers for sustainable yield of soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 40, 2209-2216.
- 8 Omelyanyuk, L.V., Assanov, A.M., & Yussova, O.A. (2018). Application of biological preparation Rhizobact SP for soybean in the southern forest-steppe of Western Siberia. *Oil cultures*, 1(173), 61-66.
- 9 Nassiev, B.N. (2004). Features of formation of symbiotic apparatus of grain legume. *Bulletin of Agricultural science of Kazakhstan*, 8, 33-34.
- 10 Khaitov, B. (2018). Effects of Rhizobium inoculation and magnesium application on growth and nodulation of soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 41, 2057-2068.
- 11 Joshua, G., Jennifer, E., Manuel, G., & Amélie, C.M. (2021). Impact of an antarctic rhizobacterium on root traits and productivity of soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 44, 1-8.
- 12 Suryanto, P., Suwignyo, B., Prianto, S.D., Putra, E.T.S., & Alam, T. (2017). Morpho-Physiological Characters and Soybean Productivity on Alfisol and Vertisol under Intercropping with Kayu Putih (*Melaleuca cajuputi*). *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 39(2), 153-159.
- 13 Didorenko, S.V., & Mussaldinov, T.B. (2014). Influence of pre-sowing seed treatment of soybean with biologically active substances on yields and production characters. *Bulletin of the Kazakh National University*, 2(41), 188-193.
- 14 Akulov, A.S., & Vassilchikov, A.G. (2019). Study of effectiveness of the growth stimulator Alfastim and organo-mineral micro-fertilizer Polidon bio for cultivating of soybean. *Legumes and cereals*, 2(30), 72-77.
- 15 Andreev, A.A., & Dracheva, M.K. (2019). Evaluation of effect of the Epivio preparation on growth and productivity of soybean. *Legumes and cereals*, 2(30), 77-83.
- 16 Eliseeva, L.V., Kayukova, O.V., & Nesterova, O.P. (2018). Influence of growth regulators on soybean productivity in conditions of the Chuvash Republic. *Bulletin of the Mari State University*, 4, 3(15), 22-27.
- 17 Zolotoreva, A.V., Dmitrieva, Yu.N., & Koryagin, Yu.V. (2011). Application of biological products in cultivation of soybean. *XXI century: results of the past plus the present problems. Series: Ecology*, 1(1), 134-137.
- 18 Tishkov, N.M., & Shkarupa, M.V. (2018). Influence of microbiological fertilizer TagTeam LHO on crop yield and quality of soybean seeds. *Enthusiasts of agrarian science: materials of the International scientific and practical conference* (pp. 99-105). Almaty.
- 19 Yelisseeva, L.V., Kayukova, O.V., & Yelisseev, I.P. (2019). Influence of fertilizing with microbiological fertilizers on crop yield and quality of soybean seeds. *Bulletin of the Kursk state agricultural academy*, 2, 33-38.
- 20 Belyaev, N.N., & Dubinkina, Ye.A. (2019). Effectiveness of microbiological fertilizers in treatment of seeds and soybean plants in the northeast of the Central Black Earth region. *Legumes and cereals*, 2(30), P. 67-72.
- 21 Kayukova, O.V., Yelisseeva, L.V., & Puleeva, U.N. (2018). Efficiency of additional nutrition with microbiological fertilizers on soybean. *Development of agrarian science as an essential condition for effective functioning of agro-industrial complex of country: materials of the All-Russian scientific and practical conference* (pp. 55-58). Cheboksary.
- 22 Chumak, A., & Dovgayuk-Semenyuk, M. (2017). Molybdenum and soybean: Opportunities and challenges. *Proposition*, 2, 60-62.
- 23 Pereverzeva, Ye.V. (2000). Effektivnost inakuliatsii soi, primeneniye tsinka i molibdena na predkavkazskikh chernozemakh [The efficiency of soybean inoculation, the use of zinc and molybdenum on Ciscaucasian chernozems]. *Candidate's thesis*. Stavropol [in Russian].
- 24 Prokhorova, T.M. (1985). Effekt kobilta i molibdena na metabolizm azota i mineralnye komponenty *Lupinus luteus* L. [Effect of cobalt and molybdenum on nitrogen metabolism and mineral composition of *Lupinus luteus* L.]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow [in Russian].
- 25 Yagodin, B.A., & Zakharova, I.G. (1984). Nitrogen fixing ability of lucerne and its consumption of mineral nutrition elements for seed treatment with solutions of molybdenum and cobalt salts. *Proceedings of Timiryazev agricultural academy*, 3, 69-75.
- 26 Didorenko, S.V., Kabylbekova, G.K., Saikenova, A.Zh., & Kassenov, R.Zh. (2021). Crop yield of soybean varieties of different groups of maturity depending on pre-sowing seed treatment. *Bulletin of the Kazakh National University, Series ecological*, 4(69), 54-63.
- 27 Vassin, A.V., Burunov, A.N., Vassin, V.G., & Kuznetsova, Ye.S. (2021). Influence of application of micro-fertilizer mixtures on crop yield structure and productivity of soybean in the forest-steppe conditions of the Middle Volga Region. *Legumes and Cereals*, 4(40), 32-38.
- 28 Kudaibergenov, M.S., & Didorenko, S.V. (2014). *Tekhnologiya kultivirovaniya soi na polivnykh ploshchadiakh v yugovostochnom Kazakhstane* [Soybean cultivation technology on irrigated lands in the south-east of Kazakhstan]. Almaty: Asyl kitap [in Russian].
- 29 Dospekhov, B.A. (2012). *Metodika polevogo opyta* [Procedure of field experience]. Moscow [in Russian].
- 30 Vishnyakova, M.A., Buravtseva, T.V. & et al. (2010). Kolleksiya mirovykh geneticheskikh resursov zerno-bobovykh kultur VIR: popolnenie, sokhraneniye i izucheniye. Metodicheskie rekomendatsii [Collection of world genetic resources of grain legume crops VIR: addition, preservation and study. Methodological guidelines]. Saint-Petersburg: VIR [in Russian].

A.B. Dostemessova¹, A.A. Ametov¹, M.S. Kurmanbayeva¹, K.S. Izbastina^{2*}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan;

*Corresponding author: izbastina.k@gmail.com

Biomorphological and phytochemical parameters of *Chelidonium majus* L. in the conditions of Kungei-Alatau

In the pharmaceutical industry, the stability of the relationship between synthetic drugs and natural drugs has changed recently. This is because drugs made from natural plants are more in demand than chemically prepared drugs. The advantages of herbal medicines are their low toxicity, a significant complex of biologically active compounds, the versatility of pharmacotherapeutic effects, and the possibility of long-term use without obvious adverse reactions. In addition to the therapeutic effect of the biologically active substances contained in the medicinal products, the preventive effect is also effective. Therefore, it is important to analyze the composition of natural medicinal raw materials of plant origin. The aim of the work is to study macrodiagnostic features and composition of active natural compounds of medicinal plant *Chelidonium majus* L. *C. majus* plant collected in the Kungei Alatau region and medical, cosmetic and hygienic dry kits prepared on the basis of *C. majus* sold in pharmacies were used as the research object. Pharmacognosy, macroscopic and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) methods were used in the research. The results of the macroscopic analysis confirmed the conformity of the composition and characteristics of the finished raw materials in the samples. *C. majus* plant samples showed stable component composition of sufficient biologically active substances. All samples contained 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, Phytol, Ethyl Oleate, 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester, 9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z, Z, Z), Methyl 19-methyl-eicosanoate, Protopine compounds were determined. Conducting clinical trials to evaluate the therapeutic potential of the plant and its efficacy and safety in pharmaceuticals is the basis for future research. The obtained results allow an objective assessment of the quality standards of pharmacopoeial medicinal plant *C. majus* materials.

Keywords: *Chelidonium majus*, pharmacology, medicine, medicinal plant, alkaloids, organic compounds, Kungei Alatau, preparation.

Introduction

The 2020 pandemic has dramatically increased demand for herbal medicines and nutritional supplements in global sales. The global increase in interest in plant-based products leads to an increase in demand for them, and the expansion of production to meet demand is often dependent on their quality [1-3]. Compared to synthetic drugs, the advantages of herbal drugs are: low toxicity, presence of an important complex of biologically active compounds, versatility of pharmacotherapeutic effects and the possibility of long-term use without obvious negative reactions. Regulating all vital functions, the role of biologically active substances is not only effective therapeutic, but also preventive [4].

Phytochemical research on the medicinal plants of the flora of Kazakhstan in the pharmaceutical market of the country, and the creation of effective, safe and affordable medicines based on them is one of the main tasks. The increase in the demand for herbal medicines from daily visitors to the pharmacy shows that they are often used among the population [5, 6]. Each patient has the opportunity to be treated at home by preparing medicinal decoctions and tinctures in compliance with the rules of use. In addition, the cost of preparations and decoctions made from plants is relatively low. According to the requirements, medicinal plant raw materials should be of high quality, effective and safe [7, 8]. Even now, when pharmacology and the pharmaceutical industry are developed, the use of medicinal plants remains relevant. One of the widely used plants for the preparation of phytopreparations for skin diseases and many drugs in dermatology is the *C. majus*.

Chelidonium majus (Papaveraceae) is a popular medicinal plant widely distributed in Europe, Asia and North Africa and widely used in European countries and Chinese herbal medicine against various diseases [9]. In traditional and alternative medicine systems, various parts of this plant are used to treat stomach ulcers, stomach cancer, oral infections, liver diseases, general pain and various skin condition [10]. Due to its choleric and antispasmodic properties, it is widely known to treat biliary disorders, dyspepsia

and irritable bowel syndrome [11]. In Chinese medicine, it is used to treat whooping cough, blood stasis, chronic bronchitis, asthma, jaundice, gallstones and gallbladder pain, and to improve diuresis in edema and ascites [12, 13]. Ultrahigh dilutions (potencies) of *C. majus* extract have therapeutic effects against various types of liver diseases, including liver cancer [14]. In addition to these properties, it is known to be a popular medicinal plant that helps with various skin diseases. The very name of the medicinal plant, which contains isoquinoline alkaloids with anti-inflammatory effects, describes its cleansing properties. Therefore, it is in demand in dermatology and is also popular in cosmetology as a drug added to lotions and baths [15]. Due to the local anti-inflammatory effect, it is used in complex therapy of diseases accompanied by itching — psoriasis, dermatitis, eczema [16].

Evaluation of natural products with known biological activity requires new scientific research and extensive screening process. There is little data in literary sources about the chemical composition and pharmacological properties of *C. majus* grown in our country. And it is very important to perform a preliminary phytochemical analysis to assess the quantitative composition of pharmacologically active natural compounds in the plant. On the basis of the above, botanical-pharmacognostic and phytochemical studies of the *C. majus* grown in Kungei Alatau as the main source of medicinal plant raw materials were conducted.

The purpose of the research work: to study the composition of macrodiagnostic features and active natural compounds of medicinal *Chelidonium majus* plant.

Experimental

Morphological analysis

Identification of raw materials is carried out by the staff of the Department of Botany of the Karaganda University named after academician E.A. Buketov. During the analysis of morphological indicators, the peculiarities of growth, appearance, surface structure, color of shoots, leaves, inflorescences, flowers and stems were studied [17]. Samples of raw materials were studied and photographed using a Digital Microscope Levenhuk DTX 30. When describing the morphology of plant samples, we used the principles described in the works of V.N. Vekhova, L.I. Lotovoi and regulations of the Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan [18-21].

C. majus plant grown in Kungei Alatau was taken as the main object of research. In addition to conducting a comparative analysis, medical, cosmetic and hygienic dry sets of *C. majus* from three manufacturers (“Bella”, “Lekraset”, “DauLet”) sold in pharmacies were offered.

Pharmacognosy method

Freshly collected and dried plant: Aerial parts of *C. majus* plant from Kungei Alatau area were collected in dry weather. The collected plant raw materials were checked to be free of mold, mosquitoes and other animal pests. A minimal amount of medicinal plant raw material is spread in a thin layer. Foreign inclusions were checked by visual inspection or using a magnifying glass (6×). Medicinal plant raw materials: sampling and preparation of samples was carried out according to the general method [22].

Macrodiagnostic method

External signs: The structure of the stems, leaves, and flowers in the collection of *C. majus* plants were observed with the naked eye or with the help of a (10x) magnifying glass. The color of dry raw materials is determined in daylight; smell — by smelling, taste — by tasting a piece of dry raw material. In the macroscopic analysis of the raw material, attention was paid to the shape, size, and length of the plant parts in the set [22].

Extract preparation: 5 g of crushed plant sample was placed in a 100 ml glass container. 96 % ethanol was used as an extractant, and 50 ml was added to the ground samples. In order to completely extract organic compounds from the matrix, extraction was carried out using an ultrasonic bath for 2 hours at room temperature, and then the samples were left in the dark for 24 hours.

Analytical method: samples were analyzed by gas chromatography with mass spectrometric detector (7890A/5975C) [22].

Analytical conditions: 2.0 µl volume of unsplit sample injection temperature 250 °C. The separation was carried out using a DB-35ms chromatographic capillary column with a length of 30 m, an internal diameter of 0.25 mm and a film thickness of 0.25 µm at a constant carrier gas (helium) rate of 1 ml/min. Chromatography temperature was programmed from 40 °C (0 min hold) to 280 °C (15 min hold) with a heating rate of 5 °C/min. Analysis time is 63 minutes. Detection was carried out in SCAN m/z 34-750 mode. Agilent MSD chemstation (Version 1701EA) software was used to control the gas chromatography system,

record and process the obtained results and data. Data processing included detection of retention times, peak areas (peaks), and processing of spectral information obtained using a mass spectrometer detector. Wiley 7th edition and NIST'02 (total number of spectra in the libraries more than 550,000) libraries were used to interpret the obtained mass spectra [23, 24].

Results and Discussion

The aerial parts of the *C. majus* plant were collected during the flowering period from the territory of Kungei Alatau, Almaty region, GPS coordinates: N 42°59'91"; E 78°20'07", 1712 m above sea level. Perennial herbaceous plant with a short rhizome (Fig. 1).



Figure 1. *Chelidonium majus* plant in Kungei Alatau region

Morphological description

The height is up to 80-90 cm, the branched stems are straight. Bare and hairy, with yellowish sap. The leaves are flat, rounded or oval in shape; upper sessile, lower — on petioles; pinnatipartite; the edge is round-toothed (Fig. 2).

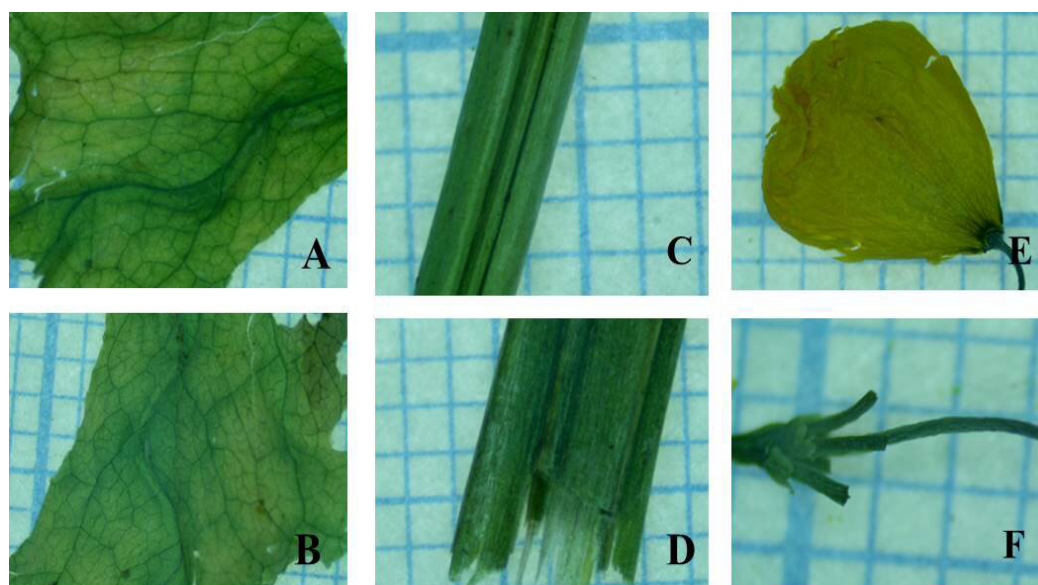


Figure 2. Pictures of raw material parts *Chelidonium majus*: A — upper side of the leaf plate; B — lower side of the leaf plate; C — Appearance of shoot; D — The color of the stem on the scrap; E — Appearance of flower; F — Peduncle

The upper side of the leaf blade is bare, dark green in color, the lower side is lighter with protruding veins. Venation is pinnately reticulate. Shoots straight or evading, few, rounded and ribbed. The surface is smooth, the color is light green, at the break it is almost white. Peduncles ascending, thin, rounded in cross section, thinly pubescent with simple white trichomes. Flowers at the tops of peduncles, 3-5 pieces. The flowers themselves are actinomorphic, consisting of 4 to broadly ovate petals of a bright yellow color, up to 1.0 cm long.

For a comparative study, samples of "*Chelidonium majus*" raw materials sold in pharmacies were taken from 3 different manufacturers: i) Sample № 1– "Bella" company Herbal care, wart herb, cosmetic; ii) Sample № 2– "Lekraset" company, dry cosmetic and hygiene product prepared from plants; iii) Sample № 3 — "DauLet" company, cosmetic product; iv) Sample № 4–Kungei is a herbal combination prepared from the *C. majus* grown in the Alatau region.

Macrodiagnostic features and external signs of the raw materials of selected manufacturers' products were analyzed. It was determined that the boxed *C. majus*, crushed raw materials are a mixture of leaves, stems, inflorescences, and parts [22]. Table 1 shows a description of a sample of cosmetic and hygiene products produced on the basis of the *C. majus*.

Table 1

Description of preparations based on *Chelidonium majus* plant

Sample	Manufacturing company	Description	Composition
1.	<i>Chelidonium majus</i> , Herbal care, 30 g, cosmetic product, "Bella"	A dry collection of different parts of the medicinal plant. Woody, dark green. The smell is pleasant.	100 %
2.	<i>Chelidonium majus</i> , 40 g, cosmetic and hygienic dry plant substance, "Lekraset"	A set of dry cosmetic and hygienic plants prepared from plants. Woody, dark green. The smell is pleasant.	100 %
3.	<i>Chelidonium majus</i> , cosmetic product, 30 g, "DauLet"	Dry color is brown. Most of the collection is woody, with many large stems and hard. The smell is pleasant.	100 %
4.	<i>Chelidonium majus</i> , 30 g, a plant collected from Kungei Alatau territory	It consists of all above-ground parts of the plant collected and dried in natural conditions. Dry, soft, pale green. The smell is pleasant.	100 %

As a result of macroscopic analysis, the characteristics and composition of all dry medicinal raw materials meet the requirements [25, 26]. The determination of the organic compounds in the samples of the complete *C. majus* was analyzed by the gas chromatography-mass spectrometry method. The composition of extracts isolated from 4 samples was determined by GC/MS method.

Analysis was performed as a result of chromatographic analysis of the extract of *C. majus* in the sample taken for the study (Table 2).

Table 2

The result of chromatographic analysis of extracts based on *Chelidonium majus*

Sample	Manufacturing company	The result of chromatographic analysis of the obtained extracts
1.	<i>Chelidonium majus</i> , Herbal care, 30 g, cosmetic product, "Bella"	Ethanone, 1-(2-hydroxy-5-methylphenyl)-(0,92 %), Tetradecanoic acid (0,78 %), Tetradecanoic acid, ethyl ester(1,01 %), Ethyl 13-methyl-tetradecanoate(0,88 %), Hexadecanoic acid(11,00 %), Phytol(22,68 %), Ethyl Oleate(1,24 %), 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester (21,61 %), Octadecanoic acid(1,62 %),9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester (17,44 %), Drometrizole (1,26 %), Methyl 19-methyl-eicosanoate (0,69 %), Cannabidiol (1,64 %), Protopine(2,24 %)
2.	<i>Chelidonium majus</i> , 40 g, cosmetic and hygienic dry plant substance, "Lekraset"	2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone(0,79 %), Ethanone, 1-(2-hydroxy-5-methylphenyl)-(0,63), 2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-, (R)-(0,42 %), Tetradecanoic acid(1,38 %), Pentadecanoic acid(0,84 %), Hexadecanoic acid (17,21 %), Phytol(15,21 %), Ethyl Oleate(1,13 %), 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester(14,13 %), Octadecanoic acid(17,96 %),9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z, Z, Z)- (14,61 %), Drometrizole (0,69 %), 4H-Bis[1,3]benzodioxolo[5,6-a:4',5'-g]quinolizine, 6,7,12b,13-tetrahydro-(11,71 %), Protopine(3,29)

Continuation of Table 2

3.	<i>Chelidonium majus</i> , cosmetic product, 30 g, “DauLet”	1-Eicosanol(1,70 %), 2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-, (R)-(0,53 %), Pentadecanenitrile (1,69 %), 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol(0,68 %), Tetradecanoic acid, ethyl ester(0,95 %), 9,12-Octadecadienal, dimethyl acetal(0,31 %), Octadecanal(1,41 %), 2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-(0,79 %), Pentadecanenitrile (2,87 %), 2-Heptadecanone (0,64 %), Hexadecanal(0,80 %), Hexadecanenitrile (4,34 %), Ethyl 9-hexadecenoate (1,88 %), 1-Nitrododecane (1,31 %), Octadecanenitrile (7,80 %), Phytol(27,74 %), Heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester(2,00 %), Ethyl Oleate(2,53 %), 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester(21,38 %), 9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z, Z, Z)-(14,10 %), Methyl 19-methyl-eicosanoate (0,61 %), 4H-Bis[1,3]benzodioxolo[5,6-a:4',5'-g]quinolizine, 6,7,12b,13-tetrahydro- (2,25 %), Protopine (1,66 %)
4.	<i>Chelidonium majus</i> , 30 g, a plant collected from Kungei Alatau territory	Ethanone, 1-(2-hydroxy-5-methylphenyl) (1,8 %), Tetradecanoic acid, ethyl ester (0,8 %), Phytol (13,8 %), Ethyl Oleate (3,6 %), 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester(22,7 %), 9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z, Z, Z)-(17,1 %), Drometrizole (1,2 %), Methyl 19-methyl eicosanoate (1,1 %), Canadine (4,4 %), 4H-Bis[1,3]benzodioxolo[5,6-a:4',5'-g]quinolizine, 6,7,12b,13-tetrahydro-, (±)- (30,2 %), Protopine (3,5 %)

Sample № 1 — As a result, 14 different Ethanone, 1-(2-hydroxy-5-methylphenyl), Tetradecanoic acid, Tetradecanoic acid, ethyl ester, Ethyl 13-methyl-tetradecanoate, Hexadecanoic acid, Phytol, Ethyl Oleate, 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester, Octadecanoic acid, 9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, Drometrizole, Methyl 19-methyl-eicosanoate, Cannabidiol, Protopine were found to be present. Phytol (22,68 %) and 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester (21,61 %), 9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester (17,44 %) and Octadecanoic acid (16,62 %) were present in the highest percentage of the identified compounds. Accordingly, the chromatogram of the extract with more than 20 percent compounds was observed in a high peak.

Sample № 2 — “Lecraser” company, *Chelidonium majus* was analyzed as a result of chromatographic analysis of dry cosmetic and hygienic substance extract prepared from plants. Chromatographic analysis of cosmetic and hygiene extract revealed 14 active substances, among which 17.96 % Octadecanoic acid, 17.21 % Hexadecanoic acid and 15.21 % Phytol were in the highest percentage.

Between 0 and 1 percent 2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone (0.79 %), Ethanone, 1-(2-hydroxy-5-methylphenyl)-(0.63 %), 2 (4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-, (R)- (0.42 %), Pentadecanoic acid (0.84 %) and Drometrizole (0.69 %) was determined. Among the identified compounds, 2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone, Pentadecanoic acid was not found in other samples.

Sample № 3 – 23 compounds *Chelidonium majus*, were found in the chromatographic analysis of “DauLet” cosmetic extract. Phytol (27.74 %), 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester (21.38 %) and 9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z, Z, Z)- (14.10 %) were compounds. According to the obtained results, among the 23 compounds presented in Table 2, 1-Eicosanol, Pentadecanenitrile, 9,12-Octadecadienal, dimethyl acetal, Octadecanal, 2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl, 2-Heptadecanone, Hexadecanal, Hexadecanenitrile, Ethyl 9 -hexadecenoate, 1-Nitrododecane, Octadecanenitrile, Heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester compounds were not found in other samples.

Sample № 4 – A total of eleven main bioactive compounds were determined as a result of the chromatogram of the *Chelidonium majus* plant extract grown in Kungei Alatau. That is, they are Ethanone, 1-(2-hydroxy-5-methylphenyl), Tetradecanoic acid, ethyl ester, Phytol, Ethyl Oleate, 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester, 9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z, Z, Z), Drometrizole, Methyl 19-methyl-eicosanoate, Canadine, 4H-Bis[1,3] benzodioxolo[5,6-a:4',5'-g]quinolizine, 6,7,12b,13-tetrahydro-, (±)-, Protopine, according to Table 2, respectively.

4H-Bis[1,3] benzodioxolo[5,6-a:4',5'-g]quinolizine, 6,7,12b,13-tetrahydro-, (±)- (30,2 %), 9, 12-Octadecadienoic acid, ethyl ester (17.1 %) and Phytol (13.8 %) showed a high percentage. According to the obtained results, in the chromatographic analysis of the extract of *Chelidonium majus* grown in Kungei Alatau, sample No. 4, the number of compounds is less compared to other samples.

A qualitative analysis of active natural compounds of *Chelidonium majus* L. plant was conducted in the research work. As a result of studying the chromatograms, retention time tables and mass spectra of the determined compounds in *C. majus* extracts were compiled. Each extract was found to contain several different active compounds.

The main classes of organic substances characteristic of plant-based natural objects of the components of the *C. majus* samples given above were known [20; 739]. All analyzed samples contained 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, Phytol, Ethyl Oleate, 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester, 9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z, Z, Z), Methyl 19-methyl-eicosanoate, Protopine compounds were identified [26, 27]. Qualitative composition in all studied samples is similar, quantitative difference is observed between samples. It is well known that quantitative measurements of the quality of plant activity cannot be replaced by simple biochemical or pharmacological measurements. Sample extract No. 3, Dawlet Company, *C. majus* showed the highest amount of phytochemicals in its cosmetic than other extracts, which may be affected by time, place of collection, extraction procedures, soil composition, humidity, and storage conditions [28, 29].

According to the literature, the phytochemical composition of *C. majus* plant includes alkaloids and other nitrogen-containing compounds, lectins, phytosterols, phenol and higher fatty acids, higher aliphatic alcohols, flavonoids, tannins, essential oils and vitamin C [30-32] and their results in the current study confirmed by the results.

Many studies show that active substances extracted from *C. majus* plant have analgesic, dermatoprotective, immunosuppressant, antispasmodic, antituberculosis, sedative, diuretic anti-inflammatory, antimicrobial, immunomodulatory, antitumor, choleric, hepatoprotective, and pain-relieving properties [33-39]. The main components are isoquinoline alkaloids (sanguinarine, chelidonine, chelerythrine, berberine, protopine, coptisine), flavonoids and phenolic acid [40-43]. Both the crude extracts of *C. majus* and the purified compounds obtained from it contain a wide range of biological activities consistent with the traditional uses of the plant [44-47]. These components are of particular importance in the pharmacopoeia. However, in order to promote their commercial use, attention should be paid to studies that increase the therapeutic potential of plant extracts and their isolated active compounds [48-52]. The description of the components of the drugs obtained as a result of the research encourages future research to make decoctions as an anesthetic for diathesis, lichen, scabies, itchy skin, burns, and in the treatment of purulent wounds.

Conclusion

The characteristics of the *C. majus* plant collected from Kungei Alatau and the indicators of the organic compounds contained in it allow us to conclude that it corresponds to medicinal, cosmetic and hygienic dry preparations in pharmacies made on the basis of *C. majus*. The biologically active substances and their compounds contained in the *C. majus* plant are generating new suggestions and interest in the treatment and justification of their well-known efficacy against various diseases. The result of the study suggests the isolation of active compounds from the plant and further elucidation of their structural potential with respect to their various biological activities.

References

- 1 Babich O. Medicinal plants to strengthen immunity during a pandemic / O. Babich, S. Sukhikh, A. Prosekov, L. Asyakina, S. Ivanova // *Pharmaceuticals*. — 2020. — Vol. 13, No. 10. — P. 313. <https://doi.org/10.3390/ph13100313>
- 2 Khadka D. The use of medicinal plants to prevent COVID-19 in Nepal / D. Khadka, M.K. Dhamala, F. Li, P.C. Aryal, P.R. Magar, S. Bhatta, S. Shi // *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. — 2021. — Vol. 17, No. 1. — P. 1-17. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00449-w>
- 3 Villena-Tejada M. Use of medicinal plants for COVID-19 prevention and respiratory symptom treatment during the pandemic in Cusco, Peru: A cross-sectional survey / M. Villena-Tejada, I. Vera-Ferchau, A. Cardona-Rivero, R. Zamalloa-Cornejo, M. Quispe-Florez, Z. Frisancho-Triveño, J.A. Yañez // *PloS one*. — 2021. — Vol. 16, No. 9. — P. e0257165. DOI:10.1371/journal.pone.0257165
- 4 Croteau R. Natural products (secondary metabolites) / R. Croteau, T.M. Kutchan, N.G. Lewis // *Biochemistry and molecular biology of plants*. — 2000. — Vol. 24. — P.1250-1319.
- 5 Rashrash M. Prevalence and predictors of herbal medicine use among adults in the United States / M. Rashrash, J.C. Schommer, L.M. Brown // *Journal of patient experience*. — 2017. — Vol. 4, No. 3. — P. 108-113. DOI: 10.1177/2374373517706612
- 6 Teichert R.W. Natural products and ion channel pharmacology / R.W. Teichert, B.M. Olivera // *Future medicinal chemistry*. — 2010. — Vol. 2, No. 5. — P.731-744. <https://doi.org/10.4155/fmc.10.31>
- 7 Shinde V.M. Application of quality control principles to herbal drugs / V.M. Shinde, K. Dhalwal, M. Potdar, K.R. Mahadik // *International Journal of Phytomedicine*. — 2009. — Vol. 1, No. 1. — P. 4-8.

- 8 Muyumba N.W. Quality control of herbal drugs and preparations: The methods of analysis, their relevance and applications / N.W. Muyumba, S.C. Mutombo, H. Sheridan, A. Nachtergaeel, P. Duez // *Talanta Open*. — 2021. — Vol.4. — P. 100070. <https://doi.org/10.1016/j.talo.2021.100070>
- 9 Monavari S.H. Evaluation of *in vitro* antiviral activity of *Chelidoniummajus* L. against herpes simplex virus type-1 [Electronic resource] / S.H. Monavari, M.S. Shahrabadi, H. Keyvani, F. Bokharaei-Salim // *African Journal of Microbiology Research*. — 2012. — Vol. 6, No. 20. — P. 4360-4364. — Access mode: <http://www.academicjournals.org/AJMR>
- 10 Ciric A. Chemical analysis and antimicrobial activity of methanol extracts of celandine (*Chelidoniummajus* L.) plants growing in nature and cultured *in vitro* [Electronic resource] / A. Ciric, B. Vinterhalter, K. Savikin-Fodulovic, M. Sokovic, D. Vinterhalter // *Archives of Biological Sciences*. — 2008. — Vol. 60, No. 1. — P. 7-8. — Access mode: <https://radar.ibiss.bg.ac.rs/handle/123456789/190>
- 11 Pieroni A. Traditional phytotherapy of the Albanians of Lepushe, Northern Albanian Alps / A. Pieroni, B. Dibra, G. Grishaj, I. Grishaj, S. GjonMaçai // *Fitoterapia*. — 2005. — Vol. 76, No. 3-4. — P. 379-399. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.03.015>
- 12 Gilca M. *Chelidoniummajus*- an integrative review: Traditional knowledge versus modern findings / M. Gilca, L. Gaman, E. Panait, I. Stoian, V. Atanasiu // *ForschKomplementmed*. — 2010. — Vol. 17, No. 5. — P. 241-248. DOI: 10.1159/000321397
- 13 Fik E. Effect of lectin from *Chelidoniummajus* L. on normal and cancer cells in culture / E. Fik, M. Wołun-Cholewa, M. Kistowska, J.B. Warchoł, A. Gozdzińska-Jozefiak // *FoliaHistochemica et Cytobiologica*. — 2001. — Vol. 39, No. 2. — P. 215-216. PMID: 11374832.
- 14 Biswas S.J. Effect of a homeopathic drug, *Chelidonium*, in amelioration of p-DAB induced hepatocarcinogenesis in mice / S.J. Biswas, A.R. Khuda-Bukhsh // *BMC Complementary and Alternative Medicine*. — 2002. — Vol. 2. — P. 1-12. DOI: 10.1186/1472-6882-2-4
- 15 Barreto M. Inhibition of mouse liver respiration by *Chelidonium majus* isoquinoline alkaloids / M. Barreto, R. Pinto, J. Arrabaca, M. Pavao // *Toxicol. Lett*. — 2003. — Vol. 146, No.1. — P. 37-47. DOI: 10.1016/j.toxlet.2003.09.007
- 16 Vahlensieck U. The effect of *Chelidoniummajus* herb extract on choleresis in the isolated perfused rat liver / U. Vahlensieck, R. Hahn, H. Winterhoff, H.G. Gumbinger, A. Nahrstedt, F.H. Kemper // *Planta Med*. — 1995. — Vol. 61, No. 3. — P. 267-271. DOI: 10.1055/s-2006-958070
- 17 Prozina M.N. Botanical microtechnology / M.N. Prozina. — M.: Higher school, 1960. — 206 p.
- 18 Dolgova A.A. Guide to practical exercises in pharmacognosy / A.A. Dolgova, E.Ya. Ladygina. — M.: Medicine, 1977. — 255 p.
- 19 Vekhov V.N. Workshop on anatomy and morphology of higher plants / V.N. Vekhov, L.I. Lotova, V.R. Filin. — M.: MGU, 1980. — 560 p.
- 20 Lotova L.I. Botany: Morphology and anatomy of higher plants / L.I. Lotova. — M.: KomKniga, 2007. — 512 p.
- 21 State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. T. 1. — Almaty: Zhibek Zholy Publishing House, 2008. — 592 p.
- 22 Fomicheva E.A. The study of the fatty acid composition of homeopathic tinctures of celandine by the method of chromatomass spectrometry / E.A. Fomicheva // *Pharmacy*. — 2001. — Vol. 49, No. 1. — P. 39-40.
- 23 Savych A. Analysis of fatty acid composition content in the plant components of antidiabetic herbal mixture by GC-MS / A. Savych, R. Basaraba, N. Muzyka, P. Ilashchuk, A. Savych, R. Basaraba, N. Muzyka, P. Ilashchuk // *Pharmacia*. — 2021. — Vol. 68, No. 2. — P. 433-439. DOI 10.3897/pharmacia.68.e66693
- 24 State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. Vol. 2. — Almaty: Zhibek Zholy Publishing House, 2009. — 804 p.
- 25 Egorova A. Morphological and anatomical study of the celandine herb *Chelidonium majus* L. / A. Egorova, Ya. Morozkina, V. Trifonova, L. Tarasenko, V. Ryzhov // *Pharmaceutical botany: modernity and prospects*. — 2019. — P. 166-171.
- 26 El-Readi M.Z. Modulation of multidrug resistance in cancer cells by chelidonine and *Chelidoniummajus* alkaloids / M.Z. El-Readi, S. Eid, M.L. Ashour, A. Tahrani, M. Wink // *Phytomedicine*. — 2013. — Vol. 20, No. 3-4. — P. 282-294. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2012.11.005>
- 27 Nikolaeva E. Qualitative analysis of raw materials and preparations of greater celandine (*Chelidonium majus* L.) / E. Nikolaeva // *Student science and medicine of the XXI century: traditions, innovations and priorities*. 2020. — P. 474.
- 28 Voltchek I.V. Potential therapeutic efficacy of Ukraine (NSC 631570) in AIDS patients with Kaposi's sarcoma / I.V. Voltchek, A. Liepins, J.W. Nowicky, W.J. Brzosko // *Drugs Exp. Clin. Res*. — 1996. — Vol. 22, No. 3-5. — P. 283-286. PMID: 8899349
- 29 Kurkin V.A. Modern aspects of chemical classification of biologically active compounds of medicinal plants / V.A. Kurkin // *Pharmacy*. — 2002. — Vol. 50. — No. 2. — P. 45-49.
- 30 Grudzinskaya L.M. Annotated list of medicinal plants of Kazakhstan: Reference book / L.M. Grudzinskaya, N.G. Gemedzhieva, N.V. Nelina, Zh.Zh. Karzhaubekova. — Almaty. — 2014. — 200 p.
- 31 Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Sem. Magnoliaceae — Limoniaceae. — L.: Nauka, 1984/1985. — 460 p.
- 32 Wild useful plants of Russia / Ed. editor: A.L. Budantsev, E.E. Lesiovskaya. — St. Petersburg: SPHFA Publishing House, 2001. — 404 p.
- 33 Then M. Examination on antioxidant activity in the greater celandine (*Chelidonium majus* L.) Extracts by FRAP method [Electronic resource] / M. Then, K. Szentmihályi, A. Sarkozi, I.S. Varga // *ActaBiol Szeged*. — 2003. — Vol. 47, No.1-4. — P.115-117. — Access mode: <https://abs.bibl.u-szeged.hu/index.php/abs/article/view/2357>

- 34 Haderman E. Acute hepatitis induced by greater celandine (*Chelidonium majus*) / E. Haderman, L. van Overbeke, S. Ilegems, M. Ferrante // Acta Gastroenterol Belg. — 2008. — Vol. 71, No.2. — P. 281-282.
- 35 Colombo M.L. Pharmacological activities of *Chelidonium majus* L. (Papaveraceae) / M.L. Colombo, E. Bosisio // Pharmacol. Res. — 1996. — Vol. 33, No.2. — P. 127-134. <https://doi.org/10.1006/phrs.1996.0019>
- 36 Jyoti B. *Chelidonium majus* L. -a review on pharmacological activities and clinical effects / B. Jyoti // Journal of Medicinal Plants. — 2013. — Vol. 2, No. 4. — P.238-245. <https://doi.org/10.1006/phrs.1996.0019>
- 37 Gerencer M. In vitro and in vivo antiretroviral activity of the substance purified from the aqueous extract of *Chelidonium majus* L. / M. Gerencer, P.L. Turecek, O. Kistner, A. Mitterer, H. SavidisDacho, N.P. Barrett // Antiviral research. — 2006. — Vol. 72, No.2. — P.153-156. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2006.03.008>
- 38 Zhang Z.H. Chelidonine inhibits TNF- α -induced inflammation by suppressing the NF- κ B pathways in HCT116 cells / Z.H. Zhang, C. Mi, K.S. Wang, Z. Wang, M.Y. Li, H.X. Zuo, G.H. Xu, X. Li, L.X. Piao, J. Ma, X. Jin // Phytother. Res. — 2018. — Vol. 32, No.1. — P. 65-75. DOI: 10.1002/ptr.5948
- 39 Mikołajczak P.L. Evaluation of anti-inflammatory and analgesic activities of extracts from herb of *Chelidonium majus* L. / P.L. Mikołajczak, B. Kędzia, M. Ożarowski, R. Kujawski, A. Bogacz, J. Bartkowiak-Wieczorek, W. Białas, A. Gryszczyńska, W. Buchwald, M. Szulc, N. Wasiak, M. Górka-Paukszta, J. Baraniak, B. Czerny, A. Seremak Mrozikiewicz // Cent. Eur. J. Immunol. — 2015. — Vol. 40, No. 4. — P. 400-410. DOI: 10.5114/ceji.2015.54607
- 40 Arystangaliyev S.A. Medicinal plants of Kazakhstan / S.A. Arystangaliyev. — Almaty: Science, 1977. — 67 p.
- 41 Medicinal plants of Kazakhstan and their use. — Almaty, 1998. — 288 p.
- 42 Zuo G.Y. Antibacterial alkaloids from *Chelidonium majus* Linn (Papaveraceae) against clinical isolated of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* / G.Y. Zuo, F.Y. Meng, X.Y. Hao, Y.L. Zhang, G.C. Wang, G.L. Xu // J Pharm Pharm Sci. — 2008. — Vol. 11, No. 4. — P. 90-94. <https://doi.org/10.18433/J3D30Q>
- 43 Meng F. Antifungal activity of the benzo[c]phenanthridine alkaloids from *Chelidonium majus* Linn against resistant clinical yeast isolates / F. Meng, G. Zuo, X. Hao, G. Wang, H. Xiao, J. Zhang, G. Xu // J Ethnopharmacol. — 2009. — Vol. 125, No. 3. — P. 494-496. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.07.029>
- 44 Philchenkov A. Apoptogenic activity of two benzophenanthridine alkaloids from *Chelidonium majus* L. does not correlate with their DNA damaging effects / A. Philchenkov, V. Kaminsky, M. Zavelevich, R. Stoika // Toxicol in vitro. — 2008. — Vol. 22, No. 2. — P. 287-295. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2007.08.023>
- 45 Cordes N. Ukraine, an alkaloid thiophosphoric acid derivative of *Chelidonium majus* L. protects human fibroblasts but not human tumor cells in vitro against ionizing radiation / N. Cordes, L. Plasswilm, M. Bamberg, H.P. Rodemann // Int J Radiat Biol. — 2002. — Vol. 78, No.1. — P.17-27. <https://doi.org/10.1080/09553000110089991>
- 46 Erofeeva J.I.H. Biologically active substances of great celandine and their pharmacological properties / J.I.H. Erofeeva, V.N. Bubenchikova, E.V. Barkalaya // Pharmacy. —1997. — Vol. 46, No. 6. — P. 39-41.
- 47 Валиева Н.Г. Фармако-токсикологическая оценка травы чистотела и ее применение при трихофитии телят: дис. ... канд. ветерин. наук: 16.00.04 Ветеринарная фармакология с токсикологией / Н.Г. Валиева. — Казань, 2001. — 138 с.
- 48 Crijns A.P. Acute hepatitis after use of a herbal preparation with greater celandine (*Chelidonium majus*) / A.P. Crijns, de P.A. Smet, van den L.M. Heuve, B.W. Schot, E.B. Haagsma // Ned Tijdschr Geneesk. — 2002. — Vol. 146. — P.124-128.
- 49 Lee Y.C. Suppressive effects of *Chelidonium majus* methanolextract in knee joint, regional lymph nodes, and spleen on collagen-induced arthritis in mice / Y.C. Lee, S.H. Kim, S.S. Roh, H.Y. Choi, Y.B. Seo // J Ethnopharmacol. — 2007. — Vol. 112, No.1. — P. 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.01.033>
- 50 Pervushkin C.B. Creation of new medicines based on the herb greater celandine / C.B. Pervushkin, A.A. Sokhina, V.A. Kurkin // Samara Medical Archive. —1996. — No. 2. — P. 49-53.
- 51 Maji A.K. *Chelidonium majus* L. (Greater celandine) – a review on its phytochemical and therapeutic perspectives / A.K. Maji, P. Banerji // Int. J. Herb. Med. — 2015. — Vol. 3, No.1. — P. 10-27. DOI: 10.22271/flora.2015.v3.i1.03
- 52 Moro P.A. Hepatitis from greatercelandine (*Chelidonium majus* L.): review of literature and report of a new case / P.A. Moro, F. Casseti, G. Giugliano, M.T. Falce, G. Mazzanti, F. Menniti-Ippolito, R. Raschetti, C. Santucci // Journal of Ethnopharmacology. — 2009. — Vol. 124, No. 2. — P. 328-332. DOI: 10.1080/00365520310000942.

А.Б. Достемесова, Ә.Ә. Әметов, М.С. Курманбаева, К.С. Избастина

Күнгей Алатау жағдайындағы *Chelidonium majus* L. өсімдігінің биоморфологиялық және фитохимиялық көрсеткіштері

Фармацевтика өнеркәсібінде синтетикалық дәрі-дәрмектер мен табиғи препараттар арасындағы арақатынастың тұрақтылығы соңғы уақытта өзгерді. Себебі, халық арасында химиялық жолмен дайындалған дәрілерге қарағанда, табиғи өсімдіктерден жасалған препараттар сұранысқа ие. Өсімдік тектес дәрілік заттардың артықшылығы олардың төмен уыттылығы, биологиялық белсенді қосылыстардың елеулі кешені, фармакотерапиялық әсерлердің көп қырлылығы, айқын жағымсыз реакцияларсыз ұзақ уақыт қолдану мүмкіндігі болып табылады. Дәрілік препараттардың құрамындағы биологиялық белсенді заттардың емдік әсерімен қатар, профилактикалық әсері де тиімді. Сондықтан,

өсімдік тектес табиғи дәрілік шикізат құрамын талдау өзекті. Жұмыстың мақсаты — дәрілік үлкен сүйелшөп (*Chelidonium majus* L.) өсімдігінің макродиагностикалық ерекшеліктері мен белсенді табиғи қосылыстарының құрамын зерттеу. Зерттеу нысаны ретінде Күнгей Алатауы аймағынан жиналған *Chelidonium majus* өсімдігі мен дәріханаларда сатылатын сүйелшөп өсімдігі негізінде дайындалған емдік, косметикалық және гигиеналық құрғақ жинақтары пайдаланылды. Зерттеу жұмысында фармакогнозия, макроскопиялық және газ хроматографиясы–масс-спектрометрия (GC-MS) әдістері қолданылды. Макроскопиялық талдау нәтижелері үлгілердегі дайын шикізаттың құрамы мен сипаттамаларына сәйкестігін растады. *C. majus* өсімдігі үлгілері жеткілікті биологиялық белсенді заттарының тұрақты компоненттік құрамын көрсетті. Барлық үлгілерде 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, Phytol, Ethyl Oleate, 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester, 9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z, Z, Z), Methyl 19-methyl-eicosanoate, Protopine қосылыстары анықталды. Өсімдіктің терапевтік әлеуетін және фармацевтикадағы тиімділігі мен қауіпсіздігін бағалау үшін клиникалық зерттеулер жүргізу болашақтағы зерттеулерге негіз болады. Алынған нәтижелер фармакопейалық дәрілік өсімдік шикізаты үлкен сүйелшөп сапасының нормаларын объективті бағалауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: *Chelidonium majus*, фармакология, медицина, дәрілік өсімдік, алкалоидтар, органикалық қосылыстар, Күнгей Алатауы, препарат.

А.Б. Достемесова, А.А. Аметов, М.С. Курманбаева, К.С. Избастина

Биоморфологические и фитохимические показатели *Chelidonium majus* L. в условиях Кунгей-Алатау

В фармацевтической промышленности стабильность соотношения между синтетическими и природными лекарствами в последнее время изменилась. Это связано с тем, что лекарства, изготовленные из натуральных растительных компонентов, пользуются большим спросом, чем лекарства, приготовленные химическим путем. К преимуществам фитопрепаратов относятся их низкая токсичность, значительный комплекс биологически активных соединений, многогранность фармакотерапевтического действия, возможность длительного применения без выраженных побочных реакций. Помимо лечебного действия биологически активных веществ, содержащихся в лекарственных средствах, действие и профилактический эффект. Поэтому важно проанализировать состав природного лекарственного сырья растительного происхождения. Цель работы — изучение макродиагностических особенностей и состава активных природных соединений лекарственного растения чистотела большого (*Chelidoniummajus* L.). В качестве объекта исследования использовали чистотел большой, собранный в районе Кунгей-Алатау и лечебные, косметические и гигиенические сухие наборы, приготовленные на основе травы чистотела, реализуемые в аптеках. В исследовании использовались методы фармакогнозии, макроскопии, газовой хроматографии–масс-спектрометрии (GC-MS). Результаты макроскопического анализа подтвердили соответствие состава и характеристик готового сырья в образцах. Образцы растений *C. majus* показали стабильный компонентный состав с достаточным количеством биологически активных веществ. Во всех образцах обнаружены соединения 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, Phytol, Ethyl Oleate, 9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester, 9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z, Z, Z), Methyl 19-methyl-eicosanoate, Protopine. Проведение клинических испытаний для оценки терапевтического потенциала растения, его эффективности и безопасности в фармацевтике является основой для будущих исследований. Полученные результаты позволяют объективно оценить нормы качества фармакопейного лекарственного растительного сырья чистотела большого.

Ключевые слова: *Chelidonium majus*, фармакология, медицина, лекарственное растение, алкалоиды, органические соединения, Кунгей Алатау, препарат.

References

- 1 Babich, O., Sukhikh, S., Prosekov, A., Asyakina, L., & Ivanova, S. (2020). Medicinal plants to strengthen immunity during a pandemic. *Pharmaceuticals*, Vol. 13(10), 313. <https://doi.org/10.3390/ph13100313>
- 2 Khadka, D., Dhamala, M.K., Li, F., Aryal, P.C., Magar, P.R., Bhatta, S., & Shi, S. (2021.). The use of medicinal plants to prevent COVID-19 in Nepal. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, Vol. 17(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00449-w>
- 3 Villena-Tejada, M., Vera-Ferchau, I., Cardona-Rivero, A., Zamalloa-Cornejo, R., Quispe-Florez, M., Frisancho-Triveño, Z., & Yañez, J.A. (2021). Use of medicinal plants for COVID-19 prevention and respiratory symptom treatment during the pandemic in Cusco, Peru: A cross-sectional survey. *PloS one*, Vol. 16(9), e0257165. DOI:10.1371/journal.pone.0257165
- 4 Croteau, R., Kutchan, T.M., & Lewis, N.G. (2000). Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry and molecular biology of plants*, Vol. 24, 1250-1319.

- 5 Rashrash, M., Schommer, J.C., & Brown, L.M. (2017). Prevalence and predictors of herbal medicine use among adults in the United States. *Journal of patient experience*, Vol. 4(3), 108-113. DOI: 10.1177/2374373517706612
- 6 Teichert, R.W., & Olivera, B.M. (2010). Natural products and ion channel pharmacology. *Future medicinal chemistry*, Vol. 2(5), 731-744. <https://doi.org/10.4155/fmc.10.31>.
- 7 Shinde, V.M., Dhalwal, K., Potdar, M., & Mahadik, K.R. (2009). Application of quality control principles to herbal drugs. *International Journal of Phytomedicine*, Vol. 1(1), 4-8.
- 8 Muyumba, N.W., Mutombo, S.C., Sheridan, H., Nachtergaeel, A., & Duez, P. (2021). Quality control of herbal drugs and preparations: The methods of analysis, their relevance and applications. *Talanta Open*, Vol. 4, 100070. <https://doi.org/10.1016/j.talo.2021.100070>
- 9 Monavari, S.H., Shahrabadi, M.S., Keyvani, H., & Bokharai-Salim, F. (2012). Evaluation of *in vitro* antiviral activity of *Chelidoniummajus* L. against herpes simplex virus type-1. *African Journal of Microbiology Research*, Vol. 6(20), 4360-4364. Retrieved from <http://www.academicjournals.org/AJMR>.
- 10 Ciric, A., Vinterhalter, B., Savikin-Fodulovic, K., Sokovic, M., & Vinterhalter, D. (2008). Chemical analysis and antimicrobial activity of methanol extracts of celandine (*Chelidoniummajus* L.) plants growing in nature and cultured *in vitro*. *Archives of Biological Sciences*, Vol. 60(1), 7-8. Retrieved from <https://radar.ibiss.bg.ac.rs/handle/123456789/190>
- 11 Pieroni, A., Dibra, B., Grishaj, G., Grishaj, I., & GjonMaçai, S. (2005). Traditional phytotherapy of the Albanians of Lepushe, Northern Albanian Alps. *Fitoterapia*, Vol. 76(3-4), 379-399. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.03.015>
- 12 Gilca, M., Gaman, L., Panait, E., Stoian, I., & Atanasiu, V. (2010). *Chelidoniummajus*- an integrative review: Traditionalknowledge versus modern findings. *ForschKomplementmed*, Vol. 17(5), 241-248. DOI: 10.1159/000321397
- 13 Fik, E., Wołun-Cholewa, M., Kistowska, M., Warchoł, J.B., & Gozdzińska-Jozefiak, A. (2001). Effect of lectin from *Chelidoniummajus* L. on normal and cancer cells in culture. *FoliaHistochemica et Cytobiologica*, Vol. 39(2), 215-216. PMID: 11374832.
- 14 Biswas, S.J., & Khuda-Bukhsh, A.R. (2002). Effect of a homeopathicdrug, *Chelidonium*, in amelioration of p-DAB inducedhepatocarcinogenesis in mice. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, Vol. 2, 1-12. DOI: 10.1186/1472-6882-2-4
- 15 Barreto, M., Pinto, R., Arrabaca, J., & Pavao, M. (2003). Inhibition of mouse liver respiration by *Chelidonium majus* isoquinoline alkaloids. *Toxicol. Lett*, Vol. 146(1), 37-47. DOI: 10.1016/j.toxlet.2003.09.007
- 16 Vahlensieck, U., Hahn, R., Winterhoff, H., Gumbinger, H.G., Nahrstedt, A., & Kemper, F.H. (1995). The effect of *Chelidoniummajus* herb extract on choleresis in the isolated perfused rat liver. *Planta Med*, Vol. 61(3), 267-271. DOI: 10.1055/s-2006-958070
- 17 Prozina, M.N. (1960). *Botanical microtechnology*. M.: Higher school, 206 p.
- 18 Dolgova, A.A., & Ladygina, E.Ya. (1977). *Guide to practical exercises in pharmacognosy*. Moscow: Medicine, 255 p.
- 19 Vekhov, V.N., Lotova, L.I., & Filin, V.R. (1980). *Workshop on anatomy and morphology of higher plants*. Moscow: Moskovskii Gosudarstvennyi Universitet, 560 p.
- 20 Lotova, L.I. (2007). *Botany: Morphology and anatomy of higher plants*. Moscow: KomKniga, 512 p.
- 21 (2008). *State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan*. Vol. 1. Almaty: Zhibek Zholy Publishing House, 592 p.
- 22 Fomicheva, E.A. (2001). The study of the fatty acid composition of homeopathic tinctures of celandine by the method of chromato-mass spectrometry. *Pharmacy*, Vol. 49(1), 39-40.
- 23 Savych, A., Basaraba, R., Muzyka, N., & Ilashchuk, P. (2021). Analysis of fatty acid composition content in the plant components of antidiabetic herbal mixture by GC-MS. *Pharmacia*, Vol. 68(2), 433-439. DOI 10.3897/pharmacia.68.e66693
- 24 (2009). *State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan*. Vol. 2. Almaty: Zhibek Zholy Publishing House, 804 p.
- 25 Egorova, A., Morozkina, Ya., Trifonova, V., Tarasenko, L., & Ryzhov, V. (2019). Morphological and anatomical study of the celandine herb *Chelidonium majus* L. *Pharmaceutical botany: modernity and prospects*, 166-171.
- 26 El-Readi, M.Z., Eid, S., Ashour, M.L., Tahrani, A., & Wink, M. (2013). Modulation of multidrug resistance in cancer cells by chelidonine and *Chelidoniummajus* alkaloids. *Phytomedicine*, Vol. 20(3-4), 282-294. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2012.11.005>
- 27 Nikolaeva, E. (2020). Qualitative analysis of raw materials and preparations of greater celandine (*Chelidonium majus* L.). *Student science and medicine of the XXI century: traditions, innovations and priorities*, 474.
- 28 Voltchek, I.V., Liepins, A., Nowicky, J.W., & Brzosko, W.J. (1996). Potential therapeutic efficacy of Ukraine (NSC 631570) in AIDS patients with Kaposi's sarcoma. *Drugs Exp. Clin. Res*, Vol. 22(3-5), 283-286. PMID: 8899349
- 29 Kurkin, V.A. (2002). Modern aspects of chemical classification of biologically active compounds of medicinal plants. *Pharmacy*, Vol. 50(2), 45-49.
- 30 Grudzinskaya, L.M., Gemedzhieva, N.G., Nelina, N.V., & Karzhaubekova, Zh.Zh. (2014). *Annotated list of medicinal plants of Kazakhstan: Reference book*. Almaty, 200 p.
- 31 (1984/1985). Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Sem. Magnoliaceae. Limoniaceae. L.: Nauka, 460 p.
- 32 Budantsev, A.L., & Lesiovskaya, E.E. (Ed. editor). (2001). *Wild useful plants of Russia*. St. Petersburg: SPHFA Publishing House, 404 p.

- 33 Then, M., Szentmihályi, K., Sarkozi, A., & Varga, I.S. (2003). Examination on antioxidant activity in the greater celandine (*Chelidonium majus* L.) Extracts by FRAP method. *Acta Biol Szeged, Vol. 47(1-4)*, 115-117. Retrieved from <https://abs.bibl.u-szeged.hu/index.php/abs/article/view/2357>
- 34 Haderman, E., van Overbeke, L., Ilegems, S., & Ferrante, M. (2008). Acute hepatitis induced by greater celandine (*Chelidoniummajus*). *Acta Gastroenterol Belg, Vol. 71(2)*, 281-282.
- 35 Colombo, M.L., & Bosisio, E. (1996). Pharmacological activities of *Chelidoniummajus* L. (Papaveraceae). *Pharmacol. Res. Vol. 33(2)*, 127-134. <https://doi.org/10.1006/phrs.1996.0019>
- 36 Jyoti, B. (2013). *Chelidoniummajus* L. -a review on pharmacological activities and clinical effects. *Journal of Medicinal Plants, Vol. 2(4)*, 238-245. <https://doi.org/10.1006/phrs.1996.0019>
- 37 Gerencer, M., Turecek, P.L., Kistner, O., Mitterer, A., SavidisDacho, H., & Barrett, N.P. (2006). In vitro and in vivo antiretroviral activity of the substance purified from the aqueous extract of *Chelidoniummajus* L. *Antiviral research, Vol. 72(2)*, 153-156. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2006.03.008>
- 38 Zhang, Z.H., Mi, C., Wang, K.S., Wang, Z., Li, M.Y., Zuo, H.X., Xu, G.H., Li, X., Piao, L.X., Ma, J., & Jin, X. (2018). Chelidone inhibits TNF- α -induced inflammation by suppressing the NF- κ B pathways in HCT116 cells. *Phytother. Res, Vol. 32(1)*, 65-75. DOI: 10.1002/ptr.5948
- 39 Mikołajczak, P.Ł., Kędzia, B., Ożarowski, M., Kujawski, R., Bogacz, A., Bartkowiak-Wieczorek, J., Białas, W., Gryszczyńska, A., Buchwald, W., Szulc, M., Wasiak, N., Górka-Pauksta, M., Baraniak, J., Czerny, B., & Seremak Mrozkiewicz, A. (2015). Evaluation of anti-inflammatory and analgesic activities of extracts from herb of *Chelidonium majus* L. *Cent. Eur. J. Immunol, Vol. 40(4)*, 400-410. DOI: 10.5114/ceji.2015.54607
- 40 Arystangaliyev, S.A. (1977). *Medicinal plants of Kazakhstan*. Almaty: Science, 67 p.
- 41 (1998). *Medicinal plants of Kazakhstan and their use*. Almaty, 288 p.
- 42 Zuo, G.Y., Meng, F.Y., Hao, X.Y., Zhang, Y.L., Wang, G.C., & Xu, G.L. (2008). Antibacterial alkaloids from *Chelidonium majus* Linn (Papaveraceae) against clinical isolated of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *J Pharm Pharm Sci., Vol. 11(4)*, 90-94. <https://doi.org/10.18433/J3D30Q>
- 43 Meng, F., Zuo, G., Hao, X., Wang, G., Xiao, H., Zhang, J., & Xu, G. (2009). Antifungal activity of the benzo[c]phenanthridine alkaloids from *Chelidonium majus* Linn against resistant clinical yeast isolates. *J Ethnopharmacol, Vol. 125(3)*, 494-496. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.07.029>
- 44 Philchenkov, A., Kaminsky, V., Zavelevich, M., & Stoika, R. (2008). Apoptogenic activity of two benzophenanthridine alkaloids from *Chelidonium majus* L. does not correlate with their DNA damaging effects. *Toxicol in vitro, Vol. 22(2)*, 287-295. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2007.08.023>
- 45 Cordes, N., Plasswilm, L., Bamberg, M., & Rodemann, H.P. (2002). Ukraine, an alkaloid thiophosphoric acid derivative of *Chelidoniummajus* L. protects human fibroblasts but not human tumor cells in vitro against ionizing radiation. *Int J Radiat Biol., Vol. 78(1)*, 17-27. <https://doi.org/10.1080/09553000110089991>
- 46 Erofeeva, J.I.H., Bubenchikova, V.N., & Barkalaya E.V. (1997). Biologically active substances of great celandine and their pharmacological properties. *Pharmacy, Vol. 46(6)*, 39-41.
- 47 Valieva, N.G. (2001). Farmako-toksikologicheskaya otsenka travy chistotela i ee primeneniye pri trikhofitii teliat [Pharmacotoxicological evaluation of celandine herb and its use in trichophytosis. *Candidate's thesis*. Kazan [in Russian].
- 48 Crijns, A.P., de Smet, P.A., van den Heuvel, L.M., Schot, B.W., & Haagsma, E.B. (2002). Acute hepatitis after use of a herbal preparation with greater celandine (*Chelidoniummajus*). *Ned Tijdschr Geneesk, Vol. 146*, 124-128.
- 49 Lee, Y.C., Kim, S.H., Roh, S.S., Choi, H.Y., & Seo, Y.B. (2007). Suppressive effects of *Chelidoniummajus* methanolextract in knee joint, regional lymph nodes, and spleen on collagen-induced arthritis in mice. *J Ethnopharmacol, Vol. 112(1)*, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.01.033>
- 50 Pervushkin, C.B., Sokhina, A.A., & Kurkin, V.A. (1996). Creation of new medicines based on the herb greater celandine. *Samara Medical Archive, 2*, 49-53.
- 51 Maji, A.K., & Banerji, P. (2015). *Chelidoniummajus* L. (Greater celandine) – a review on its phytochemical and therapeutic perspectives. *Int. J. Herb. Med., 3(1)*, 10-27. DOI: 10.22271/flora.2015.v3.i1.03
- 52 Moro, P.A., Cassetti, F., Giugliano, G., Falce, M.T., Mazzanti, G., Menniti-Ippolito, F., Raschetti, R., & Santucci, C. (2009). Hepatitis from greater celandine (*Chelidoniummajus* L.): review of literature and report of a new case. *Journal of Ethnopharmacology, Vol. 124(2)*, 328-332. DOI: 10.1080/00365520310000942.

Б.В. Златанов*

Институт зоологии Комитета науки Министерства науки и высшего образования РК, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: bor.zlat@mail.ru

Новый подвид *Eumerus aristatus* Peck, 1969 (Diptera, Syrphidae) из гор Карабас (Восточный Казахстан)

В 2022 г. в ходе работы по изучению энтомофауны Государственного национального природного парка «Тарбагатай» в южном отроге хребта Тарбагатай горах Карабас было отловлено несколько мух-журчалок (Syrphidae) рода *Eumerus* с апикально ланцетовидно расширенной аристой, которые в настоящей работе описаны как новый подвид *Eumerus aristatus* Peck, 1969. Самец описываемого подвида отличается от *E. aristatus* наличием налета и цветом волосков на голове, расположением глазкового треугольника, формой и цветом усиков, цветом отлива окраски тела.

Ключевые слова: *Eumerus*, Syrphidae, новый подвид, Восточный Казахстан, Тарбагатай, Карабас, мухи-журчалки.

Введение

Мухи-журчалки (Diptera, Syrphidae) — одно из самых богатых видами семейств двукрылых; распространены всемирно. В мировой фауне описано более 6000, в Палеарктике более 1500 видов. Мухи маленьких и крупных размеров (от 3 до 25 мм), тело чаще черное или черное с желтыми пятнами или полосами, многие напоминают по внешнему виду пчел, шмелей, ос. Имаго обычно встречаются на цветущих растениях. Питаются нектаром и пыльцой, являются опылителями. Обладают маневренным полетом, часто зависают в воздухе. Питание личинок очень разнообразно: многие виды хищные, уничтожающие мелких вредных насекомых; имеются фитофаги, вредящие луковичным культурам. Другие виды развиваются в навозе, в гниющей древесине и трухе дупел деревьев, в пасеке; в гнездах ос и пчел, в муравейниках и т.д. [1].

Большого биологического прогресса в Палеарктике достигли сирфиды, личинки которых обитают внутри листьев, стеблей, корней и луковиц травянистых растений [2]. К таким фитофагам относится один из самых больших по числу видов род — *Eumerus* Meigen, 1822. В Палеарктике в 1988 г. было отмечено 140 видов рода [3]. С тех пор число описанных видов значительно увеличилось. Только в пределах Центральной Азии (Киргизии, Таджикистана, Туркмении и южной части Казахстана) известно 54 вида [2].

В 1969 г. Л.В. Пэк было опубликовано описание нового вида рода *Eumerus*, обнаруженного ею в Алайском хребте (Киргизия) [4]. Вид резко отличается от прочих представителей рода ланцетовидно апикально расширенной аристой. В 2022 г. в южном отроге хребта Тарбагатай горах Карабас (территория Государственного национального природного парка «Тарбагатай») мной были отловлены несколько мух этого рода с характерным расширением аристы. При исследовании экземпляров и сравнении с описанием мух из Алая было установлено их большое сходство, но при этом выявлен ряд существенных отличий, что позволило считать обнаруженных мух подвидом алайского вида.

Eumerus aristatus karabasensis Zlatanov ssp. n.

Материал. Голотип: ♂, 29.04.2022, Восточный Казахстан, хр. Тарбагатай, горы Карабас, 46°49'36.6"N, 82°42'20.2"E, 749 м над ур. м. (сборщик Б. Златанов). Паратипы — 1 ♂, 1 ♀ с такой же этикеткой. Экземпляры хранятся в коллекции Института зоологии КН МНВО РК, г. Алматы.

Описание. Самец.

Голова. Глаза дихоптические, разделены промежутком в 4–5 фасеток; в относительно длинных и густых светлых волосках; в задних 1/5–1/4 поверхности голые. Лицо блестяще-черное с золотистым (далее — латунным) отливом, но под усиками в тускло-сером просвечивающем налете, сквозь который виден цвет кутикулы, в длинных светлых волосках. Лицо вентрально, очень слабо расширяющееся, почти параллельно-стороннее. Лоб от основания усиков до верхних углов глаз в тускло-сером

плотном налете, в светлых густых волосках; кзади от верхних углов глаз — блестяще-черный, в длинных торчащих, довольно редких светлых волосках, с примесью черных у переднего глазка. Глазки расположены в виде вытянутого равнобедренного треугольника. Расстояние между передним и задним глазками приблизительно равно таковому от переднего глазка до верхних углов глаз и от заднего глазка до ближайшего заднего угла глаза. Задние глазки отделены от края глаза промежутком чуть большим половины диаметра глазка. Усики черные, в беловатом налете. 3-й членик усиков относительно небольшой, параллельно-сторонний; соотношение ширина:длина 1:1,4; верхний дистальный угол широко закруглен, нижний — отчетливо выражен, апикально почти закруглен; вдоль дистального края с внешней стороны расположена широкоовальная фоссетта; ближе к основанию в нижней части с внешней стороны имеются три слабовыраженные короткие продольные бороздки, с внутренней — медиально две косые, также слабовыраженные, нижняя более длинная, верхняя очень короткая. 2-й членик снаружи с вентрально-боковыми длинными щетинковидными черными волосками апикально, самый длинный из которых почти достигает половины длины 3-го членика. Прочие волоски на члениках также черные. Ариста черная, расширена в основании и ланцетовидно в апикальной трети. Апикальное расширение может быть как приостренным, так и закругленным (рис. 1).

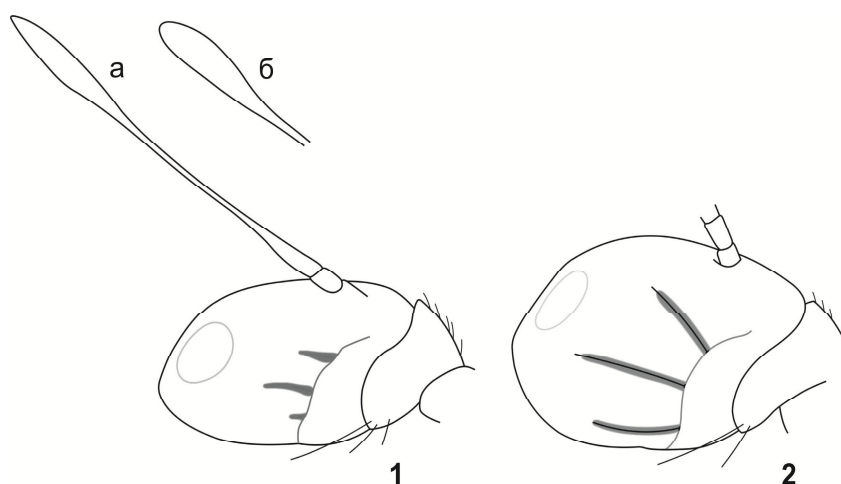
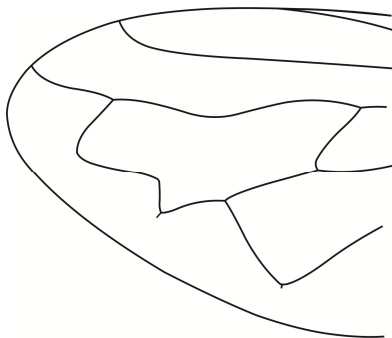


Рисунок 1. *Eumerus aristatus karabasensis* (Zlatanov ssp. n.). Усики: 1 — самец (а, б — варианты апикального расширения аристы); 2 — самка

Грудь. Среднеспинка, щиток и плевры часто, но мелко пунктированные, черные блестящие, с латунным отливом: среднеспинка и щиток с очень слабым, мезо- и птероплевры с интенсивным, практически темно-золотистые; стерноплевры с более тусклым отливом, с матово-черными участками; гипоплевры и кататергиты также с тусклым отливом. Среднеспинка в средней длины торчащих, плевры и щиток в немногим более длинных волосках. Гипоплевры голые, кататергиты в коротких торчащих желтоватых волосках. Метастерны слабо блестящие, с латунным отливом, в длинных торчащих волосках. Волоски на груди светлые. На среднеспинке чуть заметные следы двух медиально-боковых полос беловатого налета по переднему краю, продолженных кзади полосами несколько более густых волосков.

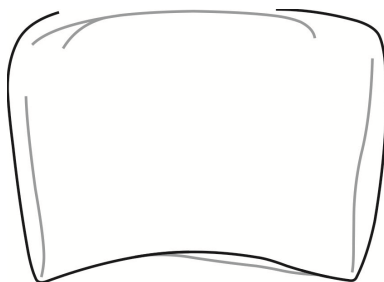
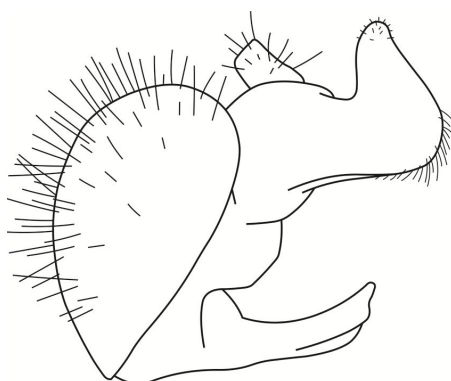
Ноги черные; тазики, бедра и голени блестящие с латунным отливом, лапки матовые. Бедра всех ног апикально узко желтые; голени передних ног в базальной 1/4, средних и задних — 1/3 желтые. Задние бедра спереди в апикальной 1/3 могут быть иридирующими. Тазики передних и средних ног в коротких, задних — в длинных торчащих белых волосках; бедра в коротких белых прилегающих волосках, передние и средние — сзади в длинных торчащих желтовато-белых, задние — спереди в длинных, сзади в более коротких торчащих волосках. Голени всех ног в коротких прилегающих желтовато-белых, лапки — в коротких светло-желтых или желтых волосках. Задние бедра умеренно расширенные; вентрально в апикальной трети с передним и задним гребнями из около 6 шипиков каждый.

Крылья прозрачные, иридирующие. Птеростигма желтоватая. Микротрихии покрывают всю площадь крыла, кроме основания, а также задней части ячейки b_2 . Апикально эта ячейка в микротрихиях. Жилка R_{4+5} над r_5 слабо изогнута (рис. 2). Жилки черные, кроме темно-бурых SC и R_1 . Закрыловые чешуйки желтовато-белые, с такими же ресничками. Жужжальца желтовато-белые.

Рисунок 2. *Eumerus aristatus karabasensis* (Zlatanov ssp. n.). Фрагмент крыла самца

Брюшко удлинено-овальное, черное блестящее, со слабым латунным отливом, часто, но мелко пунктированное. На 2–4-м тергитах с косыми почти не изогнутыми пятнами белого налета. Тергиты большей частью в прилегающих коротких черных волосках, латерально постепенно сменяющихся светлыми; пятна налета сплошь в светлых волосках; 2-й тергит передне-латерально в длинных торчащих светлых волосках; 4-й тергит латерально в относительно длинных полуприлегающих светлых волосках. Передняя половина 1-го стернита черная со слабым латунным отливом, в светлых волосках, задняя — бурая, голая. 2-й и 3-й стерниты глянцево-бурые; 2-й стернит спереди в длинных светлых волосках, укорачивающихся кзади; 3-й стернит в коротких волосках. 4-й стернит черный матовый, в беловатом налете, с отдельными латунно-блестящими участками, в очень коротких прижатых волосках, его задний край слабо вогнутый (рис. 3). 8-й стернит черный блестящий, в умеренной длины торчащих светлых волосках. Гипопигий как на рисунке 4.

Светлые волоски на теле желтовато-белые или белые.

Рисунок 3. *Eumerus aristatus karabasensis* (Zlatanov ssp. n.). 4-й стернит самцаРисунок 4. *Eumerus aristatus karabasensis* (Zlatanov ssp. n.). Гипопигий, вид сбоку

Длина тела 7,5 мм.

Самка. Похожа на самца. Помимо полового диморфизма, отличается от него следующими признаками: лицо в крайне слабом, еле заметном налете; лоб весь блестящий, без налета над основанием

усиков; глазковый треугольник равносторонний; 3-й членик усиков больше, чем у самца, округлый, апикально слегка приостренный, с ярко выраженными веерообразно расходящимися бороздками на внешней и внутренней сторонах (рис. 1); волоски на груди и ногах чуть более короткие, чем у самца.

Длина тела 8 мм.

Обсуждение

Для удобства сравнения важнейших признаков *Eumerus aristatus* Peck, 1969, с описанным подвидом они сведены в таблицу.

Т а б л и ц а

Основные различия между самцами *Eumerus aristatus* Peck, 1969, и *E. aristatus karabasensis* Zlatanov ssp. n.

<i>Eumerus aristatus</i> Peck, 1969	<i>Eumerus aristatus karabasensis</i> (Zlatanov ssp. n.)
Лицо, лоб и темя черные, блестящие	Лицо блестяще черное с латунным отливом, под усиками в тускло-сером просвечивающем налете. Лоб от верхних углов глаз до основания усиков черный в тускло-сером плотном налете
Теменной треугольник в черных волосках	Теменной треугольник в светлых волосках с примесью черных у переднего глазка
Расположение глазкового треугольника (см. Пэк, 1969. Рис. 9)	Расстояние между передним и задним глазками приблизительно равно таковому от переднего глазка до верхних углов глаз и от заднего глазка до ближайшего заднего угла глаза. Задние глазки отделены от края глаза промежутком чуть большим половины диаметра глазка
Усики черно-бурые	Усики черные, в беловатом налете
Длина 3-го членика усиков почти равна ширине, нижний дистальный угол отчетливо выражен (см. Пэк, 1969. Рис. 9)	Соотношение ширина:длина 3-го членика усиков 1:1,4; верхний дистальный угол широко закруглен, нижний дистальный угол отчетливо выражен, апикально почти закруглен
Брюшко с синеватым отливом	Брюшко, как и прочие части тела, с латунным отливом

Примечание. Этимология. Название подвида — латинское прилагательное от гор Карабас.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (тема АРО9259987 «Оценка разнообразия фауны насекомых Государственного национального природного парка "Тарбагатай", ее мониторинг, сохранение и устойчивое использование»).

Список литературы

- 1 Нарчук Э.П. Определитель семейств двукрылых насекомых фауны России и сопредельных стран / Э.П. Нарчук // Труды ЗИН РАН. — 2003. — Т. 294. — 251 с.
- 2 Баркалов А.В. Новый вид рода *Eumerus* Mg. (Diptera, Syrphidae) из высокогорий Таджикистана / А.В. Баркалов // Зоол/ журн. — 2020. — Т. 22. — Вып. 2. — С. 229–233.
- 3 Peck L.V. Family Syrphidae. Catalogue of Palaearctic Diptera / L.V. Peck / Editor Á. Soós. Budapest. — 1988. — Vol. 8. — P. 11–230.
- 4 Пэк Л.В. Новые виды мух-журчалок (Diptera, Syrphidae) с Тянь-Шаня / Л.В. Пэк // Энтомологическое обозрение. — 1969. — Т. 48. — Вып. 1. — С. 201–210.

Б.В. Златанов

**Қарабас тауынан (Шығыс Қазақстан) табылған
Eumerus aristatus Peck, 1969 (Diptera, Syrphidae) жаңа түршесі**

2022 жылы «Тарбағатай» Мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің энтомофаунасын зерттеу барысында, Тарбағатай жотасының оңтүстік сілемдеріндегі Қарабас тауынан ызыңдауық-шыбындардың (Syrphidae) *Eumerus* тұқымдасының бірнешеуі ауланды, олардың ерекшелігі кездік тәрізді «аристасының» ұш жағы жалпақтығында. Мақалада *Eumerus aristatus* Peck, 1969 жаңа түрше ретінде сипатталған. Сипатталған *E. aristatus* түрше басындағы өңез бен түктерінің түсімен, көз үшбұрышының орналасуымен, мұртшаларының пішіні мен түсімен және денесінің реңімен ерекшеленеді.

Кілт сөздер: *Eumerus*, *Syrphidae*, жаңа түрше, Шығыс Қазақстан, Тарбағатай, Қарабас.

B.V. Zlatanov

**New subspecies of *Eumerus aristatus* Peck, 1969 (Diptera, Syrphidae)
from Karabas Mountains (Eastern Kazakhstan)**

In 2022, in the course of studying the entomofauna of the Tarbagatai State National Natural Park in the southern spur of the Tarbagatai Ridge in the Karabas Mountains, several hover flies (Syrphidae) of the genus *Eumerus* with a lanceolate-apically widened arista were caught, which are described in this paper as a new subspecies of *Eumerus aristatus* Peck, 1969. The male of the described subspecies differs from *E. aristatus* in the presence of plaque and the color of the hairs on the head, the location of the ocellar triangle, the shape and color of the antennae, and the color of the tint of the body color.

Keywords: *Eumerus*, *Syrphidae*, new subspecies, East Kazakhstan, Tarbagatai, Karabas.

References

- 1 Narchuk, E.P. (2003). Opredeletel semeistv dvukrylykh nasekomykh fauny Rossii i sopredelnykh stran [Key to Diptera families of the fauna of Russia and neighboring countries]. *Trudy Zoologicheskogo instituta Rossiiskoi akademii nauk — Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences*, 294, 251 [in Russian].
- 2 Barkalov, A.V. (2020). Novyi vid roda *Eumerus* Mg. (Diptera, Syrphidae) iz vysokogorii Tadjikistana [A new species of the genus *Eumerus* Mg. (Diptera, Syrphidae) from the highlands of Tajikistan]. *Zoologicheskii zhurnal — Zoological Journal*, 22(2), 229–233 [in Russian].
- 3 Peck, L.V. (1988). Family Syrphidae. Catalogue of Palearctic *Diptera*. Editor Á. Soós. Budapest, 8; 11–230.
- 4 Peck, L.V. (1969). Novye vidy mukh-zhurchalok (*Diptera*, *Syrphidae*) s Tyan-Shania [A new species of hover-flies (*Diptera*, *Syrphidae*) from the Tien Shan]. *Entomologicheskoe obozreniye — Entomological observation*, 48 (1), 201–210 [in Russian].

Н.В. Иванова*

Институт математических проблем биологии РАН — филиал Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша
Российской академии наук», Пуцино, Россия

*Автор для корреспонденции: Natalya.dryomys@gmail.com

Рекомендации по оценке качества данных *iNaturalist*

Данные, собранные волонтерами (*citizen science*), составляют значительную долю сведений о биоразнообразии, доступных через глобальный портал GBIF. Тем не менее, многие профессиональные исследователи скептически относятся к возможности их использования для научного анализа. Целью исследования стала разработка методики для оценки качества данных любительских наблюдений на примере системы *iNaturalist*. Для достижения цели через портал GBIF получены данные *iNaturalist* в табличном виде. Выполнена оценка полноты и качества данных. Показано, что до трети наблюдений в рассматриваемых выборках содержали некорректные или подозрительные значения, однако большинство наблюдений имели высокое качество и могут быть использованы для научного анализа. На основе полученных результатов сформулированы следующие критерии, которым должны соответствовать наблюдения *iNaturalist*: (1) наблюдение должно быть определено экспертом, имеющим соответствующую квалификацию, (2) дата наблюдения должна быть указана корректно, (3) указанные географические координаты должны соответствовать реальному месту наблюдения. Предложены методы для выявления некорректных значений. Показано, что на основе доступных через GBIF данных можно самостоятельно проверить правильность определения изучаемого таксона, оценить научную квалификацию экспертов, определивших наблюдение в *iNaturalist* и верифицировать дату наблюдения. Оценка корректности географических координат мест наблюдений является более сложной задачей. Для проверки этих данных требуется наиболее тщательный анализ с привлечением дополнительных источников информации.

Ключевые слова: любительские наблюдения, GBIF, Darwin Core, анализ массивов объединенных данных, геоданные, ORCID.

Введение

Анализ объединенных данных, полученных из разных источников, является мировым трендом в науке о биоразнообразии [1, 2]. Такой подход позволяет решать задачи на макрорегиональном и глобальном уровнях, используя современные методы статистического и пространственного анализа [3–8]. Прогрессу в этой области способствовала оцифровка крупнейших мировых научных коллекций и их размещение в открытом доступе в сети Интернет [9–11]. В последние годы всё больший вклад в открытые данные о распространении видов вносят не профессиональные исследователи, а волонтеры-натуралисты [12].

На мировом уровне практика привлечения волонтеров к трудоемкому и зачастую дорогостоящему сбору научных данных [13] распространена довольно широко и позволяет существенно дополнить сведения, собираемые профессиональными исследователями [14–19]. В англоязычной литературе такая деятельность получила название *citizen science* (или *community science*, *public participation in scientific research*) [14], а волонтеров, которые помогают исследователям собирать или анализировать данные, называют *citizen scientists*. Для обозначения таких активностей в русскоязычной среде широко используется термин «гражданская наука» [20–22], хотя такой прямой перевод не является корректным. Во-первых, он неправильно передает изначальный смысл (здесь «citizen» употребляется как «горожанин», а не «гражданин»), а во-вторых, данное сочетание уже зарезервировано для обозначения исследований не военной тематики. По мнению автора, более удачным переводом *citizen science* является сочетание «любительские наблюдения», которое используется в тексте статьи.

Важно отметить, что объем данных, собираемых через системы любительских наблюдений, в мире возрастает существенно быстрее по сравнению с «научными» источниками. Так, крупнейшим ресурсом в Международном репозитории о биоразнообразии GBIF (см. ниже) является массив, собранный любителями птиц – eBird Observation Dataset [23], включающий >1 млрд. наблюдений. Число же образцов из научных коллекций, доступных через GBIF, составляет чуть более 213 млн.

Очевидно, что любительские наблюдения имеют большой потенциал для научного анализа. Часто они являются единственным источником данных о биоразнообразии той или иной территории [24]. В то же время многие ученые выражают сомнения относительно надежности таких данных и возможностей их использования для научного анализа наряду с материалами цифровых научных коллекций и публикаций.

Традиционно анализ объединенных данных начинается с оценки их качества, то есть проверки и верификации (*data cleaning*). Методика оценки качества данных в целом хорошо разработана и представлена в ряде работ [25–28], некоторые общепринятые методы реализованы в пакетах для среды статистического программирования R [29, 30]. В то же время существующие методики были разработаны в основном на основе материалов цифровых научных коллекций. Любительские наблюдения имеют определенную специфику, которую необходимо учитывать при оценке их качества и пригодности для решения задач конкретного исследования.

Целью данной работы стала разработка методики оценки качества данных из систем для сбора любительских наблюдений. Исследование выполнено на основе сведений из системы iNaturalist, доступных через репозиторий GBIF.

Методы и материалы

Описание системы iNaturalist. Система для сбора любительских наблюдений iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>) разработана выпускниками университета Беркли (США) в 2008 г. [31]. На январь 2023 г. она включает >125 млн наблюдений >411 тыс. видов со всего мира, сделанных >2.5 млн натуралистов. Каждый пользователь iNaturalist имеет личный аккаунт, через который он загружает наблюдения. Делать это можно при помощи мобильного приложения iNaturalist или через веб-сайт. Основанием для наблюдения может быть фотография (серия фотографий) или аудиозапись. При загрузке наблюдения система предлагает автоматическое определение таксона по фотографии, основанное на работе нейронной сети, пользователь может согласиться с ним, или указать собственное. Все новые наблюдения получают статус «требуется определение» (NeedsID). Если определение подтверждается экспертами (то есть любыми зарегистрированными участниками сети iNaturalist), имеет географическую привязку и наблюдаемый объект не является культурным, он получает «исследовательский» уровень (ResearchGrade). Для видов, точные координаты которых не подлежат разглашению (sensitive data), есть функция генерализации геоданных.

Популярность iNaturalist обусловлена глобальным пространственным и универсальным таксономическим охватом, а также возможностью создавать тематические проекты, обобщающие наблюдения целевых таксонов, или наблюдения, сделанные за определенный период времени, либо же на определенной территории. Например, проект «Флора России и Крыма» [22] обобщает >2.2 млн наблюдений сосудистых растений.

Данные iNaturalist, доступные через глобальный портал GBIF. Global Biodiversity Information Facility (GBIF) — крупнейший Международный репозиторий открытых данных о биоразнообразии [32]. На начало 2023 г. через GBIF доступно >2.2 млрд записей о находках видов, происходящих из >80 тыс. источников (наборов данных). Все данные бесплатно доступны для анализа при соблюдении правил их использования. Данные из системы iNaturalist представлены в виде отдельного набора данных — iNaturalist Research-grade Observations [33]. В GBIF экспортируются не все наблюдения, а только имеющие «исследовательский» уровень, а также совместимую с GBIF лицензию (CC-0, CC-BY или CC-BY-NC). В отличие от «научных» наборов данных, представленных в GBIF, контроль над данными и качеством наблюдений практически полностью лежит на участниках сети iNaturalist. Разработчики платформы обеспечивают только ее техническую работу и автоматический экспорт данных в GBIF, при этом не оценивают качество наблюдений, которые загружают пользователи.

Разработка методики оценки качества данных iNaturalist, доступных через GBIF. Для обеспечения совместимости данных, происходящих из разных источников, GBIF использует единый обменный стандарт Darwin Core [34], разработанный научно-образовательной ассоциацией Biodiversity Information Standards (TDWG). Все данные, как публикуемые, так и выгружаемые пользователями портала для дальнейшего анализа, приведены к этому стандарту. Информация хранится в таблицах со строго определенным набором полей (терминов, заголовков столбцов), правила заполнения которых регламентированы. В то же время в силу разнородности источников данных, индексируемых GBIF, информация может быть представлена с разной подробностью, содержимое некоторых полей в разных наборах данных может отличаться.

Поэтому на первом этапе работы была проанализирована полнота данных iNaturalist, доступных через GBIF. Для этого через интерфейс GBIF получены выборки наблюдений, сделанных автором статьи [35] и определенных автором [36] в формате Darwin Core Archive. По этим таблицам оценена доступность следующей информации: авторство наблюдения, таксономия, сведения о дате и месте наблюдения, ссылка на исходное наблюдение в системе iNaturalist. На следующем этапе проанализированы возможности использования доступных сведений для верификации определения таксонов, оценки научной квалификации экспертов, корректности даты наблюдения и возможности проверки геоданных. На основе полученных результатов сформулированы рекомендации по оценке качества данных iNaturalist.

Результаты и их обсуждение

Особенности организации данных iNaturalist в таблицы DarwinCore

Авторство наблюдений. Ссылка на исходное наблюдение (в системе iNaturalist) доступна в полях dwc: occurrence ID и dwc: reference. Для указания автора наблюдения используется поле dwc: recordedBy, для определившего наблюдение — dwc: identified By. Натуралисты могут связать свой профиль с идентификатором ORCID (Open Researcher and Contributor ID). Через GBIF информация об ORCID пользователей iNaturalist доступна в полях dwc: recorded By ID и (или) dwc: identified By ID.

Сведения об определении наблюдения. Информация об идентификации таксонов представлена в нескольких полях. Научное название вида (или таксона более высокого ранга, до которого удалось определить объект) хранится в поле dwc: scientific Name, соответствующий ранг таксона — в dwc: taxon Rank. Дополнительные данные о таксономии доступны в полях dwc: kingdom, dwc: phylum, dwc: class, dwc: order, dwc: family, dwc: subfamily, dwc: genus, dwc: subgenus, dwc: specific Epithet, dwc: infraspecific Epithet. При необходимости исследователи могут самостоятельно проверить правильность определения, поскольку через GBIF доступны фотографии и аудиозаписи, послужившие основанием для наблюдений.

Сведения о дате наблюдения. Сведения о дате и времени наблюдения согласно ISO 8601-1:2019 представлены в поле dwc: eventDate, в поле dwc: verbatim EventDate — согласно EXIF фотографии. Информация о времени наблюдения также доступна в поле dwc: event Time, о годе, месяце и дне — в dwc: year, dwc: month и dwc: day соответственно.

Геоданные. При загрузке наблюдений в iNaturalist координаты экспортируются автоматически из EXIF фотографии либо вводятся натуралистами вручную. Также есть возможность указать погрешность определения координат. Встроенные GPS-приемники некоторых моделей смартфонов фиксируют погрешность автоматически. Остальные геоданные (страна и топонимика места наблюдения) генерируются автоматически на основе координат и используемого в iNaturalist картографического сервиса. Информация о методе привязки (автоматическая или ручная) в iNaturalist отсутствует.

В таблицах Darwin Core координаты места наблюдения, широта и долгота, доступны в полях dwc: decimal Latitude и dwc: decimal Longitude соответственно, погрешность определения координат — в dwc: coordinate Uncertainty In Meters. Для указания страны используются dwc: country и dwc: country Code, для указания топонимов — dwc: state Province, dwc: verbatim Locality и др.

Таким образом, доступные через GBIF данные iNaturalist включают большой объем атрибутивной информации о наблюдениях, которая может быть использована для оценки качества данных. Важным преимуществом является доступность фотографий и аудиозаписей, а также исходных наблюдений.

Оценка качества данных

Оценка научной квалификации экспертов. В выборке наблюдений, сделанных автором статьи, содержалось 11756 записей. Из них экспертами iNaturalist определены 2244 наблюдения, остальные были определены автором самостоятельно и подтверждены экспертами. В определении наблюдений, которые автор не смог идентифицировать, участвовали 79 экспертов, из которых 61 имеют ORCID. Доля наблюдений, определенных экспертами, имеющими ORCID, составляет 70,9 % (1593 записи). Таким образом, определения 11105 наблюдений можно рассматривать как корректные, 651 наблюдение нуждается в проверке специалистами.

Верификация дат наблюдений. Выборка наблюдений, определенных автором статьи, включала 9702 записи, из которых 190 — наблюдения пользователей iNaturalist, а остальные — собственные наблюдения автора. Из этих 190 записей 187 относились к сосудистым растениям. Все они являются

обычными, широко распространенными видами. Большинство наблюдений сделано в течение вегетационного сезона, сроки встреч соответствуют общепринятым представлениям о фенологии наблюдаемых видов в районах их произрастания (рис. 1). Ручная проверка наблюдений не выявила несоответствий между указанной датой и сезоном наблюдения на фотографиях. При этом для 83 записей (44,4%) дата наблюдения отличалась от даты загрузки в iNaturalist. Как правило, эта разница составляла от одного до нескольких дней, но в некоторых случаях достигала нескольких (максимум 12) лет. В целом, можно заключить, что все указанные даты корректны.

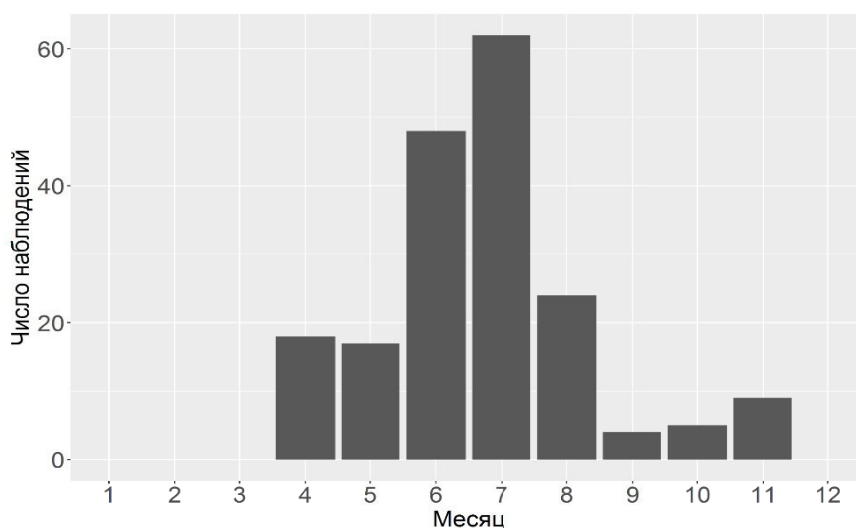


Рисунок 1. Распределение наблюдений iNaturalist по месяцам в анализируемой выборке

Оценка качества геоданных. Для оценки корректности географических координат использовали наблюдения сосудистых растений, анализируемые на предыдущем этапе. В целом, все точки наблюдений соответствовали представлениям об ареалах рассматриваемых видов. Результаты ручной верификации показали, что в одном наблюдении точка обнаружения сухопутного папоротника *Pteridium pinetorum* находилась в акватории пруда, что явно указывает на ошибочные координаты. Для остальных наблюдений подобных несоответствий не выявлено.

Также проанализированы доступные данные о погрешностях определения координат. Выяснено, что погрешность указана для 142 записей. При этом для 76,1 % наблюдений (109 записей) она не превышала 50 м, а для 79,6 % (113 записей) — 100 м (рис. 2). Среди наблюдений, для которых погрешность не была указана, 19 сделаны на территории населенных пунктов, то есть в зоне уверенного покрытия мобильной связи. Скорее всего, погрешность определения координат этих наблюдений невелика (первые десятки метров).

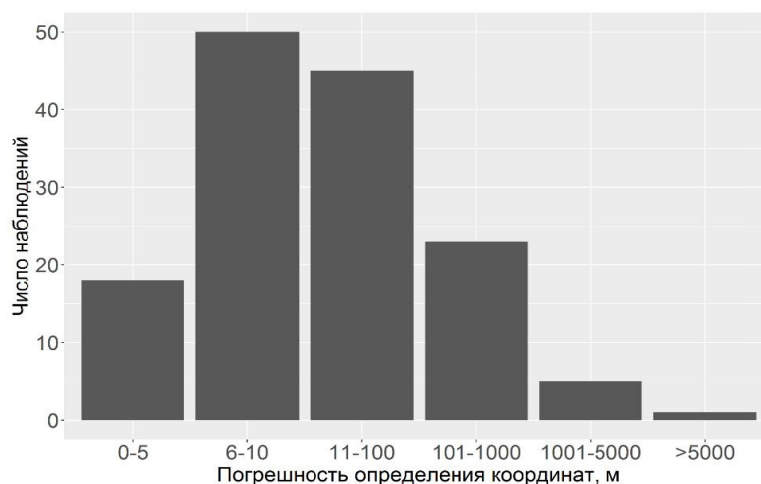


Рисунок 2. Погрешность определения координат в анализируемой выборке

Также оценено взаимное расположение точек наблюдений за одну дату относительно времени, в которое они были сделаны. В качестве примера приведем наблюдения пользователя *max_carabus*, сделанные 30 апреля 2018 г. в лесном массиве заповедника «Калужские засеки» (Россия, Калужская обл.). Все отмеченные виды являются обычными для флоры широколиственных лесов. Для всех наблюдений указана погрешность определения координат, которая составляет от 6 до 19 м. Как видно из рисунка 3, точки образуют кластеры, которые хорошо согласуются со временем, в которое были сделаны наблюдения. На основании этого можно заключить, что координаты всех рассматриваемых наблюдений с высокой вероятностью были определены корректно.

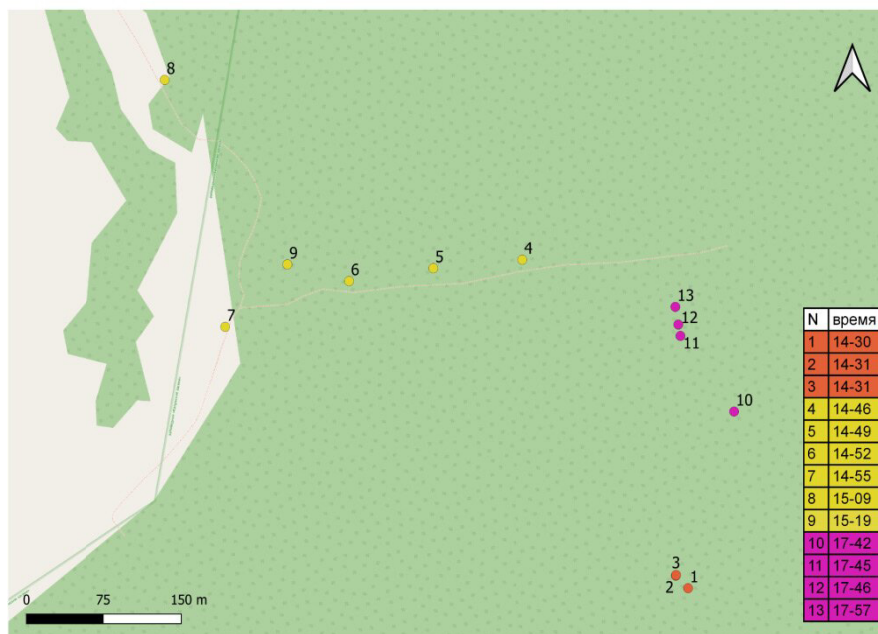


Рисунок 3. Наблюдения, сделанные натуралистом в течение дня. Подложка схемы — Open Street Map

Таким образом, в анализируемых выборках в зависимости от критерия оценки до трети наблюдений содержали подозрительные или некорректные значения. Их использование может существенно исказить результаты дальнейшего анализа и выводы. В то же время большинство наблюдений характеризовались высоким качеством данных и потенциально могут быть использованы для научного анализа.

Рекомендации по оценке качества данных iNaturalist, доступных через GBIF

На основе обобщения результатов, полученных на предыдущем этапе, разработаны рекомендации по оценке качества данных iNaturalist (см. табл.). Предлагаемая методика также может быть использована для проверки и верификации данных из других систем для сбора любительских наблюдений.

Прежде всего исследователям, планирующим использовать данные iNaturalist (или другой citizen science платформы), необходимо убедиться, что целевые таксоны можно с уверенностью идентифицировать по фотографиям или аудиозаписям. Если это не представляется возможным, то данные из систем для сбора любительских наблюдений следует исключить из анализа.

Оценку качества данных iNaturalist целесообразно начать с оценки квалификации экспертов, определивших наблюдения. Хотя все наблюдения из iNaturalist содержат однозначное указание авторства, выявить наблюдения, сделанные или идентифицированные профессиональными исследователями, в общем массиве данных часто затруднительно. Натуралисты (вне зависимости от их научной квалификации) могут указывать как свое настоящее имя, так и произвольно выбранный никнейм. Также необходимо отметить, что участники iNaturalist не связаны со своими организациями. Хотя аффилиация может быть указана в личном аккаунте, она не экспортируется в GBIF. В качестве критерия для поиска наблюдений профессиональных исследователей можно использовать наличие ORCID (как это было сделано в данной работе). Тем не менее далеко не все ученые указывают свой ORCID в iNaturalist. Поэтому рекомендуется ознакомиться с основными экспертами по целевым так-

сонам и их квалификацией. Помимо наличия ORCID, следует обратить внимание на число сделанных экспертом определений. Эта информация доступна на личных страницах натуралистов.

Т а б л и ц а

Предлагаемые рекомендации по оценке качества наблюдений iNaturalist

Критерий	Индикатор высокого качества данных	Метод оценки и выявления некорректных значений
Наблюдение определено экспертом, имеющим соответствующую квалификацию	Наличие у эксперта большого числа определений целевого таксона и (или) ORCID	Оценка квалификации эксперта на основе его профиля в iNaturalist
Дата наблюдения указана корректно	Соответствие даты наблюдения сезону на фотографии	Анализ распределения наблюдений по месяцам с учетом биологии изучаемых таксонов. Ручная верификация наблюдений
Указанные географические координаты должны соответствовать реальному месту наблюдения	Положение точек наблюдений согласуется с представлениями о биологии изучаемых таксонов Наличие данных о погрешности определения координат. Величина погрешности соответствует требованиям исследования. Наблюдения сделаны в пределах крупных населенных пунктов (в зоне уверенного покрытия мобильной связи)	Анализ пространственного расположения точек наблюдений с учетом имеющихся знаний о биотопической приуроченности изучаемых таксонов Сопоставление координат с другими наблюдениями, сделанными пользователем в конкретную дату Анализ согласованности времени наблюдения и расположения точек наблюдений относительно друг друга Анализ значений погрешности определения координат и приуроченности наблюдений к урбанизированным или природным территориям

Тщательность проверки корректности определений может быть разной и зависит от простоты идентификации исследуемых таксонов по фотографиям или аудиозаписям, а также от представленности этих таксонов в системе iNaturalist. Для широко распространенных видов, которые легко определяются и представлены в iNaturalist большим числом наблюдений (несколько тысяч) верификация может быть минимальной. Если объектами исследования являются редкие или плохо определяемые виды, рекомендуется проверять корректность определения каждого наблюдения, используя доступные фотографии или аудиозаписи. При обнаружении ошибок в определении строго рекомендуется предлагать корректное определение в iNaturalist. Также рекомендуется обращаться к исходным наблюдениям (в iNaturalist), чтобы ознакомиться с историей определений, поскольку в GBIF экспортируются только сведения о пользователе, первым сделавшим признанное правильное определение.

Во многих исследованиях принципиально важной является информация о дате наблюдения, в таких случаях настоятельно рекомендуется тщательно верифицировать соответствующие сведения. Ошибки связаны с тем, что часто натуралисты указывают не дату наблюдения объекта в природе, а дату загрузки наблюдения в iNaturalist. Временной промежуток между этими событиями может составлять от нескольких дней до нескольких лет. Поэтому рекомендуется всегда обращаться к изображениям или аудиозаписям для оценки корректности указанной даты наблюдения.

Наиболее проблемным вопросом при оценке качества данных iNaturalist является верификация географических координат, то есть проверка их соответствия реальному месту наблюдения. В силу выявленных особенностей геоданных iNaturalist (см. раздел «Оценка полноты данных») о корректности определения координат можно судить только по косвенным признакам. Традиционная в таких случаях проверка соответствия координат описанию места наблюдения [25] не является корректной. Поэтому рекомендуется начинать оценку качества геоданных с визуализации точек наблюдений и сравнения результатов с имеющимися сведениями об ареалах и биотопической приуроченности изу-

чаемых таксонов. На следующем этапе следует использовать доступные сведения о погрешности определения координат, а также приуроченности наблюдений к урбанизированным или природным территориям (ручная проверка). По опыту автора, значения погрешности в несколько десятков метров и более в случае определения координат встроенным в смартфон GSP-приемником могут свидетельствовать о неправильной геолокации. В то же время в случае ручной геопривязки наблюдений значение погрешности в первые сотни метров–несколько километров является вполне обычным. Пороговое значение погрешности для исключения наблюдений из анализа должно определяться исследователем самостоятельно. Наблюдения без указания погрешности, сделанные в пределах крупных населенных пунктов в зоне уверенного приема мобильной связи с высокой вероятностью геолоцированы корректно, поэтому могут быть использованы для дальнейшего анализа.

Важно также учитывать, что если объектом исследования является широко распространенный, обычный вид, то, вероятно, даже значительная погрешность определения координат (до нескольких километров) не внесет существенных искажений в результаты. Если же целевой вид является редким или связан с определенными типами местообитаний, то данные iNaturalist нуждаются в более тщательной проверке. Кроме того, полезно провести анализ расположения точек наблюдений относительно других наблюдений, сделанных в этот день натуралистом. Если координаты целевого наблюдения значительно отличаются от других наблюдений, сделанных в тот же день, скорее всего в геоданных имеется ошибка.

Заключение

Для оценки качества данных любительских наблюдений требуются специфические методы, учитывающие их особенности. На основе анализа данных из системы iNaturalist, полученных через портал GBIF, разработаны критерии, которым должны соответствовать наблюдения, пригодные для научного анализа. Предложены методы для оценки качества данных по каждому критерию. Показано, что наиболее сложной задачей является верификация геоданных. Предложенная методика может быть использована для оценки качества данных из других систем для сбора любительских наблюдений.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00112, <https://rscf.ru/project/23-24-00112/>

Список литературы

- 1 De Prins J. Global Open Biodiversity Data: Future Vision of FAIR Biodiversity Data Access, Management, Use and Stewardship / De Prins J. // Biodiversity Information Science and Standards. — 2019. — 3. — e37190. <https://doi.org/10.3897/biss.3.37190>
- 2 Wilkinson M.D. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship / M.D. Wilkinson, M. Dumontier, I.J. Aalbersberg. Scientific Data. — 2016. — 3(1). — 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
- 3 Phillips H.R.P. Global distribution of earthworm diversity / H.R.P. Phillips, C.A. Guerra, M.L.C. Bartz. — Science. — 2019. — 366(6464). — 480–485. <https://doi.org/10.1126/science.aax4851>
- 4 Delgado M. Differences in spatial versus temporal reaction norms for spring and autumn phenological events / M. Delgado, T. Roslin, G. Tikhonov // Proceedings of the National Academy of Sciences. — 2020. — 117(49); 31249–31258. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002713117>
- 5 Jayathilake D.R.M. A modeled global distribution of the kelp biome / D.R.M. Jayathilake, M.J. Costello // Biological Conservation. — 2020. — 252. — 108815. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108815>
- 6 Polidori C. Environmental niche and global potential distribution of the giant resin bee *Megachile sculpturalis*, a rapidly spreading invasive pollinator / C. Polidori, D. Sánchez-Fernández, D. // Global Ecology and Conservation. — 2020. — 24. — e01365. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01365>
- 7 Roslin T. Phenological shifts of abiotic events, producers and consumers across a continent / T. Roslin, L. Antão, M. Hällfors // Nature climate change. — 2021. — 11. — 241–248. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00967-7>
- 8 Tamme R. Global macroecology of nitrogen-fixing plants / R. Tamme, M. Pärtel, U. Kõljalg, L. Laanisto, J. Liira, Ü. Mander, M. Moora, Ü. Niinemets, M. Öpik, I. Ostonen, L. Tedersoo, M. Zobel // Global ecology and biogeography. — 2021. — 30(2). — 514–526. <https://doi.org/10.1111/geb.13236>
- 9 Hedrick B.P. Digitization and the Future of Natural History Collections. / B.P. Hedrick, J.M. Heberling, E.K. Meineke, K.G. Turner, C.J. Grassa, D.S. Park, J. Kennedy, J.A. Clarke, J.A. Cook, D.C. Blackburn, S.V. Edwards, C.C. Davis // BioScience. — 2020. — 70 (3). — 243–251. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz163>

- 10 Groom Q. Improved standardization of transcribed digital specimen data / Q. Groom, M. Dillen, H. Hardy, S. Phillips, L. Willemsse, Z. Wu // Database, 2019, baz129. <https://doi.org/10.1093/database/baz129>
- 11 Санданов Д.В. Современные подходы к моделированию разнообразия и пространственному распределению видов растений: перспективы их применения в России / Д.В. Санданов // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. — 2019. — № 46. — С. 82–114. — [Электронный ресурс]. — <https://doi.org/10.17223/19988591/46/5>
- 12 Gura T. Citizen science: amateur experts / T. Gura // Nature. — 2013. — 496. — 259–261. <https://doi.org/10.1038/nj7444-259a>
- 13 Bonney R. Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy / R. Bonney, C.B. Cooper, J. Dickinson, S. Kelling, T. Phillips, K.V. Rosenberg, J. Shirk // Bioscience. — 2009. — 59. — 977–984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- 14 Theobald E.J. Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research / E.J. Theobald, A.K. Ettinger, H.K. Burgess, L.B. De Bey, N.R. Schmidt, H.E. Froehlich, C. Wagner, J.H.R. Lambers, J. Tewksbury, M.A. Harsch, J.K. Parrish // Biological Conservation. — 2015. — 181. — 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>
- 15 Chandler M. Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. / M. Chandler, L. See, K. Copas, A.M.Z. Bonde, B.C. López, F. Danielsen, J.K. Legind, S. Masinde, A.J. Miller-Rushing, G. Newman, A. Rosemartin, E. Turak // Biological Conservation. — 2017. — 213. — 280–294. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004>
- 16 Soroye P. Opportunistic citizen science data transform understanding of species distributions, phenology, and diversity gradients for global change research / P. Soroye, N. Ahmed, J.T. Kerr // Global change biology. — 2018. — 24(11). — 5281–5291. <https://doi.org/10.1111/gcb.14358>
- 17 Young B.E. Using citizen science data to support conservation in environmental regulatory contexts / B.E. Young, N. Dodge, P.D. Hunt, M. Ormes, M.D. Schlesinger, H.Y. Shaw // Biological conservation. — 2019. — 237. — 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.016>
- 18 Fan F. Citizen, science, and citizen science / F. Fan, S.-L. Chen // East Asian Science, Technology and Society: An International Journal. — 2019. — 13. — 181–193. <https://doi.org/10.1215/18752160-7542643>
- 19 Johnson B.A. Citizen science and invasive alien species: an analysis of citizen science initiatives using information and communications technology (ICT) to collect invasive alien species observations / B.A. Johnson, A.D. Mader, R. Dasgupta, P. Kumar // P. Global Ecology and Conservation. — 2020. — 21. — E00812. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00812>
- 20 Фаталиев Т.Х. Вопросы обеспечения информационной безопасности в проектах гражданской науки / Т.Х. Фаталиев, Н.Н. Бердиева // Информационные технологии. Проблемы и решения. — 2019. — № 4 (9). — С. 50–55.
- 21 Рябова Л.А. Гражданская наука как инструмент информационного обеспечения принятия решений в Российской Арктике в условиях изменения климата / Л.А. Рябова, Е.М. Ключникова, Е.А. Боровичев, В.А. Маслобоев // Север и рынок: формирование экономического порядка. — 2020. — № 3 (69). — С. 40–55.
- 22 Серегин А.П. «Флора России» на платформе iNaturalist: большие данные о биоразнообразии Большой страны / А.П. Серегин, Д.А. Бочков, Ю.В. Шнер и др. Журнал общей биологии. — 2020. — Т. 81. — № 3. — С. 223–233.
- 23 Auer T. EOD – eBird Observation Dataset. Occurrence dataset / T. Auer, S. Barker, K. Borgmann // Cornell Lab of Ornithology. — 2010. — <https://doi.org/10.15468/aomfnb>.
- 24 Ivanova N. Contribution of citizen science to biodiversity data mobilization in Russia / N. Ivanova, M. Shashkov // Biodiversity Information Science and Standards. — 2020. — 4. — e59197. <https://doi.org/10.3897/biss.4.59197>
- 25 Chapman A. Principles of Data Quality, version 1.0. / A. Chapman. Copenhagen: GBIF Secretariat. — 2005. <https://doi.org/10.15468/doc.jrgg-a190>
- 26 Mesibov R. An audit of some processing effects in aggregated occurrence records / R. Mesibov // ZooKeys. — 2018. — 751. — 129–146. <https://doi.org/10.3897/zookeys.751.24791>
- 27 Chapman A.D. Developing standards for improved data quality and for selecting fit for use biodiversity data / A.D. Chapman, L. Belbin, P.F. Zermoglio // Biodiversity Information. Science and Standards. — 2020. — 4. — e50889. <https://doi.org/10.3897/biss.4.50889>
- 28 Chapman A.D. Georeferencing best practices. / A.D. Chapman, J.R. Wiecezorek // Copenhagen: GBIF Secretariat. — 2020. <https://doi.org/10.15468/doc-gg7h-s853>
- 29 Zizka A. Coordinate Cleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases / A. Zizka, D. Silvestro, T. Andermann, J. Azevedo, C.D. Ritter, D. Edler, H. Farooq, A. Herdean, M. Ariza, R. Scharn, S. Svantesson, N. Wengström, V. Zizka, A. Alexandre Antonelli // Methods in Ecology and Evolution. — 2019. — 5. — 744–751. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13152>
- 30 Robertson M.P. Biogeo: An R package for assessing and improving data quality of occurrence record datasets / M.P. Robertson, V. Visser, C. Hui // Ecography. — 2016. — 39. — 394–401. <http://doi.org/10.1111/ecog.02118>
- 31 Seltzer C. Making biodiversity data social, shareable, and scalable: reflections on iNaturalist & citizen science / C. Seltzer // Biodiversity Information Science and Standards. — 2019. — 3. — e46670. <http://10.3897/biss.3.46670>
- 32 Edwards, J.L. Research and societal benefits of the Global Biodiversity Information Facility / J.L. Edwards. — BioScience. — 2004. — 54 (6). — 485–486. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0486:RASBOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0486:RASBOT]2.0.CO;2)
- 33 iNaturalist contributors& iNaturalist. iNaturalist Research-grade Observations. iNaturalist.org. Occurrence dataset. — 2012. <https://doi.org/10.15468/ab3s5x>

34 Wicczorek J. Darwin Core: An evolving community-developed biodiversity data standard / J. Wicczorek, D. Bloom, R. Guralnick, S. Blum, M. Döring, R. Giovanni, T. Robertson, D. Vieglais // PLoS ONE. — 2012. — 7(1). — e29715. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715>

35 GBIF.org. GBIF Occurrence Download. — 2023. <https://doi.org/10.15468/dl.p7pxwb>

36 GBIF.org. GBIF Occurrence Download. — 2023. <https://doi.org/10.15468/dl.7rmd9>

Н.В. Иванова

iNaturalist деректер сапасын бағалау бойынша ұсынымдар

Еріктілер жинаған деректер (citizen science) GBIF жаһандық порталы арқылы қолжетімді биоәртүрлілік туралы ақпараттың айтарлықтай үлесін құрайды. Дегенмен, көптеген кәсіби зерттеушілер оларды ғылыми талдау үшін пайдалану мүмкіндігіне күмәнмен қарайды. Зерттеудің мақсаты — iNaturalist жүйесінің мысалында әуесқойлық бақылаулар деректерінің сапасын бағалау әдістемесін әзірлеу. Мақсатқа жету үшін GBIF порталы арқылы iNaturalist деректері кесте түрінде алынды. Деректердің толықтығы мен сапасын бағалау орындалды. Қарастырылып отырған үлгілердегі бақылаулардың үштен біріне дейін қате немесе күдікті мәндер болғаны көрсетілген, бірақ бақылаулардың көпшілігі жоғары сапалы болды және ғылыми талдау үшін пайдаланылуы мүмкін. Алынған нәтижелер негізінде iNaturalist бақылаулары сәйкес келетін келесі критерийлер тұжырымдалады: (1) бақылауды тиісті біліктілігі бар сарапшы анықтауы керек; (2) бақылау күні дұрыс көрсетілуі тиіс; (3) көрсетілген географиялық координаттар нақты бақылау орнына сәйкес келуі қажет. Қате мәндерді анықтау әдістері ұсынылған. GBIF арқылы қол жетімді мәліметтер негізінде зерттелетін таксонды анықтаудың дұрыстығын өз бетінше тексеруге, iNaturalist-те бақылауды анықтаған сарапшылардың ғылыми біліктілігін бағалауға және бақылау күнін тексеруге болатындығы көрсетілген. Бақылау орындарының географиялық координаттарының дұрыстығын бағалау қиынырақ. Бұл деректерді тексеру үшін қосымша ақпарат көздерін тарта отырып, ең мұқият талдау қажет.

Кілт сөздер: әуесқойлық бақылаулар, GBIF, Darwin Core, біріктірілген деректер массивтерін талдау, геодеректер, ORCID.

N.V. Ivanova

iNaturalist Data Quality Guidelines

Data collected by volunteers (citizen science) significantly contributes to the biodiversity data available through the GBIF global portal. However, many professional researchers are skeptical about the possibility of using citizen science data for scientific analysis. The aim of the study was to develop guidelines for the quality assessment of iNaturalist amateur observation data. We obtained iNaturalist data through the GBIF portal. Completeness and data quality were assessed. It is shown that up to a third of the observations contained in correct or suspicious values, however, most of the observations were of high quality and can be used for scientific analysis. Based on the obtained results, the following criteria for high quality iNaturalist observations were developed: (1) the observation must be identified by a qualified expert, (2) the observation date must be indicated correctly, (3) geographical coordinates must correspond to the real place of observation. Methods for detecting incorrect values are proposed. It is shown that GBIF users can check the identification of observations, evaluate the scientific qualifications of experts who identified the observation in iNaturalist, and verify the date of observation. Estimating the geo data correctness is more difficult. Verification of these data requires the most careful analysis with the involvement of additional information sources.

Keywords: citizen science, GBIF, Darwin Core, consolidated data analysis, geo data, ORCID.

References

- 1 De Prins, J. (2019). Global Open Biodiversity Data: Future Vision of FAIR Biodiversity Data Access, Management, Use and Stewardship. *Biodiversity Information Science and Standards*, 3, e37190. <https://doi.org/10.3897/biss.3.37190>
- 2 Wilkinson, M.D., Dumontier, M., Aalbersberg, I.J. et al. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3(1), 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
- 3 Phillips, H.R.P., Guerra, C.A., Bartz, M.L.C. et al. (2019). Global distribution of earthworm diversity. *Science*, 366(6464), 480–485. <https://doi.org/10.1126/science.aax4851>

- 4 Delgado, M., Roslin, T., Tikhonov, G. et al. (2020). Differences in spatial versus temporal reaction norms for spring and autumn phenological events. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(49), 31249–31258. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002713117>
- 5 Jayatilake, D.R.M., & Costello, M.J. (2020). A modeled global distribution of the kelp biome. *Biological Conservation*, 252, 108815. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108815>
- 6 Polidori, C. & Sánchez-Fernández, D. (2020). Environmental niche and global potential distribution of the giant resin bee *Megachile sculpturalis*, a rapidly spreading invasive pollinator. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01365. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01365>
- 7 Roslin, T., Antão, L., Hällfors, M. et al. (2021). Phenological shifts of abiotic events, producers and consumers across a continent. *Nature climate change*, 11, 241–248. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00967-7>
- 8 Tamme, R., Pärtel, M., Kõljalg, U., Laanisto, L., Liira, J., Mander, Ü., Moora, M., Niinemets, Ü., Öpik, M., Ostonen, I., Tedersoo, L., & Zobel, M. (2021). Global macroecology of nitrogen-fixing plants. *Global ecology and biogeography*, 30(2), 514–526. <https://doi.org/10.1111/geb.13236>
- 9 Hedrick, B.P., Heberling, J.M., Meineke, E.K., Turner, K.G., Grassa, C.J., Park, D.S., Kennedy, J., Clarke, J.A., Cook, J.A., Blackburn, D.C., Edwards, S.V., & Davis, C.C. (2020). Digitization and the Future of Natural History Collections. *BioScience*, 70(3), 243–251. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz163>
- 10 Groom, Q., Dillen, M., Hardy, H., Phillips, S., Willemse, L., & Wu, Z. (2019). Improved standardization of transcribed digital specimen data. *Database*, 2019, baz129. <https://doi.org/10.1093/database/baz129>
- 11 Sandanov, D.V. (2019). Sovremennye podkhody k modelirovaniu raznoobraziia i prostranstvennomy raspredeleniu vidov rastenii: perspektivy ikh primeneniia v Rossii [Modern approaches to modeling plant diversity and spatial distribution of plant species: Implication prospects in Russia]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya — Tomsk State University Journal. Biology*, 46, 82–114. <https://doi.org/10.17223/19988591/46/5> [in Russian].
- 12 Gura, T. (2013). Citizen science: amateur experts. *Nature*, 496, 259–261. <https://doi.org/10.1038/nj7444-259a>
- 13 Bonney, R., Cooper, C.B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K.V., & Shirk, J. (2009). Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *Bioscience*, 59, 977–984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- 14 Theobald E.J., Ettinger A.K., Burgess H.K., De Bey, L.B., Schmidt, N.R., Froehlich, H.E., Wagner, C., Lambers, J.H.R., Tewksbury, J., Harsch, M.A., & Parrish, J.K. (2015). Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation*, 181, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>
- 15 Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A.M.Z., López, B.C., Danielsen, F., Legind, J.K., Masinde, S., Miller-Rushing, A.J., Newman, G., Rosemartin, A., & Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation*, 213, 280–294. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004>
- 16 Soroye, P., Ahmed, N., & Kerr, J.T. (2018). Opportunistic citizen science data transform understanding of species distributions, phenology, and diversity gradients for global change research. *Global change biology*, 24(11), 5281–5291. <https://doi.org/10.1111/gcb.14358>
- 17 Young, B.E., Dodge, N., Hunt, P.D., Ormes, M., Schlesinger, M.D., & Shaw, H.Y. (2019). Using citizen science data to support conservation in environmental regulatory contexts. *Biological conservation*, 237, 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.016>
- 18 Fan, F., & Chen, S.-L. (2019). Citizen, science, and citizen science. *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal*, 13, 181–193. <https://doi.org/10.1215/18752160-7542643>
- 19 Johnson, B.A., Mader, A.D., Dasgupta, R., & Kumar, P. (2020). Citizen science and invasive alien species: an analysis of citizen science initiatives using information and communications technology (ICT) to collect invasive alien species observations. *Global Ecology and Conservation*, 21, E00812. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00812>
- 20 Fataliev, T.Kh., & Verdieva, N.N. (2019). Voprosy obespecheniia informatsionnoi bezopasnosti v proektakh grazhdanskoi nauki [Problems of providing information security in citizen science projects]. *Informatsionnye tekhnologii. Problemy i resheniia — Information Technology. Problems and Solutions*, 4(9), 50–55 [in Russian].
- 21 Ryabova, L.A., Klyuchnikova, E.M., Borovichev, E.A., & Masloboev, V.A. (2020). Grazhdanskaia nauka kak instrument informatsionnogo obespecheniia priiniatii reshenii v Rossiiskoi Arktike v usloviakh izmeneniia klimata [Citizen science as a tool for information support of decision-making in the Russian Arctic under conditions of climate change]. *Sever i rynok: formirovanie ekonomicheskogo poriadka — The North and the Market: Formation of the Economic Order*, 3(69), 40–55 [in Russian]. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2020.69.003>
- 22 Seregin, A.P., Bochkov, D.A., & Shner, J.V. et al. (2020). «Flora Rossii» na platforme iNaturalist: bolshie dannye o bioraznobrazii Bolshoi strany [“Flora of Russia” on iNaturalist: big data on biodiversity of a big country]. *Zhurnal obshchei biologii — Biology Bulletin Reviews*, 81(3), 223–233 [in Russian]. <https://doi.org/10.31857/S0044459620030070>
- 23 Auer, T., Barker, S., Borgmann, K. et al. (2010). EOD — eBird Observation Dataset. Occurrence dataset. *Cornell Lab of Ornithology*. <https://doi.org/10.15468/aomfmb>
- 24 Ivanova, N., & Shashkov, M. (2020). Contribution of citizen science to biodiversity data mobilization in Russia. *Biodiversity Information Science and Standards*, 4, e59197. <https://doi.org/10.3897/biss.4.59197>
- 25 Chapman, A. (2005). *Principles of Data Quality*, version 1.0. Copenhagen: GBIF Secretariat. <https://doi.org/10.15468/doc.jrgg-a190>

- 26 Mesibov, R. (2018). An audit of some processing effects in aggregated occurrence records. *ZooKeys*, 751, 129–146. <https://doi.org/10.3897/zookeys.751.24791>
- 27 Chapman, A.D., Belbin, L., Zermoglio, P.F. et al. (2020). Developing standards for improved data quality and for selecting fit for use biodiversity data. *Biodiversity Information Science and Standards*, 4, e50889. <https://doi.org/10.3897/biss.4.50889>
- 28 Chapman, A.D., & Wiczorek, J.R. (2020). Georeferencing best practices. *Copenhagen: GBIF Secretariat*. <https://doi.org/10.15468/doc-gg7h-s853>
- 29 Zizka, A., Silvestro, D., Andermann, T., Azevedo, J., Ritter, C.D., Edler, D., Farooq, H., Herdean, A., Ariza, M., Scharn, R., Svantesson, S., Wengström, N., Zizka, V., & Alexandre Antonelli, A. (2019). Coordinate Cleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases. *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 744–751. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13152>
- 30 Robertson, M.P., Visser, V., & Hui, C. (2016). Biogeo: An R package for assessing and improving data quality of occurrence record datasets. *Ecography*, 39, 394–401. <http://doi.org/10.1111/ecog.02118>
- 31 Seltzer, C. (2019). Making biodiversity data social, shareable, and scalable: reflections on iNaturalist & citizen science. *Biodiversity Information Science and Standards*, 3, e46670. <http://10.3897/biss.3.46670>
- 32 Edwards, J.L. (2004). Research and societal benefits of the Global Biodiversity Information Facility. *BioScience*, 54(6), 485–486. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0486:RASBOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0486:RASBOT]2.0.CO;2)
- 33 iNaturalist contributors & iNaturalist (2012). iNaturalist Research-grade Observations. *iNaturalist.org. Occurrence dataset*. <https://doi.org/10.15468/ab3s5x>
- 34 Wiczorek, J., Bloom, D., Guralnick, R., Blum, S., Döring M., Giovanni, R., Robertson, T., & Viegla, D. (2012). Darwin Core: An evolving community-developed biodiversity data standard. *PLoS ONE*, 7(1), e29715. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715>
- 35 GBIF.org (2023). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.p7pxwb>
- 36 GBIF.org (2023). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.7rmd9>

Р.Х. Кадырбеков*, С.В. Колов

Институт зоологии Комитета науки Министерства науки и высшего образования РК, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: rustem_ajjan@mail.ru

Обзор фауны тлей (*Hemiptera, Aphidomorpha*) казахстанской части хребта Кунгей Алатау (Северный Тянь-Шань)

В казахстанской части хребта Кунгей Алатау на данный момент выявлено 111 видов тлей из 55 родов, представленных семействами *Adelgidae* (1 вид, 0,8 % от общего числа выявленных видов) и *Aphididae* (110 видов, 99,2 %). Семейство *Aphididae* представлено 8 подсемействами: *Anoeiinae* (1 вид, 0,9 %), *Thelaxinae* (2, 1,8 %), *Eriosomatinae* (8, 7,3 %), *Lachninae* (4, 3,6 %), *Callaphidinae* (6, 5,5 %), *Macropodaphidinae* (1, 0,9 %), *Saltusaphidinae* (1, 0,9 %), *Chaitophorinae* (7, 6,4 %), *Aphidinae* (80 видов, 72,7 %). Больше всего видов выявлено в родах *Aphis* (24), *Chaitophorus*, *Macrosiphoniella* (по 7), *Brachycaudus* (5), *Acyrtosiphon*, *Uroleucon* (по 4), *Cinara*, *Pterocomma*, *Forda* (по 3). В остальных 46 родах отмечено по 1–2 вида. Впервые для казахстанской части хребта Кунгей Алатау указано 17 видов: *Pemphigus birimatus*, *Trama rara*, *Betulaphis brevopilosa*, *B. quadrituberculata*, *Therioaphis trifolii*, *Macropodaphis rechingeri*, *Saltusaphis scirpus*, *Chaitophorus horii beuthani*, *Aphis cisticola*, *A. salviae*, *A. taraxacicola*, *Aphidura alata*, *Rhopalomyzus codonopsidis*, *Acyrtosiphon cyparissiae turkestanicum*, *Uroleucon pseudobscurum*, *Uroleucon jaceae reticulatum*, *Macrosiphoniella antennata antennata*. *Betulaphis quadrituberculata* впервые приводится также для Казахстана и Северного Тянь-Шаня. *Chaitophorus horii beuthani* впервые найден также и в Северном Тянь-Шане. Рассмотрены также вертикально-биотопическое распределение, особенности трофической специализации, относительная численность выявленных видов тлей. Сделан зоогеографический анализ.

Ключевые слова: тли, *Aphidomorpha*, *Adelgidae*, *Aphididae*, фауна, экология, хребет Кунгей Алатау, Северный Тянь-Шань, Казахстан.

Введение

Хребет Кунгей Алатау относится к горной системе Северного Тянь-Шаня. Он вытянут в широтном направлении на 275 км, его ширина достигает 30 км. Кунгей Алатау обрамляет с севера Иссык-кульскую котловину. Высшая точка — пик Чоктал (4771 м над ур. м.) [1].

Сведения о тлях, обитающих в этом хребте, имеются в ряде работ [2–6]. Однако назрела необходимость в написании специальной статьи, посвященной фауне тлей этого горного хребта. Ниже приводится обзор тлей этого хребта, основывающийся на сборах авторов статьи, сделанных в 1987 и 2017 гг. Значком (*) помечены виды, впервые приводящиеся для хребта Кунгей Алатау, или Северного Тянь-Шаня, или Казахстана.

Результаты

Семейство *Adelgidae*

Sacchiphantes abietis (Linnaeus, 1758) — факультативно гетероциклический вид, живет в галлах на веточках молодых деревьев ели (*Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.); приурочен к хвойно-лесному поясу. Обычный, циркумбореальный борео-монтанный мезофильный вид, найденный в ущельях Курметы и Кокжазык.

Семейство *Aphididae*

Подсемейство *Thelaxinae*

Glyphina betulae (Linnaeus, 1758) — узкий олигофаг, живет на коре поросли березы (*Betula tianschanica* Rupr.); приурочен к горно-пойменным лесам, лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам. Обычный, повсеместно встречающийся, циркумбореальный борео-монтанный, мезогигрофильный вид, найденный в ущелье Курметы и долине р. Шелек.

Glyphina pseudoschrankiana (Blackman, 1989) — узкий олигофаг, живет на молодых деревцах и коре поросли березы (*Betula tianschanica* Rupr.) плотными колониями; приурочен к горно-пойменным

лесам. Редкий, евразийский борео-монтанный мезо-гигрофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Подсемейство Anoeciinae

Anoecia (Anoecia) corni (Fabricius, 1775) — факультативно гетероциклический вид, живет на корнях осок (*Carex* sp.) и злаков (*Poaceae*); приурочен к степному поясу и среднегорным разнотравным лугам. Редкий, голарктический полизональный мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы.

Подсемейство Eriosomatinae

Pemphigus (Pemphigus) birimatus (Ivanovskaja, 1973*) — узкий олигофаг, живет в маленьких круглых галлах у основания листа тополей (*Populus talassica* Kom.); встречается в горно-пойменных лесах. Редкий, алтайско-алатавский монтанный мезо-гигрофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Thecabius (Thecabius) affinis (Kaltenbach, 1843) — гетероциклический вид, живет в листовых галлах на тополях (*Populus talassica* Kom., *P. nigra* L.), летом мигрирует на корни лютика (*Ranunculus* sp.); приурочен к горно-пойменным лесам. Массовый, повсеместно встречающийся, транспалеарктический полизональный мезо-гигрофильный вид.

Prociphilus (Prociphilus) umarovi (Narzykulov, 1964) — узкий олигофаг, живет в листовых галлах на жимолости (*Lonicera tatarica* L., *L. karelinii* Bge.), приурочен к горно-пойменным лесам и листово-лесному поясу. Обычный, тарбагатайско-алатавско-туркестанский монтанный мезофильный вид, найденный в ущельях Орта-Мерке, Курметы и долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Tetraneura ulmi (Linnaeus, 1758) — гетероциклический вид, живет в небольших галлах, формирующихся на верхней стороне листьев вязов (*Ulmus pumila* L.), летом мигрирует на корни различных злаков (*Poaceae*); приурочен к предгорьям, степному и листово-лесному поясам, а также к горно-пойменным лесам. Обычный, повсеместно встречающийся, транспалеарктический полизональный мезофильный вид.

Eriosoma ulmi (Linnaeus, 1758) — гетероциклический вид, живет в спиралевидно закрученных листовых галлах на карагаче (*Ulmus pumila* L.), летом мигрирует на корни и кору стволов смородины (*Ribes* spp.); приурочен к горно-пойменным лесам и листово-лесному поясу. Обычный, повсеместно встречающийся, транспалеарктический полизональный мезофильный вид.

Forda formicaria (von Heyden, 1837) — широкий олигофаг, живет на корнях различных злаков (*Elymus dahuricus* Turcz., *Poa angustifolia* L., *Festuca sulcata* Hack.); приурочен к степному поясу. Редкий, голарктический полизональный мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы.

Forda marginata (Koch, 1857) — широкий олигофаг, живет на корнях различных злаков (*Hordeum turkestanicum* Nevski, *Leymus ramosus* (Trin.) Filat., *Dactylis glomerata* L., *Festuca alata* (Hack.) Roshev., *Elymus angustus* Trin.); широко распространен во всех горных биогеоценозах. Обычный, повсеместно встречающийся, голарктический полизональный мезо-ксерофильный вид.

Forda pawlowae (Mordvilko, 1901) — широкий олигофаг, живет на корнях различных злаков (*Hordeum turkestanicum* Nevski, *Poa angustifolia* L.); приурочен к степному поясу. Редкий, восточнотуркестанский темпорально-монтанный мезо-ксерофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Подсемейство Lachninae

Cinara (Cinara) piceae (Panzer, 1801) — олигофаг, живет на коре стволов ели (*Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.); приурочен к хвойно-лесному поясу. Массовый, повсеместно встречающийся, циркумбореальный мезофильный борео-монтанный вид.

Cinara (Cinara) pilicornis (Hartig, 1841) — узкий олигофаг, живет на коре ветвей ели (*Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.); приурочен к хвойно-лесному поясу. Обычный, повсеместно встречающийся, циркумбореальный борео-монтанный мезофильный вид.

Cinara (Cinara) pruinosa (Hartig, 1841) — узкий олигофаг, живет на коре стволов молодых 5–6-летних елей (*Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.); приурочен к хвойно-лесному поясу. Редкий, евразийский борео-монтанный мезофильный вид, найденный в ущельях Орта-Мерке, Курметы.

Trama (Trama) rara (Mordvilko, 1908*) — олигофаг, живет на корнях близких к одуванчику растений (*Taraxacum* sp., *Scorzonera* sp.) рассеянными колониями; приурочен к степному поясу. Редкий,

голарктический полизональный мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Подсемейство Callaphidinae

Clethrobius comes (Walker, 1848) — узкий олигофаг, живет на коре ветвей березы (*Betula tianschanica* Rupr.); приурочен к горно-пойменным лесам и хвойно-лесному поясу. Редкий, евразийский борео-монтанный мезо-гигрофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Euceraphis punctipennis (Zetterstedt, 1828) — узкий олигофаг, живет на верхней стороне листьев березы (*Betula tianschanica* Rupr.); приурочен к горно-пойменным лесам, лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам. Массовый, повсеместно встречающийся, евразийский борео-монтанный мезо-гигрофильный вид.

Betulaphis brevipilosa (Börner, 1940*) — узкий олигофаг, живет на нижней стороне мелких верхушечных листьев березы (*B. tianschanica* Rupr.) разрозненными колониями; встречается в лиственно-лесном и хвойно-лесном поясах. Редкий, западноевразийский борео-монтанный мезо-гигрофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Betulaphis quadrituberculata (Kaltenbach, 1843)* — узкий олигофаг, живет на нижней стороне мелких верхушечных листьев березы (*B. tianschanica* Rupr.) разрозненными колониями; встречается в горно-пойменных лесах, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Редкий, западноевразийский борео-монтанный мезо-гигрофильный вид. Для Казахстана, Северного Тянь-Шаня и хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Therioaphis (Pterocallidium) trifolii (Monell, 1882*) — олигофаг, живет на нижней стороне листьев некоторых бобовых (*Medicago falcata* L., *Trifolium pretense* L., *T. spp.*) рассеянными колониями; приурочен к степному поясу и среднегорным разнотравным лугам. Редкий, голярктический полизональный мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы. Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Tinocallis saltans (Nevsky, 1928) — монофаг, живет на нижней стороне листьев карагача (*Ulmus pumila* L.); приурочен к горно-пойменным лесам, лиственно-лесному поясу и населенным пунктам. Массовый, повсеместно встречающийся, восточнопалеарктический темпорально-монтанный мезофильный вид.

Подсемейство Macropodaphidinae

Macropodaphis rechingeri (Rемаудиере & Даватчи, 1958*) — монофаг, живет на листьях лапчатки (*Potentilla bifurca* L.) поодиночке; приурочен к степному поясу. Редкий, восточно-тетийский аридно-монтанный вид мезофильный, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Подсемейство Saltusaphidinae

Saltusaphis scirpus (Theobald, 1915*) — олигофаг, живет на листьях околотовных растений (*Carex* sp.) разрозненными колониями; приурочен к околотовным стациям. Редкий, транспалеарктический полизональный гигрофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Подсемейство Chaitophorinae

Chaitophorus capreae (Mosley, 1841) — узкий олигофаг, живет на листьях и листовых черешках ивы (*Salix argyracea* E. Wolf.); приурочен к горно-пойменным лесам. Редкий, транспалеарктический полизональный мезо-гигрофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Chaitophorus horii beuthani (Börner, 1950*) — узкий олигофаг, живет разрозненными колониями на нижней стороне листьев ивы (*Salix argyracea* E. Wolf.); встречается в горно-пойменных лесах. Редкий, западно-евразийский борео-монтанный мезо-гигрофильный вид, найденный в ущелье Кокжазык. Для Северного Тянь-Шаня и хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Chaitophorus leucomelas (Koch, 1854) — узкий олигофаг, живет на листьях, черешках и зеленых побегах тополя (*Populus talassica* Kom.); приурочен к горно-пойменным лесам. Массовый, повсеместно встречающийся, транспалеарктический полизональный мезофильный вид.

Chaitophorus populialbae populialbae (Boyer de Fonscolombe, 1841) — узкий олигофаг, живет на нижней стороне листьев осины (*Populus tremula* L.); приурочен к горно-пойменным лесам, лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам. Обычный, западно-палеарктический полизональный мезофильный подвид, найденный в ущельях Орта-Мерке и Кокжазык.

Chaitophorus populeti (Panzer, 1801) — узкий олигофаг, живет на листьях тополей (*Populus tremula* L.); приурочен к горно-пойменным лесам, лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам. Массовый, повсеместно встречающийся, транспалеарктический полизональный мезофильный вид.

Chaitophorus salijaponicus niger (Mordvilko, 1929) — узкий олигофаг, живет на нижней стороне листьев ивы (*Salix argyracea* E. Wolf., *S. viminalis* L.); приурочен к горно-пойменным лесам. Обычный, повсеместно встречающийся, транспалеарктический полизональный мезо-гигрофильный подвид.

Chaitophorus tremulae tremulae (Koch, 1854) — монофаг, живет на нижней стороне листьев осины (*Populus tremula* L.); приурочен к лиственно-лесному поясу и горно-пойменным лесам. Редкий, евразийский борео-монтанный мезофильный подвид, найденный в ущелье Курметы.

Подсемейство Aphidinae

Pterocomma rufipes (Hartig, 1841) — олигофаг, живет на коре стволов и ветвей ивы (*Salix argyracea* E. Wolf., *S. sp.*); приурочен к субальпийскому и альпийскому поясам. Редкий, евразийский борео-монтанный мезо-гигрофильный вид, найденный в ущелье Кокжазык.

Pterocomma salicis salicis (Linnaeus, 1758) — узкий олигофаг, живет на коре ветвей и стволов ивы (*Salix* spp.); приурочен к горно-пойменным лесам. Обычный, циркумбореальный борео-монтанный мезо-гигрофильный подвид, найденный в ущелье Курметы и долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Pterocomma xerophilae (Ivanovskaja, 1971) — узкий олигофаг, живет на коре ветвей ивы (*Salix* sp.); приурочен к горным горно-пойменным лесам. Редкий, алтайско-северотуркестанский борео-монтанный мезо-гигрофильный вид, найденный в ущелье Кокжазык.

Hyalopterus pruni (Geoffroy, 1762) — гетероциклический вид, живет на нижней стороне листьев дикого абрикоса (*Armeniaca vulgaris* Lam.), летом мигрирует на тростник (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. et Steud.); приурочен к горно-пойменным лесам и лиственно-лесному поясу. Массовый, повсеместно встречающийся, космополитный полизональный мезо-гигрофильный вид.

Rhopalosiphum padi (Linnaeus, 1758) — гетероциклический вид, живет на нижней стороне листьев черемухи (*Padus racemosa* (Lam.) Gilib.), летом мигрирует на злаки (Poaceae); приурочен к степному и лиственно-лесному поясам, среднегорным разнотравным лугам, а также горно-пойменным лесам. Массовый, повсеместно встречающийся, космополитный полизональный мезофильный вид.

Brachyunguis atraphaxidis (Nevsky, 1928) — узкий олигофаг, живет на листьях и зеленых побегах курчавки (*Atraphaxis virgata* (Rgl.) Krassn.); приурочен к предгорьям и к каменистым степным склонам степного пояса. Редкий, ирано-туранский, аридно-монтанный ксерофильный вид, найденный в предгорьях (окр. с. Кши Жаланаши).

Toxopterina vanderghooti (Börner, 1939) — монофаг, живет на корнях тысячелистника (*Achillea millefolium* L.); приурочен к степному поясу. Редкий, западноевразийский борео-монтанный мезо-ксерофильный вид, найденный в ущелье Курметы.

Xerobion ciniae (Nevsky, 1928) — монофаг, живет и развивается на наземных частях полыней подрода *Seriphidium* (*Artemisia* spp.); приурочен к предгорьям и степному поясу. Обычный, восточно-тетийский, аридно-монтанный, ксерофильный вид, найденный в предгорьях (окр. с. Кши Жаланаши).

Aphis (*Aphis*) *affinis* (del Guercio, 1911) — узкий олигофаг, живет на листьях мяты (*Mentha asiatica* Boriss., *M. longifolia* L.); приурочен к горно-пойменным лесам и среднегорным разнотравным лугам. Массовый; повсеместно встречающийся, западно-тетийский темпорально-монтанный гигро-мезофильный вид.

Aphis (*Aphis*) *cisticola* (Remaudiere & Leclant, 1972*) — полифаг, гетероциклический вид, факультативно мигрирующий с косточковых розоцветных на разнообразные травянистые растения (*Comarum palustre* L., *Valeriana dubia* Bge.), в Кунгей Алатау найден на патринии (*Patrinia intermedia* (Horn.) Roem. et Schult.); приурочен к степному поясу. Редкий, космополитный полизональный мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для Кунгей Алатау указывается впервые.

Aphis (Aphis) coronillae (Ferrari, 1872) — узкий олигофаг, живет на корнях клевера (*Trifolium pre-tense* L.); приурочены к среднегорным разнотравным лугам. Редкий, западно-евразиатский борео-монтанный мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы.

Aphis (Aphis) craccivora craccivora (Koch, 1854) — полифаг, живет на стеблях и листьях различных растений из семейств *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Rosaceae*, *Brassicaceae*, *Papaveraceae*, *Fabaceae*; встречается во всех биоценозах от предгорий до альпийских лугов. Массовый, повсеместно встречающийся, космополитный полизональный мезо-ксерофильный подвид.

Aphis (Aphis) fabae fabae (Scopoli, 1763) — полифаг, живет на стеблях и листьях растений семейств *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Apiaceae*; встречается во всех биоценозах от предгорий до альпийских лугов. Массовый, повсеместно встречающийся, космополитный полизональный мезофильный подвид.

Aphis (Aphis) farinosa farinosa (J.F. Gmelin, 1790) — узкий олигофаг, живет на коре зеленых побегов ивы (*Salix argyracea* E. Wolf., *S. viminalis* L.); приурочен к горно-пойменным лесам. Обычный, повсеместно встречающийся, голарктический полизональный мезо-гигрофильный подвид.

Aphis (Aphis) frangulae beccabungae (Koch, 1855) — полифаг, живет на наземных частях растений семейств *Brassicaceae*, *Onagraceae*, *Lamiaceae*, *Scrophulariaceae*; приурочен к лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам, а также к разнотравным, субальпийским и альпийским лугам. Массовый, повсеместно встречающийся, евразиатский борео-монтанный мезо-гигрофильный подвид.

Aphis (Aphis) galiiscabri (Schrank, 1801) — узкий олигофаг, живет на стеблях и листьях подмаренника (*Galium verum* L., *G. aparine* L.); встречается в степном и лиственно-лесном поясах, а также на разнотравных лугах. Обычный, повсеместно встречающийся, западно-евразиатский борео-монтанный мезофильный вид.

Aphis (Aphis) longirostris (Börner, 1950*) — монофаг, живет на корнях и корневой шейке подорожника (*Plantago lanceolata* L.) плотными колониями; приурочен к степному поясу. Редкий, западно-тетийский аридно-монтанный мезо-ксерофильный вид, найденный в предгорьях (окр. с. Кши Жаланаши). Для Кунгей Алатау указывается впервые.

Aphis (Aphis) molluginis (Börner, 1950) — узкий олигофаг, живет на корнях подмаренника (*Galium aparine* L.); приурочен к степному поясу. Редкий, евразиатский борео-монтанный мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы.

Aphis (Aphis) nasturtii (Kaltenbach, 1843) — полифаг, обнаружен на пастушьей сумке (*Capsella bursa-pastoris* L.), подорожнике (*Plantago major* L.), жестере (*Rhamnus cathartica* L.); приурочен к степному и лиственно-лесному поясам, горно-пойменным лесам и среднегорным разнотравным лугам. Обычный, повсеместно встречающийся, голарктический полизональный мезофильный вид.

Aphis (Aphis) newtoni (Theobald, 1927) — узкий олигофаг, живет на листьях касатика (*Iris tianschanica* (Maxim.) Vved.); приурочен к степному поясу. Редкий, евразиатский борео-монтанный мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы.

Aphis (Aphis) origani (Passerini, 1860) — монофаг, живет на листьях душицы (*Origanum vulgare* L.); приурочен к среднегорным разнотравным лугам. Обычный, западно-палеарктический полизональный мезофильный вид.

Aphis (Aphis) pomi (de Geer, 1773) — олигофаг, живет на листьях яблони (*Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem.) и боярышника (*Crataegus altaica* Lange); приурочен к лиственно-лесному поясу. Массовый, повсеместно встречающийся, голарктический полизональный мезофильный вид.

Aphis (Aphis) pseudocomosa (Stroyan, 1972) — узкий олигофаг, живет на стеблях и в соцветиях чины (*Lathyrus pratensis* L.); приурочен к среднегорным разнотравным лугам. Редкий, западно-евразиатский борео-монтанный мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы.

Aphis (Aphis) rumicis (Linnaeus, 1758) — узкий олигофаг, живет в соцветиях, на стеблях, листьях щавеля (*Rumex* spp.); приурочен к разнотравным лугам, горно-пойменным лесам, лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам. Массовый, повсеместно встречающийся, голарктический полизональный мезо-гигрофильный вид.

Aphis (Aphis) salviae (Walker, 1852*) — узкий олигофаг, живет на наземных частях шалфея (*Salvia nemorosa* L.) плотными колониями; приурочен к степному поясу. Редкий, западно-тетийский аридно-монтанный мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Aphis (Aphis) sedi (Kaltenbach, 1843) — олигофаг, живет на стеблях и листьях растений семейства камнеломковых (*Sedum hybridum* L., *Orostachys spinosa* (L.), С.А. Меу.); приурочен к степному поясу. Обычный, повсеместно встречающийся, голарктический полизональный мезо-ксерофильный вид.

Aphis (Aphis) spiraephaga (F.P. Muller, 1961) — гетерецийный вид, живет на молодых побегах таволги (*Spiraea hypericifolia* L.), факультативно мигрирует на травянистые растения (*Epilobium adnatum* Griseb., *Patrinia intermedia* (Horn.) Roem. et Schult., *Valeriana* sp., *Lithrum virgatum* L.); приурочен к степному и лиственно-лесному поясам, горно-пойменным лесам и среднегорным разнотравным лугам. Массовый, повсеместно встречающийся, западно-палеарктический монтанно-степной мезо-ксерофильный вид.

Aphis (Aphis) taraxacicola (Börner, 1940*) — узкий олигофаг, живет на корнях и корневой шейке одуванчика (*Taraxacum serotinum* (Waldst. et Kit.) Poir.) плотными колониями; приурочен к горно-пойменным лесам. Редкий, транспалеарктический полизональный мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Aphis (Aphis) thalictri (Koch, 1854) — узкий олигофаг, живет на нижней стороне листьев василистника (*Thalictrum collinum* L., *T. simplex* L.); приурочен к горно-пойменным лесам и разнотравным лугам. Редкий, транспалеарктический полизональный мезофильный вид, найденный в ущелье Кокжазык.

Aphis (Aphis) ucrainensis (Zhuravlyov, 1997) — узкий олигофаг, живет на молодых побегах таволги (*Spiraea hypericifolia* L.); приурочены к степному поясу. Обычный, причерноморско-казахстанско-алатавско-внутреннетяньшанский монтанно-степной мезо-ксерофильный вид.

Aphis (Aphis) urticata (J.F. Gmelin, 1790) — узкий олигофаг, живет на листьях и стеблях крапивы (*Urtica dioica* L.); приурочен к горно-пойменным лесам, разнотравным лугам, лиственно-лесному поясу. Обычный, повсеместно встречающийся, транспалеарктический полизональный мезофильный вид.

Aphis (Bursaphis) grossulariae (Kaltenbach, 1843) — гетерецийный вид, живет на листьях смородины (*Ribes meyeri* Maxim.), летом факультативно мигрирует на иван-чай (*Chamaerion angustifolium* (L.) Scop.) и кипрей (*Epilobium hirsutum* L.); приурочен к степному, лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам, а также к горно-пойменным лесам. Обычный, транспалеарктический полизональный мезофильный вид.

Brachycaudus (Brachycaudus) helichrysi (Kaltenbach, 1843) — гетерецийный вид, живущий на косточковых розоцветных и мигрирующий на многие растения из семейств *Asteraceae*, *Boraginaceae*; отмечен во всех поясах, включая альпийские луга. Массовый, повсеместно встречающийся, космополитный полизональный мезофильный вид.

Brachycaudus (Prunaphis) cardui (Linnaeus, 1758) — гетерецийный вид, живет на нижней стороне листьев косточковых плодовых, летом мигрирует на некоторые астровые (*Carduus*, *Cirsium*); приурочен к степному и лиственно-лесному поясам. Обычный, транспалеарктический полизональный мезофильный подвид.

Brachycaudus (Prunaphis) cerasicola (Mordvilko et Nevsky, 1929) — гетерецийный вид, живет в листовых галлах на войлочной вишне (*Cerasus tianschanica* Pojark.), мигрирует летом на растения семейств *Crassulaceae*, *Rosaceae*, *Lamiaceae*, *Scrophulariaceae*; приурочен к степному поясу, среднегорным разнотравным, субальпийским и альпийским лугам. Обычный, повсеместно встречающийся, тарбагатайско-туркестано-хорасанский монтанный мезо-ксерофильный вид.

Brachycaudus (Scrophulaphis) persicae (Passerini, 1860) — олигофаг, живет в листовых галлах на алыче (*Prunus sogdiana* Vassil.); приурочен к лиственно-лесному поясу. Редкий, западнопалеарктический темпорально-монтанный мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Brachycaudus (Appelia) tragopogonis (Kaltenbach, 1843) — олигофаг, живет внутри соцветий козлородника (*Tragopogon* sp.); приурочен к предгорьям и степному поясу. Обычный, западно-палеарктический полизональный ксеро-мезофильный вид.

Dysaphis (Dysaphis) foeniculus (Theobald, 1923) — широкий олигофаг, живет на корнях, иногда основании стеблей сельдерейных (*Aegopodium alpestre* Ledeb., *Seseli sessiliflorum* Schrenk, *Sium latifolium* L.); приурочен к горно-пойменным лесам, степному, лиственно-лесному, хвойно-лесному поясам, разнотравным и субальпийским лугам. Обычный, голарктический полизональный мезофильный вид.

Dysaphis (Pomaphis) pavlovskyana (Narzykulov, 1957) — узкий олигофаг, живет в листовых галлах на рябине (*Sorbus tianschanica* Rupr.); приурочен к лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам.

Редкий, алтайско-туркестано-афганский монтанный мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Semiaphis aizenbergi (Narzykulov, 1957) — узкий олигофаг, живет на нижней стороне листьев жимолости (*Lonicera microphylla* Willd.), приурочен к степному поясу. Редкий, алтайско-туркестанский монтанный мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы.

Hyadaphis tataricae (Aizenberg, 1935) — узкий олигофаг, живет в листовых галлах на жимолости (*Lonicera tatarica* L., *L. karelinii* Bge.), приурочен к горно-пойменным лесам и лиственно-лесному поясу. Обычный, повсеместно встречающийся, западноскифско-туркестанский темпорально-монтанный мезофильный вид.

Cavariella (Cavariella) aegopodii (Scopoli, 1763) — гетерацийный вид, живет на нижней стороне листьев ивы (*Salix* spp.), летом мигрирует на сельдерейные (*Aegopodium alpestre* Ledeb., *Seseli sessiliflorum* Schrenk) и иван-чай (*Chamaerion angustifolium* (L.) Scop.); приурочен к горно-пойменным лесам, разнотравным лугам, степному поясу. Обычный, космополитный полизональный мезогигрофильный вид.

Cavariella (Cavariella) theobaldi (Gillette et Bragg, 1918) — гетерацийный вид, живет на нижней стороне листьев ивы (*Salix argyracea* E. Wolf.), летом мигрирует на борщевик (*Heracleum dissectum* Ledeb.); приурочен к горно-пойменным лесам и лиственно-лесному поясу. Редкий, голарктический полизональный гигро-мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы.

Coloradoa mesasiatica (Kadyrbekov, 2004) — монофаг, живет на нижней стороне листьев полыней подрода *Seriphidium* (*Artemisia heptapotamica* Poljak., *A. sublessingiana* Poljak.); приурочен к предгорьям и степному поясу. Редкий, северотяньшаньский монтанный ксеро-мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Coloradoa viridis (Nevsky, 1929) — монофаг, живет на листьях полыни (*Artemisia vulgaris* L.); приурочен к степному поясу. Редкий, восточно-тетийский аридно-монтанный ксеро-мезофильный вид, найденный в хребте Кунгей Алатау (Невский, 1951).

Longicaudus trirhodus (Walker, 1849) — гетерацийный вид, живущий на шиповнике (*Rosa laxa* Retz.), летом мигрирует на василистник (*Thalictrum collinum* L., *T. simplex* L.); приурочен к лиственно-лесному поясу, горно-пойменным лесам и разнотравным лугам. Редкий, транспалеарктический полизональный мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Brevicoryne brassicae (Linnaeus, 1758) — широкий олигофаг, живет на нижней стороне листьев многих растений семейства Brassicaceae; приурочен к степному, лиственно-лесному поясам горно-пойменным лесам и разнотравным лугам. Обычный, повсеместно встречающийся, космополитный полизональный мезофильный вид.

Hayhurstia atriplicis atriplicis (Linnaeus, 1761) — олигофаг, живет в листовых галлах на лебеде (*Atriplex tatarica* L., *A. spp.*); приурочен к предгорьям и населенным пунктам. Обычный, повсеместно встречающийся, голарктический, полизональный, мезо-галофильный подвид.

Aphidura alata (Kadyrbekov, 2013*) — узкий олигофаг, живет на стеблях под цветками яснотки (*Cerastium holosteoides* Fries); приурочен к среднегорным разнотравным лугам. Редкий, алатавский монтанный мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы. Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Cryptomyzus (Cryptomyzus) ribis (Linnaeus, 1758) — гетерацийный вид, живет на нижней стороне листьев смородины (*Ribes meyeri* Maxim.), летом мигрирует на чистец (*Stachys palustris* L.); приурочен к горно-пойменным лесам, лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам. Обычный, транспалеарктический полизональный мезофильный вид.

Capitophorus hippophaes (Walker, 1852) — гетерацийный вид, живет на нижней стороне листьев облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.), факультативно мигрирует на горец (*Polygonum coriarium* Grig.); приурочен к горно-пойменным лесам. Редкий, голарктический полизональный гигро-мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Paraphorodon cannabis Passerini, 1860, — узкий олигофаг, живет на листьях и в соцветиях конопли (*Cannabis ruderalis* Janisch.); приурочен к предгорьям и степному поясу. Обычный, повсеместно встречающийся, широко-тетийский аридно-монтанный мезо-ксерофильный вид.

Ovatus crataegarius (Walker, 1850) — гетерацийный вид, живет на молодых побегах боярышника (*Crataegus altaicus* Lange, *C. songorica* C. Koch), летом мигрирует на мяту (*Mentha asiatica* Boriss.); приурочен к лиственно-лесному поясу. Обычный, космополитный полизональный мезофильный вид.

Nasonovia (Kakimia) dzhetisuensis (Kadyrbekov, 1995) — узкий олигофаг, живет на стеблях синюхи (*Polemonium coeruleum* L.) разрозненными колониями; приурочен к среднегорным разнотравным лугам. Редкий, алтайско-алатавский монтанный мезофильный вид, найденный в ущелье Кокжазык.

Rhopalomyzus (s.str.) *tianshanica* (Narzikulov, 1963) — узкий олигофаг, живет в листовых галлах на жимолости (*Lonicera korolkovii* Stapf.) плотными колониями; встречается в лиственно-лесном и хвойно-лесном поясах. Редкий, северотяньшанско-туркестанский монтанный мезофильный вид, найденный в ущелье Курметы.

Rhopalomyzus (Judenkoia) codonopsidis (Umarov, 1963*) — факультативно гетероцидный вид, на первичном растении-хозяине жимолости (*Lonicera karelinii* Rgl.) живет в листовых галлах плотными колониями, на промежуточном хозяине *Codonopsis clematidea* (Schrenk) Clarke — на стеблях разрозненными колониями; приурочен к лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам, а также среднегорным разнотравным лугам, найденный в ущелье Кокжазык. Редкий, алатавско-туркестано-афганский монтанный мезофильный вид. Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Titanosiphon dracunculi Nevsky, 1928 монофаг, живет на нижней стороне листьев эстрагона (*Artemisia dracunculus* L.); приурочен к горно-пойменным лесам и степному поясу. Обычный, восточно-палеарктический полизональный мезо-ксерофильный вид.

Berberidaphis lydiae (Narzykulov, 1957) — узкий олигофаг, живет на нижней стороне листьев барбариса (*Berberis sphaerocarpa* Kar. et Kir.); приурочен к горно-пойменным лесам и лиственно-лесному поясу. Редкий, тарбагатайско-алатавско-туркестанский монтанный мезофильный вид.

Acyrtosiphon (Acyrtosiphon) cyparissiae turkestanicum (Nevsky, 1929*) — узкий олигофаг, живет в соцветиях молочая (*Euphorbia virgata* Waldst. et Kit.) разрозненными колониями; приурочен к горно-пойменным лесам. Редкий, алатавско-туркестанский монтанный мезофильный подвид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Acyrtosiphon (Acyrtosiphon) boreale (Hille Ris Lambers, 1952) — узкий олигофаг, живет на стеблях лапчатки (*Potentilla asiatica* Juz., *P. supina* L.); приурочен к лиственно-лесному поясу, среднегорным разнотравным и субальпийским лугам. Редкий, циркумбореальный борео-монтанный мезофильный вид, найденный в ущелье Кокжазык.

Acyrtosiphon (Acyrtosiphon) malvae geranii (Kaltenbach, 1862) — узкий олигофаг, живет на стеблях герани (*Geranium collinum* L.); приурочен к лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам, среднегорным разнотравным и субальпийским лугам. Редкий, евразийский борео-монтанный мезофильный подвид, найденный в ущелье Кокжазык.

Acyrtosiphon (Acyrtosiphon) pisum (Harris, 1776) — широкий олигофаг, живущий на стеблях растений семейства бобовых (Fabaceae); встречается во всех биотопах и поясах, кроме предгорий. Массовый, повсеместно встречающийся, космополитный полизональный мезо-гигрофильный вид.

Staticobium latifoliae (Bozhko, 1950) узкий олигофаг, живет на стеблях кермека (*Limonium gmelini* (Willd.) Kuntze); приурочен к засоленным стациям в предгорьях. Редкий, восточнотетийский аридный галофильный вид, найденный в предгорьях (окр. с. Кши Жаланах).

Metopeurum fuscoviride (Stroyan, 1950) — узкий олигофаг, живет на стеблях пижмы (*Tanacetum vulgare* L.); приурочен к лиственно-лесному поясу и среднегорным разнотравным лугам. Обычный, западноевразийский борео-монтанный мезофильный вид.

Microsiphum ptarmicae (Cholodkovsky, 1902) — монофаг, живет на основании стеблей или корневой шейке тысячелистника (*Achillea millefolium*) плотными колониями; приурочен к степному поясу. Приведен для хребта Кунгей Алатау В.П. Невским (1951). Редкий, причерноморско-казахстанско-северотуркестанский, монтанно-степной мезофильный вид.

Sitobion (Sitobion) avenae (Fabricius, 1775) — полифаг, живет на наземных частях многих злаков (*Poa angustifolia* L., *Leymus* sp., *Millium effusum* L.); отмечен во всех биотопах и поясах, кроме криофильных альпийских лугов. Обычный, повсеместно встречающийся, космополитный полизональный мезо-ксерофильный вид.

Macrosiphum rosae rosae (Linnaeus, 1758) — факультативно гетероцидный вид, живет на молодых побегах шиповника (*Rosa acicularis* Lindl., *R. alberti* Rgl., *R. platyacantha* Schrenk), мигрирует на лапчатку (*Potentilla* sp.) и иван-чай (*Chamaerion angustifolium* (L.) Scop.); приурочен к горно-пойменным лесам, степному, лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам. Массовый, повсеместно встречающийся, космополитный полизональный мезофильный вид.

Impatiens asiaticum (Nevsky, 1929) — монофаг, живет на стеблях недотроги (*Impatiens parviflora* DC.); приурочен к горно-пойменным лесам, лиственно-лесному и хвойно-лесному поясам. Обычный, алатавско-туркестано-гималайский монтанный мезо-гигрофильный вид.

Obtusicauda moldavica moldavica (Bozhko, 1957) — монофаг, живет на стеблях полыней подрода *Seriphidium* (*Artemisia transiliensis* Poljak., *A. heptapotamica* Poljak., *A. sublessingiana* Poljak.); приурочен к предгорьям и степному поясу. Редкий, западноскифско-алатавско-внутреннетяньшанский монтанно-степной ксеро-мезофильный подвид.

Uroleucon (Uroleucon) pseudobscurum (Hille Ris Lambers, 1967*) — узкий олигофаг, живет на стеблях ястребинки (*Hieracium echioides* L., *H. virosum* Pall., *H. spp.*) разрозненными колониями; приурочен к среднегорным разнотравным и субальпийским лугам. Редкий, транспалеарктический полизональный мезофильный вид, найденный в ущелье Кокжазык. Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Uroleucon (Uroleucon) sonchi (Linnaeus, 1767) — олигофаг, живет на стеблях осота (*Sonchus asper* L., *S. arvensis* L.); приурочен к степному поясу и горно-пойменным лесам. Обычный, повсеместно встречающийся, космополитный полизональный мезофильный вид.

Uroleucon (Uromelan) jaceae jaceae (Linnaeus, 1758) — узкий олигофаг, живет на стеблях василька (*Centaurea cyanus* L., *C. ruthenica* Lam.); приурочен к степному поясу. Обычный, повсеместно встречающийся, западнопалеарктический полизональный мезо-ксерофильный подвид.

Uroleucon (Uromelan) jaceae reticulatum (Hille Ris Lambers, 1939*) — олигофаг, живет на стеблях василька (*Centaurea squarrosa* Willd.) разрозненными колониями; приурочен к предгорьям и степному поясу. Редкий, западнотетийский аридно-монтанный ксеро-мезофильный подвид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Macrosiphoniella (Phalangomyzus) antennata antennata (Holman et Szelegiewicz, 1978*) — узкий олигофаг, живет по стеблю и под цветками полыни подрода *Oligosporus* (*Artemisia dracunculus* L.) разрозненными колониями; приурочен к степному поясу. Редкий, монгольско-казахстанско-северотуркестанский монтанно-степной мезофильный подвид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты). Для хребта Кунгей Алатау указывается впервые.

Macrosiphoniella (Macrosiphoniella) artemisiae artemisiae (Boyer de Fonscolombe, 1841) — монофаг, живет на стеблях полыни (*Artemisia absinthium* L., *A. vulgaris* L.); приурочен к степному поясу и горно-пойменным лесам. Редкий, голарктический полизональный мезофильный подвид.

Macrosiphoniella (Macrosiphoniella) nitida (Börner, 1950) — монофаг, живет на эстрагоне (*Artemisia dracunculus* L.); приурочены к степному поясу. Редкий, широкоскифский монтанно-степной ксеро-мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Macrosiphoniella (Macrosiphoniella) seriphidii (Kadyrbekov, 2000) — монофаг, живет на стеблях полыни подрода *Seriphidium* (*Artemisia heptapotamica* Poljak., *A. juncea* Kar. et Kir., *A. kaschgarica* Krasch., *A. sublessingiana* Poljak., *A. sp.*); приурочен к предгорьям и нижней части степного пояса. Обычный, повсеместно встречающийся, казахстано-алтайско-турано-алатавский аридный ксерофильный вид.

Macrosiphoniella (Macrosiphoniella) salaymarszoi (Szelegiewicz, 1978) — монофаг, живет на стеблях и цветоносах полыней подрода *Seriphidium* (*Artemisia schrenkiana* Ledeb., *A. transiliensis* Poljak.); приурочен к степному поясу. Редкий, западноскифско-алатавский монтанно-степной ксерофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Macrosiphoniella (Macrosiphoniella) terraealbae (Kadyrbekov, 2000) — монофаг, живет на стеблях полыни подрода *Seriphidium* (*Artemisia sublessingiana* Poljak., *A. terraealbae* Krasch.); приурочен к аридным предгорьям. Редкий, прибалхашско-джунгарский пустынный ксерофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Macrosiphoniella (Asterobium) galatellae (Bozhko, 1953) — узкий олигофаг, живет на стеблях солонечника (*Galatella biflora* (L.) Nees., *G. punctata* (Waldst. et Kit.) Nees.); приурочен к предгорьям и степному поясу. Обычный, западноскифско-алатавско-северотуркестанский аридный ксеро-мезофильный вид, найденный в долине р. Шелек (окр. с. Саты).

Обсуждение

По результатам наших исследований и данным литературных источников в казахстанской части хребта Кунгей Алатау на данный момент известно 111 видов тлей из 55 родов, представленных семействами Adelgidae (1 вид, 0,8 % от общего числа выявленных видов) и Aphididae (110 видов, 99,2

%). Семейство Aphididae представлено 8 подсемействами: *Anoeciinae* (1 вид, 0,9 %), *Thelaxinae* (2, 1,8 %), *Eriosomatinae* (8, 7,3 %), *Lachninae* (4, 3,6 %), *Callaphidinae* (6, 5,5 %), *Macropodaphidinae* (1, 0,9 %), *Saltusaphidinae* (1, 0,9 %), *Chaitophorinae* (7, 6,4 %) *Aphidinae* (80 видов, 72,7 %) (рис. 1).

В этом семействе в казахстанской части хребта Кунгей Алатау наиболее богаты видами подсемейства *Aphidinae*, *Chaitophorinae*, *Eriosomatinae*, *Callaphidinae*.

Больше всего видов выявлено в родах *Aphis* (24), *Chaitophorus*, *Macrosiphoniella* (по 7), *Brachycaudus* (5), *Acyrtosiphon*, *Uroleucon* (по 4), *Cinara*, *Pterocomma*, *Forda* (по 3). В остальных 46 родах отмечено по 1–2 видам.

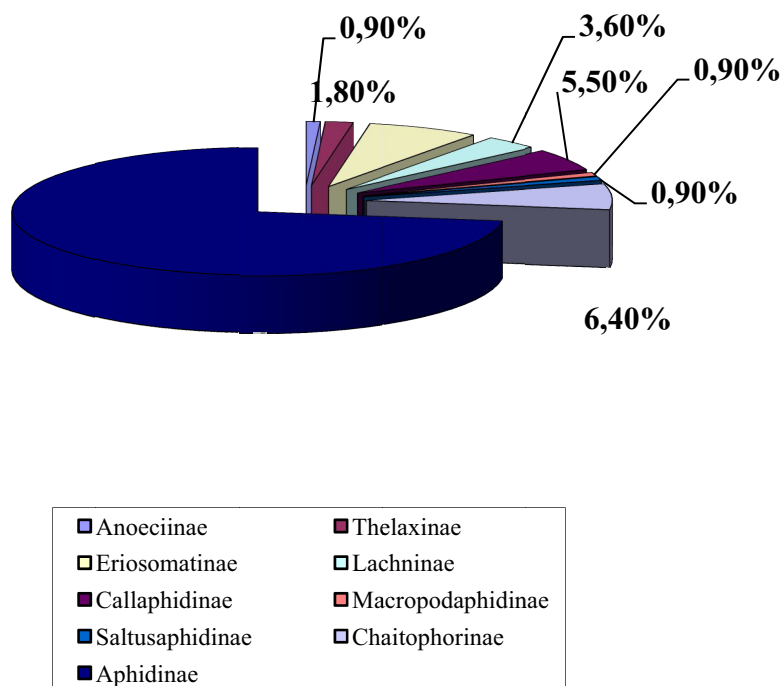


Рисунок 1. Процентное соотношение видового разнообразия подсемейств в семействе *Aphididae* в казахстанской части хребта Кунгей Алатау

Впервые для казахстанской части хребта Кунгей Алатау указано 17 видов: *Pemphigus birimatus*, *Trama rara*, *Betulaphis brevipilosa*, *B. quadrituberculata*, *Therioaphis trifolii*, *Macropodaphis rechingeri*, *Saltusaphis scirpus*, *Chaitophorus horii beuthani*, *Aphis cisticola*, *A. salviae*, *A. taraxacicola*, *Aphidura alata*, *Rhopalomyzus codonopsidis*, *Acyrtosiphon cyparissiae turkestanicum*, *Uroleucon pseudobscurum*, *Uroleucon jaceae reticulatum*, *Macrosiphoniella antennata antennata*. *Betulaphis quadrituberculata* впервые приводится также для Казахстана и Северного Тянь-Шаня. *Chaitophorus horii beuthani* впервые найден также и в Северном Тянь-Шане.

В вертикальной поясности хребта Кунгей Алатау просматривается 7 вертикальных поясов, один аazonальный биотоп и населенные пункты: предгорья- выявлено 18 видов тлей, кустарниково-степной пояс — 47 видов, среднегорные разнотравные луга — 32, лиственный-лесной пояс — 45, хвойно-лесной пояс — 31, субальпийский пояс — 14, альпийский пояс — 8, горно-пойменные леса — 50, населенные пункты — 20 видов. Соответственно, картина вертикально-поясного распределения видов тлей остается характерной для горных хребтов — с минимумом в предгорьях, с наибольшей заселенностью видов тлей в более высоких поясах: от кустарниковых степей до лиственного-лесного пояса; далее в хвойно-лесном поясе происходит резкое падение видового разнообразия тлей (32 вида) и с очень резким падением видового разнообразия в высокогорных поясах (субальпийские и альпийские луга). Больше всего видов выявлено в кустарниково-степном поясе (рис. 2).

По трофической специализации выявленные виды тлей распределяются следующим образом: полифаги (6 видов, 5,4 % от общего видового разнообразия), широкие олигофаги (6, 5,4 %), олигофаги (12, 10,8 %), узкие олигофаги (49, 44,1 %), монофаги (18, 16,2 %), гетероциклические виды (20, 18,1 %) (рис. 3). Как видно из рисунка 3, среди трофических групп тлей преобладают узкие олигофаги, кото-

рых почти 45 % от всех выявленных видов. Достаточно много также монофагов и гетерецийных видов.

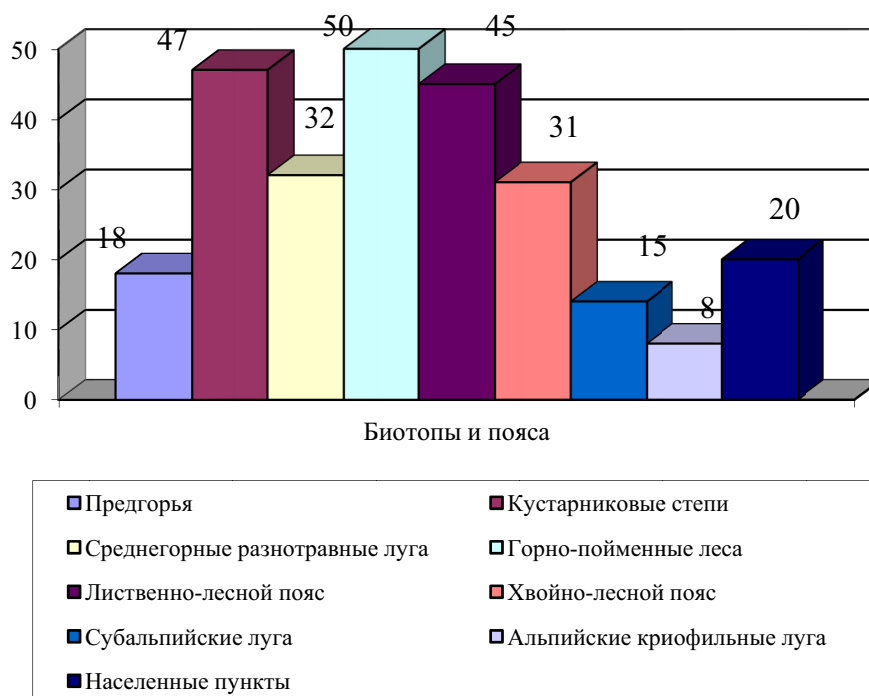


Рисунок 2. Вертикально-биотопическое распределение видов тлей в казахстанской части хребта Кунгей Алатау

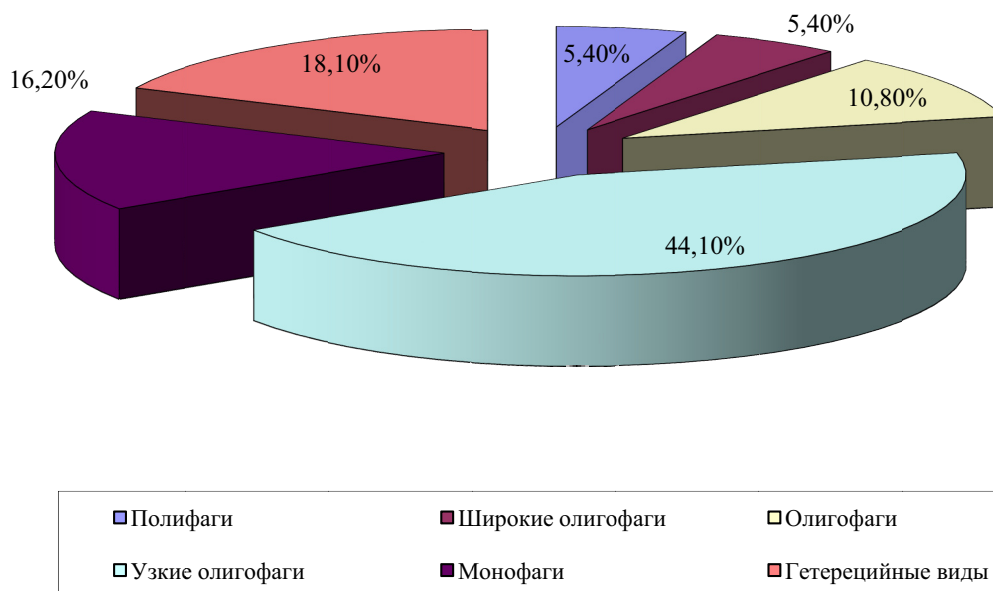


Рисунок 3. Особенности трофической специализации тлей в казахстанской части хребта Кунгей Алатау

Относительную численность тлей мы рассматривали по трехбальной шкале обилия: массовые (17 видов), обычные (38), редкие (56) (рис. 4). Заметное преобладание редких видов над обычными, означает, что фауна тлей в этом хребте изучена достаточно полно.

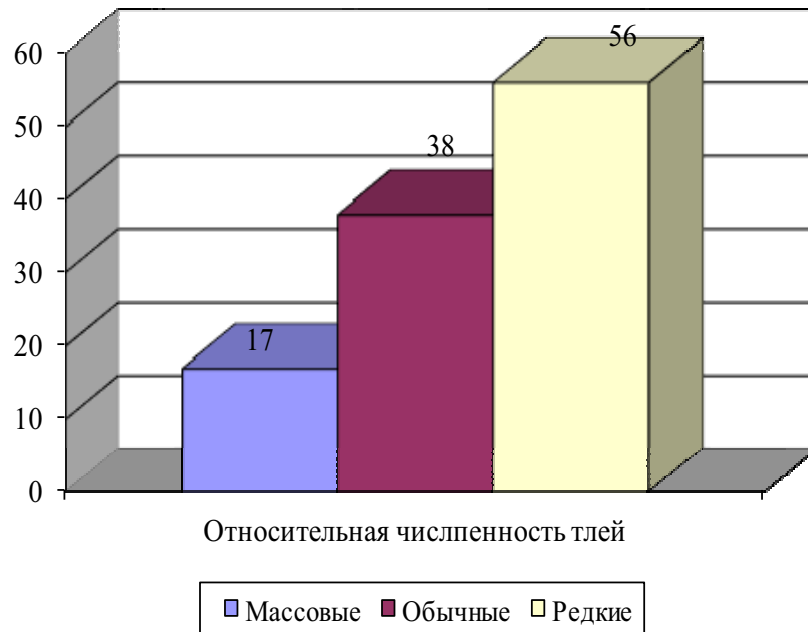


Рисунок 4. Соотношение видов тлей в казахстанской части хребта Кунгей Алатау по относительной численности

Выявленные виды тлей по классификации ареалов А.Ф. Емельянова [7] относятся к 33 типам: космополитные (13 видов, 11,7 % от общего числа видов), голарктические (15, 13,5 %), транспалеарктические (16, 14,4 %), западнопалеарктические (6, 5,4 %), восточнопалеарктические (2, 1,8 %), циркумбореальные (6, 5,4 %), евразийские бореальные (10, 9,1 %), западноевразийские бореальные (8, 5,7 %), широкотетийские (1, 0,9 %), западотетийские (4, 3,6 %), восточнотетийские (5, 4,5 %), ирано-туранские (1, 0,9 %), западноскифско-алтайско-алатавские (2, 1,8 %), широкоскифские (1, 0,9 %), западноскифско-алатавско-туркестанские (1, 0,9 %), западноскифско-алатавско-внутреннетяньшанские (1, 0,9 %), причерноморско-казахстано-алатавско-внутреннетяньшанские (1, 0,9 %), причерноморско-казахстанско-туркестанские (1, 0,9 %), монгольско-алатавско-туркестанские (1, 0,9 %), тарбагатайско-туркестано-хорасанские (2, 1,8 %), западномонгольско-алтайско-алатавские (1, 0,8 %), казахстано-алтайско-турано-алатавские (1, 0,8 %), алтайско-туркестано-афганские (1, 0,9 %), алтайско-туркестанские (2, 1,8 %), алтайско-алатавские (2, 1,8 %), казахстано-алтайско-алатавско-туркестанские (1, 0,9 %), тарбагатайско-туркестано-хорасанские (1, 0,9 %), тарбагатайско-алатавско-туркестанские (1, 0,9 %), алатавско-туркестано-гималайские (1, 0,9 %), алатавско-туркестанские (1, 0,9 %), северотяньшанско-туркестанские (1, 0,9 %), алатавские (1, 0,9 %), северотяньшанские (1 вид, 0,9 %).

Из приведенных выше данных следует, что в фауне тлей казахстанской части хребта Кунгей Алатау заметно преобладают широко распространенные виды (68,5 %).

Виды, не выходящие за пределы Тетийского подцарства Палеарктики, составляют соответственно 31,5 %.

Если распределить эти ареалы по более крупным делениям — зоогеографическим элементам, то мы получим следующую картину: космополиты (13 видов, 11,7 % от общего числа видов), голарктические (15, 13,5 %), палеарктические (24, 21,6 %), бореальные (24, 21,6 %), тетийские (10, 9,0 %), скифские степные (9, 8,2 %), ирано-туранские (2, 1,8 %), горносреднеазиатские (13 видов, 11,7 %) (рис. 5).

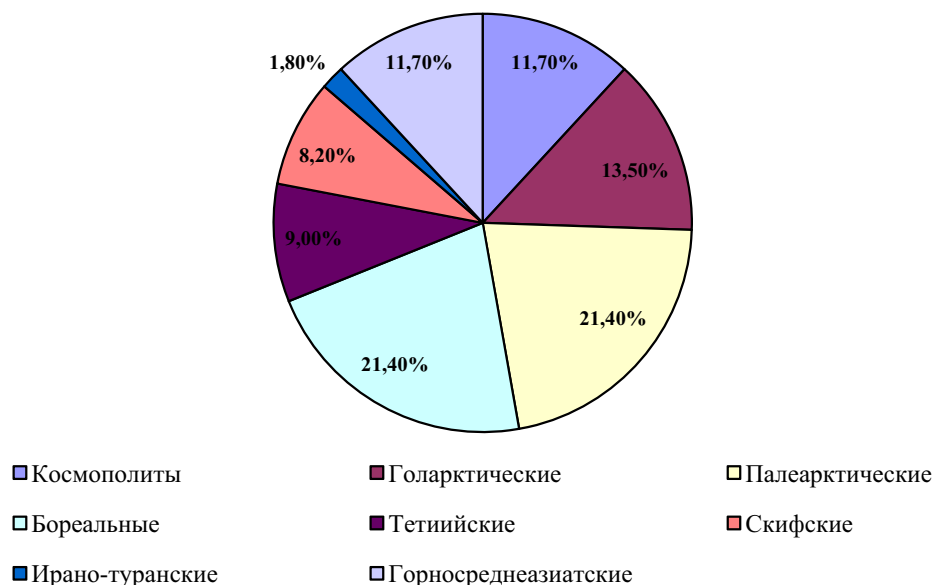


Рисунок 5. Процентные соотношения видов, входящих в состав зоогеографических элементов, в казахстанской части хребта Кунгей Алатау

Как видно из рисунка 5, широко распространенные зоогеографические элементы составляют основу фауны тлей хребта Кунгей Алатау. Среди них выделяется высокий процент бореальных видов (21,4 %), которых столько же сколько палеарктических. Проценты степных, тетийских вполне нормальные для Северного Тянь-Шаня, процент ирано-туранских видов заметно ниже нормы. Процент горносреднеазиатских видов достаточно высок (11,7 %).

Заключение

В целом, фауна тлей казахстанской части хребта Кунгей Алатау достаточно своеобразна, учитывая высокие проценты горносреднеазиатских и бореальных видов, и вполне соответствует общим особенностям фауны тлей Северного Тянь-Шаня [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (тема № BR10965224-ОТ-21).

Список литературы

- 1 Чупахин В.М. Физическая география Казахстана / В.М. Чупахин. — Алма-Ата, 1968. — 260 с.
- 2 Кадырбеков Р.Х. К фауне дендрофильных тлей (*Homoptera, Aphidinea*) естественных биоценозов Юго-Восточного Казахстана / Р.Х. Кадырбеков // Деп. ВИНТИ. — 1990. — Алма-Ата. — № 4736-B90. — С. 1–37.
- 3 Кадырбеков Р.Х. К фауне тлей (*Homoptera, Aphidinea*) Северного Тянь-Шаня / Р. Х. Кадырбеков // Tethys Entomological Research. — 2007. — Вып. 14. — С. 165–192.
- 4 Кадырбеков Р.Х. Тли (*Hemiptera: Aphidoidea, Phylloxeroidea*) Казахстана (Аннотированный список) / Р. Х. Кадырбеков. — Алматы, 2017. — 584 с.
- 5 Невский В.П. К познанию фауны тлей (*Homoptera, Aphidoidea*) Южного Казахстана / В.П. Невский // Тр. Всесоюз. энтомол. общ-ва. — 1951. — Т. 43. — С. 37–64.
- 6 Юхневич Л.А. К фауне тлей (*Aphidoidea*) хвойных пород Центрального и Юго-Восточного Казахстана / Л.А. Юхневич // Тр. Ин-та зоологии АН Казахской ССР. — 1962. — Т. 18. — С. 150–154.
- 7 Емельянов А.Ф. Предложения по классификации и номенклатуре ареалов / А.Ф. Емельянов // Энтомологическое обозрение. — 1974. — Т. 53. — Вып. 3. — С. 497–522.

Р.Х. Қадырбеков, С.В. Колов

Күнгей Алатау жотасының қазақстанстандық бөлігіндегі (Солтүстік Тянь-Шань) бітелердің фаунасы (Hemiptera, Aphidomorpha) Шолу

Қазіргі кезде Күнгей Алатау жотасының қазақстандық бөлігінде бітелердің Adelgidae (1 түр, жалпы анықталған түрлердің 0.8%-ы) және Aphididae (110 түр, 99.2%-ы) туыстарының 55 тұқымдасына жататын 111 түрі анықталды. Aphididae туыстасының 8 туыстас тармағы көрсетілген: Anoeciinae (1 түр, 0.9%), Thelaxinae (2, 1.8%), Eriosomatinae (8, 7.3%), Lachninae (4, 3.6%), Callaphidinae (6, 5.5%), Macropodaphidinae (1, 0.9%), Saltusaphidinae (1, 0.9%), Chaitophorinae (7, 6.4%), Aphidinae (80, 72.7%). Ең көп түр *Aphis* (24), *Chaitophorus*, *Macrosiphoniella* (7 түрден), *Brachycaudus* (5), *Acyrtosiphon*, *Uroleucon* (4 түрден), *Cinara*, *Pterocomma*, *Forda* (3 түрден) тұқымдастарынан анықталған. Қалған 46 тұқымдастардан 1-2 түрден көрсетілген. Күнгей Алатау жотасының қазақстандық бөлігінен 17 түр алғаш рет көрсетіліп отыр. Олар: *Pemphigus birimatus*, *Trama rara*, *Betulaphis brevipilosa*, *B. quadrituberculata*, *Therioaphis trifolii*, *Macropodaphis rechingeri*, *Saltusaphis scirpus*, *Chaitophorus horii beuthani*, *Aphis cisticola*, *A. salviae*, *A. taraxacicola*, *Aphidura alata*, *Rhopalomyzus codonopsidis*, *Acyrtosiphon cyparissiae turkestanicum*, *Uroleucon pseudobscurum*, *Uroleucon jaceae reticulatum*, *Macrosiphoniella antennata antennata*. Қазақстан және Солтүстік Тянь-Шань үшін *Betulaphis quadrituberculata* түрі алғаш рет келтірілді. Солтүстік Тянь-Шаньда *Chaitophorus horii beuthani* алғаш рет табылды. Сонымен қатар, анықталған бітелердің тіктік-биотопикалық орналасуы, коректік байланыстарының бейімделу ерекшелігі, салыстырмалы саны қарастырылған. Зоогеографиялық талдау жасалынған.

Кілт сөздер: бітелер, Aphidomorpha, Adelgidae, Aphididae, фауна, экология, түр құрамы, Қазақстан, Солтүстік Тянь-Шань, Күнгей Алатау.

R.Kh. Kadyrbekov, C.V. Kolov

Review of the aphids fauna (Hemiptera, Aphidomorpha) of the Kazakh part of the Kungey Alatau ridge (North Tien-Shan)

At the moment, 111 species of aphids from 55 genera have been identified in the Kazakh part of the Kungey Alatau ridge, represented by the families Adelgidae (1 species, 0.9% of the total number of identified species) and Aphididae (110 species, 99.1%). The family Aphididae is represented by 9 subfamilies: Anoeciinae (1 species, 0.9%), Thelaxinae (2, 1.8%), Eriosomatinae (8, 7.3%), Lachninae (4, 3.6%), Callaphidinae (6, 5.5%), Macropodaphidinae (1, 0.9%), Saltusaphidinae (1, 0.9%), Chaitophorinae (7, 6.4%), Aphidinae (80, 72.7%). In this subfamily, the subfamilies Aphidinae, Chaitophorinae, Eriosomatinae, and Callaphidinae are always the richest in species. The most species have been identified in the genera *Aphis* (24), *Chaitophorus*, *Macrosiphoniella* (species each 7), *Brachycaudus* (5), *Acyrtosiphon*, *Uroleucon* (species each 4), *Cinara*, *Pterocomma*, *Forda* (species each 3). In the remaining 46 genera, 1-2 species were noted. For the first time, 17 species or subspecies are indicated for the Kazakh part of the Kungey Alatau ridge *Pemphigus birimatus*, *Trama rara*, *Betulaphis brevipilosa*, *B. quadrituberculata*, *Therioaphis trifolii*, *Macropodaphis rechingeri*, *Saltusaphis scirpus*, *Chaitophorus horii beuthani*, *Aphis cisticola*, *A. salviae*, *A. taraxacicola*, *Aphidura alata*, *Rhopalomyzus codonopsidis*, *Acyrtosiphon cyparissiae turkestanicum*, *Uroleucon pseudobscurum*, *Uroleucon jaceae reticulatum*, *Macrosiphoniella antennata antennata*. *Betulaphis quadrituberculata* the first time for Kazakhstan and North Tien Shan. *Chaitophorus horii beuthani* the first time for North Tien Shan too. The vertical biotopic distribution, trophic specialization features, and the relative abundance of identified aphid species are also considered. A zoogeographic analysis was made.

Keywords: Aphids, Aphidomorpha, Adelgidae, Aphididae, fauna, ecology, Ketmen ridge, North Tien Shan, Kazakhstan.

References

- 1 Chupahin, V.M. (1968). Fizicheskaya geografiya Kazakhstana [Physical geography of Kazakhstan]. Alma-Ata [in Russian].
- 2 Kadyrbekov, R.Kh. (1990). K faune dendrofilnykh tlei (*Homoptera*, *Aphidinea*) estestvennykh biotsenozov Yugo-Vostochnogo Kazakhstana [To the fauna of dendrophilic aphids (*Homoptera*, *Aphidinea*) of natural biocenoses of Southeast Kazakhstan]. *Deposit VINITI — Deposit of VINITI. Alma-Ata*, 4736-90, 1–37 [in Russian].

- 3 Kadyrbekov, R.Kh. (2007). K faune tlei (*Homoptera, Aphidinea*) Severnogo Tian-Shania [To the fauna of aphids (*Homoptera, Aphidinea*) of Northern Tien Shan]. *Tethys Entomological Research*, 14, 165–192 [in Russian].
- 4 Kadyrbekov, R.Kh. (2017). Tli (*Hemiptera: Aphidoidea, Phylloxeroidea*) Kazakhstana (Annotirovannyi spisok) [Aphidoidea (*Hemiptera: Aphidoidea, Phylloxeroidea*) of Kazakhstan (Annotated list)]. Almaty [in Russian].
- 5 Nevskii, V.P. (1951). K poznaniyu fauny tlei (*Homoptera, Aphidoidea*) Yuzhnogo Kazakhstana [To the knowledge of the fauna of aphids (*Homoptera, Aphidoidea*) of Southern Kazakhstan]. *Trudy Vsesoiuznogo entomologicheskogo obshchestva — Proceedings of the All-Union Entomological Society*, 43, 37–64 [in Russian].
- 6 Yukhnovich, L.A. (1962). K faune tlei (*Aphidoidea*) khvoinykh porod Tsentralnogo i Yugo-Vostochnogo Kazakhstana [To fauna of aphids (*Aphidoidea*) of conifers of Central and Southeast Kazakhstan]. *Trudy Instituta zoologii Akademii nauk Kazakhskoi SSR — Proceedings of Institute of Zoology of Kazakh SSR*, 18, 150–154 [in Russian].
- 7 Yemel'yanov, A.F. (1974). Predlozheniya po klassifikatsii i nomenklature arealov [Proposals for classification and range nomenclature]. *Entomologicheskoe obozrenie — Entomological observation*, 53(3), 497–522 [in Russian].

L.V. Kim^{1,2*}, M.Ye. Salmenova¹, A.B. Yeszhanov¹¹*Institute of Zoology, the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, al-Farabi Av. 93, Almaty 050060, Kazakhstan;*²*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan***Corresponding author: kim.leonid2606@mail.ru*

On the jumping spider (*Araneae, Salticidae*) fauna of Almaty city (Republic of Kazakhstan)

Spider fauna of urban landscapes in some countries remains unexplored enough. Cities of Kazakhstan are not exceptions. Meanwhile, spiders are one of the important components of ecological communities. One of the most common and most numerous families in terms of species diversity is Salticidae — the jumping spiders. In this study we provide new records of some jumping spider species from Almaty city. In result, we spotted 10 species belonging to 9 genera of Salticidae family in total. *Attulus fasciger* (Simon, 1880) was recorded for the first time for Kazakhstan range and Almaty city in particular. The illustrations of general morphology and copulatory organs of *A. fasciger* are also provided. The results are expected to be used for further studies of the spider fauna of Almaty region, as well as to update cadastral materials on the region.

Keywords: Aranei, fauna, new records.

Introduction

The fauna of spiders of the cities of Kazakhstan, and Almaty in particular, remains poorly studied. There are only data on Nur-Sultan [1] and single amateur observations listed in the GBIF global repository [2]. Other information on complex studies of cities of Kazakhstan we could not find. At the same time, this kind of research in human settlements is relatively well conducted in other countries. Research on spiders in settlements was carried out in India [3], in Mexico [4], Belgium [5], Indonesia [6], etc.

Meanwhile, spiders are also part of the urban ecosystem. As predators, mainly hunting other arthropods, they themselves are food for other animals, including insects. And the largest (= most spacious) spider family in the world is Salticidae — the jumping spiders. They are widespread around the world, consisting of small to medium-sized spiders and numbering some 6431 species described worldwide [7]. As of 2017, 157 species were recorded in Kazakhstan [8]. They are active predators, often diurnal. Representatives of this family demonstrate relatively complex behavior, have object vision and rely on it during hunt [9, 10]. As the other spider groups, jumping spiders are significantly sensitive to anthropogenic disturbances [11–13].

This study has a faunistic character and is aimed at updating the available data on the species of jumping spiders inhabiting the territory of Almaty city. We suppose that this work will fill the existing gap in the periodicity of faunistic studies of the region.

Experimental

Specimens were collected predominantly manually, by catching in bottles or vials from July 2020 to June 2022 on territory of Almaty city. The material from pitfall traps [14, 15] was included in this work. The traps were located in park areas of A. Baitursynov square (43.247N 76.927E, 6 traps for 5 days), Al-Farabi Kazakh National University campus (43.222N 76.921E, 18 traps for 5 days) and Sairan reservoir (43.243N 76.865E, 17 traps for 5 days).

The identification of species was carried out using araneae — Spiders of Europe [16], Jumping spiders (Arachnida: Araneae: Salticidae) of the world [17] and [18]. This work does not take into account juveniles, which are not identifiable to species.

The collected material was fixed in 70 % ethanol and labeled, first with a temporary date, time, and serial number and then, after identification, with permanent labels. We used MBS-9 binocular stereoscopic microscope (“LOMO”, Russian Federation) during identification. The spiders were filmed with a smartphone camera “Samsung Galaxy A50” (“Samsung Electronics”, Republic of Korea), using a macro lens with 4x magnification. Photos and videos were taken using the “Timestamp Camera Free” (ver. 1.202) program, thanks to which the date, time, location and coordinates were placed on them.

All material belongs to zoological collection of Institute of zoology, the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan. The information about distribution of species provided according to World Spider Catalog [7], while data about habitat and maturity period — according to “Spiders of Kazakhstan” [19] and araneae — Spiders of Europe [16].

Results and Discussion

The list of species that we spot on the territory of city during research is given below.

Family Salticidae Blackwall, 1841

Genus *Aelurillus* Simon, 1885

Aelurillus v-insignitus (Clerck, 1757)

Material: Kazakhstan: 1♂, Almaty, Sairan, western coast, hortobium, 43.239N 76.866E, pitfall traps, 15-20.04.2021 (leg. L.V. Kim).

Distribution: Europe, Turkey, Caucasus, Russia (Europe to Far East), Kazakhstan, Central Asia, China.

Habitat: Ground-dweller, common on south-facing slopes of stony steppes, stony debris and pebble riverbanks.

Maturity period: May to June.

Genus *Attulus* Simon, 1889

Attulus fasciger (Simon, 1880)

Material: Kazakhstan: 3♂♂ 1♀, Almaty, Shevchenko str., 102, on walls, 43.2449N 76.9327E, manual collecting, 27.07.2020 (leg. L.V. Kim).

Distribution: Russia (Middle Siberia to Far East), China, Korea, Japan. Introduced to North America.

Habitat: Artificial structures, such as stone walls, wooden sheds, buildings, greenhouses and farmhouses [20].

Maturity period: May to November [20].

Remark: First record in Kazakhstan.

Genus *Evarcha* Simon, 1902

Evarcha arcuata (Clerck, 1757)

Material: Kazakhstan: 1♂ 1♀, Almaty, KazNU campus, hortobium, 43.2228N 76.9199E, manual collecting, 5.10.2020 (leg. L.V. Kim).

Distribution: Europe, Turkey, Caucasus, Russia (Europe to Far East), Kazakhstan, Iran, Central Asia, China, Japan.

Habitat: In open habitats on low vegetation, mainly moist habitats, but also on dry heathland.

Maturity period: April to September, but males to October.

Genus *Heliophanus* C.L. Koch, 1833

Heliophanus potanini Schenkel, 1963

Material: Kazakhstan: 1♀, Almaty, Shevchenko str., 89b, herpetobium, 43.2451N 76.9313E, manual collecting, 20.06.2021 (leg. L.V. Kim); 1♀, Almaty, Shevchenko str., 89b, herpetobium, 43.2451N 76.9313E, manual collecting, 25.07.2021 (leg. L.V. Kim).

Distribution: Afghanistan, Central Asia, Mongolia, China.

Habitat: No data.

Maturity period: April to September.

Remark: Second female was pregnant, 5 juveniles came out from the egg sac on 22.08.2021 (at least 29 days).

Heliophanus turanicus Charitonov, 1969

Material: Kazakhstan: 1♂, Almaty, Shevchenko str., 89b, herpetobium, 43.2454N 76.9328E, manual collecting, 5.05.2021 (leg. L.V. Kim).

Distribution: Kazakhstan, Central Asia.

Habitat: No data.

Maturity period: May to June, but males to October.

Genus *Philaeus* Thorell, 1869

Philaeus chrysops (Poda, 1761)

Material: Kazakhstan: 1♀, Almaty, country house, on terrace, 43.1981N 76.9565E, manual collecting, 18.06.2021 (leg. L.V. Kim); 1♀, Almaty, near Almaty Arena, hortobium, 43.2664N 76.8178E, manual collecting, 06-07.2021 (leg. A.B. Yeszhanov); 1♀, Almaty, Zhetysu-1 microdistrict, manual collecting, 15.10.2021 (leg. Yu.A. Zima).

Distribution: Europe (not Scandinavia), North Africa to Middle East, Turkey, Caucasus, Russia (Europe to Far East), Iran, Central Asia, Afghanistan, China, Mongolia, Korea.

Habitat: Common dweller of south-facing stony slopes and pebble riverbanks.

Maturity period: May to June, but females until August.

Remark: First female was pregnant, egg sac spotted on 23.06.2021. 23 juveniles hatched on 4.07.2021 (at least 12 days).

Genus *Phlegra* Simon, 1876

Phlegra fasciata (Hahn, 1826)

Material: Kazakhstan: 1♂, Almaty, near Almaty Arena, hortobium, 43.2664N 76.8178E, manual collecting, 06-07.2021 (leg. A.B. Yeszhanov).

Distribution: Europe, Turkey, Caucasus, Russia (Europe to Far East), Kazakhstan, Central Asia, Iran, Afghanistan, India, China, Mongolia, Korea, Japan.

Habitat: Ground-dweller, occurring in grass, under stones, on pebble riverbanks and stony lakeshores.

Maturity period: May to June.

Genus *Pseudeuophrys* Dahl, 1912

Pseudeuophrys obsoleta (Simon, 1868)

Material: Kazakhstan: 1♂, Almaty, Gogol str., 133, on the iron fence, 43.2590N 76.9313E, manual collecting, 2.05.2022 (leg. L.V. Kim); 1♂ 1♀, Almaty, KazNU campus, hortobium, 43.2192N 76.9218E, manual collecting, 27.05.2021 (leg. L.V. Kim).

Distribution: Europe (not Scandinavia), Turkey, Caucasus, Russia (Europe to Far East), Iran, Kazakhstan, Central Asia, China.

Habitat: Mixed forests, on lower parts of tree trunks and also on south-facing stony slopes.

Maturity period: May to June, but females until August.

Genus *Pseudicius* Simon, 1885

Pseudicius courtauldi Bristowe, 1935

Material: Kazakhstan: 1♀, Almaty, Esentai river, on the iron fence, 43.2349N 76.9203E, manual collecting, 12.05.2022 (leg. L.V. Kim); 2♂♂, Almaty, Esentai river, on the iron fence, 43.2349N 76.9203E, manual collecting, 14.05.2022 (leg. L.V. Kim).

Distribution: Greece to China.

Habitat: A dweller of standing tree trunks, under loose bark and in bark crevices.

Maturity period: June to August, but overwintering specimens can be collected in November to January.

Genus *Rudakius* Prószyński, 2016

Rudakius cinctus (O. Pickard-Cambridge, 1885)

Material: Kazakhstan: 1 sub-adult ♀, Almaty, Zhibek Zholy str., 124, dendrobium, 43.2619N 76.9438E, manual collecting, 3.08.2020 (leg. L.V. Kim); 2♀♀, Almaty, Institute of Zoology, 43.211N 76.912E, manual collecting, 28.02.2022 (leg. L.V. Kim et A.K. Bekitayeva); 1♂, Almaty, Esentai river, on the iron fence, 43.2349N 76.9203E, manual collecting, 12.05.2022 (leg. L.V. Kim).

Distribution: Azerbaijan, Iran, Central Asia to China.

Habitat: No data.

Maturity period: No data.

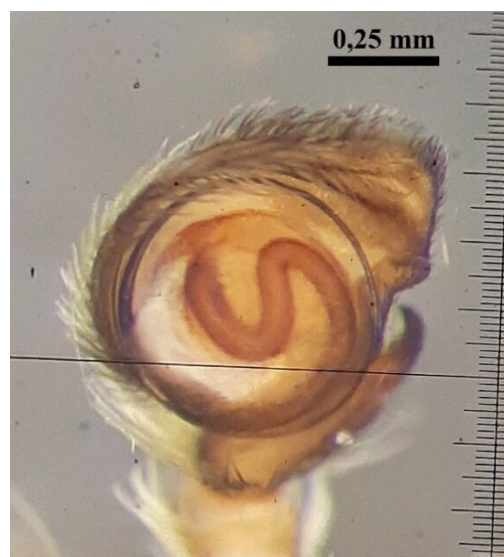
We recorded 24 individuals of 10 species belonging to 9 genera of Salticidae family in total. Several species were observed outside the specified maturity period. *Aelurillus v-insignitus* (Clerck, 1757) and *Pseudicius courtauldi* Bristowe, 1935 were found earlier, while females of *Evarcha arcuata* (Clerck, 1757) and *Philaeus chrysops* (Poda, 1761) were spotted later. Probably they were not noted at those periods. A sin-

gle individual of *A. v-insignitus* is the only member of the family that was found using pitfall traps — thereby it is suggested that this method is inefficient for salticid spider collecting at least in this case.

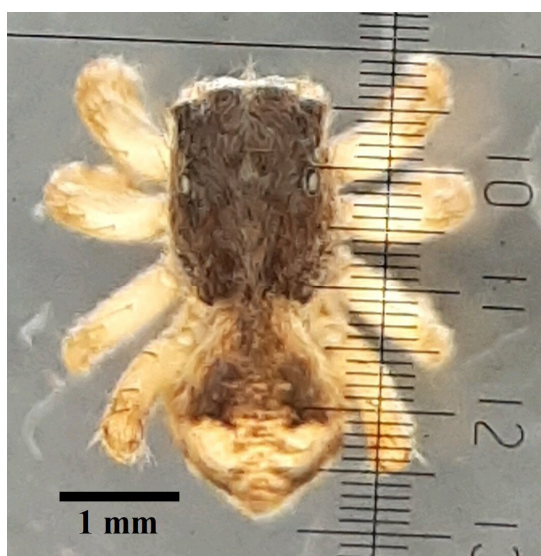
According to previous publications of other researchers, we assume that *Attulus fasciger* (Simon, 1880) was recorded for the first time from Kazakhstan and Almaty city in particular [21-23]. It was considered by Jerzy Prószyński in 1968 [24] as a synonym of *Attulus godlewskii* (Kulczyński, 1895) — morphologically similar to *A. fasciger* species, that resides in West Asia and described by Kulczyński from a single, damaged female specimen. Later, Prószyński revived *A. godlewskii* and *A. fasciger* as valid species (self-correction) [22]. However, in publications both of these species were recorded in the Kazakhstan exactly [7, 20, 25, 26].



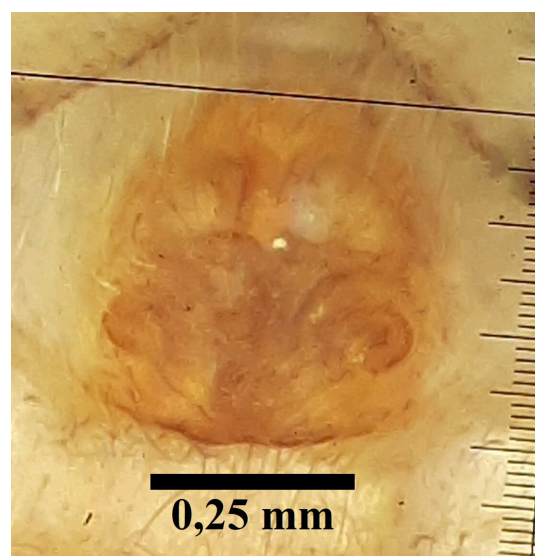
a — *Attulus fasciger* (Simon, 1880), male habitus. Magnification — 8x



b — *Attulus fasciger* (Simon, 1880), male left palp. Magnification — 56x



c — *Attulus fasciger* (Simon, 1880), female habitus. Magnification — 8x



d — *Attulus fasciger* (Simon, 1880), female epigine. Magnification — 56x

Figure 1. *Attulus fasciger* (Simon, 1880), male (a, b) and female (c, d) from Almaty city.

Conclusions

24 individuals of 10 species belonging to 9 genera of Salticidae family is recorded in total. *Attulus fasciger* (Simon, 1880) was recorded for the first time for Kazakhstan range and Almaty city in particular.

Funding

This study was carried out in accordance with BR10965224 “Development of an inventory of fauna of the Northern Tien Shan for the conservation of its genetic diversity” projects.

References

- 1 Bolat, Zh., Mukhamadiyev, N.S., Temreshev, I.I., & Mengdibayeva, G.Zh. (2018). To the fauna of the spiders (Arachnida, Aranei) of the green belt of the city of Astana. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Agricultural Sciences*, 3(45), 46-53.
- 2 iNaturalist contributors, iNaturalist (2023). iNaturalist Research-grade Observations. *iNaturalist.org. Occurrence dataset* <https://doi.org/10.15468/ab3s5x>
- 3 Dey, A., Debnath, S., Debbarma, B., & Chaudhuri, P.S. (2013). A preliminary study on spider diversity from a house hold garden (artificial mixed plantation) in West Tripura, India. *Journal of Research in biology*, 3(5), 1009-1017.
- 4 Rodríguez-Rodríguez, S.E., Solís-Catalán, K.P., & Valdez-Mondragón, A. (2015). Diversity and seasonal abundance of anthropogenic spiders (Arachnida: Araneae) in different urban zones of the city of Chilpancingo, Guerrero, Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(4), 962-971.
- 5 Jocqué, R., Baert, L., De Smedt, P., Bosselaers, J., Souffreau, J., Henrard, A., & Sleguwaert, T. (2016). An introductory study of house spiders (Araneae) in Belgium. *Arachnology*, 17(3), 129-136.
- 6 Jasmi, R.A., Sari, H.P.E. & Janra, M.N. (2022). Jumping Spider (Arachnida: Salticidae: Araneae) in Serang Residential Area, Banten: Inventory Study Using A Photographic Approach. *Journal Biologi Tropis*, 22(1), 30-39.
- 7 World Spider Catalog (2022). Version 23.5. Natural History Museum Bern. Retrieved from <http://wsc.nmbe.ch>
- 8 Mikhailov, K.G. (2021). Advances in the study of the spider fauna (Aranei) of Russia and adjacent regions: a 2017 update. *Invert. Zool.*, 18(1), 25–35. <http://dx.doi.org/10.15298/invertzool.18.1.03>
- 9 Richman, D.B., & Jackson, R.R. (1992). A review of the ethology of jumping spiders (Araneae, Salticidae). *Bulletin of the British Arachnological Society*, 9(2), 33-37.
- 10 Bartos, M., & Minias, P. (2016). Visual cues used in directing predatory strikes by the jumping spider *Yllenus arenarius* (Araneae, Salticidae). *Animal behaviour*, 120, 51-59.
- 11 Argañaraz, C.I., & Gleiser, R.M. (2020). Are spider communities influenced by urbanisation? An approach using species and guilds resolutions and their interaction with the anthropogenic environment. *Journal of Natural History*, 54(41-42), 2687-2702.
- 12 Argañaraz, C.I., Rubio, G.D., & Gleiser, R.M. (2018). Spider communities in urban green patches and their relation to local and landscape traits. *Biodiversity and Conservation*, 27(4), 981-1009.
- 13 Junggebauer, A., Hartke, T.R., Ramos, D., Schaefer, I., Buchori, D., Hidayat, P., & Drescher, J. (2021). Changes in diversity and community assembly of jumping spiders (Araneae: Salticidae) after rainforest conversion to rubber and oil palm plantations. *PeerJ*, 9, e11012.
- 14 Barber, H.S. (1931). Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 46(2), 259-266.
- 15 Marusik, Yu.M., & Kowblyuk, N.M. (2011). *Spiders (Arachnida, Aranei) of Siberia and Far East*. Moscow: KMK.
- 16 Nentwig, W., Blick, T., Bosmans, R., Gloor, D., Hänggi, A., & Kropf, C. (2021). *Spiders of Europe. Version 07.2021*. Retrieved from <https://www.araneae.nmbe.ch>
- 17 Metzner, H. (2022). *Jumping spiders (Arachnida: Araneae: Salticidae) of the world*. Retrieved from <https://www.jumping-spiders.com>
- 18 Prószyński, J. (2017). Pragmatic classification of the World's Salticidae (Araneae). *Ecologica Montenegrina*, 12, 1-133.
- 19 Logunov, D.V., & Gromov, A.V. (2012). *Spiders of Kazakhstan*. Manchester: Siri Scientific Press.
- 20 Matsumoto, S., & Chikuni, Y. (1987). Notes on the life history of *Sitticus fasciger* (Simon, 1880) (Araneida, Salticidae). *Journal of Arachnology*, 205-212.
- 21 Simon, E. (2000). *Histoire naturelle des araignées. Deuxième édition, tome second*. Roret, Paris, 381-668. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.51973>
- 22 Prószyński, J. (2017). Revision of the genus *Sitticus* Simon, 1901 sl (Araneae: Salticidae). *Ecologica Montenegrina*, 10, 35-50.
- 23 Maddison, W.P., Maddison, D.R., Derkarabetian, S., & Hedin, M. (2020). Sitticine jumping spiders: phylogeny, classification, and chromosomes (Araneae, Salticidae, Sitticini). *ZooKeys*, 925, 1.
- 24 Prószyński, J. (1968). Revision of the spider genus *Sitticus* SIMON, 1901 (Araneida, Salticidae). I, The *terebratus* group= Rewizja rodzaju *Sitticus* SIMON, 1901 (Araneida, Salticidae). I, Grupa *terebratus*. *Annales zoologici*, 26(18), 391-408.

25 Peng, X. J. (2020). *Fauna Sinica, Invertebrata 53, Arachnida: Araneae: Salticidae*. Beijing: Science Press.

26 Logunov, D.V. & Marusik, Y.M. (2000). *Catalogue of the jumping spiders of northern Asia (Arachnida, Araneae, Salticidae)*. Moscow: KMK Scientific Press.

Л.В. Ким, М.Е. Сальменова, А.Б. Есжанов

Алматы қаласының (Қазақстан Республикасы) секіргіш-өрмекші (*Araneae, Salticidae*) фаунасы

Кейбір елдердегі қалалық ландшафттардың өрмекші фаунасы жеткілікті түрде зерттелмеген. Қазақстанның қалалары да жеткілікті қарастырылмаған. Сонымен қатар, өрмекшілер экологиялық қауымдастықтардың маңызды құрамдастарының бірі. Түрлердің әртүрлілігі бойынша ең кең таралған және ең көп тұқымдастардың бірі — *Salticidae* — секіргіш-өрмекшілер. Бұл зерттеуде Алматы қаласындағы кейбір секіргіш-өрмекші түрлерінің жаңа жазбалары ұсынылған. Нәтижесінде *Salticidae* тұқымдасының 9 тұқымдастығына жататын барлығы 10 түр анықталған. *Attulus fasciger* (Simon, 1880) алғаш рет Қазақстан аумағында және оның ішінде Алматы қаласында тіркелді. Сонымен бірге *A. fasciger* жалпы морфологиясы мен копуляциялық мүшелерінің суреттері берілген. Нәтижелерді Алматы облысының өрмекші фаунасын одан әрі зерттеуге, сондай-ақ осы аймақтың кадастрлық материалдарын жаңартуға пайдалануға болады.

Кілт сөздер: *Aranei*, фауна, жаңа жазбалар.

Л.В. Ким, М.Е. Сальменова, А.Б. Есжанов

К фауне пауков-скакунчиков (*Araneae, Salticidae*) города Алматы (Республика Казахстан)

Фауна пауков городских ландшафтов в некоторых странах остается практически неизученной. Города Казахстана не являются исключением. Между тем пауки являются одними из важных компонентов экологических сообществ. Одним из самых распространенных и наиболее многочисленных по видовому разнообразию семейств являются *Salticidae* — пауки-скакунчики. В настоящем исследовании мы приводим новые данные о некоторых видах пауков-скакунчиков города Алматы. В результате мы обнаружили 10 видов, относящихся к 9 родам. *Attulus fasciger* (Simon, 1880) был впервые задокументирован на территории Казахстана и города Алматы в частности. Также приведены иллюстрации общей морфологии и копулятивных органов *A. fasciger*. Результаты предполагаются использовать для дальнейших исследований фауны пауков Алматинской области, а также для обновления кадастровых материалов по указанному региону.

Ключевые слова: *Aranei*, новые данные, фауна пауков, общая морфология, пауки-скакунчики, экологическое сообщество.

К.Х. Махмудова*, Т.Ш. Мурзатаева, Г.Т. Ситпаева, А.С. Елубаева,
А. Муган, Б.С. Дүкенбаева, С.Д. Саржанова

Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: carinamakhmudova2015@gmail.com

Исследования по определению жизнеспособности семенного материала представителей семейства *Asteraceae*, находящихся на хранении в Семенном банке природной флоры Казахстана

Представляем вашему вниманию начало серии научно-образовательных статей, описывающих результаты исследований, проводимых в лаборатории «Семенной банк» РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции». Кроме того, данная серия статей направлена на привлечение интереса и внимания к работе Семенного банка. В настоящей статье представлены исследования представителей семейства *Asteraceae*, хранящихся в Семенном банке природной флоры Казахстана (далее — СБ). Описаны методы, использующиеся в работе СБ: условия хранения семенного материала, определение жизнеспособности семян. Дана информация об условном делении хранящихся образцов на лекарственные, декоративные и эндемичные виды. Также представлены данные по результатам определения всхожести семян представителей семейства *Asteraceae*.

Ключевые слова: Семенной банк, определение всхожести, семейство *Asteraceae*, методы работы семенных банков, сохранение биоразнообразия, *Seed Vault*, *Millennium Seed Bank*, *Kew Gardens*.

Введение

До сих пор большинство людей, думая о банках и сбережениях на будущее, представляют себе исключительно финансы. Но надо отметить, что для того, чтобы наше будущее было таким же экологически богатым, каким оно является на настоящий момент, человеку необходимо расширить свои горизонты и рассмотреть экономику в ином свете. Банки семян выполняют именно такую работу — вкладываются в биоразнообразие.

Традиционно растения использовались для лечения болезней и облегчения болей благодаря их полезным свойствам.

Семейство *Asteraceae* (*Compositae*) можно по праву назвать одним из самых успешных в современном растительном мире. Растения этого семейства являются ресурсом лекарственных средств, для лечения ряда заболеваний. Опыт народной медицины народов мира вдохновляет разработчиков на создание новых лекарственных препаратов из природных источников. Это крупнейшее семейство сосудистых растений, число родов которых оценивается примерно в 950, а видов — около 20 000. Они распространены на большей части Земного шара и почти во всех местообитаниях. Большую долю составляют травянистые растения, хотя около 2 % составляют деревья или кустарники [1, 2]. Представители некоторых родов семейства: *Aster*, *Helianthus*, *Chrysanthemum*, *Tagetes* и т. д. являются декоративными, и большинство из них имеют лекарственное значение. Многие виды семейства являются источниками сырья для медицины. Некоторые из них широко культивируются как овощи для производства продуктов питания.

Этноботанические исследования раскрывают информацию о приготовлении и использовании растений, используемых людьми, проживающими в сельской местности в своём хозяйстве. На основе собранных данных проводятся исследования, чтобы найти научное подтверждение использованию растений, а с дальнейшим фитохимическим анализом выясняются соединения, ответственные за их лечебную активность. Кроме того, растения также являются источником продовольствия и даже способом борьбы с сорняками. В этой связи сохранение растительного биоразнообразия остаётся очень ответственной миссией, которую в настоящее время выполняют семенные банки по всему миру.

В Казахстане в Институте ботаники и фитоинтродукции растений функционирует Семенной банк природной флоры Казахстана, который приветствует сотрудничество и содержит 361 образец из семейства *Asteraceae*, а именно 124 вида из 49 родов. Из них 20 образцов относятся к лекарственным видам, 66 образцов — к декоративным видам и 52 образца — к пищевым видам.

Согласно опубликованным данным, на территории Казахстана выявлено около 196 лекарственных видов из 74 родов, что составляет четвертую часть всего семейства в республике, насчитывающего до 885 видов. Семейство *Asteraceae* очень насыщено лекарственными травами. Число таксонов семейств довольно велико: род *Artemisia* L. — 40 видов, *Achillea* L. (9), *Saussurea* L. (9), *Inula* L. (8), *Centaurea* L. (7), *Cirsium* Hill. (6), *Serratula* L., *Senecio* L., *Tanacetum* L., *Jurinea* L., *Echinops* L. (соответственно 4–5). Насчитывается 39 родов, составляющих один лекарственный вид. Большинство видов семейства являются многолетними травами или полукустарничками (153 вида). Представители семейства обитают в самых различных эколого-географических условиях. Среди них обнаружены ксерофиты, мезофиты, психрофиты, галофиты, псаммофиты и др. [3].

Исследователи отмечают, что анализ ресурсного потенциала лекарственной флоры Казахстана, освещенный ранее, очень малообъемный и нуждается в дальнейших исследованиях [4].

Было обнаружено девять видов сложноцветных растений, которые потенциально могут использоваться в качестве гербицидов: *Argeratum conyzoides* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore, *Calypocarpus vialis* Less., *Sonchus arvensis* L., *Eclipta prostrata* L., *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn., *Tridax procumbens* L. и *Emilia sonchifolia* (L.) DC. ex Wight. [5–17].

Лекарственные растения играют важную роль в медицине с момента зарождения человеческой цивилизации, а также вносят свой вклад в производство лекарств в наши дни [18]. Почти 80 % жителей развитых стран зависят от практики традиционной медицины [19]. Согласно отчету Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), 80 % населения мира склонны полагаться на традиционные лекарства. В большинстве методов лечения используются экстракты и активные соединения лекарственных растений [20]. В настоящее время в мире наблюдается рост потребления лекарственных растений из-за их доказанной эффективности при лечении определенных заболеваний и заявлений о том, что их использование безопасно [21].

Семейство *Asteraceae* включает 24 000 признанных видов, от 1600 до 1700 родов, распространенных по всему миру, за исключением Антарктиды. Оно космополит, поскольку оно имеет большую концентрацию видов в различных климатических поясах, таких как умеренный, холодно-умеренный и субтропический. *Asteraceae* включает три подсемейства: *Asteroideae*, *Barnadesioideae* и *Cichorioideae* [22]. В соответствии с текущими условиями исследования лекарственных растений в отношении их активности для лечения ряда заболеваний, например, сердечно-сосудистых заболеваний, эпилепсии, несварения желудка, гепатоксичности, отеков, опухолей, сонной болезни и др. часто поощряются из-за наличия у растений лекарственных свойств [23, 24].

Виды растений из семейства сложноцветных также проявляют диуретический эффект в группе гипертоников, при заболеваниях почек и сердца [25]; уменьшают гиперлипидемические состояния в качестве антикоагулянта [26]; оказывают сосудоуспокаивающее действие на сердечно-сосудистую систему [27]; улучшают периферическое кровообращение и ускоряют эритропоэз эритроцитов [28].

Выделены растения, демонстрирующие антиоксидантный эффект: *Achillea tenuifolia* Lam. (син. *Achillea santolina* L.), *Anthemis melampodina* subsp. *Deserti* (Boiss.) Eig (син. *Anthemis beserti* Boiss), *Artemisia absinthium* L., *Baccharis trimera* (Less.) DC, *C. crepidioides* (Benth.) S. Moore, *Helichrysum leucocephalum* Ausfeld, *Laggera decurrens* (Vahl) Hepper и J.R.I. Wood, *Senecio ovatus* subsp. *stebianus* (Lacaita) Greuter (син. *Senecio stebianus* Lacaita) и *Silybum marianum* (L.) Gaertn [29].

Achillea tenuifolia Lam. известен своей активностью по удалению свободных радикалов [30]. Растения *Achillea arabica* Kotschy (син. *Achillea biebersteinii* Hub. -Mor.), *Ageratum conyzoides* L., *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King и H.Rob., *C. crepidioides* (Benth.) S. Moore, *C. cardunculus* L. (син. *Cynara scolymus* L.), *Eclipta prostrata* (L.) L., *E. praetermissa* Milne-Redh, *Gundelia tournefortii* L., *Gymnanthemum amygdalinum* (Delile) Sch. Bip. (син. *Vernonia amygdalina* Delile), *Inula racemosa* Hook F., *Launaea intybacea* (Jacq.) Beauverd (син. *Lactuca runcinata* DC.), *Solidago chilensis* Meyen, *Sphaeranthus indicus* L. и *Vernonia elaeagnifolia* DC обладают антигиперлипидемическим действием [23].

Что имеется на вооружении у семенных банков, чтобы сохранить такое природное богатство? Семенной банк — это сложный организм, постоянно требующий поддержания своей жизнедеятельности, пополнения и обновления коллекционных образцов, проверки жизнеспособности семян. Информация, которую вмещает в себя Семенной банк, должна постоянно обновляться и быть доступной.

Семена, хранящиеся в Семенном банке, должны регенерироваться. Хотя это всегда сложно, дорого и не гарантирует успеха, и, часто может стоить больше, чем возвращение из дикой природы [31]. Millennium Seed Bank рекомендует создавать крупные высококачественные коллекции в поле и поддерживать их жизнеспособность за счет последующей транспортировки в банк и обработки семян.

Собранные в дикой природе семена затем становятся доступными для использования при составлении списка семян после того, как они идентифицированы, определена их всхожесть и подтверждена их высокая жизнеспособность [32, 33].

Продолжительность жизни семян у многих диких видов варьирует от значительной до всего лишь 32 лет, как для *Ulmus carpinifolia* [34–36]. Из-за такой изменчивости продолжительности жизни диких видов банкам семян, хранящим дикие виды, приходится усерднее работать над продолжительностью жизни семенного материала.

В любом сборе того или иного дикого вида встречается много пустых или неразвитых семян, а также семян, зараженных насекомыми [32, 36, 37]. Частота этих проблем, остающихся после уборки рассады, оценивается в Millennium Seed Bank с помощью рентгенологического анализа. Пустые семена были изучены у более чем 4000 образцов из 20 семейств, и было обнаружено, что они встречаются с частотой от 10 до 73 %.

Покой семян — это естественный механизм выживания, который не позволяет одновременно прорасти целым популяциям семян при соблюдении минимальных требований семян к увлажнению и температуре. Достичь такого равновесного состояния — также работа сотрудников семенного банка. В этом случае необходимо определить условия, которые преодолевают состояние покоя семян. Представляет интерес, тот факт, что, насколько тесно связан покой семян с какими-либо другими генетическими признаками [38–40].

Кроме того, есть понятие об идентификации. Провести идентификацию дикорастущих растений до видового уровня очень сложно. Millennium Seed Bank рекомендует прилагать значительные усилия для сбора гербарных образцов, представляющих большую часть отобранной популяции [38].

На примере Великобритании показано, что тесное сотрудничество с карантинной службой позволило улучшить работу по обеспечению здоровья семян, не препятствуя доступу к зародышевой плазме [37, 38].

Материалы и методы

В работе использовали семенной материал представителей семейства *Asteraceae*, хранящийся в семенном банке природной флоры Казахстана [40]. После сбора, идентификации и очистки семенной материал был подвергнут дегидратации и хранению при низкой температуре.

Дегидратация семян проводилась в сушильной комнате при 9–10 % влажности и температуре 25°C в течение 3–10 дней, в зависимости от вида образца. Затем семена помещали в герметичные флаконы для длительного или кратковременного хранения при -18°C с синим силикагелем, используемым в качестве индикатора относительной влажности, начиная с момента сбора до проведения экспериментов. Семена, использованные в данном исследовании, подвергали двукратному хранению: свежие семена, которые проверяли на всхожесть в течение 30 дней с даты сбора, а также семена, которые хранились 6–7 лет.

Для определения жизнеспособности семян, закладываемых на хранение *ex situ*, использовали общепризнанную методику проращивания на столе Якобсена [41] Согласно правилам ISTA (*International Seed Testing Association* — Международная ассоциация тестирования семян), на способность к проращиванию тестируются только чистые семена. В исследовании было 4 повторности по 100 случайно выбранных чистых семян. Семена раскладывались на равномерно увлажнённый субстрат (бумажный фильтр). Стол для проращивания запрограммировали на следующие режимы: ночь: 16 часов при 20°C, например, с 16:00 до 08:00 ч; день: 8 ч при 30°C, например, 08:00–16:00 ч. Проросшие семена подсчитывались после 7 дней, 14 и после 21 дня. Если семена проросли после 21-го дня, то подсчёт продолжали до 28-го дня. Росток должен быть в 4 раза длиннее, чем семя.

Процент всхожести определяли по формуле: сумма всхожести четырех повторностей, деленная на 4. Скорость прорастания определяли по формуле: количество семян, проросших через 7 дней, делённое на общее количество семян, проросших во время теста.

Все тесты на жизнеспособность и последующая оценка результатов были проведены в условиях лаборатории «Семенной банк» РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции», Алматы, Казахстан [42].

Для оценки жизнеспособности использовали минимум 100 семян для каждой повторности. Жизнеспособные и нежизнеспособные семена подсчитывали, используя цифровое изображение с увеличением от 10 до 30 раз, полученное под стереомикроскопом. Все изображения оценивались одним и тем же сотрудником, чтобы уменьшить возможные систематические ошибки и неточности в интерпретации результатов жизнеспособности.

Результаты

В настоящем исследовании был задействован 361 образец из семейства *Asteraceae*, а именно 124 вида из 49 родов (рис. 1).



Рисунок 1. Распределение образцов из семейства *Asteraceae*, находящихся на хранении в Семенном банке природной флоры Казахстана ИБФ, по хозяйственно-ценной принадлежности

Как видно из рисунка 1, среди хранящихся образцов семейства *Asteraceae*, 20 образцов относятся к лекарственным видам, 66 образцов — к декоративным видам и 52 образца — к пищевым видам.

На рисунке 2 представлена информация о том, какими жизненными формами представлены виды из семейства *Asteraceae*, произрастающие на территории Казахстана и находящиеся на хранении в семенном банке природной флоры Казахстана.

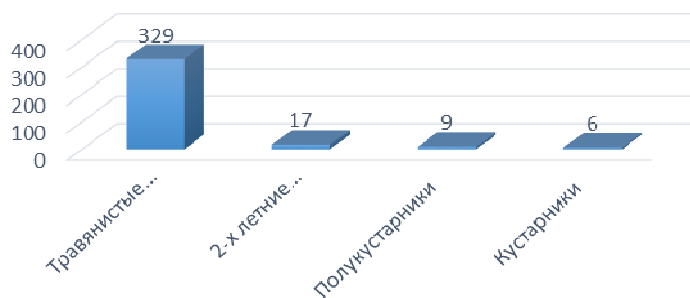


Рисунок 2. Жизненные формы образцов из семейства *Asteraceae*

Как видно из рисунка 2, большая часть представителей семейства *Asteraceae* в Семенном банке природной флоры Казахстана относятся к травянистым многолетним растениям. Они представлены 329 образцами.

Период, в течение которого данные образцы хранятся в Семенном банке, занимает промежуток с 2013 по 2021 годы (рис. 3).

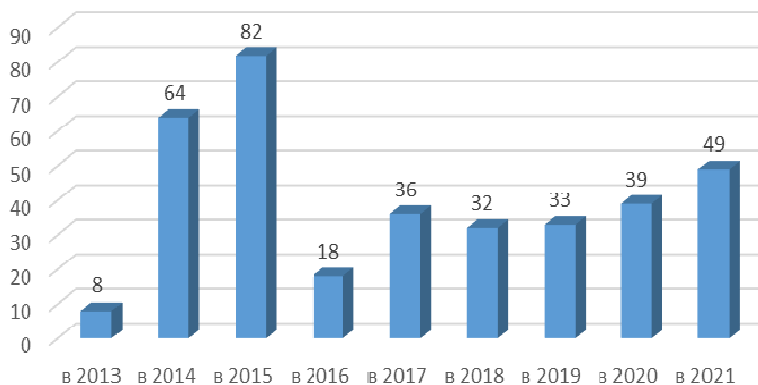


Рисунок 3. Количество образцов из семейства *Asteraceae*, находящихся на хранении в Семенном банке природной флоры ИБФ, по годам их сбора и закладывания на хранение

Как видно из рисунка 3, наибольшее количество образцов представителей семейства *Asteraceae* было собрано и заложено на хранение в 2015 году — 82 образца. В ближайшие 2–3 года можно будет проверить всхожесть образцов, заложенных на хранение в 2013 году, чтобы сделать первое основательное заключение о проценте жизнеспособности сохраняемых образцов и, соответственно, об эффективности выбранных методов хранения, то есть насколько данные методы хранения позволяют сохранить всхожесть семян диких видов семейства *Asteraceae*.

Для того, чтобы понять, как часто необходимо производить сборы, чтобы пополнять и обновлять хранящийся в Семенном банке материал, какие условия влияют на процент всхожести, были использованы результаты проращивания семян некоторых представителей семейства *Asteraceae*, собранных на территориях различных флористических районов Казахстана (см. табл.).

Т а б л и ц а

Результаты проращивания семян некоторых представителей семейства *Asteraceae* на столе Якобсена

Название вида	Флористический район	Дата сбора	Ценность	% всхожести в год сбора и в год повторной проверки	
<i>Achillea millefolium</i> L.	(29)	22.08.2013	Лек.	80 (2014)	57 (2017)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(25A)	16.08.2014	Лек.	53 (2014)	42 (2017)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(25A)	04.08.2014	Лек.	90 (2014)	67 (2017)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(25)	15.07.2014	Лек.	80 (2014)	67 (2017)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(11A)	14.09.2014	Лек.	80 (2014)	57 (2018)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(11A)	13.09.2014	Лек.	57 (2014)	47 (2020)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(11)	12.09.2014	Лек.	80 (2014)	67 (2018)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(11)	15.09.2014	Лек.	67 (2014)	40 (2018)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(10)	11.09.2014	Лек.	40 (2014)	20 (2018)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(10)	20.09.2014	Лек.	87 (2014)	73 (2018)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(10)	18.09.2014	Лек.	80 (2014)	63 (2018)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(10)	09.10.2014	Лек.	77 (2014)	87 (2020)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(10)	09.10.2014	Лек.	77 (2014)	87 (2020)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(2)	14.09.2014	Лек.	83 (2014)	77 (2020)
<i>Achillea millefolium</i> L.	(2)	11.09.2014	Лек.	57 (2014)	40 (2020)
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	(10)	09.09.2014	Лек.	57 (2014)	7 (2018)
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	(10)	09.09.2014	Лек.	80 (2014)	15 (2020)
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	(2)	13.09.2014	Лек.	43 (2014)	12 (2020)
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	(2)	13.09.2014	Лек.	70 (2014)	8 (2020)
<i>Artemisia absinthium</i> L.	(25)	10.09.2018	Лек.	63 (2018)	37 (2020)
<i>Cichorium intybus</i> L.	(25)	07.07.2014	Лек.	100 (2014)	30 (2020)

Примечание. (29) Западный Тянь-Шань; (25A) Кетмень и Терской Алатау; (25) Заилийский Алатау; (11A) Каркаралинский; (11) Восточный мелкосопочник; (10) Западный мелкосопочник; (2) Тобыл-Есильский. Лек. – лекарственный вид.

Анализ данных таблицы позволяет отметить, что процент всхожести образцов с годами падает. Например, образцы *Achillea millefolium* L., собранные в (10) флористическом районе, имеют процент всхожести 87–73 в 2014 и 2018 годах, соответственно. Образцы *Achillea millefolium* L., собранные в Тобыл-Есильском флористическом районе, демонстрируют процент всхожести 83–77 в 2014 и 2020 годах соответственно. Образцы *Tanacetum vulgare* L., собранные в (10) флористическом районе, демонстрируют процент всхожести 80–15 в 2014 и 2020 годах соответственно. Образцы *Tanacetum vulgare* L., собранные в Тобыл-Есильском флористическом районе, демонстрируют процент всхожести 43–12 в 2014 и 2020 годах соответственно. Образцы *Artemisia absinthium* L., собранные в (25) флористическом районе, демонстрируют процент всхожести 63–37 в 2018 и 2020 годах соответственно. Образцы *Cichorium intybus* L., собранные в (25) флористическом районе, демонстрируют процент всхожести 100–30 в 2014 и 2020 годах соответственно.

Диаграмма на рисунке 4 демонстрирует результаты проращивания семян некоторых представителей из семейства *Asteraceae* и понижение всхожести при повторном тестировании.

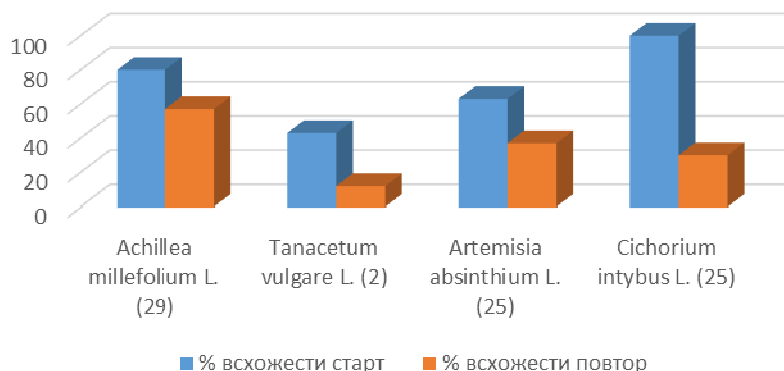


Рисунок 4. Процент всхожести семян некоторых представителей семейства *Asteraceae* по флористическим районам при закладке на хранение (старт) и при повторном (повтор) тестировании всхожести в Семенном банке природной флоры, ИБФ

Следует отметить, что падение процента всхожести семян не всегда связано только с условиями хранения, здесь имеет большой процент пустых семян. Сообщается, что пустые семена были изучены у более, чем 4000 образцов из 20 семейств, и было обнаружено, что они встречаются с частотой от 10 до 73% [38]. В некоторых семействах, в частности у *Ericaceae* и *Rhamnaceae*, процент пустых семян на образец достигал в среднем 10 и 30 % соответственно [35, 38].

Заключение

Анализ литературных источников и проведённые исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Ресурсный потенциал лекарственной флоры Казахстана, освещенный ранее, очень нуждается в дальнейших исследованиях и разработках.
2. Представители семейства *Asteraceae* потенциально являются космополитами растительного мира, могут использоваться в качестве гербицидов, средств лечения сердечно-сосудистых заболеваний, антиоксидантов и т.д.
3. Представители семейства *Asteraceae*, хранящиеся в Семенном банке ИБФ, в большинстве своём представлены травянистыми многолетними растениями.
4. Среди хранящихся образцов семейства *Asteraceae*, 20 образцов относятся к лекарственным видам, 66 — к декоративным видам и 52 образца относятся к пищевым видам.
5. Следует отметить, что падение процента всхожести семян не всегда связано только с условиями хранения, здесь имеет значение большой процент пустых семян.

Исследования были выполнены в рамках исследовательского проекта BR10264557, 2020–2023: «Кадастровая оценка современного экологического состояния флоры и растительных ресурсов Алматинской области как научная основа для эффективного управления ресурсным потенциалом».

Список литературы

- 1 Lawrence G.H.M. Taxonomy of Vascular Plants [Electronic resource] / G.H.M. Lawrence // Oxford and IBM Publishing Co., Rakes Press, New Delhi, India. — 1973. — Access mode: <https://borgenproject.org/seed-banks-importance-for-the-world/>
- 2 Sharma O.P. Plant Taxonomy / O.P. Sharma // Tata Mc Grow Hill Publishing Co. Ltd. New Delhi, India. — 2004. — P. 312-318.
- 3 Grudzinskaya L.M. The Kazakhstan medicinal flora survey in a leading families' volume / L.M. Grudzinskaya, N.G. Gemejiyeva, Zh.Zh. Karzhaubekova // Bulletin of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography Series. — 2020. — No 4(100). — С. 39-51.
- 4 Gemejiyeva N.G. Current State and Prospects for Studies on the Diversity of Medicinal Flora in Kazakhstan / N.G. Gemejiyeva, L.M. Grudzinskaya // Vegetation of Central Asia and Environs. — 2018. — P. 239-262. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99728-5>
- 5 Tran Dang Xuan. Assessment of phytotoxic action of *Ageratum conyzoides* L. (billy goat weed) on weeds / Xuan Tran Dang, Shinkichi Tawata, Hong Nguyen Huu, Khanh Tran Dang, Min Chung Ill. // Crop protection. — 2004. — Vol. 23, No. 10. — P. 915-922.

- 6 Bhatt B.P. Allelopathic effects of weeds on germination and growth of legumes and cereal crops of north eastern Himalayas / B.P. Bhatt, J.M.S. Toma, & L.K. Misra // *Allelopathy Journal*. — 2001. — Vol. 8, No. 2. — P. 225-232.
- 7 Sagar K. Allelopathy effect of straggler daisy (an emerging aggressive invasive weed) on its associated flora / K. Sagar // *World Journal of Pharmaceutical Research*. — 2017. — Vol. 7(1). — P. 532-544.
- 8 Khan M.S. *Ageratum conyzoides* and its Role in Begomoviral Epidemics; Ageratum enation Virus: An Emerging Threat in India / Khan M.S., A.K. Tiwari, S.H. Ji dan S.C. Chun // *International journal of plant research*. — 2012. — Vol. 25, No. 2. — P. 20-28.
- 9 Bashir T. Allelopathic effects of perennial sow thistle (*Sonchus arvensis* L.) on germination and seedling growth of maize (*Zea mays* L.) / T. Bashir, W. Anum, I. Ali, A. Ghaffar, L. Ali, M.U. Raza, Z. Javed, A. Zafar, N. Mahmood, A. Shabir // *Allelopathy Journal*. — 2018. — Vol. 43, No. 1. — P. 105-116.
- 10 Wang R. Allelopathic potential and antifeeding activity of *Crassocephalum crepidioides* against native plants and *Spodoptera litura* / R. Wang, Z. Zihao, W. Guoqing, K. Xuhui // *Allelopathy Journal*. — 2014. — Vol. 33, No. 2. — P. 245-254.
- 11 Gulzar A. Evaluation of allelopathic effect of *Eclipta alba* (L.) Hassk on biochemical activity of *Amaranthus spinosus* L., *Cassia tora* L. and *Cassia sophera* L. / A. Gulzar, M.S. Badruzzaman // *Afr. J. Environ. Sci. Technol.* — 2014. — Vol. 8, No. 1. — P. 1-5.
- 12 Raoof A.K.M. Allelopathic impact of aqueous extracts of *Eclipta alba* L. on germination and seedling growth of *Melilotus alba* Medik / A.K.M. Raoof, M.B. Siddiqui // *Afr. J. Agric. Res.* — 2014. — Vol. 9, No. 25. — P. 1948-1951.
- 13 Adjibode A.G. *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn: a review on its phytochemical screening and uses in animal husbandry and medicine / A.G. Adjibode, U.P. Tougan, A.K.I. Youssao, G.A. Mensah, Ch. Hanzen, G.B. Koutinhoun // *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*. — 2015. — Vol. 5, No 3. — P. 436-443.
- 14 Ghayal N. Phytotoxic effects of leaf leachates of an invasive weed *Synedrella nodiflora* and characterization of its allelochemical / N. Ghayal, D. Kondiram, D. Nirmala, R. Anjali, P. Usha // *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* — 2013. — Vol. 9, No. 1. — P. 79-86.
- 15 Soni P. Effect of *Tridax Procumbens* Aqueous Plant Extract on Seed Germination of Certain Pulses / P. Soni, S. Ravindra, C. Sadhana, A. Jyotishikha A. // *IJART*. — 2017. — Vol. 2, No. 1. — P. 16-27.
- 16 Usuah P.E. Allelopathic effect of some weeds on the germination of seeds of selected crops grown in Akwa Ibom State, Nigeria / P.E. Usuah, G.N. Udom, I.D. Edem // *World Journal of Agricultural Research*. — 2013. — Vol. 1, No. 4. — P. 59-64.
- 17 Edu N.E. Efficacy and phytochemical profiles of leaf extract of yellow tassel (*Emilia sonchifolia*) plant on selected diarrhoeagenic pathogens / N.E. Edu, M.U. Godwin, P.B. Ekpo, E.A. Ivon // *World Journal of Pharmaceutical and Medical Research*. — 2017. — Vol. 3, No. 7. — P. 8-13.
- 18 Rastogi S. Traditional Herbs: A Remedy for Cardiovascular Disorders / S. Rastogi, M.M. Pandey, A.K.S. Rawat // *Phytomedicine*. — 2016. — Vol. 23. — P. 1082-1089. DOI: 10.1016/j.phymed.2015.10.012.
- 19 Abdala S. Diuretic Activity of Some *Smilax Canariensis* Fractions / S. Abdala, D. Martin-Herrera, D. Benjumea, S.D. Gutierrez // *J. Ethnopharmacol.* — 2012. — Vol. 140. — P. 277-281. DOI: 10.1016/j.jep.2012.01.017.
- 20 Craig W.J. Health-Promoting Properties of Common Herbs / W.J. Craig // *Am. J. Clin. Nutr.* — 1999. — Vol. 70. — P. 491-499. DOI: 10.1093/ajcn/70.3.491s.
- 21 Perez Gutierrez R.M. Cardioactive Agents from Plants / R.M. Perez Gutierrez, E.G. Baez // *Mini Rev. Med. Chem.* — 2009. — Vol. 9. — P. 878-899. doi: 10.2174/138955709788452612
- 22 Medeiros-Neves B. The Genus *Pterocaulon* (Asteraceae) – a Review on Traditional Medicinal Uses, Chemical Constituents and Biological Properties / B. Medeiros-Neves, H.F. Teixeira, G.L. Von Poser // *J. Ethnopharmacol.* — 2018. — Vol. 224. — P. 451-464. DOI: 10.1016/j.jep.2018.06.012.
- 23 Michel J. A Review on the Potential Use of Medicinal Plants from *Asteraceae* and *Lamiaceae* Plant Family in Cardiovascular Diseases / J. Michel, N. Zahirah, A. Rani, K. Husain // *Front. Pharmacol.* — 2020. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00852>
- 24 Çoruh N. Antioxidant Capacities of Gundelia Tournefortii L. Extracts and Inhibition on Glutathione-S-Transferase Activity / N. Çoruh, A.G. Sağ Dıçoğ Lu Celep, F. Özgökçe, M. İşcan // *Food Chem.* — 2007. — Vol. 100. — P. 1249-1253. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.12.008.
- 25 De Souza P., Crestani S., Da Silva R.D.C.V., Gasparotto F., Kassuya C.A.L., Da Silva-Santos J.E., A. Gasparotto Jr. Involvement of Bradykinin and Prostaglandins in the Diuretic Effects of *Achillea millefolium* L. (Asteraceae) / P. De Souza, S. Crestani, R.D.C.V. Da Silva, F. Gasparotto, C.A.L. Kassuya, J.E. Da Silva-Santos, A. Jr. Gasparotto // *J. Ethnopharmacol.* — 2013. — Vol. 149, No. 1. — P. 157-161. DOI: 10.1016/j.jep.2013.06.015.
- 26 Memariani Z. Medicinal Plants with Antithrombotic Property in Persian Medicine: A Mechanistic Review / Z. Memariani, R. Moeini, S.S. Hamed, N. Gorji, S.A. Mozaffarpur // *J. Thromb. Thrombolysis*. — 2018. — Vol. 45. — P. 158-179. — DOI: 10.1007/s11239-017-1580-3.
- 27 Li C. Hypotensive Action of *Salvia miltiorrhiza* Cell Culture Extract / C. Li, K. Yung, K. Chiu // *Am. J. Chin. Med.* — 1990. — Vol. 18. — P. 157-166. DOI: 10.1142/S0192415X90000204.
- 28 Lei X.-L. Studies on Cardiovascular Actions of *Salvia miltiorrhiza* / X.-L. Lei, G.C. Chiou // *Am. J. Chin. Med.* — 1986. — Vol. 14. — P. 26-32. DOI: 10.1142/S0192415X86000053.
- 29 Seyoum A. Structure-Radical Scavenging Activity Relationships of Flavonoids / A. Seyoum, K. Asres, F.K. El-Fiky // *Phytochemistry*. — 2006. — Vol. 67. — P. 2058-2070. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.07.002.

- 30 Ardestani A. Antioxidant and Free Radical Scavenging Potential of Achillea Santolina Extracts / A. Ardestani, R. Yazdanparast // Food Chem. — 2007. — Vol. 104. — P 21-29. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.10.066.
- 31 Thompson P.A. Collection and regeneration of populations of wild plants from seed / P.A. Thompson, R.D. Smith, J.B. Dickie, R.H. Sanderson, R.J. Probert // Biological Conservation. — 1981. — Vol. 20. — P. 229-245.
- 32 Smith R.D. The management of the Kew Seed Bank for the conservation of arid land and U. K. wild species / R.D. Smith, S. Linington // Bocconea. 1997. — Vol. 7. — P. 273-280. — ISSN 1120-4060
- 33 Sitpayeva G.T. Study and *ex-situ* conservation of wild cereals of *Aegilops* genus as an additional source of valuable traits for wheat breeding in Kazakhstan / G.T. Sitpayeva, K.Kh. Makhmudova, S.A. Inerbayeva, A.K. Ospanov // Proceedings of the International Scientific Conference “Conservation and sustainable use of gene pool of plant world in Eurasia at the present stage”, September, 3, 2016, EXPO-2016. Antalya: Turkey, 2016. — P. 135-137.
- 34 Tompsett P.B. The Effect of Temperature and Moisture Content on the Longevity of Seed of *Ulmus carpinifolia* and *Terminalia brassii* / P.B. Tompsett // Annals of Botany. — 1986. — Vol. 57 (6). — P. 875-883. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a087172
- 35 Dickie B.G.M. Potassium-stimulated release of nitric oxide from cerebellar slices / B.G.M. Dickie, M.J. Lewis, J.A. Davies // Br. J. Pharmacol. — 1990. — Vol. 101. — P. 8-9.
- 36 Tompsett P.B. Capture of genetic resources by collection and storage of seed: a physiological approach / P.B. Tompsett; In: R.R.B. Leakey & A.C. Newton (Ed.) // Tropical trees: the potential for domestication and the rebuilding of forest resources. — 1994. — 71 pp.
- 37 Fiona R. Hay and Probert R.J. Advances in seed conservation of wild plant species: a review of recent research / R. Fiona Hay and R.J. Probert // Conserv. Physiol. — 2013. — 1. DOI:10.1093/conphys/cot030.38
- 38 Hong T.D. Seed Storage Behaviour: A Compendium / T.D. Hong, S. Linington, R.H. Ellis // Handbooks for Genebanks: International Plant Genetic Resources Institute, Rome. — 1996. — No. 4.
- 39 De Vitis M. Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use / M. De Vitis, R. Fiona Hay, J.B. Dickie, C. Trivedi, J. Choi, R. Fiegenger // Restoration Ecology. — 2020. — Vol. 28, No. S3. — P. S249–S255.
- 40 Probert R.J. Germination responses to light and alternating temperature in European populations of *Dactylis glomerata* L. I. Variation in relation to origin / R.J. Probert, R.D. Smith, P. Birch // New Phytologist. — 1985a. — Vol. 99. — P. 305-316.
- 41 Probert R.J. Germination responses to light and alternating temperature in European populations of *Dactylis glomerata* L. II. The genetic and environmental components of germination / R.J. Probert, R.D. Smith, P. Birch // New Phytologist. — 1985b. — Vol. 99, No 3. — P. 317-322.
- 42 Makhmudova K.Kh. *Ex-situ* conservation and study *Capparis herbacea* Willd. as an additional source of polyunsaturated acids and other valuable traits for use in food industry o Kazakhstan / K.Kh. Makhmudova, S.A. Inerbayeva, T.Sh. Murzatayeva, N.D. Kenzhebekova // Proceedings of the International Scientific Conference “Conservation and sustainable use of gene pool of plant world in Eurasia at the present stage”, September, 3, 2016, EXPO-2016. Antalya: Turkey, 2016. — P. 98-100.
- 43 Стол Якобсена. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.lessnab.karelia.ru/stol.htm>.

К.Х. Махмудова, Т.Ш. Мурзатаева, Г.Т. Ситпаева, А.С. Елубаева,
А. Муган, Б.С. Дүкенбаева, С.Д. Саржанова

Қазақстанның табиғи флорасының тұқым банкіндегі сақтауда тұрған *Asteraceae* тұқымдасы өкілдерінің тұқым материалдарының өміршеңдігін анықтауға бағытталған зерттеулер

Жұмыста «Ботаника және фитоинтродукция институты» РМК «Тұқым банкі» зертханасында жүргізілген зерттеулердің нәтижелерін сипаттайтын ғылыми-білім беру мақалаларының алғашқы топтамасы берілген. Сондай-ақ осы мақалалар топтамасы Тұқым банкінің жұмысына қызығушылық пен назар аударуға бағытталған. Авторлар Қазақстанның табиғи флорасының тұқым банкінде (әрі қарай — ТБ) сақталатын *Asteraceae* тұқымдастарының зерттеулерін ұсынған. Тұқым банкіндегі қолданылатын әдістер: тұқым материалын сақтау шарттары, тұқымның өміршеңдігін анықтау сипатталған. Сақталған тұқымдарды дәрілік, сәндік және эндемикалық түрлерге шартты түрде бөлу туралы ақпарат берілген. Сонымен қатар *Asteraceae* тұқымдастары тұқымдарының өміршеңдігін анықтау нәтижелері туралы мәліметтер келтірілген.

Кілт сөздер: тұқым банкі, өміршеңдігін анықтау, *Asteraceae* тұқымдасы, тұқым банктерінің жұмыс әдістері, биоәртүрлілікті сақтау, Seed Vault, Millennium Seed Bank, Kew Gardens.

K.Kh. Makhmudova, T.Sh. Murzataeyva, G.T. Sitpayeva, A.S. Yelubayeva,
A. Mugan, B.S. Dukenbayeva, S.D. Sarzhanova

Researches for the determination of seed material viability of *Asteraceae* family representatives stored in the Seed bank of the natural flora of Kazakhstan

We present to your attention the beginning of a series of scientific and educational articles describing the results of research conducted in the laboratory "Seed Bank" of the RSE "Institute of Botany and Phytointroduction". This series of articles is also aimed at attracting interest and attention to the work of the Seed bank. Current article presents studies of representatives of the *Asteraceae* family stored in the Seed bank of the Natural flora of Kazakhstan (hereinafter SB). Methods used in SB operation are described: conditions of seed material storage, determination of seed viability. Information on conditional division of stored samples into medicinal, ornamental and endemic species is given. Data on the results of determining the germination rate of seeds of representatives of the *Asteraceae* family are also presented.

Keywords: Seed bank, germination definition, *Asteraceae* family, methods of seed banks working, biodiversity conservation, Seed Vault, Millennium Seed Bank, Kew Gardens.

References

- 1 Lawrence, G.H.M. (1973). Taxonomy of Vascular Plants. *Oxford and IBM Publishing Co., Rakes Press, New Delhi, India*. Retrieved from <https://borgenproject.org/seed-banks-importance-for-the-world/>
- 2 Sharma, O.P. (2004). Plant Taxonomy. *Tata Mc Grow Hill Publishing Co. Ltd. New Delhi, India*, 312-318.
- 3 Grudzinskaya, L.M., Gemejiyeva, N.G., & Karzhaubekova, Zh.Zh. (2020). The Kazakhstan medicinal flora survey in a leading families' volume. *Bulletin of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography Series*, 4(100), 39-51.
- 4 Gemejiyeva, N.G., & Grudzinskaya, L.M. (2018). Current State and Prospects for Studies on the Diversity of Medicinal Flora in Kazakhstan. *Vegetation of Central Asia and Environs*, 239-262. <https://DOI.org/10.1007/978-3-319-99728-5>
- 5 Tran DangXuan, Tawata Shinkichi, Nguyen Huu Hong, Tran Dang Khanh, & Chung Ill Min. (2004). Assessment of phytotoxic action of *Ageratum conyzoides* L. (billy goat weed) on weeds. *Crop protection*, Vol. 23(10), 915-922.
- 6 Bhatt, B.P., Toma, J.M.S., & Misra, L.K. (2001). Allelopathic effects of weeds on germination and growth of legumes and cereal crops of north eastern Himalayas. *Allelopathy Journal*, Vol. 8(2), 225-232.
- 7 Sagar, K. (2017). Allelopathy effect of straggler daisy (an emerging aggressive invasive weed) on its associated flora. *World Journal of Pharmaceutical Research*, Vol. 7(1), 532-544.
- 8 Khan M.S., Tiwari A.K.Ji, S.H. dan Chun S.C. (2012). *Ageratum conyzoides* and its Role in Begomoviral Epidemics; *Ageratum enation Virus*: An Emerging Threat in India. *International journal of plant research*, Vol. 25(2), 20-28.
- 9 Bashir, T., Anum, W., Ali, I., Ghaffar, A., Ali, L., Raza, M.U., Javed, Z., Zafar, A., Mahmood, N., & Shabir A. (2018). Allelopathic effects of perennial sow thistle (*Sonchus arvensis* L.) on germination and seedling growth of maize (*Zea mays* L.). *Allelopathy Journal*, Vol. 43(1), 105-116.
- 10 Wang, R., Zihao, Z., Guoqing, W., & Xuhui, K. (2014). Allelopathic potential and antifeeding activity of *Crassocephalum crepidioides* against native plants and *Spodoptera litura*. *Allelopathy Journal*, Vol. 33(2), 245-254.
- 11 Gulzar, A., & Badruzzaman, M.S. (2014). Evaluation of allelopathic effect of *Eclipta alba* (L.) Hassk on biochemical activity of *Amaranthus spinosus* L., *Cassia tora* L. and *Cassia sophera* L. *Afr. J. Environ. Sci. Technol.*, Vol. 8(1), 1-5.
- 12 Raoof, A.K.M., & Siddiqui, M.B. (2014). Allelopathic impact of aqueous extracts of *Eclipta alba* L. on germination and seedling growth of *Melilotus alba* Medik. *Afr. J. Agric. Res.*, Vol. 9(25), 1948-1951.
- 13 Adjibode, A.G., Tougan, U.P., Youssao, A.K.I., Mensah, G.A., Hanzen, Ch., & Koutinhoun, G.B. (2015). *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn: a review on its phytochemical screening and uses in animal husbandry and medicine. *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*, Vol. 5(3), 436-443.
- 14 Ghayal, N., Kondiram, D., Nirmala, D., Anjali, R., & Usha, P. (2013). Phytotoxic effects of leaf leachates of an invasive weed *Synedrella nodiflora* and characterization of its allelochemical. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, Vol. 9(1), 79-86.
- 15 Soni, P., Ravindra, S., Sadhana, C., & Jyotishikha, A. (2017). Effect of *Tridax Procumbens* Aqueous Plant Extract on Seed Germination of Certain Pulses. *IJART*, Vol. 2(1), 16-27.
- 16 Usuah, P.E., Udom, G.N., & Edem, I.D. (2013). Allelopathic effect of some weeds on the germination of seeds of selected crops grown in Akwa Ibom State, Nigeria. *World Journal of Agricultural Research*, Vol. 1(4), 59-64.
- 17 Edu, N.E., Godwin, M.U., Ekpo, P.B., & Ivon, E.A. (2017). Efficacy and phytochemical profiles of leaf extract of yellow tassel (*Emilia sonchifolia*) plant on selected diarrhoeagenic pathogens. *World Journal of Pharmaceutical and Medical Research*, Vol. 3(7), 8-13.
- 18 Rastogi, S., Pandey, M.M., & Rawat, A.K.S. (2016). Traditional Herbs: A Remedy for Cardiovascular Disorders. *Phytomedicine*, Vol. 23, 1082-1089. DOI: 10.1016/j.phymed.2015.10.012.

- 19 Abdala, S., Martin-Herrera, D., Benjumea, D., & Gutierrez, S.D. (2012). Diuretic Activity of Some *Smilax Canariensis* Fractions. *J. Ethnopharmacol.*, Vol. 140, 277–281. DOI: 10.1016/j.jep.2012.01.017.
- 20 Craig, W.J. (1999). Health-Promoting Properties of Common Herbs. *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol. 70, 491–499. DOI: 10.1093/ajcn/70.3.491s.
- 21 Perez Gutierrez, R.M., & Baez, E.G. (2009). Cardioactive Agents from Plants. *Mini Rev. Med. Chem.*, Vol. 9, 878–899. DOI: 10.2174/138955709788452612
- 22 Medeiros-Neves, B., Teixeira, H.F., & Von Poser, G.L. (2018). The Genus *Pterocaulon* (Asteraceae) — a Review on Traditional Medicinal Uses, Chemical Constituents and Biological Properties. *J. Ethnopharmacol.*, Vol. 224, 451–464. DOI: 10.1016/j.jep.2018.06.012.
- 23 Michel, J., Zahirah, N., Rani, A., & Husain, K. (2020). A Review on the Potential Use of Medicinal Plants from *Asteraceae* and *Lamiaceae* Plant Family in Cardiovascular Diseases. *Front. Pharmacol.* <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00852>
- 24 Çoruh, N., Sağ Dıçoğ Lu Celep, A.G., Özgökçe, F., & İscan, M. (2007). Antioxidant Capacities of *Gundelia Tournefortii* L. Extracts and Inhibition on Glutathione-S-Transferase Activity. *Food Chem.*, Vol. 100, 1249–1253. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.12.008.
- 25 De Souza, P., Crestani, S., Da Silva, R.D.C.V., Gasparotto, F., Kassuya, C.A.L., & Da Silva-Santos, J.E. (2013). A. Gasparotto Jr. Involvement of Bradykinin and Prostaglandins in the Diuretic Effects of *Achillea millefolium* L. (Asteraceae). *J. Ethnopharmacol.*, Vol. 149(1), 157–161. DOI: 10.1016/j.jep.2013.06.015.
- 26 Memariani, Z., Moeini, R., Hamed, S.S., Gorji, N., & Mozaffarpur, S.A. (2018). Medicinal Plants with Antithrombotic Property in Persian Medicine: A Mechanistic Review. *J. Thromb. Thrombolysis*, Vol. 45, 158–179. DOI: 10.1007/s11239-017-1580-3.
- 27 Li, C., Yung, K., & Chiu, K. (1990). Hypotensive Action of *Salvia miltiorrhiza* Cell Culture Extract. *Am. J. Chin. Med.*, Vol. 18, 157–166. DOI: 10.1142/S0192415X90000204.
- 28 Lei, X.-L., & Chiou, G.C. (1986). Studies on Cardiovascular Actions of *Salvia miltiorrhiza*. *Am. J. Chin. Med.*, Vol. 14, 26–32. DOI: 10.1142/S0192415X86000053.
- 29 Seyoum, A., Asres K., & El-Fiky F.K. (2006). Structure–Radical Scavenging Activity Relationships of Flavonoids. *Phytochemistry*, Vol. 67, 2058–2070. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.07.002.
- 30 Ardestani, A., & Yazdanparast, R. (2007). Antioxidant and Free Radical Scavenging Potential of *Achillea Santolina* Extracts. *Food Chem.*, Vol. 104, 21–29. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.10.066.
- 31 Thompson, P.A., Smith, R.D., Dickie, J.B., Sanderson, R.H. & Probert R.J. (1981). Collection and regeneration of populations of wild plants from seed. *Biological Conservation*, Vol. 20, 229–245.
- 32 Smith, R.D. & Linington S. (1997). The management of the Kew Seed Bank for the conservation of arid land and U. K. wild species. *Bocconeia*, Vol. 7, 273–280. ISSN 1120-4060
- 33 Sitpayeva, G.T., Makhmudova, K.Kh., Inerbayeva, S.A., & Ospanov, A.K. (2016). Study and *ex-situ* conservation of wild cereals of *Aegilops* genus as an additional source of valuable traits for wheat breeding in Kazakhstan. *Proceedings of the International Scientific Conference “Conservation and sustainable use of gene pool of plant world in Eurasia at the present stage” (September, 3, 2016). EXPO-2016* (pp. 135–137). Antalya, Turkey.
- 34 Tompsett, P.B. (1986). The Effect of Temperature and Moisture Content on the Longevity of Seed of *Ulmus carpinifolia* and *Terminalia brassii*. *Annals of Botany*, Vol. 57(6), 875–883. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a087172
- 35 Dickie, B.G.M., Lewis, M.J., & Davies, J.A. (1990). Potassium-stimulated release of nitric oxide from cerebellar slices. *Br.J. Pharmacol.*, Vol. 101, 8–9.
- 36 Tompsett, P.B. (1994). Capture of genetic resources by collection and storage of seed: a physiological approach. In: Leakey R.R.B. & Newton A.C. (Ed.). *Tropical trees: the potential for domestication and the rebuilding of forest resources*, 71 pp.
- 37 Fiona, R. Hay and Probert, R.J. (2013). Advances in seed conservation of wild plant species: a review of recent research. *Conserv. Physiol. I*. DOI:10.1093/conphys/cot030.38
- 38 Hong, T.D., Linington, S., & Ellis, R.H. (1996). Seed Storage Behaviour: A Compendium. *Handbooks for Genebanks: International Plant Genetic Resources Institute, Rome*, No. 4.
- 39 De Vitis, M., Fiona, R. Hay, Dickie, J.B., Trivedi, C., Choi, J., & Fiegner, R. (2020). Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. *Restoration Ecology*, Vol. 28(S3), S249–S255.
- 40 Probert, R.J., Smith, R.D., & Birch, P. (1985a). Germination responses to light and alternating temperature in European populations of *Dactylis glomerata* L. I. Variation in relation to origin. *New Phytologist*, Vol. 99, 305–316.
- 41 Probert, R.J., Smith, R.D., & Birch, P. (1985b). Germination responses to light and alternating temperature in European populations of *Dactylis glomerata* L. II. The genetic and environmental components of germination. *New Phytologist*, Vol. 99(3), 317–322.
- 42 Makhmudova, K.Kh., Inerbayeva, S.A., Murzatayeva, T.Sh., & Kenzhebekova, N.D. (2016). *Ex-situ* conservation and study *Capparis herbacea* Willd. as an additional source of polyunsaturated acids and other valuable traits for use in food industry o Kazakhstan. *Proceedings of the International Scientific Conference “Conservation and sustainable use of gene pool of plant world in Eurasia at the present stage” (September, 3, 2016). EXPO-2016* (pp. 98–100). Antalya, Turkey.
- 43 Stol Yakobsena [Jacobsen’s Desk]. Retrieved from: <http://www.lessnab.karelia.ru/stol.htm> [in Russian].

В.К. Мурсалиева^{1*}, Б.Т. Сәрсенбек^{1,2}, А.Т. Алғазы¹, С.К. Турашева²,
Т.М. Муханов¹, Т.Ш. Мурзатаева³, Г.Т. Ситпаева³

¹ Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан;

² Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

³ Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: gen_mursal@mail.ru

Введение *in vitro* и регенерационная способность реликтового эндемика недзвецкия семиреченская *Niedzwedzkia semiretschenskia* B. Fedtsch

В статье приведены экспериментальные данные по получению асептической культуры редкого реликтового вида недзвецкия (инкарвиллея) семиреченская *Niedzwedzkia semiretschenskia* от исходных семян из природных популяций на юге Казахстана. Изучено влияние гормонального состава питательной среды Мурасиге и Скуга на всхожесть семян, адвентивное побегообразование и укоренение *in vitro*. Проведена оценка коэффициента размножения в ходе многократного микрочеренкования асептических побегов. Установлено, что *in vitro* всхожесть семян не превышала 25 % на среде Кнопа, максимальная всхожесть отмечалась при их посадке в почвенный субстрат. Внесение в среду цитокинина 6-бензиламинопурина (БАП) приводило к образованию каллуса из тканей семядолей, к адвентивному побегообразованию у апикальных эксплантов проростков с настоящими листьями. Выявлено, что оптимальной средой для микроклонального размножения является среда с внесением 0,5 мг/л БАП с максимальным коэффициентом размножения 7,84 на втором пассаже. Установлено, что при депонировании в условиях низкой положительной температуры в течение 6 месяцев пробирочная культура инкарвиллеи сохраняет жизнеспособность и восстанавливает рост при переносе в стационарные условия световой комнаты. В результате работы проведено введение в культуру тканей, микроклональное размножение и создана депонированная коллекция *in vitro* реликтового вида *N. semiretschenskia*.

Ключевые слова: *Niedzwedzkia semiretschenskia*, регенерация, культура *in vitro*, оценка коэффициента размножения.

Введение

Недзвецкия семиреченская *Niedzwedzkia semiretschenskia* B. Fedtsch (инкарвиллея семиреченская (*Incarvillea semiretschenskia* (B. Fedtsch.) Grierson) относится к древнейшим палеогеновым реликтам пустынной флоры Средней Азии и является единственным представителем тропических растений семейства *Bignoniaceae* во флоре Казахстана [1]. Вид *N. semiretschenskia*, впервые описанный Б.А. Федченко в 1915 году в Чу-Илийских горах, занесен в Красную книгу РК и в Список Международного союза охраны природы и природных ресурсов со статусом очень редкого, узкоэндемичного и исчезающего реликтового вида [2, 3]. Следует отметить, что, согласно литературным данным [4], ранее самостоятельный род *Niedzwedzkia*, эндемичный для гор бассейна рек Чу и Или (ныне Шу-Илейские горы), позднее стали относить к роду *Incarvillea* Juss, включающий 16 видов, произрастающих в основном в юго-западных районах Китая и Непала, в Цинхай-Тибетском нагорье [5].

По жизненной форме *N. semiretschenskia* — декоративное многолетнее растение до 30 см высотой с густолиственными стеблями при основании древеснеющие, с очередными, перисто- или пальчато-рассеченными листьями, с крупными одиночными цветками, расположенными на верхушках ветвей с пурпуровым, трубчато-воронковидным с пятью закругленными лопастями венчиком и плодом коробочкой с четырьмя крылатыми жесткими ребрами [6].

Современный ограниченный ареал распространения вида занимает разреженными популяциями всего три участка общей площадью 7 га с численностью не более 25–28 тысяч разновозрастных кустов на глинистых и щебнистых склонах пустынных низкогорий в Шу-Илейских горах [4]. В настоящее время естественные заросли редкого вида в значительной степени подвержены антропогенному воздействию (выпас скота), в результате чего малочисленные дикорастущие популяции реликта *N. semiretschenskia* находятся под угрозой деградации [7].

Вид *N. semiretshenskia* рекомендуется как высоко-декоративное растение для озеленения на юге Казахстана и Средней Азии. Взрослые растения отличаются обильным цветением (более 300 цветков) и плодоношением, обладают высокой устойчивостью к засухе и морозу. Впервые вид *N. semiretshenskia* был введен в культуру в Ташкентском, а затем в Главном (Алматы) ботанических садах [8].

Обзор литературы по близкородственным видам *Incarvillea* показал, что дикорастущие представители рода являются традиционными лечебными травами и издревле использовались местными жителями Китая народности «Wabuyou» для лечения пневмонии, малярии, гепатита и отита [9–11]. Современные химические исследования *Incarvillea ssp.* выявили высокое содержание в растениях биологически активных метаболитов, которые обладают противовоспалительным, антимикробным, антигепатитным и другими эффектами [12]. Высокое содержание алкалоидов в растениях *Incarvillea* связывают с их обезболивающим действием [13]. В настоящее время из растительного сырья инкарвиллеи выделены несколько структурно разнообразных монотерпеноидных алкалоидов актинидинового типа (изоинкарвиллин, инкаргранин А, инкарвиллатин и др.) с выраженной антиноцицептивной активностью [14–16], свыше 12 фенилэтаноидных гликозидов, оказывающих гепатопротекторное действие [17, 18]. Выявлена высокая антирадикальная активность и цитотоксическая активность экстрактов *I. Emodi* против эпидермальных опухолевых клеток человека Нер-2 [19].

Уникальность вида *N. semiretshenskia* и актуальность его всестороннего изучения подчеркивал видный ученый-ботаник И.О. Байтулин «как редчайший, крайне малочисленный, с ограниченным и узко-локализованной площадью распространения, чудом сохранившийся древний палеогеновый реликт, да еще и красиво цветущий декоративный вид, перспективный для введения в культуру Недзвецкия семиречинская заслуживает особого отношения...» [4]. Отсутствие полноценной научной информации и крайне слабая изученность среднеазиатских видов инкарвиллеи *I. semiretshenskia* и *I. olgae* из Казахстана и Киргизии отмечаются в исследованиях китайских ученых [20].

Целью наших исследований являлось введение *in vitro* и оценка регенерационной способности *N. semiretshenskia* для сохранения уникального вида и его дальнейшего научного изучения, интродукции, реинтродукции и практического использования перспективной засухоустойчивой морозоустойчивой декоративной и лекарственной культуры.

Материалы и методы

В качестве исходного материала *N. Semiretshenskia* использовали семена сбора 2016 г из природных популяций в Шу-Илейских горах, полученные из генбанка Института ботаники и фитоинтродукции (Алматы, Казахстан). Для повышения всхожести после хранения проводили предобработку семян 0,001 % раствором гибберелловой кислоты (ГК), а также антистрессовым биостимулятором WORMic&BioZZ (ТОО «BioInvest, Казахстан), представляющий собой смесь комплексных микробиологических органоминеральных жидких удобрений.

В экспериментах *in vitro* использовали общепринятую методику культивирования эксплантов [21] и питательные среды: для проращивания семян — среда Кнопа; для микроразмножения — среда Мурасиге-Скуга с половинной концентрацией макро-микроэлементов ($\frac{1}{2}$ МС) с повышенным уровнем агара 8 г/л, 30 г/л сахарозы и с добавлением 6-бензиламинопурина (БАП) и гибберелловой кислоты (ГК); для индукции корнеобразования — среду $\frac{1}{2}$ МС с внесением α -нафтиуксусной кислоты (НУК) или индолилмасляной кислоты (ИМК).

Стерилизацию исходного материала проводили путем последовательной обработки 70 % этанолом в течение 1 мин и 0,1 % раствором сулемы в течение 5–10 мин. Проращивание семян проводили различными способами: 1) *in vitro* на среде Кнопа, в отсутствии освещения; 2) *in vivo*, в почвенном субстрате — торф : почва : перлит (1:1:2) в комнатных условиях. Культуральные сосуды с вегетативными эксплантами содержали в световой комнате с 16-часовым фотопериодом и температурой 26–28°C. Рост и развитие оценивали по количеству эксплантов с развившимися побегами и количеству побегов на экспланте. Коэффициент размножения (Кр) рассчитывали, как общее количество образующихся побегов в варианте, деленное на число первичных эксплантов или пассированных микропобегов.

Для создания резервной коллекции *in vitro* образцов *N. semiretshenskia* часть растительного материала переводили на режим депонирования путем сохранения пробирочных растений на безгормональной $\frac{1}{2}$ МС среде в холодильной камере при температуре +2°C и интенсивностью освещения око-

ло 200 лк. Результаты депонирования оценивали через 6 месяцев по темпам восстановления роста у асептических побегов после из переноса в условия световой комнаты. Все результаты исследований обрабатывались стандартными биометрическими методами с использованием программы Microsoft Excel [22].

Результаты

По литературным данным растение инкарвиллея крайне негативно реагирует на застой жидкости в корневой системе, поэтому при выращивании рекомендуется выбирать возвышенный участок [8].

В предварительных опытах нами выявлено, что *N. semiretschenskia* сохраняет высокую чувствительность к избыточной влажности в условиях *in vitro*. Для активного развития пробирочной культуры требуется поддержание в световой комнате температурного режима в пределах 28–30°C и влажности не выше 50 %. В стационарных условиях выращивания при температуре 24–26°C и влажности 70 % экспланты слабо развивались, побеги темнели и, в конечном итоге, погибали.

Установлено, что для стерилизации семян инкарвиллеи семиреченской эффективна последовательная обработка 70 % этанолом и 0,1 % раствором сулемы в течение 5 мин, при которой средняя приживаемость составила 77 %. В ходе дальнейшего культивирования не были выявлены визуальные признаки патогенности, что свидетельствует об отсутствии у исходных депонированных семян внутренней грибковой и бактериальной инфекции.

Данные по всхожести семян *in vitro* и *in vivo* в зависимости от сроков посадки и от длительности их обработки стимуляторами роста приведены в таблице 1.

Таблица 1

Семенная всхожесть недзвецкия семиреченская *Niedzwedzkia semiretschenskia* в условиях *in vitro* и *in vivo*

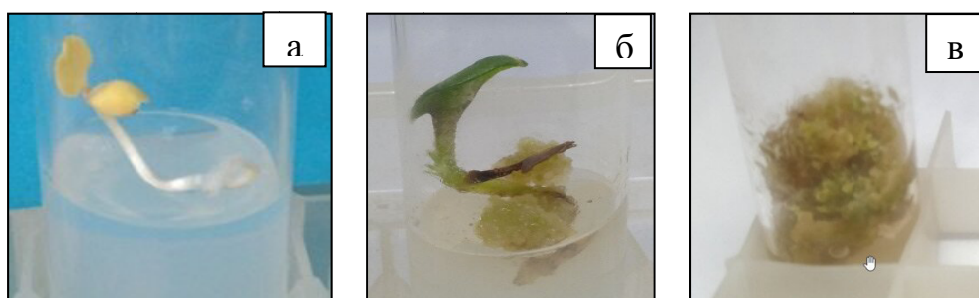
Условия и сроки посадки		Предобработка	Длительность обработки, часы	Всхожесть, %
<i>in vitro</i> (среда Кнопа)	Май	ГК	2–6	10
	Июнь	ГК	24	25
<i>in vivo</i> (почвенный субстрат)	Апрель	ГК	4	40
	Июнь	W&B	12	90
	Октябрь	-	-	40

Примечание. ГК, 0,001% раствор гибберелловой кислоты, W&B, биостимулятор WORMic&BioZZ.

Максимальная 90 % всхожесть *N. semiretschenskia* выявлена при посадке исходных семян в почвенный субстрат (*in vivo*) при их предобработке препаратами Wormic & Biozz в июне месяце. Всхожесть семян после обработки ГК в течение 4 ч составила 40 % в конце апреля. Аналогичная всхожесть отмечалась при осенней посадке в субстрат контрольных семян (без обработки). Следует отметить, что полевая всхожесть инкарвиллеи была значительно ниже: из 10 семян, высаженных в конце апреля на участок, взошел один проросток, у которого через 2 месяца развились настоящие листья.

Морфогенетическая реакция в ходе *in vitro* культивирования семян, первичных апикальных эксплантов проростков и результаты микроклонального размножения *N. Semiretschenskia* приведены на рисунке 1.

Установлено, что *in vitro* максимальная всхожесть 25 % на среде Кнопа и ранний срок появления всходов (на 3 день после посадки) отмечались в июне месяце при обработке семян раствором ГК в течение суток. Культивирование жизнеспособных семян на среде Кнопа приводило к развитию семядольных листьев и первичного корешка на 20 день культивирования (рис. 1 а).



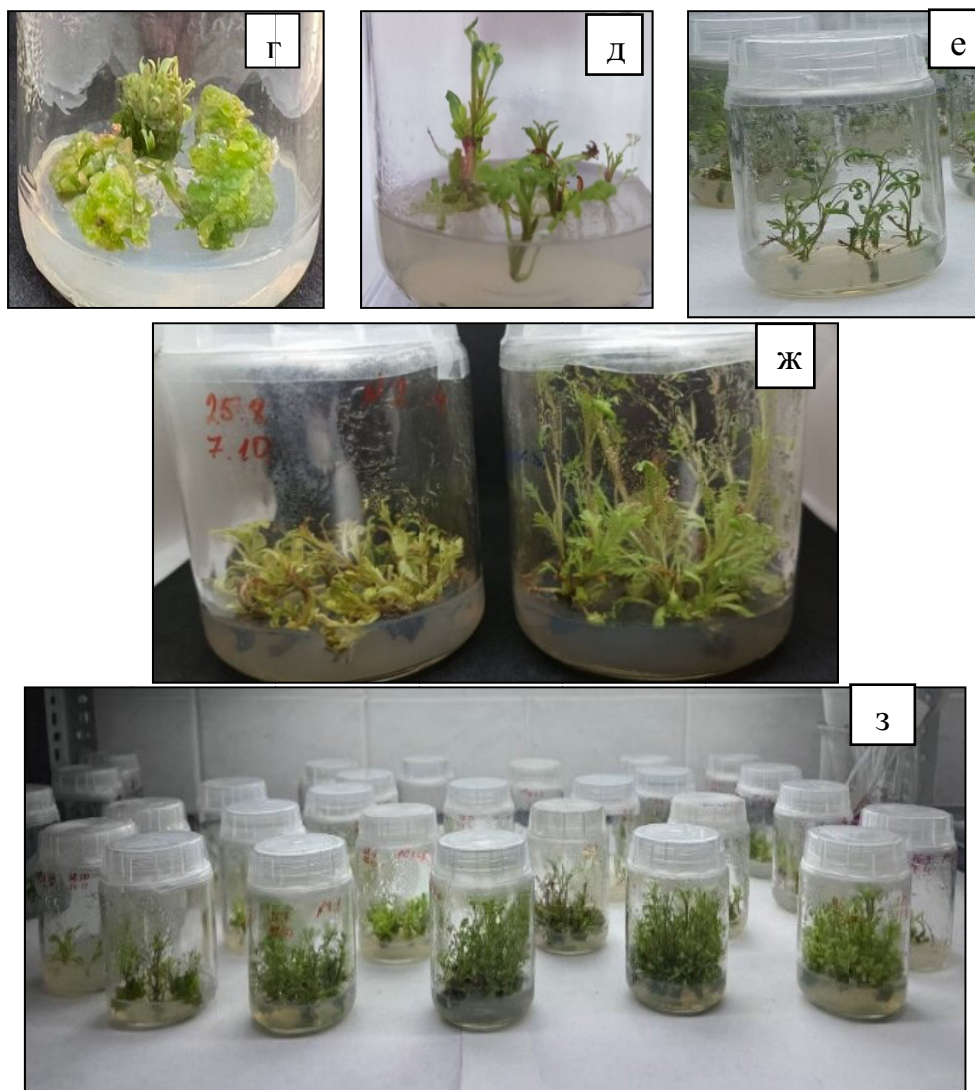


Рисунок 1. Регенерационная способность *in vitro* недзвецкия семиреченская *Niedzwedzia semiretschenskia*: а — проросток на среде Кнопа, 20 день после посадки; б — каллус на среде с 0,5 мг/л БАП, 20 день после посадки; в — неморфогенный каллус, месяц культуры; г — морфогенный каллус на среде ½ МС с 0,5 мг/л БАП; д — активация роста пазушных почек на среде ½ МС с 1 мг/л БАП; е — пассированные микропобеги на среде для укоренения с 0,5 мг/л ИМК; ж — депонированные побеги при +2°C (слева) и восстановление их роста после 6-месячного холодного хранения (справа); з — микротиражирование пробирочной культуры на безгормональной среде

При посадке семян на среду ½ МС с БАП в концентрации 0,5 мг/л отмечалось отрастание семядольных листьев через две недели после посадки. Наряду с этим отмечалось утолщение тканей семядолей и образование рыхлого, обводненного каллуса (рис. 1 б), который далее в течение месяца разрастался, увеличивался в массе без дифференцировки новых побегов и, в конечном итоге, некротизировался (рис. 1 в).

Для микроклонального размножения использовали семенные проростки, полученные *in vivo*. Для этого от двухнедельных проростков срезали апикальную часть с первыми настоящими листьями, стерилизовали 0,1 % сулемой и высаживали на питательные среды для адвентивного побегообразования. Результаты оценки влияния гормонального состава среды МС на регенерационную способность апикальных эксплантов приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Влияние гормонального состава питательной среды МС на регенерационный потенциал *in vitro* недзвецкия семиреченская *Niedzwedzkia semiretschenskia*

Гормональный состав ½ МС, мг/л	Количество эксплантов	Регенерация, %	Количество побегов от одного экспланта
БАП 0,5	11	50,0*	3,5
БАП 1,0	5	100,0	2,0
БАП 1,0 + ГК 1,0	4	50,0	1,2
БАП 0,8 + 0,5 ГК	9	66,6	1,0

Примечание. БАП, 6-бензиламинопурин, ГК гибберелловая кислота; * одновременно с формированием каллуса.

На среде ½ МС с 0,5 мг/л БАП у 50 % эксплантов отмечалась регенерация побегов с одновременным образованием каллуса первично у основания побега, который далее разрастался по всей поверхности первичного побега. В отличие от каллуса, полученного из семядолей на аналогичной среде, индуцированный каллус обладал морфогенным потенциалом. При последующем пассировании каллуса на свежие среды отмечалась регенерация новых побегов (рис. 1 г).

При посадке верхушек проростков на среду ½ МС с внесением 1 мг/л БАП у всех эксплантов отмечалась активация роста пазушных почек и отрастание дополнительных побегов (адвентивное побегообразование) в течение месяца культивирования (рис. 1 д).

Далее полученные развитые побеги длиной 4–5 см делили на отдельные узловые сегменты длиной 1,5–2 см (микрочеренкование) и пассировали на контрольную (без регулятора роста) и опытные среды с внесением БАП для микроразмножения.

Влияние гормонального состава питательной среды на эффективность микрочеренкования и ростовые параметры полученных микропобегов представлены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Влияние гормонального состава среды на побегообразование *in vitro* недзвецкия семиреченская *Niedzwedzkia semiretschenskia*

Параметры роста за один пассаж	Гормональный состав ½ МС, мг/л		
	контроль	0,5 БАП	1 БАП
Количество исходных черенков	6,43±0,53 ^a	5,43±0,79 ^a	4,8±1,64 ^a
Количество полученных побегов	10,14±1,05 ^a	13,29±1,15 ^b	9,4±1,3 ^a
Максимальная длина побега, см	6,50±0,82 ^a	3,0±0,26 ^b	1,40±0,35 ^b
Количество узлов на побеге	3,29±0,8 ^a	2,00±0,58 ^{ab}	1,20±0,45 ^b
Коэффициент размножения	1,57±0,31 ^a	2,48±0,21 ^b	2,12±0,14 ^{ab}

Примечание. БАП, 6-бензиламинопурин; а, б, в — достоверные отличия между вариантами в строке при $p \leq 0,05$.

Наибольший показатель Кр 2,48 достигался на среде ½ МС с 0,5 мг/л БАП. Увеличение концентрации БАП до 1 мг/л не повышало интенсивность побегообразования в контроле, показатель был минимальным, Кр 1,57.

Для дальнейшего микротиражирования использовали среду с 0,5 мг/л БАП, которая обеспечивала максимальную скорость тиражирования побегов со средними параметрами роста. Результаты оценки регенерационной способности *N. semiretschenskia* в ходе четырехкратного пассирования на индуцирующей среде представлены на рисунке 2.

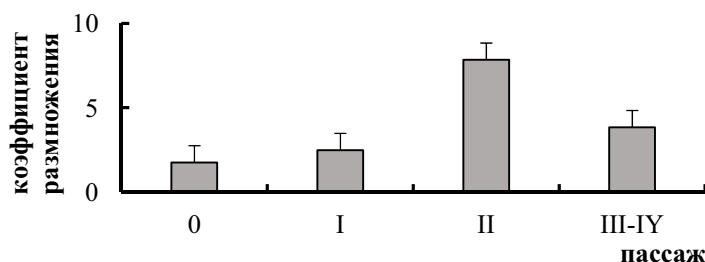


Рисунок 2. Интенсивность размножения *in vitro* в ходе пассирования микропобегов *N. semiretschenskia* на среде ½ МС с 0,5 мг/л БАП

Проведенное микрочеренкование и четырехкратное пассирование полученных побегов позволили провести тиражирование культуры *N. semiretschenskia* для проведения дальнейших экспериментов.

Для индукции ризогенеза размноженные побеги высотой 3–4 см с 4–5 листьями пересаживали на 1/2 МС среду с 0,3 мг/л - 0,5 мг/л ИМК или НУК (рис. 2 е). Через месяц культивирования на месте среза побега формировался плотный каллус, но дифференцировки корешков не отмечали на протяжении двух месяцев инкубации на индуцирующих средах. При этом у основания побега продолжалось отрастание новых побегов, что связано, вероятно, с пролонгированным действием экзогенного БАП. По литературным данным, для снятия эффекта цитокина необходимо проводить многократное пассирование материала на безгормональную среду [23, 24].

Результаты опытов по депонированию показали, что депонированные растения значительно отставали в развитии от растений, культивируемых в стационарных условиях, отличались отсутствием развития новых побегов (рис. 1 ж). Выявлено, что для депонирования лучше всего отбирать побеги не менее 2 см высотой, поскольку процесс восстановления у маломерных растений протекает значительно медленнее, чем у более рослых растений.

В результате проведенной работы создана асептическая коллекция реликтового вида (рис. 1 з), полученная от исходных семян из природных популяций *N. semiretschenskia*.

Обсуждение

Известно, что микроклонирование *in vitro* основано на способности регуляторов роста цитокининового ряда стимулировать адвентивное побегообразование. Использование данного подхода позволяет значительно увеличить коэффициент размножения и сохранять ценные признаки исходного генотипа [25].

Установлено, что способность апикальных эксплантов проростков *N. Semiretschenskia* к регенерации побегов и закладке дополнительных почек варьировала в зависимости от гормонального состава питательной среды. Морфогенетический эффект экзогенного цитокинина БАП зависел от его концентрации. При дозе 0,5 мг/л у первичных эксплантов отмечалось отрастание побега у 50 % эксплантов, одновременное образование морфогенного каллуса и максимальное количество полученных *de novo* побегов. При увеличении концентрации до 1 мг/л БАП развитие побега наблюдалось у всех первичных эксплантов без каллусогенеза. Комбинация БАП с ГК уменьшало эффективность регенерации в два раза, среднее количество полученных побегов не превышало 1–1,2 от одного экспланта.

Гормональный состав 1/2 МС среды существенно влиял на интенсивность побегообразования и ростовые параметры полученных побегов при их дальнейшем пассировании. Установлена обратная зависимость между эффективностью размножения и качественными параметрами полученных микропобегов. Показатели длины побегов и количества узлов на контрольной среде с минимальным коэффициентом размножения были достоверно выше, чем на среде с внесением БАП. На безгормональной среде формировались длинные побеги до 6,5 см, имеющие 3–4 узла на побеге. На среде с повышенным уровнем 1 мг/л БАП формировались укороченные побеги не выше 1,2 см с 1–2 узлами. Средние параметры роста в сочетании с максимальным показателем побегообразования отмечались на среде с 0,5 мг/л БАП, которая является оптимальной для микротиражирования первичной культуры.

Установлено, что регенерационная способность *N. semiretschenskia* меняется в ходе пассирования на индуцирующей среде с 0,5 мг/л БАП. На протяжении двух пассажей, начиная от введения первичных эксплантов (0 пассаж), показатель постепенно повышается от 1,75 до 2,48. Максимальная интенсивность размножения отмечалась на втором пассаже (Кр 7,84) с последующим двукратным снижением в ходе дальнейшего пассирования на свежие среды. Полученные данные свидетельствуют о том, что регенерационный потенциал после достижения максимума в ходе многократного пассирования снижается до определенного уровня.

Обнаружено, что длительное культивирование на среде с БАП отрицательно повлияло на способность асептических побегов к укоренению. Внесение в индуцирующую среду ауксинов НУК и ИМК вызывало образование каллуса у основания побега, но не приводило к развитию корешков. Для устранения пролонгированного эффекта цитокинина проводится регулярное пассирование побегов на безгормональную среду для дальнейших экспериментов.

В мировой практике для сохранения редких и эндемичных видов природной флоры в качестве дополнительного к традиционным полевым маточникам и семенным банкам в последние годы широко создают коллекции *in vitro* [26]. Результаты опытов показали, что пробирочная культура *N.*

semiretschenskia хорошо переносит условия депонирования при низкой положительной температуре и восстанавливает рост после 6 месяцев хранения.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой регенерационной способности эндемичного вида инкарвиллеи семиреченской и о эффективности применения метода культуры тканей для сохранения и воспроизводства генетических ресурсов ценного декоративного и лекарственного растения *N. semiretschenskia*.

Заключение

1. Оптимальным эксплантом для введения *N. Semiretschenskia* в условия *in vitro* является апикальная часть проростка с первыми настоящими листьями.

2. Для микроклонального размножения *N. semiretschenskia* эффективно применение методов адвентивного побегообразования и микрочеренкования на среде $\frac{1}{2}$ МС с 0,5 мг/л -1 мг/л БАП.

3. Среднесрочное депонирование пробирочной культуры при низкой положительной температуре позволяет создать депонированную коллекцию уникальных образцов реликтового вида *N. semiretschenskia* для дальнейшего научно-практического использования.

Работа выполнена в рамках программы OR12065492-OT-21 при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Список литературы

- 1 Winterholler B. *Incarvillea semiretschenskia* (B. Fedtsch) Grierson as an object of Kazakhstan flora biodiversity saving / B. Winterholler, A. Winterholler, A.K. Auelbekova // Bulletin of the Karaganda University. Biology. Medicine. Geography series. — 2015. — No 4 (80). — P. 4-10.
- 2 Красная книга Казахстана. — 2-е изд., перераб. и доп. — Т. 2. Растения. — Астана: ТОО «АртPrintXXI», 2014. — 452 с.
- 3 IUCN Red List of Threatened Plants. IUCN – The World Conservation Union / K.S. Walter, H.J. Gillett (Eds.). <https://doi.org/10.5962/bhl.title.44833> (Accessed: 22.02.2023).
- 4 Байтулин И.О. К вопросу о методах оценки динамического состояния сообществ редких и эндемичных видов растений на фоне влияния глобальных изменений климата / И.О. Байтулин // Докл. НАН РК. Биология. — 2014. — № 4. — С. 61–68.
- 5 Rana S. Molecular phylogeny, biogeography and character evolution of the montane genus *Incarvillea* Juss. (Bignoniaceae) / S. Rana, D. Luo, H. Rana, S. Cheng, H. Sun // Plant Diversity. — 2021. — Vol. 43. — P. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2020.09.002>.
- 6 Байтенов М.С. Флора Казахстана. Т.1: Иллюстрированный определитель семейств и родов / М.С. Байтенов. — Алматы: Ылым, 1999. — 400 с.
- 7 Кокорева И.И. Современная флора Шу-Илейских гор (Северный Тянь-Шань) / И.И. Кокорева, И.Т. Отрадных, И.А. Съедина // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. — 2018. — № 1. — С. 418–426.
- 8 Уварова Е.И. Биологическое обоснование интродукции травянистых многолетников семейства Бигнониевых (*Bignoniaceae* Juss.) в Алма-Ату: автореф. дис. ... канд. биол. наук. / Е.И. Уварова. — Алма-Ата, 1984. — 25 с.
- 9 Rahmatullah M. An ethno medicinal, pharmacological, and phytochemical review of some Bignoniaceae family plants and a description of *Bignoniaceae* plants in folk medicinal uses in Bangladesh / M. Rahmatullah, W. Samarri, R. Jahan et al. // Advances in Natural and Applied Sciences. — 2010. — Vol. 4(3). — P. 236-253.
- 10 Guo J. Phytochemical analysis, antioxidant and analgesic activities of *Incarvillea compacta* maxim from the Tibetan plateau / J. Guo, D. Zhang, C. Yu, L. Yao, Z. Chen, Y. Tao, W. Cao // Molecules. — 2019. — No 24. <https://doi.org/10.3390/molecules24091692>.
- 11 Zhang J. *Incarvillea compacta* Maxim ameliorates inflammatory response via inhibiting PI3K/AKT pathway and NLRP3 activation / J. Zhang, Y. Feng, S. Han, X. Guan, Z. He, C. Song, L. Lv, Q. Luo // Front. Pharmacol. — 2022. — Vol. 13. — 1058012. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1058012>.
- 12 Fu J. Chemical constituents of plants from the genus *Incarvillea* / J. Fu, Y. Shen, J. Qin, Y. Wang, Y. Huang, Q. Zeng, W. Zhang // Chemistry & Biodiversity. — 2009. — Vol. 6(6). — P. 818-826. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200800166>.
- 13 Nakamura M. Antinociceptive substances from *Incarvillea delavayi* / M. Nakamura, K. Kido, J. Kinjo, T. Nohara // Phytochemistry. — 2000. — No 53. — P. 253–256. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(99\)00536-1](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(99)00536-1).
- 14 Shen Y. A unique indolo-[1,7] naphthyridine alkaloid from *Incarvillea mairei* var. *grandiflora* (Wehrn.) Grierson / Y. Shen, Y. Su, J. Tian, S. Lin, H. Li, J. Tang, W. Zhang // Chemistry & Biodiversity. — 2010. — Vol. 93. — P. 2393-2396.
- 15 Su Y.Q., S Two new alkaloids from *Incarvillea mairei* var. *grandiflora* / Y.Q. Su, Y.H. Shen, L. Sheng, T. Jian, J.M. Tian, X.H. Liu, W.D. Zhang // Helv. Chim. Acta. — 2009. — № 92. — P. 165–170.

- 16 Shen X. Monoterpene alkaloids from *Incarvillea delavayi* Bureau et Franchet and their inhibition against LPS induced NO production in BV2 cells / X. Shen, H. Chen, Sh. Li, J. Li, X. Zu, X. Xu, X. Li, Y. Shen // Chemistry & Biodiversity. — 2021. — Vol. 19. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202101013>.
- 17 Shen T. Hepatoprotective effect of phenylethanoid glycosides from *Incarvillea compacta* against CCl4-induced cytotoxicity in HepG2 cells / T. Shen, X. Li, W. Hu, L. Zhang, X. Xu, H. Wu, L. Ji // J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. — 2015. — No 58. — P. 617–625. <https://doi.org/10.1007/s13765-015-0076-0>.
- 18 Wu H.F. A new phenylethanoid glycoside from *Incarvillea compacta* / H.F. Wu, Y. Di Zhu, L.J. Zhang, Q.Y. Zou, L. Chen, T. Shen, X.F. Wang, G.X. Ma, B.R. Hu, W.C. Hu, X.D. Xu // J. Asian Nat. Prod. Res. — 2016. — No 18. — P. 596–602. <https://doi.org/10.1080/10286020.2015.1096931>.
- 19 Ihtesham Y. Evaluation of some biological effects of *Incarvillea emodi* (Royle ex Lindl.) Chatterjee and determination of its active constituents / Y. Ihtesham, U. Khan, Z. Dogan, V.M. Kutluay, I. Saracoglu // Kafkas Univ Vet Fak Derg. — 2019. — Vol. 25 (2). — P. 171–178. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2018.20557>.
- 20 Chen S.T. Biodiversity conservation of the genus *Incarvillea* Juss. (*Bignoniaceae*) based on molecular diversity and species richness assessment / S.T. Chen, J. Gong, K.Y. Guan, Z.K. Zhou // Journal of Plant Biology. — 2010. — Vol. 53(6). — P. 387–394. <https://doi.org/10.1007/s12374-010-9127-6>.
- 21 Калинин Ф. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Ф. Калинин, В. Сарнацкая, В. Полищук. — Киев: Наук. думка, 1980. — 487 с.
- 22 Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. — М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.
- 23 Hovorka T. Micropropagation of *Incarvillea delavayi* Bureau et Franchet (*Bignoniaceae*) / T. Hovorka, I. Viehmannova, J. Vitamvas, P. Cepkova, E. Fernander // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. — 2019. — Vol. 67 (6). — P. 1453–1456.
- 24 Hu Z. High efficiency *in vitro* plant regeneration from cotyledon explant of *Incarvillea sinensis* / Z. Hu, W. Li // In vitro cellular & Developmental Biology. Plant. — 2005. — Vol. 41(5). — P. 662–665.
- 25 Бутенко Р.Г. Культура изолированных органов и физиология морфогенеза растений / Р.Г. Бутенко. — М.: Наука, 1964. — 270 с.
- 26 Высоцкая О.Н. Длительное сохранение *in vitro* коллекции растений земляники / О.Н. Высоцкая // Физиология растений. — 1994. — Т. 41, № 6. — С. 935–941.

В.К. Мурсалиева, Б.Т. Сәрсенбек, А.Т. Алғазы, С.К. Турашева,
Т.М. Муханов, Т.Ш. Мурзатаева, Г.Т. Ситпаева

Недзвецкия семиреченская *Niedzwedzkia semiretschenskia* В. Fedtsch реликті эндемигінің регенерациялық қабілеті және *in vitro* енгізу

Мақалада Қазақстанның оңтүстігіндегі табиғи популяцияның бастапқы тұқымдарынан недзвецкия (инкарвиллея) семиреченская *Niedzwedzkia semiretschenskia* сирек кездесетін реликті түрінің асептикалық дақылын алу бойынша тәжірибелік деректер келтірілген. Мурасиге-Скут коректік ортасының гормоналды құрамының тұқымның өнуіне, адвентивті өркендердің түзілуіне және *in vitro* тамырлануына әсері зерттелді. Асептикалық өркендерді көп реттік микрокалемшелеу кезінде көбею коэффициентін бағалау жүргізілді. *In vitro* тұқымның өнгіштігі Кноп ортасында 25%-дан аспағандығы анықталды, олардың максималды өнгіштігі топырақ субстратына әдеттегі отырғызу кезінде байқалды. Ортаға 6-бензиламинопурин цитокининін енгізу тұқым жарнағы ұлпаларынан каллус түзілуіне, нағыз жапырақтары бар өскіндердің апикальды экспланттарында адвентивті өркендердің түзілуіне әкелді. Микроклональды көбею үшін оңтайлы орта құрамына 0,5 мг/л 6-бензиламинопурин қосылатын орта болып табылатындығы анықталды, екінші пассажда максималды көбею коэффициенті 7,84 құраған. Алты ай бойы төмен оң температура жағдайында сақтау кезінде инкарвиллеяның шыны түтіктегі дақылы өміршең болатындығы және жарық бөлмесінің стационарлық жағдайына ауыстырған кезде өсуін қалпына келтіретіндігі айқындалды. Жұмыс нәтижесінде ұлпа дақылына енгізу, микроклональды көбею жүргізілді және *N.semiretschenskia* реликті түрінің *in vitro* депонирленген коллекциясы жасалды.

Кілт сөздер: *Niedzwedzkia semiretschenkia*, регенерация, *in vitro* дақылы.

V.K. Mursaliyeva, B.T. Sarsenbek, A.T. Algazy, S.K. Turasheva,
T.M. Mukhanov, T.Sh. Murzataeva, G.T. Sitpaeva

Establishment of *in vitro* and regeneration ability of the relict endemic *Niedzwedzkia semiretschenskia* B. Fedtsch

The experimental data of obtaining *in vitro* culture of the rare relict species *Niedzwedzkia (Incarvillea) semiretschenskia*, from the initial seeds collected in natural population in the south of Kazakhstan were presented. The influence of plant growth regulators in Murashige and Skoog nutrient mediums on seed germination, adventitious shoot formation and rooting *in vitro* was studied. The propagation coefficient for micro-cutting was estimated during four passages. It was shown, that *in vitro* germination did not exceed 25% on Knopp medium, and the maximum of germination was during seed planting in the soil substrate. The addition of 6-benzylaminopurine to the nutrient medium induced the callus formation from cotyledon's tissue and adventitious shoots from apical explants of seedlings with native leaves. It was found that the optimal for clonal propagation is the MS medium, containing 0.5 mg/l 6-benzylaminopurine; in this case, a maximum propagation coefficient of 7.84 was at the second passage. It was found during conservation at a low positive temperature for 6 months; the tube-culture plants of *Incarvillea* retain their viability and restore their growth when transferred to the stationer conditions of the light room. As a result of research the *in vitro* establishment and micropropagation of endemic species were carried out and deposited *in vitro* collection of *N. semiretschenskia* was created.

Keywords: *Niedzwedzkia semiretschenkia*, regeneration, *in vitro* culture.

References

- 1 Winterholler, B., Winterholler, A., Auelbekova, A.K. (2015). *Incarvillea semiretschenskia* (B. Fedtssh) Grierson as an object of Kazakhstan flora biodiversity saving. *Bulletin of the Karaganda University. Biology. Medicine. Geography series*, 4(80), 4-10.
- 2 (2014). Krasnaia kniga Kazakhstana. — 2-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe [Red Data Book of Kazakhstan. 2nd edition, revised and supplemented]. Vol. 2: *Rasteniia* — Vol. 2: *Plants*. Astana: TOO «ArtPrintXXI [in Russian].
- 3 Walter, K.S., & Gillett, H.J. (Eds.). IUCN Red List of Threatened Plants. IUCN — The World Conservation Union. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.44833> (Accessed: 22.02.2023).
- 4 Baitulin, I.O. (2014). K voprosu o metodakh otsenki dinamicheskogo sostoiianiia soobshchestv redkikh i endemichnykh vidov rastenii na fone vliianiia globalnykh izmenenii klimata [To the question about methodology approach to stadying the state of the rare, endemic specie's communities with the connection of the global climatic changes]. *Doklady natsionalnoi fskademii nauk Respubliki Kazakhstan. Biologiya — Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Biology*, 4, 61–68 [in Russian].
- 5 Rana, S., Luo, D., Rana, H., Cheng, S., & Sun, H. (2021). Molecular phylogeny, biogeography and character evolution of the montane genus *Incarvillea* Juss. (*Bignoniaceae*). *Plant Diversity*, 43, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2020.09.002>.
- 6 Baitenov, M.S. (1999). Flora Kazakhstana. T.1: Illiustrirovannyi opredelitel semeistv i rodov [Flora of Kazakhstan. Vol. 1: An illustrated determinant of families and genera]. Almaty: Gylym [in Russian].
- 7 Kokoreva, I.I., Otradnykh, I.T., & Sedina, I.A. (2018). Sovremennaia flora Shu-Ileiskikh gor (Severnyi Tyan-Shan) [Modern flora of the Shu-Ili Mountains (Northern Tien Shan)]. *Problemy botaniki Yuzhnoi Sibiri i Mongolii. Sbornik nauchnykh statei po materialam XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii — Problems of botany in Southern Siberia and Mongolia. Collection of scientific articles based on the materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference*, 1, 418–426 [in Russian].
- 8 Uvarova, E.I. (1984). Biologicheskoe obosnovanie introduktsii travianistykh mnogoletnikov semeistva Bignonievnykh (*Bignoniaceae* Juss.) v Alma-Atu [Biological substantiation of the introduction of herbaceous perennials of the Bignoniaceae family (*Bignoniaceae* Juss.) in Alma-Ata]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Almaty [in Russian].
- 9 Rahmatullah, M., Samarri, W., & Jahan, R., et al. (2010). An ethno medicinal, pharmacological, and phytochemical review of some Bignoniaceae family plants and a description of Bignoniaceae plants in folk medicinal uses in Bangladesh. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 4(3), 236-253.
- 10 Guo, J., Zhang, D., Yu, C., Yao, L., Chen, Z., Tao, Y., & Cao, W. (2019). Phytochemical analysis, antioxidant and analgesic activities of *Incarvillea compacta* maxim from the Tibetan plateau. *Molecules*, 24. <https://doi.org/10.3390/molecules24091692>.
- 11 Zhang, J., Feng, Y., Han, S., Guan, X., He, Z., Song, C., Lv, L., & Luo, Q. (2022). *Incarvillea compacta* Maxim ameliorates inflammatory response via inhibiting PI3K/AKT pathway and NLRP3 activation. *Front. Pharmacol.*, Vol. 13, 1058012. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1058012> (Accessed: 23.02.2023).
- 12 Fu, J., Shen, Y., Qin, J., Wang, Y., Huang, Y., Zeng, Q., & Zhang, W. (2009). Chemical constituents of plants from the genus *Incarvillea*. *Chemistry & Biodiversity*, 6(6), 818-826.
- 13 Nakamura, M., Kido, K., Kinjo, J., & Nohara, T. (2000). Antinociceptive substances from *Incarvillea delavayi*. *Phytochemistry*, 53, 253-256.

- 14 Shen, Y., Su, Y., Tian, J., Lin, S., Li, H., Tang, J., & Zhang, W. (2010). A unique indolo-[1,7] naphthyridine alkaloid from *Incarvillea mairei* var. *grandiflora* (Wehrn.) Grierson. *Chemistry & Biodiversity*, 93, 2393-2396.
- 15 Su, Y.Q., Shen, Y.H., Sheng, L., Jian, T., Tian, J.M., Liu, X.H., & Zhang, W.D. (2009). Two new alkaloids from *Incarvillea mairei* var. *grandiflora*. *Helv. Chim. Acta*, 92, 165-170.
- 16 Shen, X., Chen, H., Li, Sh., Li, J., Zu, X., Xu, X., Li, X., & Shen, Y. (2021). Monoterpene alkaloids from *Incarvillea delavayi* Bureau et Franchet and their inhibition against LPS induced NO production in BV2 cells. *Chemistry & Biodiversity*, 19.
- 17 Shen, T., Li, X., Hu, W., Zhang, L., Xu, X., Wu, H., & Ji, L. (2015). Hepatoprotective effect of phenylethanoid glycosides from *Incarvillea compacta* against CCl₄-induced cytotoxicity in HepG2 cells. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 58, 617-625.
- 18 Wu, H.F., Zhu, Y.Di., Zhang, L.J., Zou, Q.Y., Chen, L., Shen, T., Wang, X.F., Ma, G.X., Hu, B.R., Hu, W.C., & Xu, X.D. (2016). A new phenylethanoid glycoside from *Incarvillea compacta*. *J. Asian Nat. Prod. Res.*, 18, 596-602.
- 19 Ihtesham, Y., Khan, U., Dogan, Z., Kutluay, V.M., & Saracoglu, I. (2019). Evaluation of some biological effects of *Incarvillea emodi* (Royle ex Lindl.) Chatterjee and determination of its active constituents. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 25(2), 171-178. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2018.20557>.
- 20 Chen, S.T., Gong, J., Guan, K.Y., & Zhou, Z.K. (2010). Biodiversity conservation of the genus *Incarvillea* Juss. (Bignoniaceae) based on molecular diversity and species richness assessment. *Journal of Plant Biology*, 53(6), 387-394. <https://doi.org/10.1007/s12374-010-9127-6>.
- 21 Kalinin, F., Sarnackaya, V., & Polishchuk, V. (1980). Metody kultury tkanei v fiziologii i biokhimii rastenii [Methods of tissue culture in plant physiology and biochemistry]. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
- 22 Lakin, G.F. (1990). Biometriia [Biometrics]. Moscow: Vysshiaia shkola [in Russian].
- 23 Hovorka, T., Viehmannova, I., Vitamvas, J., Cepkova, P., & Fernander, E. (2019). Micropropagation of *Incarvillea delavayi* Bureau et Franchet (Bignoniaceae). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(6), 1453-1456.
- 24 Hu, Z., & Li, W. (2005). High efficiency *in vitro* plant regeneration from cotyledon explant of *Incarvillea sinensis*. *In vitro cellular & Developmental Biology – Plant*, 41(5), 662-665.
- 25 Butenko, R.G. (1964). Kultura izolirovannykh organov i fiziologiya morfogeneza rastenii [Culture of isolated organs and physiology of plant morphogenesis]. Moscow: Nauka [in Russian].
- 26 Vysotskaya, O.N. (1994). Dlitelnoe sokhranenie *in vitro* kollektsii rastenii zemlianniki [Long-term preservation *in vitro* collection of strawberry plants]. *Fiziologiya rastenii — Plant Physiology*, 41 (6), 935-941 [in Russian].

А.С. Нұртаза¹, Д.А. Дюсембекова¹, С.С. Исламова^{1,2}, И.Н. Саматова^{1,2},
А.Т. Умирзакова³, А.А. Какимжанова^{1*}

¹Национальный центр биотехнологии, Астана, Казахстан;

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, Астана, Казахстан;

³Сайрам-Угамский государственный национальный природный парк, Шымкент, Казахстан

*Автор для корреспонденции: kakimzhanova@biocenter.kz

Оптимизация условий микроклонального размножения и среднесрочного хранения *in vitro* редкого вида смородины Янчевского для сохранения

В статье представлены результаты исследований по сохранению редкого вида растения смородины Янчевского (*Ribes janczewskii*) в условиях *in vitro*. Этот вид смородины более устойчив к болезням, вредителям и низким температурам, а также содержит большое количество полезных веществ, таких как аскорбиновая кислота, полифенолы и антоцианы по сравнению с другими видами. Ранее не проводились исследования по разработке биотехнологии для сохранения этого исчезающего вида. Авторами данной работы подобраны эффективная стерилизация и введение эксплантов смородины Янчевского в культуру *in vitro*, в качестве стерилизующего агента выбран 12 %-ный раствор перекиси водорода с режимом стерилизации 5 мин, где жизнеспособность эксплантов достигла до 73,3 %. Также для мультипликации оптимизирован состав питательной среды WPM с добавлением БАП 0,5 мг/л, ГК 0,4 мг/л и ИМК 0,1 мг/л, который позволил получить 4,83 новых побега на эксплант. Для среднесрочного хранения микропобегов смородины Янчевского наиболее оптимальным условием была выбрана питательная среда WPM с добавлением маннита в концентрации 20 г/л, в результате чего прирост по высоте побегов и количеству листьев был низким, размножение побегов не наблюдалось. Была создана коллекция смородины Янчевского в культуре *in vitro*, которая позволит размножить и сохранить этот ценный вид. В настоящее время микроклонально размножено 250 побегов, из которых 120 побегов были культивированы на питательных средах для среднесрочного хранения.

Ключевые слова: *in vitro* культура, *Ribes janczewskii*, питательная среда WPM, среднесрочное хранение, маннит, стерилизующие агенты, микроклональное размножение, микропобеги.

Введение

Сохранение и поддержание биологического разнообразия входит в число бережно охраняемых ключевых национальных интересов каждого государства. Растения в Европе, Азии, Америке имеют тот или иной статус редкости. Причинами этого являются антропогенная нагрузка в виде распашки земель, выпаса скота, строительства и низкая конкурентоспособность видов в фитоценозах [1, 2].

Казахстан по разнообразию биоресурсов растительного мира занимает ведущее место среди государств Центральной Азии [3]. Стоит отметить, что, в целом, 12 % растений являются эндемичными для Казахстана и многие из них находятся в статусе редких и находящихся под угрозой исчезновения [4].

Одним из таких видов, подвергшихся негативному влиянию, является смородина Янчевского, которая раньше произрастала в ущельях и долинах горных рек в горах Средней Азии (Тянь-Шань, Памиро-Алай) [5, 6]. В настоящее время *R. janczewskii* находится на грани исчезновения и занесена в Красную книгу Казахстана [7]. Смородина Янчевского находится под угрозой исчезновения, обусловленного почти полным отсутствием естественного семенного возобновления, хозяйственной деятельностью человека, выпасом скота, отсутствием защитных и лесовосстановительных мер. В то время как вид имеет важное значение для эволюции, обеспечения всех групп пользователей, в том числе селекционеров и исследователей бесценным генетическим материалом [8, 9].

В настоящее время смородина Янчевского в природе произрастает на территории Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана. Вид занесен в Красную книгу Казахстана [10] и в Международный красный лист [11].

Смородина Янчевского была названа в честь польского ботаника Эдуарда Франца Янчевского. Это листопадный кустарник высотой до 100–150 см. Побеги растения голые, молодые побеги золотистого цвета, позже становятся грязновато-жёлтыми. Листья крупные, голые до 15 см в диаметре, пятилопастные с крупными, острыми лопастями и сердцевидным основанием. Снизу с рассеянными

смолистыми пахучими железками. Листовая пластинка с обеих сторон голая, блестящая. Края листа крупнозубчатые. Цветет в июне. Плоды — чёрные ложные ягоды диаметром до 13 мм, ароматные, созревают в августе [12, 13].

R.janczewskii обладает ценными признаками, такими как устойчивость к весенним заморозкам благодаря позднему цветению, высокая устойчивость к вредителям и болезням (мучнистая роса, септориоз листьев), плоды богаты высоким содержанием аскорбиновой кислоты, полифенолов и антоцианов, в которых содержание выше, чем в культурных сортах [14, 15].

Смородина является наиболее популярной среди населения и ценной ягодной культурой в мире, благодаря наличию в ней высоких концентраций широкого спектра биологически активных веществ, антиоксидантов, сахаров, витаминов и минеральных компонентов. Польша — крупнейший в мире производитель черной смородины в последние годы, за ней следуют Россия, Великобритания, Скандинавия и Новая Зеландия [16]. В настоящее время грибные болезни, такие как мучнистая роса (*Sphaerotheca morsucae*), септориоз листьев (*Mycosphaerella ribis*) и антракноз (*Pseudopeziza ribis*), являются одними из основных проблем для производителей черной смородины [8, 16, 17]. Одним из наиболее эффективных методов решения этой проблемы является межвидовая гибридизация путем создания устойчивых сортов. Таким образом, дикорастущая форма смородины Янчевского представляет селекционный интерес, как источник признаков высокой устойчивости к болезням, более высокого уровня ряда хозяйственно-ценных признаков по сравнению с существующим сортиментом.

В естественных условиях смородина Янчевского размножается семенами и отводками [8]. Достижения в области биотехнологии обеспечивают новые методы, которые используют для сохранения и оценки биоразнообразия растений. Прямое использование биотехнологических инструментов, таких как культивирование *in vitro* и криоконсервация, оказалось ценным методом для крупномасштабного размножения, сохранения и реинтродукции, находящихся под угрозой исчезновения видов растений [18].

Наиболее популярным для размножения древесных культур является микроклональное размножение. Метод микроклонального размножения позволяет хранить материал в культуре *in vitro* длительное время. Сохранить зародышевую плазму растений *in vitro* можно либо создавая условия для медленного роста (*in vitro*) и обеспечивая кратко-, среднесрочное хранение, или применяя криоконсервацию для обеспечения длительного хранения [19–21].

В настоящее время использование культуры *in vitro* для хранения микропобегов с медленным ростом представляет собой замечательный стратегический инструмент для поддержки среднесрочного сохранения генетических ресурсов растений [22–24].

Исследователи используют микроклональное размножение смородины для крупномасштабного производства, кратковременного сохранения гермоплазмы *Ribes* [25, 26]. Использование данного метода позволяет повысить эффективность оздоровления до 100 %, в 5–10 и более раз увеличить коэффициент размножения и на 2–3 года ускорить внедрение в производство новых оздоровленных сортов и форм [27, 28]. Целью исследования было провести сбор растительного материала смородины Янчевского, оптимизировать условия стерилизации эксплантов, введение в культуру *in vitro*, микроклональное размножение и среднесрочное хранение для размножения и сохранения вида.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования был использован растительный материал смородины Янчевского (*Ribes janczewskii*). Материал был собран в Туркестанской области, Толебыйский р-н, ГНПП «Сайрам-Угам». Координаты: долгота E070°23.994', широта N42°06.526', высота над ур. м. 2351 м (рис. 1). На всех этапах исследования экспланты выращивали в культуральных сосудах в фактеростатной комнате. На каждой полке в фактеростатной комнате были установлены светодиодные ленты SMD 5050 60 led/m, фотопериод составил 16/8, температура 24–26°C.



Рисунок 1. Смородина Янчевского

Стерилизация и введение эксплантов в культуру in vitro

Для введения в культуру *in vitro* были использованы пазушные почки однолетних побегов. Для стерилизации эксплантов была исследована эффективность растворов перекиси водорода (H_2O_2). Основная стерилизация проводилась в стерильных условиях ламинар-бокса. Для подбора оптимальной концентрации были изучены 3 варианта стерилизации: I — 6% H_2O_2 ; II — 12% H_2O_2 ; III — 24 % H_2O_2 , время экспозиции составило 5 мин. Далее экспланты тщательно промывали стерильной дистиллированной водой и высушивали на фильтровальной бумаге. Для оценки эффективности стерилизации экспланты культивировали на безгормональной среде WPM (*Woody Plant Medium*). На каждый вариант исследования было высажено по 15 эксплантов.

Регенерация основного побега

После получения стерильных и жизнеспособных эксплантов были испытаны различные гормоны (кинетин (КТ), 6-бензиламинопурин (БАП), тидиазурон (ТДЗ) и гибберелловая кислота (ГК) для регенерации основного побега в культуре *in vitro*. Для этого была использована питательная среда WPM. Таким образом, были изучены следующие варианты: I — WPM безгормональная; II — КТ 0,2 мг/л и ГК 0,5 мг/л; III — БАП 0,2 мг/л и ГК 0,5 мг/л; IV — ТДЗ 0,2 мг/л и ГК 0,5 мг/л. На каждый вариант исследования было культивировано по 25 эксплантов, наблюдение проводилось в течение 21 дня.

Микроклональное размножение

После получения основного микропобега в культуре *in vitro* было проведено исследование по микроклональному размножению. Для этого были выбраны гормоны: БАП, ГК и индолил-3-масляная кислота (ИМК). В результате были изучены следующие варианты: I — WPM безгормональная; II — WPM с БАП 0,5 мг/л, ГК 0,4 мг/л и ИМК 0,1 мг/л; III — WPM с БАП 1,0 мг/л, ГК 0,4 мг/л и ИМК 0,1 мг/л; IV — WPM с БАП 1,5 мг/л, ГК 0,4 мг/л и ИМК 0,1 мг/л. На каждый вариант исследования было культивировано по 30 эксплантов, наблюдение проводилось в течение 21 дня.

Среднесрочное хранение

Для среднесрочного хранения в условиях *in vitro* смородины Янчевского было изучено влияние повышенной концентрации сахарозы и маннита. Были изучены следующие варианты на базе питательной среды WPM: I — сахароза 30 гр/л; II — сахароза 60 гр/л; III — сахароза 90 гр/л; IV — маннит 10 гр/л; V — маннит 20 гр/л; VI — маннит 30 гр/л. Экспланты выращивали в культуральных сосудах в фактеростатной комнате. Для изучения эффективности условий были изучены следующие параметры: высота побегов и количество листьев. Данные были сняты на 4-ый месяц культивирования.

Результаты

Стерилизация и введение эксплантов в культуру in vitro

Поверхностная стерилизация эксплантов для введения в культуру *in vitro* является первостепенной задачей. Основным фактором успеха является стерилизующий раствор, который не должен вызывать ожог тканей и максимально снизить контаминацию. Одним из широко применяемых растворов является хлорид ртути [29]. Однако раствор является токсичным и неудобен в использовании

[30]. Альтернативным раствором является перекись водорода. В наших предыдущих работах была доказана эффективность использования 12 % раствора перекиси водорода для стерилизации пазушных почек яблони [31, 32]. В данном исследовании была изучена эффективность разных концентраций перекиси водорода для стерилизации пазушных почек смородины Янчевского.

Как видно из результатов (табл. 1), высокая контаминация наблюдалась на I-м варианте. Инфицированность патогенной микрофлорой наблюдалось у 13 эксплантов из 15, что составило 86,7 %. Процент жизнеспособности эксплантов составило только 13,3 %. Увеличение концентрации перекиси водорода до 24 % (III вариант) привело к некрозу у большей части эксплантов до 66,7 %. У 10 эксплантов наблюдался ожог и только 5 эксплантов сохранили жизнеспособность. Наиболее мягким, но при этом эффективным способом стерилизации из рассматриваемых был раствор 12 % перекиси водорода (II вариант), 11 эксплантов были стерильными и сохранили свою жизнеспособность (73,3 %). Рост патогенной микрофлоры наблюдался только у 3-х эксплантов, 1 эксплант получил ожог. В опубликованных работах по микроклональному размножению смородины очень мало данных о режимах стерилизации. В 2012 году был опубликован протокол по размножению видов *Rubus* и *Ribes*, где авторы рекомендовали использовать гипохлорит кальция [25]. При стерилизации пазушных почек смородины черной была применена многоэтапная стерилизация с помощью раствора «Бриллиант», а также диацета, этилового спирта и хлоргексидина [33]. Однако работ по стерилизации с помощью перекиси водорода опубликовано не было.

Т а б л и ц а 1

Результаты стерилизации эксплантов смородины Янчевского

Вариант	Инфицированность эксплантов		Некроз эксплантов		Жизнеспособность эксплантов	
	шт	%	шт	%	шт	%
I — 6 % H ₂ O ₂	13	86,7	-	0	2	13,3
II — 12 % H ₂ O ₂	3	20	1	6,7	11	73,3
III — 24 % H ₂ O ₂	-	0	10	66,7	5	33,3

Таким образом, 12 % раствор перекиси водорода является эффективным для поверхностной стерилизации пазушных почек смородины Янчевского. Была получена высокая степень жизнеспособности эксплантов до 73,3 % и низкий процент контаминации.

Регенерация основного побега

Для микроклонального размножения используются различные регуляторы роста. Они подбираются индивидуально, в зависимости от генотипа. Например, для размножения некоторых видов смородины на этапе регенерации основного побега авторы рекомендуют использовать гормоны БАП 2,0 мг/л и ИМК 0,5 мг/л [25]. Известно, что тидиазурон влияет на пролиферацию побегов брусники в низких концентрациях (от 0,1 до 1 мМ), но ингибирует удлинение побегов [34]. Однако работы по изучению влияния кинетина и тидиазурина на микроклональное размножение смородины найдено не было.

Результаты исследований показали (табл. 2), что добавление гормонов в состав питательной среды играет ключевую роль при вегетативном размножении. На контрольном варианте исследования (I вариант) процент регенерации составил только 32 %, в среднем, с одной пазушной почки было образовано 0,36 побегов. Более того, образованные побеги были плохо сформированы. Средняя высота образованных побегов составила 0,58 см, количество листьев 2,75 шт на эксплант. При использовании кинетина (вариант II) регенерация составила 64 %. С культивированной почки было образовано 0,88 побегов на эксплант. Побеги были обособленные и высокорослые, однако листья были плохо сформированы. Листовая пластинка была маленького размера. Влияние кинетина на высокорослость побегов отмечается и для других культур. Например, для истода миртолистного на среде с кинетином были получены наиболее высокие побеги, чем при использовании БАП [35].

Т а б л и ц а 2

Влияние гормонального состава на регенерацию основного побега

Вариант	Кол-во побегов, шт	Высота побегов, см	Кол-во листьев, шт	Процент регенерации
I — WPM безгормональная	0,36±0,11	0,58±0,03*	2,75±0,25	32%
II — WPM с КТ 0,2 мг/л и ГК 0,5 мг/л	0,88±0,17	1,31±0,05*	3,25±0,17	64%
III — WPM с БАП 0,2 мг/л и ГК 0,5 мг/л	1,48±0,16*	1,23±0,03*	3,68±0,17	88%
IV — WPM с ТДЗ 0,2 мг/л и ГК 0,5 мг/л	0,68±0,14	0,88±0,05*	5,00±0,35*	56%

*Примечание. Средняя разница значительна на уровне 0,05. Данные выражены в виде средних ± стандартной ошибки.

На III варианте исследования был получен максимальный процент образования побегов — 88 %. Более того, было зафиксировано наибольшее количество побегов с одной пазушной почки — 1,48 шт. Листовая пластинка у образовавшихся побегов была хорошо сформирована. В среднем, было получено 3,68 листьев на эксплант. Средняя высота побегов составила 1,23 см. Также использование БАП было эффективным и для смородины золотистой (*Ribes aureum*). Авторы указывают, что концентрация 5 мМ является наиболее оптимальной для размножения дополнительных побегов в культуре *in vitro* [36]. Эффективность БАП подтверждается и другими исследованиями. Например, гормоны БАП 2,0 мг/л, ГК 0,1 мг/л и ИМК 0,5 мг/л были успешно применены для введения в культуру *in vitro* смородины черной [37]. Для *Ribes magellanicum* добавление 1,0 мг/л БАП приводило не только к регенерации побегов, но и вытягиванию побегов в высоту. Увеличение концентрации БАП снижало апикальное доминирование и рост в высоту замедлялся [38].

Использование тидиазулона (вариант IV) было менее эффективным. Отмечено нарастание каллусной ткани в основании первичного побега. Процент регенерации составил только 56 %. Из одной почки было регенерировано 0,68 побегов. Было получено максимальное количество листьев — 5 шт на эксплант. Однако у листьев была плохо сформирована листовая пластинка. Средняя высота побегов составила только 0,88 см. Авторами отмечается, что тидиазурон эффективно используется для регенерации побегов из каллусной культуры. Побеги дикой брусники и черники были получены из каллуса при использовании этого гормона [34].

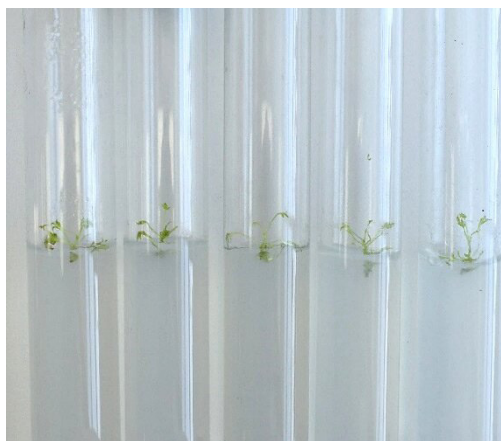


Рисунок 2. Регенированные побеги смородины Янчевского на питательной среде WPM с добавлением БАП 0,2 мг/л и ГК 0,5 мг/л

Таким образом, литературные данные и наши результаты подтверждают, что использование БАП для регенерации основного побега из пазушной почки смородины Янчевского является наиболее оптимальным вариантом. Так, для введения в культуру *in vitro* питательная среда WPM с добавлением БАП 0,2 мг/л и ГК 0,5 мг/л является эффективным гормональным сочетанием. Полученные побеги были использованы для оптимизации питательной среды для микроклонального размножения.

Микроклональное размножение

In vitro культура смородины многими исследователями используется для ликвидации вирусных заболеваний и для массового и быстрого размножения здоровых растений. Стандартно, экспланты культивируют на питательные среды с добавлением цитокининов, за исключением случаев, когда

экспланты укореняют [39]. В нашем исследовании было изучено влияние цитокинина БАП в разных концентрациях (0,5–1,0 мг/л).

При изучении различных концентрации БАП было выявлено, что эффективным содержанием является БАП 0,5 мг/л (вариант II). Было образовано 4,83 новых побега на эксплант, высота составила 1,07 см, количество листьев — 6,10 шт. На контрольном варианте (I вариант) был получен минимальный прирост по количеству побегов, только 0,90 шт. Высота побега увеличилась на 0,36 см, количество листьев на 2,63 шт (табл. 3, рис. 2).

На III варианте прирост в высоту побегов составил 1,53 см, количество побегов 2,00 шт и количество листьев 7,43 шт. При максимальной концентрации БАП (1,5 мг/л) было образовано, в среднем, 3,03 шт новых побегов. Высота увеличилась на 1,18 см, а количество листьев — 4,10 шт (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3

Оптимизация питательной среды для микроклонального размножения смородины Янчевского

Вариант	День 1			День 21 (прирост)		
	Высота побегов, см	Кол-во побегов, шт	Кол-во листьев, шт	Высота побегов, см	Кол-во побегов, шт	Кол-во листьев, шт
I — WPM безгормональная	0,57±0,02	1,00±0,00	3,83±0,21	0,36±0,03*	0,90±0,06*	2,63±0,22*
II — WPM с БАП 0,5 мг/л, ГК 0,4 мг/л и ИМК 0,1 мг/л	0,57±0,02	1,00±0,00	3,90±0,18	1,07±0,03*	4,83±0,25*	6,10±0,23*
III — WPM с БАП 1,0 мг/л, ГК 0,4 мг/л и ИМК 0,1 мг/л	0,56±0,02	1,00±0,00	3,90±0,22	1,53±0,02*	2,00±0,15*	7,43±0,34*
IV — WPM с БАП 1,5 мг/л, ГК 0,4 мг/л и ИМК 0,1 мг/л	0,61±0,02	1,00±0,00	3,67±0,19	1,18±0,03*	3,03±0,19*	4,10±0,23*

*Примечание. Средняя разница значительна на уровне 0,05. Данные выражены в виде средних ± стандартной ошибки.

Обычно для размножения побегов авторы широко используют БАП [40]. Однако концентрация гормона имеет важное значение. Например, для размножения смородины красной (*Ribes rubrum*) низкая концентрация БАП приводила к большему размножению дополнительных побегов, а более высокая концентрация подавляла. Так, оптимальным сочетанием гормонов было БАП 0,4 мг/л, ИМК 0,02 мг/л и ГК 0,2 мг/л. [41]. При размножении *Ribes magellanicum* результаты исследования показали, что использование БАП в концентрациях 0,25 мг/л или 0,50 мг/л продуцировало максимальной размножение побегов в культуре *in vitro* [38]. Для размножения смородины черной безгормональная среда была наиболее эффективной [26]. Тогда как на безгормональной среде нами не были получены положительные результаты.

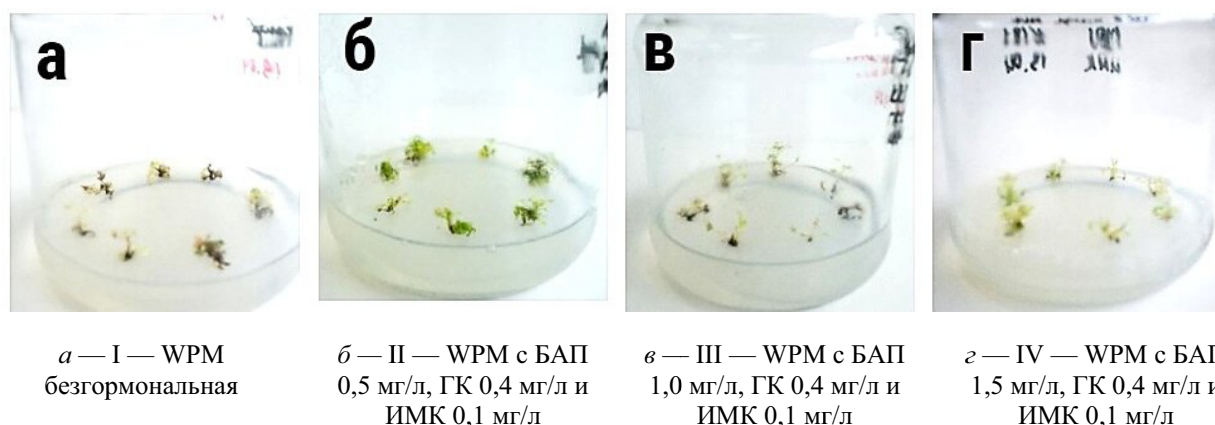


Рисунок 3. Подбор гормонов для микроклонального размножения смородины Янчевского

Таким образом, эффективной питательной средой для микроклонального размножения смородины Янчевского является WPM с добавлением БАП 0,5 мг/л, ГК 0,4 мг/л и ИМК 0,1 мг/л. На данной питательной среде через 21 день было образовано 4,83 шт новых побегов (рис. 3). В результате ис-

следования 155 побегов были микроклонально размножены. Размноженные побеги были использованы для оптимизации протокола среднесрочного хранения.

Среднесрочное хранение

Техника среднесрочного хранения является эффективным подходом для хранения эксплантов в культуре *in vitro* в течение многих месяцев. Этот метод позволяет контролировать рост и развитие растений и является экономически выгодным. Среднесрочное хранение применяется с учетом различных факторов: температура, условия искусственного освещения или темноты, состав среды, включая концентрации минералов или сахарозы, наличие/отсутствие регуляторов роста растений, осмотических агентов и ингибиторов роста [42]. Одним из основных условий для среднесрочного хранения является использование осмотических агентов, таких как сахароза или маннит. Например, для побегов сливы содержание сахарозы и маннита (2 %) позволило сохранить экспланты до 30 месяцев [43]. *Vitis vinifera* хранился 12 месяцев при увеличении содержания маннита до 2,5 % [44].

Условия среднесрочного хранения побегов смородины Янчевского изучены не были. Так, в нашей работе было изучено влияние сахарозы и маннита в различных концентрациях при среднесрочном хранении смородины Янчевского.

Сравнение двух осмотических агентов показало, что маннит имеет более положительный эффект на среднесрочное хранение смородины Янчевского. В результате культивирования эксплантов на питательные среды с добавлением маннита у растений отсутствовала негативная динамика роста. При увеличении концентрации осмотического вещества отметки прироста сокращались. Так, при использовании маннита в концентрации 10 гр/л прирост по высоте побегов составил 0,04 см и по количеству листьев 0,70 шт. Концентрация 20 гр/л привела к увеличению высоты побегов только на 0,04 см и по количеству листьев 0,14 шт на эксплант. При максимальной концентрации маннита (30 гр/л) прирост по высоте побегов отсутствовал, а количество листьев, в среднем, увеличилось на 0,82 шт. Однако стоит отметить, что при визуальном осмотре эксплантов наиболее оптимальным условием являлся V вариант. У листьев не было замечено хлороза, побеги сохранили зеленый насыщенный цвет. В то время как, на вариантах IV и VI была замечена изменение цвета тканей. У некоторых эксплантов начинали желтеть листья или побег. При повторном культивировании микропобеги продолжили размножаться. Была получена 100 % жизнеспособность микропобегов.

Положительный эффект маннита подтвержден и для смородины черной. Экспланты хранили в питательной среде с добавлением 2 % сахарозы и 2 % маннита в течение 18 месяцев [43]. Добавление 10 гр/л маннита позволило сохранить экспланты *Vitis heynana* в течение 12 месяцев [45].

Т а б л и ц а 4

Прирост микропобегов смородины Янчевского в течение 4-х месяцев

Вариант	1 день		120 дней		Прирост		Жизнеспособность, %
	Высота побегов, см	Кол-во листьев, шт.	Высота побегов, см	Кол-во листьев, шт.	Высота побегов, см	Кол-во листьев, шт.	
I — сахароза 30 гр/л	0,86±0,05	3,64±0,47	0,99±0,07	5,55±0,65	0,13	1,91	60
II — сахароза 60 гр/л	1,23±0,09	4,55±0,34	1,25±0,06	4,25±0,54	0,03	0,09	60
III — сахароза 90 гр/л	1,11±0,07	3,36±0,41	1,14±0,08	3,45±0,45	0,02	-0,3	50
IV — маннит 10 гр/л	1,13±0,07	4,86±0,46	1,17±0,09	5,00±0,53	0,04	0,70	100
V — маннит 20 гр/л	1,09±0,08	3,60±0,31	1,13±0,10	4,30±0,72	0,04	0,14	100
VI — маннит 30 гр/л	0,91±0,06	4,36±0,34	0,91±0,05	5,18±0,38	0,00	0,82	100

Примечание. Данные выражены в виде средних ± стандартной ошибки.

Использование сахарозы в качестве осмотического агента привело к относительно худшему результату. На всех эксплантах I, II и III вариантов присутствовал хлороз тканей, листья желтели. Стандартная концентрация сахарозы (30 гр/л) привела к наибольшему приросту по количеству листьев —

1,91 шт, высота побегов увеличилась на 0,13 см. Негативная динамика по количеству листьев был зафиксирован на III варианте опыта. Был отмечен отпад листьев (-0,3 шт), высота побега, в среднем, увеличилась на 0,02 см. На II варианте эксперимента прирост был незначительный: 0,03 см по высоте и 0,09 шт по количеству листьев (табл. 4, рис. 4). В целом, несмотря на отсутствие явной негативной динамики физиологического роста, у растений была получена низкая жизнеспособность после среднесрочного хранения. Максимальный процент жизнеспособности при повторном культивировании составил 60 % после среднесрочного хранения. Более того важно отметить, что у эксплантов присутствовал хлороз листьев и побегов.

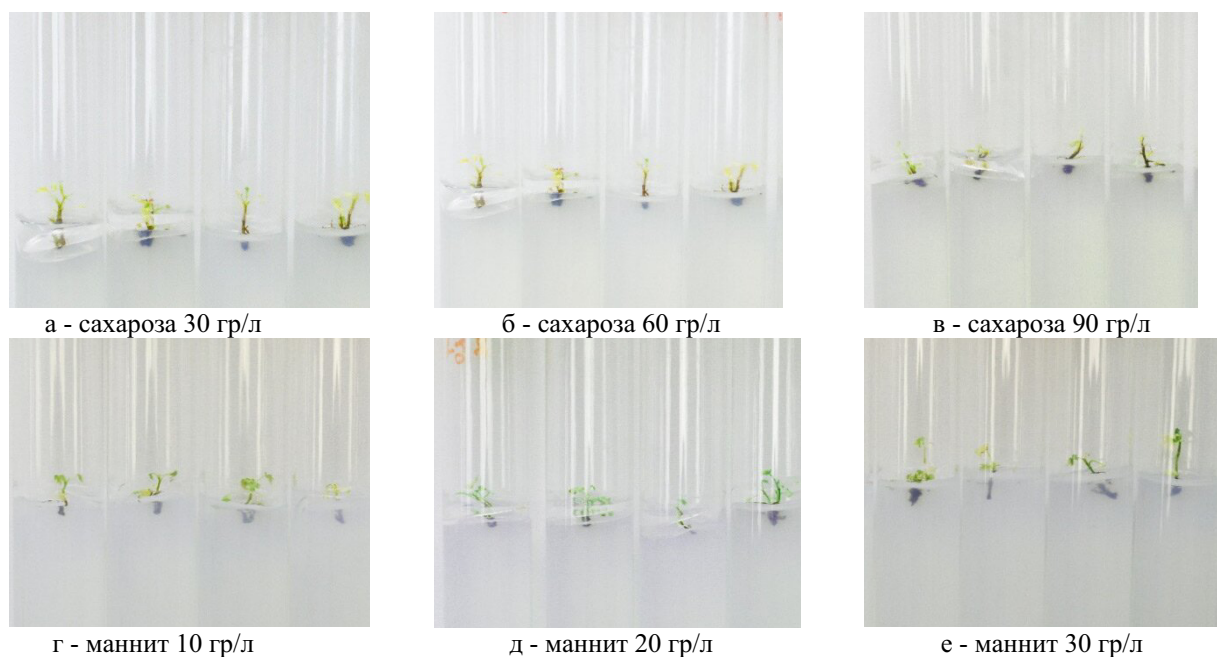


Рисунок 4. Микропобеги смородины Янчевского на среднесрочном хранении

Результаты показывают, что условия необходимо подбирать индивидуально. В нашем опыте при использовании сахарозы положительных результатов не наблюдалось. Однако для других видов растений сахароза позволяла хранить экспланты длительное время. Например, *Castanea sativa* хранились в течение 48 месяцев на среде с добавлением 30 гр/л сахарозы [46]. *Citrus jambhiri* культивировали на питательную среду WPM с 25 гр/л сахарозы, где экспланты сохраняли жизнеспособность в течение годы [47]. 60 гр/л сахарозы был эффективен для эксплантов *Prunus avium* × *P. Cerasus* в условиях темноты. Экспланты хранили 16 месяцев в таких условиях [48].

Таким образом, оптимальным условием для среднесрочного хранения микропобегов смородины Янчевского в культуре *in vitro* является питательная среда WPM с добавлением маннита 20 гр/л. Прирост по высоте побегов и количеству листьев был низким, размножение побегов не наблюдалось. Экспланты сохраняли свою жизнеспособность в течение 4-х месяцев без промежуточной пересадки растений. В результате этой работы была создана *in vitro* коллекция смородины Янчевского для сохранения вида.

Заключение

Исследований в мире, связанные с разработкой биотехнологии дикорастущего исчезающего вида смородины Янчевского, занесенной в Красную книгу Казахстана, не проводились. Таким образом, в результате нашей работы была разработана технология в культуре *in vitro* по сохранению и воспроизводству смородины Янчевского. Оптимизирован протокол микроклонального размножения и среднесрочного хранения побегов в культуре *in vitro*. На основе этой работы микроклонально размножены 250 побегов, из них 120 побегов культивированы на питательные среды для среднесрочного хранения. Так, была создана коллекция смородины Янчевского в культуре *in vitro*, которая позволит размножить и сохранить этот ценный вид.

Данная исследовательская работа была выполнена в рамках научного гранта AP14869409 «Разработка биотехнологии краснокнижного вида смородины Янчевского (*Ribes janczewskii*) для сохранения и воспроизводства» на 2022–2024 годы».

Список литературы

- 1 Marchese C. Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept / C. Marchese // *Global Ecology and Conservation*. — 2015. — Vol. 3. — P. 297-309.
- 2 Myers N. Biodiversity hotspots for conservation priorities / N. Myers, R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A. Da Fonseca, J. Kent // *Nature*. — 2000. — Vol. 403. — No. 6772. — P. 853-858.
- 3 Gemedjewa N. Representation of endemics in floristic subprovinces of Kazakhstan / N. Gemedjewa, J.A.T. Da Silva, N. Ryabushkina // *The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*. — 2010. — Vol. 4. — P. 56-63.
- 4 Ryabushkina N. Brief review of Kazakhstan flora and use of its wild species / N. Ryabushkina, N. Gemedjewa, M. Kobaisy, C.L. Cantrell // *Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*. — 2008. — Vol. 2, No. 2. — P. 64-71.
- 5 Сайрам-Угамский государственный национальный природный парк. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sugnp.kz/index.php/ru/o-parke>.
- 6 Комаров В.А. Флора СССР / В.А. Комаров. — Л.: Ботанический институт академии наук СССР, 1946. — Т. 12. — 891 с.
- 7 Постановление Правительства Республики Казахстан от 31 октября 2006 года № 1034 «Об утверждении Перечней редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных». — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P060001034>.
- 8 Hummer K.E. Crop reports / K.E. Hummer, D.L. Barney // *Currants. Hort-Technol.* — 2002. — Vol. 12, No. 3. — P. 377-388.
- 9 Burgos-Edwards A. Qualitative and quantitative changes in polyphenol composition and bioactivity of *Ribes magellanicum* and *R. punctatum* after *in vitro* gastrointestinal digestion / A. Burgos-Edwards, F. Jimenez-Aspee, S. Thomas-Valdes, G. Schmeda-Hirschmann, C. Theoduloz // *Food Chemistry*. — 2017. — Vol. 237. — P. 1073-1082.
- 10 Қазақстанның Қызыл кітабы. 2-ші том: Өсімдіктер. 2-басылым, өңделген және толықтырылған. — Астана, «АртPrintXXI» ЖШС, 2014. — 135 б.
- 11 The International Union for Conservation of Nature's Red List of Threatened Species [Electronic resource]. Access mode: <https://www.iucnredlist.org/species/63533/12687514>.
- 12 Павлова Н.М. Черная смородина / Н.М. Павлова. — М.–Л.: Сельхозгиз, 1965. — 278 с.
- 13 Биоразнообразие флоры Казахстана. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://kazflora.kz/catalog/?ELEMENT_ID=203047.
- 14 Siksnianas T. Resistance to fungal diseases of interspecific currant hybrids of *Eucoreosma* section / T. Siksnianas, V. Stanys, G. Stanieny, C. Bobinas, A. Sasnauskas, R. Rugienius // *Agronomy Research*. — 2006. — Vol. 4. — No. 367. — P. 70.
- 15 Brennan R. The development of a genetic linkage map of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) and the identification of regions associated with key fruit quality and agronomic traits / R. Brennan, L. Jorgensen, C. Hackett, M. Woodhead, S. Gordon, J. Russell // *Euphytica*. — 2008a. — Vol. 161, No. 1. — P. 19-34.
- 16 Brennan R.M. Currants and gooseberries / R.M. Brennan // *Temperate fruit crop breeding: Germplasm to genomics*. — Springer, Dordrecht, 2008b. — P. 177-196.
- 17 Siksnianas T. American black currant as donor of leaf disease resistance in black currant breeding / T. Siksnianas, V. Stanys, G. Staniene, A. Sasnauskas, R. Rugienius // *Biologija*. — 2005. — Vol. 51. — No. 3.
- 18 Reed B.M. Evaluation of critical points in technology transfer of cryopreservation protocols to international plant conservation laboratories / B.M. Reed, I. Kovalchuk, S. Kushnarenko, A. Meier-Dinkel, K. Schoenweiss, S. Pluta, K. Straczynska, E.E. Benson // *CryoLetters*. — 2004. — Vol. 25, No 5. — P. 341-352.
- 19 Bonga J.M. *In vitro* culture of trees / J.M. Bonga, P. Aderkas, P. Von Aderkas. — Springer Science & Business Media, 1992. — Vol. 38.
- 20 Bhojwani S.S. Plant tissue culture: an introductory text / S.S. Bhojwani, P.K. Dantu. — India: Springer, 2013. — No. 574. — 0724/B575.
- 21 Engelmann F. Management of field and *in vitro* germplasm collections. Proceedings of a consultation meeting / F. Engelmann. — 15–20 January 1996, CIAT Cali, Colombia. — 1999.
- 22 Chauhan R. *In vitro* conservation through slow-growth storage / R. Chauhan, V. Singh, A. Quraishi // *Synthetic seeds: Germplasm Regeneration, Preservation and Prospects*. — Springer, Cham, 2019. — P. 397-416.
- 23 Ruta C. Biobanking of vegetable genetic resources by *in vitro* conservation and cryopreservation / C. Ruta, M. Lambardi, E.A. Ozudogru // *Biodiversity and Conservation*. — 2020. — Vol. 29. — P. 3495-3532.
- 24 Pence V.C. Evaluating costs for the *in vitro* propagation and preservation of endangered plants / V.C. Pence // *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. — 2011. — Vol. 47, No 1. — P. 176-187.

- 25 Dziedzic E. Micropropagation of *Rubus* and *Ribes spp* / E. Dziedzic, J. Jagła // Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants. — Humana Press, Totowa, NJ, 2012. — P. 149-160.
- 26 Vujovic T. Improvement of *in vitro* micropropagation of black currant Cacanska Crna / T. Vujović, D. Ružić, R. Cerović // X International Rubus and Ribes Symposium 946. — 2011. — P. 123-128.
- 27 Калинин В.И. Научные основы российского плодоводства / В.И. Калинин // Вестник с.-х. науки. — 2002. — №2. — С. 10–14.
- 28 Кашин В.И. Научные основы российского питомниководства / В.И. Кашин // Вестн. РАН. — 2002. — № 6. — С. 10–15.
- 29 Meghwal P.R. Effect of surface sterilizing agents on *in vitro* culture establishment of guava (*Psidium guajava* L.) / P.R. Meghwal, H.C. Sharma, S.K. Singh // Journal of Applied Horticulture. — 2000. — Vol. 2, No. 2. — С. 94-95.
- 30 Barampuram S. Effect of various sterilization procedures on the *in vitro* germination of cotton seeds / S. Barampuram, G. Allen, S. Krasnyanski // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). — 2014. — Vol. 118, Issue 1. — P. 179-185.
- 31 Nurtaza A. Micropropagation of the endangered species *Malus niedzwetzkyana* for conservation biodiversity in Kazakhstan / A. Nurtaza, G. Magzumova, A. Yessimseitova, V. Karimova, A. Shevtsov, D. Silayev, ... A. Kakimzhanova // In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant. — 2021. — P. 1–12.
- 32 Kakimzhanova A. An Efficient Micropropagation System for the Vulnerable Wild Apple Species, *Malus Sieversii*, and Confirmation of Its Genetic Homogeneity / A. Kakimzhanova, D. Dyussebekova, A. Nurtaza, A. Yessimseitova, A. Shevtsov, V. Lutsay, S. Kabieva // Erwerbs-Obstbau. — 2022. — P. 1–12.
- 33 Ишмуратова М.М. Размножение сортов смородины черной (*Ribesnigrum* L.) башкирской селекции в культуре *in vitro* / М.М. Ишмуратова, Л.А. Головина // Вестн. Удмурт. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. — 2017. — Т. 27, №. 4. — С. 455–461.
- 34 Debnath S.C. Germplasm characterization, propagation and maintenance of health-promoting wild berries and medicinal plant roseroot (*Rhodiola Rosea* L.) / S.C. Debnath // International Symposium on Medicinal Plants and Natural Products 1098. — 2013. — P. 61-69.
- 35 Ahmed T. Reproduction of *Polygala myrtifolia* L. / T. Ahmed // Plants by tissue culture technique. — Cairo University, 2011.
- 36 Erst A.A. Propagation of *Rubus aureum* (Family of Grossulariaceae) in *in vitro* Culture / A.A. Erst, N.A. Vechernina // Biotechnology in Russia. — 2010. — №. 5. — P. 1-10.
- 37 Ruzic D. Micropropagation as means of rapid multiplication of newly developed blackberry and black currant cultivars / D. Ruzic, T. Lazic // Agriculturae Conspectus Scientificus. — 2006. — Vol. 71, No. 4. — P. 149-153.
- 38 Arena M.E. *In vitro* propagation of *Ribes magellanicum* Poiré / M.E. Arena, G.J.M. Pastur // Scientia horticulturae. — 1995. — Vol. 62, No 1-2. — P. 139-144.
- 39 Debnath S.C. Micropropagation of small fruits / S.C. Debnath // Micropropagation of woody trees and fruits. — 2003. — P. 465-506.
- 40 Naghmouchi S. Effect of growth regulators and explant origin on *in vitro* propagation of *Ceratonia siliqua* L. via cuttings / S. Naghmouchi, M.L. Khouja, M.N. Rejeb, M. Boussaid // BASE. — 2008. — Vol. 12, No 3. — P. 251-258.
- 41 Manole C.G. The influence of growth regulators concentrations on *in vitro* micropropagation of *Ribes rubrum* Species / C.G. Manole, V. Balan, I. C. Mencinicopschi, D. Golea, S. Rodino, A. Butu // Scientific Bulletin, Series F, Biotechnologies. — 2012. — Vol. 16. — P. 26-29.
- 42 Benelli C. *In Vitro* Conservation through Slow Growth Storage Technique of Fruit Species: An Overview of the Last 10 Years / C. Benelli, W. Tarraf, T. Izgu, A. De Carlo // Plants. — 2022. — Vol. 11, No 23. — P. 3188.
- 43 Turdiyev T.T. *In vitro* germplasm cold storage of fruit and berry plants of Kazakhstan / T.T. Turdiyev, I.Y. Kovalchuk, B.Z. Kabylbekova, N.I. Chukanova, S.N. Frolov // Eurasian Journal of Biosciences. — 2020. — Vol. 14, No 1. — P. 1213-1219.
- 44 Benelli C. *In Vitro* Conservation through Slow Growth Storage Technique of Fruit Species: An Overview of the Last 10 Years / C. Benelli, W. Tarraf, T. Izgu, A. De Carlo // Plants. — 2022. — Vol. 11, No 23. — P. 60-66.
- 45 Pan X.J. *In vitro* conservation of native Chinese wild grape (*Vitis heyneana* Roem. & Schult) by slow growth culture / X.J. Pan, W.E. Zhang, X. Li // Vitis. — 2014. — Vol. 53, No 4. — P. 207-214.
- 46 Capuana M. *In vitro* conservation of chestnut (*Castanea sativa*) by slow growth / M. Capuana, S. Di Lonardo // In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant. — 2013. — Vol. 49. — P. 605-610.
- 47 Da Silva de Carvalho M.J. *In vitro* conservation of Florida Rough'lemon plants / M.J. Da Silva de Carvalho, A. da Silva Souza, E. Barbosa Santos, W. dos Santos Soares Filho, C.A. da Silva Ledo, E.M. Rodrigues Costa, F.V. Duarte Souza // Ciência Rural. — 2022. — Vol. 52, No 12. — P. 1-9.
- 48 Ozudogru E.A. Effect of culture container and carbohydrate content on *in vitro* slow growth storage of the cherry rootstock 'Gisela 5' / E.A. Ozudogru, C. Benelli, G. Dradi, M. Lambardi // Acta Physiologiae Plantarum. — 2017. — Vol. 39, No 4. — P. 2-9.

А.С. Нұртаза, Д.А. Дюсембекова, С.С. Исламова, И.Н. Саматова,
А.Т. Умирзакова, А.А. Какимжанова

Сирек кездесетін Янчевский қарақат түрін сақтау үшін микроклоналды көбейту және орта мерзімді *in vitro* сақтау жағдайларын оңтайландыру

Мақалада Янчевский қарақат өсімдігінің (*Ribes janczewskii*) сирек кездесетін түрін *in vitro* жағдайында сақтау бойынша зерттеулердің нәтижелері көрсетілген. Қарақаттың бұл түрі ауруларға, зиянкестерге және төмен температураға төзімді, сонымен қатар басқа түрлерге қарағанда аскорбин қышқылы, полифенолдар және антоцианиндер сияқты пайдалы заттардың көп мөлшерін қамтиды. Осыған дейін бұл жойылып кету қаупі төнген түрді сақтау үшін биотехнологияны дамыту бойынша ешқандай зерттеулер жүргізілген жоқ. Жұмыста тиімді зарарсыздандыру және Янчевский қарақатының экспланттарын *in vitro* өсіндісіне енгізу таңдалды, стерилизациялау режимі 5 минут болатын стерильдеу агенті ретінде 12% сутегі асқын тотығы ерітіндісі таңдалды, осы жағдайда экспланттың өміршеңдігі 73,3% дейін жетті. Сондай-ақ, көбейту үшін WPM коректік ортасының құрамы БАП 0,5 мг/л, ГК 0,4 мг/л және ИМК 0,1 мг/л қосу арқылы оңтайландырылды, бұл бір эксплантка 4,83 жаңа өркен алуға мүмкіндік берді. Янчевский қарақатының микроөркендерін орта мерзімді сақтау үшін ең оңтайлы жағдай ретінде 20 г/л концентрациядағы маннит қосылған WPM коректік ортасы таңдалды, нәтижесінде өркеннің биіктігі мен жапырақ санының жоғарлау параметрлері төмен болды, өркеннің көбеюі байқалмады. Осы бағалы түрді көбейтуге және сақтауға мүмкіндік беретін Янчевский қарақатының *in vitro* коллекциясы жасалды. Қазіргі уақытта 250 өркен микрокөбейтілді, оның 120 өркені орта мерзімді сақтау үшін коректік орталарда өсірілді.

Кілт сөздер: *in vitro* өскіні, *Ribes janczewskii*, WPM коректік ортасы, орта мерзімді сақтау, маннитол, зарарсыздандырғыштар, микрокөбейту, микроөсінділер.

A.S. Nurtaza, D.A. Dyusembekova, S.S. Islamova, I.N. Samatova, A.T. Umirzakova,
A.A. Kakimzhanova

Optimization of conditions for micropropagation and medium-term storage *in vitro* of a rare *Ribes janczewskii* for conservation

This article presents the results of studies on the *in vitro* conservation of a rare species of the Yanchevsky currant plant (*Ribes janczewskii*). This type of currant is more resistant to diseases, pests and low temperatures, and also contains a large amount of useful substances, such as ascorbic acid, polyphenols and anthocyanins compared to other types. Previously, no research has been done to develop biotechnology to conserve this endangered species. In this work, effective sterilization and the introduction of Yanchevsky currant explants into *in vitro* culture were selected, a 12% hydrogen peroxide solution was chosen as a sterilizing agent with a sterilization mode of 5 minutes, where the explant viability reached up to 73.3%. Also, for multiplication, the composition of the WPM nutrient medium was optimized with the addition of BAP 0.5 mg/l, GA 0.4 mg/l and IMC 0.1 mg/l, which made it possible to obtain 4.83 new shoots per explant. For the medium-term storage of Yanchevsky currant microshoots, the WPM nutrient medium with the addition of mannitol at a concentration of 20 g/l was chosen as the most optimal condition, as a result of which the increase in shoot height and number of leaves was low, shoot propagation was not observed. A collection of currant Yanchevsky in *in vitro* culture was created, which allows propagating and preserving this valuable species, and 250 shoots were successfully micropropagated, of which 120 shoots were cultivated on nutrient media for medium-term storage.

Keywords: *in vitro* culture, *Ribes janczewskii*, WPM nutrient medium, medium-term storage, mannitol, sterilizing agents, micropropagation, microshoots.

References

- 1 Marchese, C. (2015). Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept. *Global Ecology and Conservation*, 3, 297-309.
- 2 Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, Vol. 403, 6772, 853-858.
- 3 Gemedjieva, N., da Silva, J.A.T., & Ryabushkina, N. (2010). Representation of endemics in floristic subprovinces of Kazakhstan. *The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, Vol. 4, 56-63.
- 4 Ryabushkina, N., Gemedjieva, N., Kobaisy, M., & Cantrell, C.L. (2008). Brief review of Kazakhstan flora and use of its wild species. *Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2(2), 64-71.

- 5 Sairam-Ugamskii gosudarstvennyi natsionalnyi prirodnyi park [Sairam-Ugam State National Nature Park]. Retrieved from: <http://www.sugnp.kz/index.php/ru/o-parke> [in Russian].
- 6 Komarov, V.A. (1946). *Flora SSSR [Flora of the USSR]* (Vol. 12). Leningrad. Botanicheskii institut Akademii nauk SSSR [in Russian].
- 7 Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot 31 oktiabria 2006 goda No 1034 «Ob utverzhdenii Perechnei redkikh i nakhodiashchiesia pod ugrozoi ischeznoventiia vidov rastenii i zhivotnykh» [Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated October 31, 2006 No. 1034 “On approval of the Lists of rare and endangered species of plants and animals”]. Retrieved from: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P060001034> [in Russian].
- 8 Hummer, K E., & Barney, D.L. (2002). Crop reports. *Currants. Hort-Technol*, Vol. 12(3), 377-388.
- 9 Burgos-Edwards, A., Jiménez-Aspee, F., Thomas-Valdés, S., Schmeda-Hirschmann, G., & Theoduloz, C. (2017). Qualitative and quantitative changes in polyphenol composition and bioactivity of *Ribes magellanicum* and *R. punctatum* after *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 237, 1073-1082.
- 10 (2014). Krasnaia kniga Kazakhstana [The Red Book of Kazakhstan]. Tom 2: Rasteniia. 2-e izdanie, perabotannoe i dopolnennoe [Volume 2: Plants. 2nd edition, edited and supplemented]. Astana: TOO «ArtPrintXXI» [in Russian].
- 11 The International Union for Conservation of Nature’s Red List of Threatened Species. Retrieved from <https://www.iucnredlist.org/species/63533/12687514>.
- 12 Pavlova, N.M. (1965). *Chernaia smorodina [Black currant]*. Moscow–Leningrad: Selkhozgiz [in Russian].
- 13 Bioraznoobrazie flory Kazakhstana [Biodiversity of the flora of Kazakhstan]. Retrieved from: https://kazflora.kz/catalog/?ELEMENT_ID=203047 [in Russian].
- 14 Siksnianas, T., Stanys, V., Stanienė, G., Bobinas, C., Sasnauskas, A., & Rugienius, R. (2006). Resistance to fungal diseases of interspecific currant hybrids of *Eucoreosma* section. *Agronomy Research*, Vol. 4(367), 70.
- 15 Brennan, R., Jorgensen, L., Hackett, C., Woodhead, M., Gordon, S., & Russell, J. (2008a). The development of a genetic linkage map of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) and the identification of regions associated with key fruit quality and agronomic traits. *Euphytica*, 161, 19-34.
- 16 Brennan, R.M. (2008b). Currants and gooseberries. *Temperate fruit crop breeding: Germplasm to genomics*, 177-196.
- 17 Siksnianas, T., Stanys, V., Stanienė, G., Sasnauskas, A., & Rugienius, R. (2005). American black currant as donor of leaf disease resistance in black currant breeding. *Biologija*, 51(3).
- 18 Reed, B.M., Kovalchuk, I., Kushnarenko, S., Meier-Dinkel, A., Schoenweiss, K., Pluta, S., K. Straczynska, & Benson, E.E. (2004). Evaluation of critical points in technology transfer of cryopreservation protocols to international plant conservation laboratories. *CryoLetters*, 25(5), 341-352.
- 19 Bonga, J.M., Aderkas, P., & von Aderkas, P. (1992). *In vitro culture of trees* (Vol. 38). Springer Science & Business Media.
- 20 Bhojwani, S.S., & Dantu, P.K. (2013). *Plant tissue culture: an introductory text* (Vol. 318). India: Springer.
- 21 Engelmann, F. (1999). *Management of field and in vitro germplasm collections. Proceedings of a consultation meeting, 15-20 January 1996, CIAT Cali, Colombia*.
- 22 Chauhan, R., Singh, V., & Quraishi, A. (2019). In vitro conservation through slow-growth storage. *Synthetic Seeds: Germplasm Regeneration, Preservation and Prospects*, 397-416.
- 23 Ruta, C., Lambardi, M., & Ozudogru, E.A. (2020). Biobanking of vegetable genetic resources by *in vitro* conservation and cryopreservation. *Biodiversity and Conservation*, 29, 3495-3532.
- 24 Pence, V.C. (2011). Evaluating costs for the *in vitro* propagation and preservation of endangered plants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 47(1), 176-187.
- 25 Dziedzic, E., & Jagła, J. (2012). Micropropagation of *Rubus* and *Ribes* spp. *Protocols for micropropagation of selected economically-important horticultural plants*, 149-160. Humana Press, Totowa, NJ.
- 26 Vujovic, T., Ruzic, D., & Cerovic, R. (2011). Improvement of *in vitro* micropropagation of black currant Cacanska Crna. In *X International Rubus and Ribes Symposium 946*, 123-128.
- 27 Kalinin, V.I. (2002). Nauchnye osnovy rossiiskogo plodovodstva [Scientific foundations of Russian fruit growing]. *Vestnik selskokhoziaistvennoi nauki — Bulletin of Agricultural Science*, 2, 10–14 [in Russian].
- 28 Kashin, V.I. (2002). Nauchnye osnovy rossiiskogo plodovogo pitomnikovodstva [Scientific foundations of Russian nursery breeding]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk — Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, (6), 10–15 [in Russian].
- 29 Meghwal, P.R., Sharma, H.C., & Singh, S.K. (2000). Effect of surface sterilizing agents on *in vitro* culture establishment of guava (*Psidium guajava* L.). *Journal of Applied Horticulture*, 2(2), 94-95.
- 30 Barampuram, S., Allen, G., & Krasnyanski, S. (2014). Effect of various sterilization procedures on the *in vitro* germination of cotton seeds. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 118(1), 179-185.
- 31 Nurtaza, A., Magzumova, G., Yessimseitova, A., Karimova, V., Shevtsov, A., Silayev, D., ... & Kakimzhanova, A. (2021). Micropropagation of the endangered species *Malus niedzwetzkyana* for conservation biodiversity in Kazakhstan. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 1-12.
- 32 Kakimzhanova, A., Dyussembekova, D., Nurtaza, A., Yessimseitova, A., Shevtsov, A., Lutsay, V., ... & Kabieva, S. (2022). An Efficient Micropropagation System for the Vulnerable Wild Apple Species, *Malus Sieversii*, and Confirmation of Its Genetic Homogeneity. *Erwerbs-Obstbau*, 1-12.

- 33 Ishmuratova, M.M., & Golovina, L.A. (2017). Razmnozhenie sortov smorodiny chernoi (*Ribesnigrum* L.) bashkirskoi selektsii v kulture *in vitro* [Reproduction of varieties of black currant (*Ribes nigrum* L.) of Bashkir breeding in culture in vitro]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle — Bulletin of the Udmurt University. The series "Biology. Earth Sciences"*, 27(4), 455–461 [in Russian].
- 34 Debnath, S.C. (2013). Germplasm characterization, propagation and maintenance of health-promoting wild berries and medicinal plant roseroot (*Rhodiola Rosea* L.). In *International Symposium on Medicinal Plants and Natural Products 1098* (pp. 61-69).
- 35 Ahmed, T.M.N.E. (2011). Reproduction of *Polygala myrtifolia* L. *Plants by tissue culture technique. Doctor's thesis*. Cairo University.
- 36 Erst, A.A., & Vechernina, N. (2010). Propagation of *Rubus aureum* (Family of Grossulariaceae) in *in vitro* Culture. *Biotechnology in Russia*, (5), 1-10.
- 37 Ruzic, D., & Lazic, T. (2006). Micropropagation as means of rapid multiplication of newly developed blackberry and black currant cultivars. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71(4), 149-153.
- 38 Arena, M.E., & Pastur, G.J.M. (1995). *In vitro* propagation of *Ribes magellanicum* Poir. *Scientia horticultrurae*, 62(1-2), 139-144.
- 39 Debnath, S.C. (2003). Micropropagation of small fruits. *Micropropagation of woody trees and fruits*, 465-506.
- 40 Naghmouchi, S., Khouja, M.L., Rejeb, M.N., & Boussaid, M. (2008). Effect of growth regulators and explant origin on *in vitro* propagation of *Ceratonia siliqua* L. via cuttings. *BASE*, 12(3), 251-258.
- 41 Manole, C.G., Balan, V., Mencinicopschi, I.C., Golea, D., Rodino, S., & Butu, A. (2012). The influence of growth regulators concentrations on *in vitro* micropropagation of *Ribes rubrum* Species. *Scientific Bulletin, Series F, Biotechnologies*, 16, 26-29.
- 42 Benelli, C., Tarraf, W., Izgu, T., & De Carlo, A. (2022). *In Vitro* Conservation through Slow Growth Storage Technique of Fruit Species: An Overview of the Last 10 Years. *Plants*, 11(23), 3188.
- 43 Turdiyev T.T., Kovalchuk, I.Y., Kabyrbekova, B.Z., Chukanova, N.I., & Frolov, S.N. (2020). *In vitro* germplasm cold storage of fruit and berry plants of Kazakhstan. *Eurasian Journal of Biosciences*, 14(1), 1213-1219.
- 44 Benelli, C., Tarraf, W., Izgu, T., & De Carlo, A. (2022). *In Vitro* Conservation through Slow Growth Storage Technique of Fruit Species: An Overview of the Last 10 Years. *Plants*, 11(23), 60-66.
- 45 Pan, X., Zhang, W.E., & Li, X. (2014). *In vitro* conservation of native Chinese wild grape (*Vitis heyneana* Roem. & Schult) by slow growth culture. *Vitis*, 53(4), 207-214.
- 46 Capuana, M., & Di Lonardo, S. (2013). *In vitro* conservation of chestnut (*Castanea sativa*) by slow growth. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 49, 605-610.
- 47 Da Silva de Carvalho, M.D.J., da Silva Souza, A., Barbosa Santos, E., dos Santos Soares Filho, W., da Silva Ledo, C.A., Rodrigues Costa, E.M., & Duarte Souza, F.V. (2022). *In vitro* conservation of 'Florida Rough' lemon plants. *Ciência Rural*, 52(12), 1-9.
- 48 Ozudogru, E.A., Benelli, C., Dradi, G., & Lambardi, M. (2017). Effect of culture container and carbohydrate content on *in vitro* slow growth storage of the cherry rootstock 'Gisela 5'. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(4), 2-9.

Ю.В. Пережогин¹, О.В. Бородулина¹, Н.Г. Ерохин², С.А. Кубентаев^{3*}

¹ Костанайский государственный педагогический университет, Костанай, Казахстан;

² Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия;

³ Астанинский ботанический сад филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции», Астана, Казахстан

*Автор для корреспонденции: kubserik@mail.ru

Флористические находки на территории Казахстана

В процессе изучения Гербария Института экологии растений и животных (SVER) выявлены 16 видов растений, относящихся к 12 родам из 10 семейств, ранее не отмечавшихся для отдельных флористических районов (ФР) Казахстана: Каратауского ФР — 2 вида (*Allium caeruleum* и *A. obliquum*), Эмбинского ФР — 1 (*Allium strictum*), Южно-Устьюртского ФР — 5 (*Alyssum dasycarpum*, *Amberboa nana*, *Amberboa turanica*, *Arnebia decumbens* и *Asparagus breslerianus*) и Тобол-Ишимского ФР — 8 видов (*Bromus arvensis*, *B. squarrosus*, *Epilobium tetragonum*, *Matthiola superba*, *Psephellus sergii*, *Salix vinogradovii*, *Schoenoplectus hippolyti* и *Silene tatarica*). Среди находок *Bromus arvensis* является новым видом для флоры Казахстана. Полученные результаты существенно расширяют имеющиеся представления о распространении приведенных видов во флоре Казахстана.

Ключевые слова: дополнение к флоре, сведения о местонахождении, флористические районы, виды сосудистых растений, Азия.

Введение

Результатом изучения флоры территории Казахстана в XIX–XX веках стало 9-томное издание «Флора Казахстана» (1956–1966). Позднее под редакцией Р. В. Камелина, С. А. Абдулиной был издан «Список сосудистых растений Казахстана» [1]. Список оказался не полным, о чем свидетельствует целый ряд работ, посвященных новым видам флоры Республики Казахстан [2–16].

В 2015 году старшим научным сотрудником Ботанического сада УрО РАН (г. Екатеринбург, Российская Федерация) П.В. Куликовым и профессором кафедры биологии и географии Костанайского государственного педагогического института (г. Костанай, Республика Казахстан) Ю.В. Пережогиним был инициирован международный проект «Флора приграничных территорий Казахстана и России». Проект включал в себя два направления: создание сайта с виртуальными гербарными образцами и ревизия Гербариев Института экологии растений и животных УрО РАН (SVER) и Костанайского государственного педагогического института (KSPI) с целью выявления новых видов флоры Республики Казахстан. Позднее, в силу объективных причин, сайт был переименован во «Флору Урала» [17], однако туда вошли гербарные экземпляры Костанайской области, так как вся западная часть ее входит в состав Зауральского плато. В состав исполнителей данного проекта со стороны Российской Федерации вошли: П.В. Куликов, М.С. Князев, Е.Г. Филиппов, В.Э. Власенко (Ботанический сад УрО РАН); Н.В. Золотарева, Е.Н. Подгаевская и Н.Г. Ерохин (Институт экологии растений и животных УрО РАН). Многие из них являются авторами крупных флористических сводок на территории Урала [18–23].

Со стороны Республики Казахстан в проекте приняли участие Ю.В. Пережогин, О.В. Бородулина и С.И. Курлов. Решением руководства Костанайского государственного педагогического института языком сайта был признан английский. На данный момент на сайте опубликовано около 2500 видов и более 3500 виртуальных образцов. По принципиальным причинам на сайте публикуются только те виды, у которых имеются виртуальные гербарные образцы. На сайте приведены только дикорастущие растения, культурные виды отсутствуют.

Огромную роль в организации издания сайта сыграл Заслуженный деятель науки РФ В.А. Мухин. После смерти П.В. Куликова были изданы две совместные работы, посвященные флористическим находкам на территории Казахстана [24, 25]. Публикуемая работа является продолжением данной темы.

Материалы и методы

Номенклатура таксонов приведена в соответствии с Международным индексом названий растений — The International Plant Name Index [26]. Все виды разделены на группы по флористическим районам. Далее виды идут по алфавиту в рамках семейств. Акронимы Гербариев приведен согласно Index Herbariorum [27].

Распределение видов выполнено согласно флористическому районированию, предложенному Н.В. Павловым во флоре Казахстана (1956), где территория Республики Казахстан разделена на 29 флористических районов и 7 подрайонов (см. рис.): 1. Отроги общего Сырта (Отр. общ. Сырта); 2. Тобольско-Ишимский (Тоб.-Ишим); 3. Иртышский (Ирт.); 4. Семипалатинский боровой (Семип. бор.); 5. Кокчетавский (Кокчет.); 6. Прикаспийский (Прикасп.); 6а. Букеевский (Букеев.); 7. Актюбинский (Актюб.); 7а. Мугоджары (Мугодж.); 8. Эмбенский (Эмб.); 9. Тургайский (Тург.); 10. Западный мелкосопочник (Зап. мелкосоп.); 10а. Улутау; 11. Восточный мелкосопочник (Вост. мелкосоп.); 11а. Каркаралинский (Карк.); 12. Зайсанский (Зайс.); 13. Северный Усть-Урт (Сев. Усть-Урт); 13а. Бузачи; 13б. Мангышлак (Мангышл.); 14. Приаральский (Приарал.); 15. Кзыл-Ординский (Кз.-Орд.); 16. Бетпакдалинский (Бетпаkd.); 17. Муюн-Кумский (Муюн-Кум.); 18. Балхаш-Алакульский (Балх.-Алак.); 19. Южный Усть-Урт; 20. Кзыл-Кумский (Кз.-Кум.); 21. Туркестанский (Туркест.); 22. Алтай; 23. Тарбагатай (Тарб.); 24. Джунгарский Алатау (Джунг. Алатау); 25. Заилийский Кунгей Алатау (Заил. Кунг. Алат.); 25а. Кетмень-Терскей Алатау (Кетм. Терск. Алат.); 26. Чу-Илийские горы (Чу-Ил. горы); 27. Киргизский Алатау (Кирг. Алат.); 28. Каратау (Карат.); 29. Западный Тянь-Шань (Зап. ТШ).

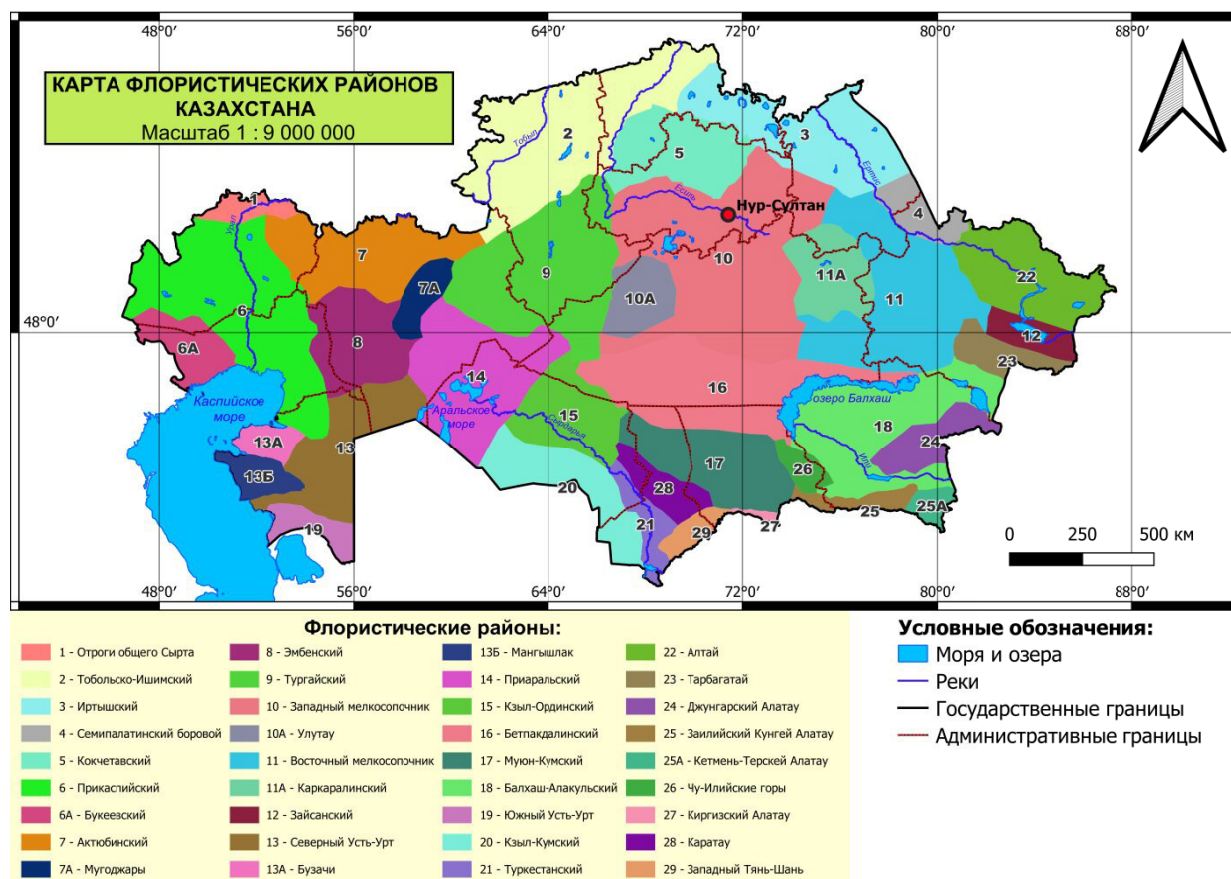


Рисунок. Карта флористических районов Казахстана (по Флоре Казахстана, 1956) [28] (Автор рисунка М.А. Жолдыбек; карта-схема выполнена в программе QGIS)

Результаты и их обсуждение

*Новые виды для флоры Каратауского ФР
Amaryllidaceae J. St.-Hil.*

1. *Allium caeruleum* Pall.: «Казахстан, Южно-Казахстанская область, хребет Сырдарьинский Каратау, долина близ границы Каратауского заповедника, в кустах у ручья, 26–27 VI 2010, П.В. Куликов» (SVER). Общее распространение вида: Алтай, Казахстан, Киргизия, Южно-Европейская Россия, Таджикистан, Узбекистан, Синьцзян [29]. Распространение в РК: 2. Тоб.-Ишим., 4. Семип. бор., 9. Тург., 10, 11. Зап. и Вост. мелкосоп., 12. Зайс., 16. Бетпакд., 18. Балх. –Алак., 24. Джунг. Алат., 25. Заил. Алат., 25а. Кетм. Терск. Алат., 26. Чу–Ил. горы [30].

2. *Allium obliquum* L.: (Alliaceae) «Республика Казахстан, Южно-Казахстанская область, хребет Сырдарьинский Каратау, долина близ границы Каратауского заповедника, 26–27 VI 2010, П.В. Куликов» (SVER). Общее распространение вида: Алтай, Восточно-Европейская Россия, Казахстан, Киргизия, Красноярск, Монголия, Румыния, Южно-Европейская Россия, Западная Сибирь, Синьцзян [29]. Распространение в РК: 2. Тоб.-Ишим., 10. Зап. мелкосоп., 23. Тарб., 24. Джунг. Алат. [30].

Новые виды для флоры Тобол-Ишимского ФР

Тобол-Ишимский флористический район на севере и западе граничит с Челябинской, Курганской и Оренбургской областями. Для новых видов данного района приводим ближайшие точки на сопредельных территориях РФ.

Asteraceae Bercht. & J.Presl

3. *Psephellus sergii* (Klokov) A. L. Ebel.: (Asteraceae) «Казахстан, Кустанайская область, пос. Владимировка, лесостепь, 19 VI 1998, Назаренко» (SVER). Общее распространение вида: Алтай, Казахстан, Западная Сибирь [29]. Распространение в РК: 11. Вост. мелкосоп. (?), 22. Алтай [30]. Ближайшие точки на сопредельных территориях РФ: Оренбургская область–Губерлинские горы [18].

Brassicaceae Burnett

4. *Matthiola superba* Conti: «Казахстан, Кустанайская область, близ Наурзумского заповедника, окрестности пос. Терсек Аулиекольского (Семиевского) района, 18 VI 2010, П.В. Куликов» (SVER). Общее распространение вида: Казахстан, Красноярск, Синьцзян [29]. Распространение в РК: 3. Ирт., 9. Тург., 10. Зап. мелкосоп., 11а. Карк., 12. Зайс., 15. Кз.–Орд., 18. Балх.–Алак., 21. Туркест., 28. Карат. [31]. Ближайшие точки на сопредельных территориях РФ: Оренбургская область–пос. Новорудный Гайского района [18].

Caryophyllaceae Juss.

5. *Silene tatarica* (L.) Pers.: «Казахстан, Кустанайская область, окр. г. Костанай, VI 1984, Ю.В. Пережогин» (SVER). Общее распространение вида: Прибалтика, Беларусь, Центрально-Европейская Россия, Восточно-Европейская Россия, Финляндия, Германия, Казахстан, Северо-Европейская Россия, Норвегия, Польша, Южно-Европейская Россия, Украина, Западная Сибирь [29]. Распространение в РК: 3. Ирт., 6. Прикасп., 7. Актюб. [32]. Ближайшие точки на сопредельных территориях РФ: Оренбургская область–Бузулукский район (Z.N. Ryabinina, M.S. Knyazev, 2009).

Cyperaceae Juss.

6. *Schoenoplectus lacustris* subsp. *hippolyti* (V.I. Krecz.) Kukkonen: (= *Scirpus hippolyti* V. Krecz.) «Казахстан, Кустанайская область, Убаганский (Алтынсаринский) район, правый берег р. Убаган, камышово-осоковая ассоциация, VI 1997, Ю.В. Пережогин» (SVER). Общее распространение вида: Афганистан, Алтай, Амур, Бурятия, Центрально-Европейская Россия, Чита, Индия, Иран, Казахстан, Хабаровск, Киргизия, Красноярск, Крым, Монголия, Северный Кавказ, Пакистан, Приморье, Сахалин, Южно-Европейская Россия, Таджикистан, Закавказье, Туркменистан, Тыва, Узбекистан, Западные Гималаи, Западная Сибирь [29]. Распространение в РК: 1. Отр. общ. Сырта, 6. Прикасп., 13а. Бузачи, 13б. Мангышл., 28. Карат., 29. Зап. ТШ [30]. Ближайшие точки на сопредельных территориях РФ: Курганская область–с. Куртан Мокроусовского района [33].

Onagraceae Juss.

7. *Epilobium tetragonum* L.: «Казахстан, окрестности г. Кустанай, район аэропорта, луг, 05 VII 1988, И. Черных, Т. Федорова, В. Самсонович» (SVER). Общее распространение вида: Албания, Алжир, Алтай, Австрия, Азорские острова, Балеарские острова, страны Балтии, Беларусь, Бельгия, Болгария, Канарские острова, Капские провинции, Центрально-Европейская Россия, Корсика, Кипр, Чехословакия, Дания, Восточно-Эгейские острова, Восточно-Европейская Россия, Финляндия, Франция, Германия, Великобритания, Греция, Венгрия, Иран, Ирландия, Италия, Казахстан, Киргизия, Красноярск, Крит, Квазулу-Натал, Ливан-Сирия, Лесото, Мадейра, Марокко, Нидерланды, Северный Кавказ, Палестина, Польша, Португалия, Румыния, Сардиния, Сицилия, Южно-Европейская Россия, Испания, Швеция, Швейцария, Таджикистан, Закавказье, Тунис, Турция, Туркменистан, Украина, Узбекистан, Западные Гималаи, Западная Сибирь, Югославия [29]. Распространение в РК: 3. Ирт., 4. Семип. бор., 6. Прикасп., 7. Актюб., 7а. Мугодж., 8. Эмб., 11. Вост. мелкосоп., 11а. Карк., 12. Зайс., 14. Приарал., 17. Муюн-кум., 18. Балх. –Алак., 21. Туркест., 22. Алтай, 24. Джунг. Алат., 25. Заил. Кунг. Алат., 26. Чу-Ил. горы, 29. Зап. ТШ. [35]. Ближайшие точки на сопредельных территориях РФ: Челябинская область – сс. Кулевицы, Варна (Р. V. Kulikov, 2005); Оренбургская область – Акбулакский, Бугурусланский и Кувандыкский районы [18].

Poaceae Barnhart

8. *Bromus squarrosus* L.: «Казахстан, окр. г. Кустанай, пойма реки Тобол, VI 1996, Ю.В. Пережогин» (SVER). Общее распространение вида: Албания, Алжир, Алтай, Австрия, Балеарские острова, Болгария, Центрально-Европейская Россия, Северо-Центральный Китай, Кипр, Чехословакия, Восточно-Европейская Россия, Франция, Греция, Венгрия, Иран, Ирак, Италия, Казахстан, Киргизия, Красноярск, Крит, Крым, Ливан-Сирия, Монголия, Марокко, Северный Кавказ, Северо-Западная Европа, Палестина, Румыния, Южно-Европейская Россия, Испания, Швейцария, Таджикистан, Закавказье, Тунис, Турция, Туркменистан, Украина, Западная Сибирь, Синьцзян, Югославия [29]. Распространение в РК: 6. Прикасп., 7. Актюб., 7а. Мугодж., 8. Эмб., 9. Тург., 10. Зап. мелкосоп., 10а. Улутау, 11. Вост. мелкосоп., 11а. Карк., 15. Кз.–Орд., 17. Муюн-кум., 22. Алтай, 23. Тарб., 24. Джунг. Алат., 25. Заил. Алат., 28. Карат., 29. Зап. ТШ. [28]. Ближайшие точки на сопредельных территориях РФ: Челябинская область – Брединский, Кизильский и Карталинский районы [19]; Оренбургская область — обыкновенно, по всей области [18].

9. *Bromus arvensis* L.: «Казахстан, окр. г. Кустанай, пойма реки Тобол, VI 1996, Ю.В. Пережогин» (SVER). Общее распространение вида: Албания, Балеарские острова, Болгария, Кипр, Восточно-Эгейские острова, Франция, Греция, Венгрия, Иран, Италия, Крит, Ливан-Сирия, Северный Кавказ, Румыния, Испания, Закавказье, Турция, Украина, Югославия [29]. Распространение в РК: В списке флоры Казахстана по С.А. Абдулиной [1] вид отсутствует. Ближайшие точки на сопредельных территориях РФ: Челябинская область – пос. Крутойрский Л. В. Рязанова СНПУ [19]; Оренбургская область — спорадически во всех районах [18].

Salicaceae Mirb.

10. *Salix vinogradovii* A.Skvorts. (Salicaceae) «Казахстан, Кустанайская область, Кустанайский р-н, влажный овраг в 500 м восточнее агробиостанции (Кустанайского госуниверситета), VI 1997, Ю.В. Пережогин». Общее распространение вида: Центрально-Европейская Россия, Восточно-Европейская Россия, Казахстан, Южно-Европейская Россия, Украина [29]. Распространение в РК: Вид отсутствует во «Флоре Казахстана», но имеется в С.А. Абдулиной [1]. Ближайшие точки на сопредельных территориях РФ: Челябинская область – Брединский, Кизильский, Варненский, Карталинский р-ны до реки Уй [1]; Оренбургская область — обычен в южных районах [18]; Курганская область — восточный предел распространения в Южном Зауралье проходит по реке Тобол [34].

*Новый вид для флоры Эмбенского ФР**Amaryllidaceae J. St.–Hil.*

11. *Allium strictum* Schrad.: «Казахстан, Актюбинская область, Алтай-Батыр, 25 V 2009, П.В. Куликов» (SVER). Общее распространение вида: Алтай, Австрия, Бурятия, Центрально-Европейская Россия, Чита, Чехословакия, Восточно-Европейская Россия, Франция, Германия, Внутренняя Монголия, Иркутск, Италия, Казахстан, Киргизия, Красноярск, Монголия, Северо-Европейская Россия,

Польша, Южно-Европейская Россия, Швейцария, Тува, Украина, Западная Сибирь, Якутия [29]. Распространение в РК: 18. Балх.-Алак., 23. Тарб., 24. Джунг. Алат., 25. Заил. Алат. [30]

Новые виды для флоры Южно-Устьюртского ФР
Asparagaceae Juss.

12. *Asparagus breslerianus* Schult. et Schult. f.: «Казахстан, Мангистауская область, плато Устюрт, Устюртский государственный заповедник, колодец Кокусем 43°10' с. ш.; 54°53' в. д. 11 V 2009, П.В. Куликов» (SVER). Общее распространение вида: Афганистан, Северо-Центральный Китай, Внутренняя Монголия, Иран, Казахстан, Монголия, Северный Кавказ, Пакистан, Цинхай, Таджикистан, Закавказье, Туркменистан, Узбекистан, Синьцзян [29]. Распространение в РК: 6. Прикасп., 8. Эмб., 9. Тург., 13. Сев. Усть-Урт, 13а. Бузачи, 14. Приарал., 15. Кз.-Орд., 16. Бетпакд., 18. Балх.-Алак., 20. Кз.-Кум [30].

Asteraceae Bercht. & J.Presl

13. *Amberboa nana* (Boiss.) Iljin: «Казахстан, Мангистауская область, Каракиянский район, плато Устюрт, кордон Кендырли Устюртского заповедника, подножие каменного склона 42°57' с. ш.; 54°41' в. д. 27–29 IV 2009, П.В. Куликов» (SVER). Общее распространение вида: Иран, Закавказье, Узбекистан [29]. Распространение в РК: 13. Усть-Урт, 13 б. Мангышл. [35].

14. *Amberboa turanica* Iljin: «Казахстан, Мангистауская область, Каракиянский район, Устюртский гос. заповедник, близ колодца Кокусем 43°10' с. ш.; 54°53' в. д. 11 V 2009, П.В. Куликов» (SVER). Общее распространение вида: Афганистан, Иран, Казахстан, Киргизстан, Пакистан, Таджикистан, Закавказье, Туркменистан, Узбекистан, Синьцзян [29]. Распространение в РК: 6. Прикасп., 8. Эмб., 9. Тург., 12. Зайс., 13. Усть-Урт, 14. Приарал., 15. Кз.-Орд., 16. Бетпакд., 17. Муюн-Кум, 18. Балх.-Алак., 20. Кз.-Кум., 24. Джунг. Алат., 26. Чу-Ил. горы, 28. Карат. [36].

Boraginaceae Juss.

15. *Arnebia decumbens* (Vent.) Coss. et Kralik: «Казахстан, Мангистауская область, плато Уст-Урт, колодец Сарсорка, пески, у родника 42°42' с. ш.; 54°06' в. д. 26 IV 2009, П.В. Куликов» (SVER). Общее распространение вида: Афганистан, Алжир, Алтай, Канарские острова, Центрально-Европейская Россия, Египет, страны Персидского залива, Иран, Ирак, Казахстан, Киргизия, Кувейт, Ливан-Сирия, Ливия, Монголия, Марокко, Северный Кавказ, Оман, Пакистан, Палестина, Саудовская Аравия, Синай, Южно-Европейская Россия, Таджикистан, Закавказье, Тунис, Турция, Туркменистан, Узбекистан, Синьцзян [29]. Распространение в РК: 6. Прикасп., 8. Эмб., 9. Тург., 10а. Улутау, 12. Зайс., 13. Сев. Усть-Урт, 13 б. Мангышл., 14. Приарал., 15. Кд.-Орд., 16. Бетпакд., 17. Муюн-Кум., 18. Балх.-Алак., 23. Тарб., 24. Джунг. Алат., 25. Заил. Кунг. Алат., 26. Чу-Ил. горы, 28. Карат., 29. Зап. ТШ [36].

Brassicaceae Burnett

16. *Alyssum dasycarpum* Stephan ex Willd.: «Казахстан, Мангистауская область, Каракиянский район, окрестности Устюртского заповедника, зимовье Кизилсиингир, 42°49' с. ш.; 54°07' в. д. 25–26 IV 2009, П.В. Куликов» (SVER). Общее распространение вида: Афганистан, Алтай, Иран, Ирак, Казахстан, Киргизия, Ливан-Сирия, Пакистан, Палестина, Южно-Европейская Россия, Таджикистан, Закавказье, Турция, Туркменистан, Узбекистан, Синьцзян [29]. Распространение в РК: 6. Прикасп., 7. Актюб., 8. Эмб., 9. Тург., 10. Зап. мелкосоп., 12. Зайс., 13б. Мангышл., 14. Приарал., 16. Бетпакд., 17. Муюн-Кум., 18. Балх.-Алак., 23. Тарб., 24. Джунг. Алат., 25. Заил. Кунг. Алат., 26. Чу-Ил. горы, 27. Кирг. Алат., 28. Карат., 29. Зап. ТШ [35].

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Программа BR18574070) «Изучение современного состояния видового разнообразия региональных флор Западного, Центрального, Северного и Восточного Казахстана как научная основа для переиздания «Флоры Казахстана». Авторы благодарят В.А. Мухина за помощь в создании сайта «Flora of the Ural», а также М.С. Князева и Е.А. Шурову за неоценимую помощь в определении таксонов. М.А. Жолдыбека за подготовку Карта-схемы флористических районов Казахстана, на основе флористического районирования во Флоре Казахстана.

Список литературы

- 1 Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана / С.А. Абдулина. Под ред. Р.В. Камелина. — Алматы: Стека, 1999. — 187 с.
- 2 Байков К.С. Новый вид *Euphorbia* (Euphorbiaceae) с Восточного Казахстана (Калбинский кребет) / К.С. Байков, И.В. Хан // Бот. журн. — 2005. — Т. 90, № 12. — С. 1891–1894.
- 3 Эпиктетов В.Г. Новый вид рода *Tulipa* L. (Liliaceae) из Казахстана / В.Г. Эпиктетов, О.В. Белялов // Turczaninowia. — 2013. — № 16(3). — С. 5–7. DOI: <http://dx.doi.org/10.14258/turczaninowia>.
- 4 Камелин Р.В. Новый вид рода *Lappula* Moench из Казахстана / Р.В. Камелин // Turczaninowia. — 1999. — Т. 2, № 3. С. 5–7.
- 5 Камелин Р.В. Новый вид рода *Sterigmostemum* Bieb. (Cruciferae) из Восточного Казахстана / Р.В. Камелин, Д.А. Герман // Turczaninowia. — 2001. — Т. 4, № 3. — С. 5–9.
- 6 Князев М.С. Два новых вида *Galium* (Rubiaceae) родства *Galium glaucum* / М.С. Князев // Бот. журн. — 2003. — Т. 88, № 12. — С. 84–89.
- 7 Котухов Ю.А. Новые виды злаков (Poaceae) из Западного Алтая / Ю.А. Котухов // Turczaninowia. — 2004. — Т. 7, № 4. — С. 8–10.
- 8 Котухов Ю.А. Список сосудистых растений Казахстанского Алтая / Ю.А. Котухов // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. — 2005. — Вып. 11. — С. 11–83.
- 9 Куприянов А. Н. *Achillea kamelinii* Kupr. — новый вид из Сырдарьинского Каратау // Turczaninowia. — 2018. — № 21 (4). — С. 215–217. DOI: [10.14258/turczaninowia](https://doi.org/10.14258/turczaninowia).
- 10 Куприянов А.Н. *Galatella bectauatensis* (Asteraceae) — новый вид из Центрального Казахстана / А.Н. Куприянов, Е.А. Королюк // Turczaninowia. — 2013. — № 16 (3). — С. 15–18. DOI: [10.14258/turczaninowia](https://doi.org/10.14258/turczaninowia).
- 11 Никифорова О.Д. *Myosotis kazakhstanica* (Boraginaceae) — новый вид из Казахстана / О.Д. Никифорова // Turczaninowia. — 2018. — № 21 (3). — С. 89–96. DOI: [10.14258/turczaninowia](https://doi.org/10.14258/turczaninowia).
- 12 Пережогин Ю.В. Новые виды тюльпанов из Северного Казахстана / Ю.В. Пережогин // Бот. журн. — 2013. — Т. 98, № 12. — С. 1558–1563.
- 13 Пережогин Ю.В. Дополнение к флоре Государственного природного резервата «Алтын Дала» / Ю.В. Пережогин, С.И. Курлов // Бот. журн. — 2016. — Т. 101, №3. — С. 302–308.
- 14 Пименов М.Г. Обновленный концепт зонтичных (Umbelliferae) Средней Азии и Казахстана: номенклатура, синонимия, типификация, распространение / М.Г. Пименов // Turczaninowia. — 2020. — Т. 23, № 4. — С. 127–257. DOI: [10.14258/turczaninowia](https://doi.org/10.14258/turczaninowia).
- 15 Виноградова В.М. Новый вид рода *Aulacospermum* (Apiaceae) из Северного Казахстана / В.М. Виноградова // Бот. журн. — 2002. — Т. 87, № 2. — С. 140–145.
- 16 Байтулин И.О. Флора сосудистых растений Казахстанского Алтая / И.О. Байтулин, Ю.А. Котухов. — Алматы: Ин-т ботаники и фитоинтродукции АН Республики Казахстан, 2011. — 158 с.
- 17 Flora of the Ural [Electronic resource]. — 2015. — Access mode: <https://herbarium.kspi.kz>
- 18 Рябинина З.Н. Определитель сосудистых растений Оренбургской области / З.Н. Рябинина, М.С. Князев. — М.: Т-во науч. изд. КМК, 2009. — 758 с.
- 19 Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения) / П.В. Куликов. — Екатеринбург, Миасс: Геотур, 2005. — 537 с.
- 20 Куликов П.В. Определитель сосудистых растений Челябинской области / П.В. Куликов. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. — 969 с.
- 21 Князев М.С. Конспект флоры Свердловской области. Ч. 2: Однодольные растения / М.С. Князев, А.С. Третьякова, Е.Н. Подгаевская, Н.В. Золотарёва, П.В. Куликов // Фиторазнообразие Восточной Европы. — 2017. — Т. 116, № 3. — С. 4–108.
- 22 Князев М.С. Конспект флоры Свердловской области. Ч. 3: Двудольные растения (Empetraceae – Droseraceae) / М.С. Князев, А.С. Третьякова, Е.Н. Подгаевская, Н.В. Золотарёва, П.В. Куликов // Фиторазнообразие Восточной Европы, 2018. — Т. 12, № 2. — С. 4–95. DOI: [10.24411/2072-8816-2018-10013](https://doi.org/10.24411/2072-8816-2018-10013).
- 23 Князев М.С. Конспект флоры Свердловской области. Ч. 4: Двудольные растения (Empetraceae–Droseraceae) / М.С. Князев, А.С. Третьякова, Е.Н. Подгаевская, Н.В. Золотарёва, П.В. Куликов // Фиторазнообразие Восточной Европы. — 2019. — Т. 13, № 2. — С. 130–196. DOI: [10.24411/2072-8816-2019-10046](https://doi.org/10.24411/2072-8816-2019-10046).
- 24 Пережогин Ю.В. Дополнение к флоре Казахстана / Ю.В. Пережогин, П.В. Куликов, С.И. Курлов // Бот. журн. — 2015. — Т. 100, № 5. — С. 501–503.
- 25 Пережогин Ю.В. Новые виды флоры Казахстана / Ю.В. Пережогин, П.В. Куликов // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. — 2017. — № 3(203). — С. 78–80.
- 26 The International Plant Name Index. — 2021. — [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.ipni.org/>. Last accessed 05.05.2021.

27 Thiers B.M. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff [Electronic resource] / B.M. Thiers. — Bronx, New York, USA: New York Botanical Garden's Virtual Herbarium, New York Botanical Garden, 2020. — Access mode: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>. Last accessed 05.05.2021.

28 Флора Казахстана: [В 9-и т.] / Ред. Н.В. Павлов. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1956. — Т. 1. — 353 с.

29 POWO (Plants of the World Online). — 2021. — [Electronic resource]. — Access mode: <http://powo.science.kew.org/taxon>.

30 Флора Казахстана: [В 9-и т.] / Ред. Н.В. Павлов. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1958. — Т. 2. — 291 с.

31 Флора Казахстана: [В 9-и т.] / Ред. Н.В. Павлов. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. — Т. 4. — 458 с.

32 Флора Казахстана: [В 9-и т.] / Ред. Н.В. Павлов. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960. — Т. 3. — 476 с.

33 Науменко Н.И. Флора и растительность Южного Зауралья: моногр. / Н.И. Науменко. — Курган: Изд-во Курган. ун-та, 2008. — 512 с.

34 Флора Казахстана: [В 9-и т.] / Ред. Н.В. Павлов. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1963. — Т. 6. — 464 с.

35 Флора Казахстана: [В 9-и т.] / Ред. Н.В. Павлов. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1966. — Т. 9. — 639 с.

36 Флора Казахстана: [В 9-и т.] / Ред. Н.В. Павлов. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1964. — Т. 7. — 496 с.

Ю.В. Пережогин, О.В. Бородулина, Н.Г. Ерохин, С.А. Кубентаев

Қазақстан аумағындағы флористикалық олжалар

Өсімдіктер мен жануарлар экологиясы институтының гербарийін (SVER) зерттеу барысында Қазақстанның жекелеген флористикалық аудандары (ФА) үшін бұрын байқалмаған 10 тұқымнан 12 ұрпаққа жататын өсімдіктердің 16 түрі анықталды: Қаратау ФА — 2 түр (*Allium caeruleum* және *A. obliquum*), Ембі ФА — 1 түр (*Allium strictum*), Оңтүстік Үстірт ФА — 5 түр (*Alyssum dasycarpum*, *Amberboa nana*, *Amberboa turanica*, *Arnebia decumbens* және *Asparagus breslerianus*) және Тобыл-Есіл ФА — 8 түр (*Bromus arvensis*, *B. squarrosus*, *Epilobium tetragonum*, *Matthiola superba*, *Psephellus sergii*, *Salix vinogradovii*, *Schoenoplectus hippolyti* және *Silene tatarica*). Табылған өсімдіктер арасында *Bromus arvensis* Қазақстан флорасы үшін жаңа түр болып саналады. Алынған нәтижелер Қазақстан флорасында келтірілген түрлердің таралуы туралы қолда бар түсініктерді айтарлықтай кеңейтеді.

Кілт сөздер: флораға қосымша, орналасқан жері туралы мәліметтер, флористикалық аудандар, табылған өсімдіктердің түрлері, Азия.

Yu.V. Perezhogin, O.V. Borodulina, N.G. Erokhin, S.A. Kubentaev

Floral finds on the territory of Kazakhstan

In the process of studying the Herbarium of the Institute of Plant and Animal Ecology (SVER), 16 plant species belonging to 12 genera from 10 families that were not previously noted for certain floristic regions (FR) of Kazakhstan were identified: Karatau FR — 2 species (*Allium caeruleum* and *A. obliquum*), Emben FR — 1 species (*Allium strictum*), South Ustyurt FR — 5 species (*Alyssum dasycarpum*, *Amberboa nana*, *Amberboa turanica*, *Arnebia decumbens* and *Asparagus breslerianus*) and Tobol-Ishim FR — 8 species (*Bromus arvensis*, *B. squarrosus*, *Epilobium tetragonum*, *Matthiola superba*, *Psephellus sergii*, *Salix vinogradovii*, *Schoenoplectus hippolyti* and *Silene tatarica*). Among the finds, *Bromus arvensis* is a new species for the flora of Kazakhstan. The results obtained significantly expand the existing understanding of the distribution of these species in the flora of Kazakhstan.

Keywords: addition to flora, location information, floristic areas, vascular plant species, Asia.

References

- 1 Abdulina, S.A. (1999). Spisok sosudistikh rastenii Kazakhstana [Checklist of vascular plants of Kazakhstan]. R.V. Kamelin (Ed.). Almaty: Steka [in Russian].
- 2 Baikov, K.S., & Khan, I.V. (2005). Novyi vid *Euphorbia* (Euphorbiaceae) s Vostochnogo Kazakhstana (Kalbinskii khrebet) [A new species of *Euphorbia* (Euphorbiaceae) from the Eastern Kazakhstan (Kalba range)]. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*, 90, 12, 1891–1894 [in Russian].
- 3 Epiktetov, V.G., & Belyalov, O.V. (2013). Novyi vid roda *Tulipa* L. (Liliaceae) iz Kazakhstana [New species of the genus *Tulipa* L. (Liliaceae) from Kazakhstan]. *Turczaninowia*, 16(3), 5–7 [in Russian].
- 4 Kamelin, R.V. (1999). Novyi vid roda *Lappula* Moench iz Kazakhstana [New species of genus *Lappula* Moench from Kazakhstan]. *Turczaninowia*, 2(3), 5–7 [in Russian].

- 5 Kamelin, R.V., & German, D.A. (2001). Novyi vid roda *Sterigmostemum* Bieb. (Cruciferae) iz Vostochnogo Kazakhstana [New species of genus *Sterigmostemum* Bieb. (Cruciferae) from east Kazakhstan]. *Turczaninowia*, 4(3), 5–9 [in Russian].
- 6 Knyazev, M.S. (2003). Dva novykh vida *Galium* (Rubiaceae) rodstva *Galium glaucum* [Two new species of *Galium* (Rubiaceae) related to *Galium glaucum*]. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*, 88 (12), 84–89 [in Russian].
- 7 Kotukhov, Yu.A. (2004). Novye vidy zlakov (Poaceae) iz Znanadnogo Altaia [New species of grasses (Poaceae) from Western Altai]. *Turczaninowia*, 7(4), 8–10 [in Russian].
- 8 Kotukhov, Yu.A. (2005). Spisok sosudistykh rastenii Kazakhstanskogo Altaia. Botanicheskie issledovaniia Sibiri i Kazakhstana [The list of vascular plants of Kazakhstan Altai]. *Botanicheskie issledovaniia Sibiri i Kazakhstana — Botanical investigations of Siberia and Kazakhstan*. Issue 11, 11–83 [in Russian].
- 9 Kupriyanov, A.N. (2018). *Achillea kamelinii* Kupr. — novyi vid iz Syrdarinskogo Karatau [*Achillea kamelinii* Kupr. — a new species from Syrdarya Karatau]. *Turczaninowia*, 21(4), 215–217 [in Russian].
- 10 Kupriyanov, A.N., & Korolyuk, E.A. (2013). *Galatella bectauatense* (Asteraceae) — novyi vid iz Tsentralnogo Kazakhstana [*Galatella bectauatense* (Asteraceae) — a new species from Central Kazakhstan]. *Turczaninowia*, 16 (3), 15–18 [in Russian].
- 11 Nikiforova, O.D. (2018). *Myosotis kazakhstanica* (Boraginaceae) — novyi vid iz Kazakhstana [*Myosotis kazakhstanica* (Boraginaceae) — a new species from Kazakhstan]. *Turczaninowia*, 21(3), 89–96 [in Russian].
- 12 Perezhogin, Yu.V. (2013). Novye vidy tyulpanov iz Severnogo Kazakhstana [New species of the genus *Tulipa* from Northern Kazakhstan]. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*, 98(12), 1558–1563 [in Russian].
- 13 Perezhogin, Yu.V., & Kurlov, S.I. (2016). Dopolneniie k flore Gosudarstvennogo prirodnogo rezervata «Altyn Dala» [Addition to the flora of the state nature reserve “Altyn Dala”]. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*, Vol. 101(3), 302–308 [in Russian].
- 14 Pimenov, M.G. (2020). Obnovlenniy konspekt zontichnykh (Umbelliferae) Srednei Azii i Kazakhstana: nomenklatura, sinonimiia, tipikatsiia, rasprostraneniie [Updated checklist of the Umbelliferae of Middle Asia and Kazakhstan: nomenclature, synonymy, typification, distribution]. *Turczaninowia*, 23 (4), 127–257 [in Russian].
- 15 Vinogradova, V.M. (2002). Novyi vid roda *Aulacospermum* (Apiaceae) iz Severnogo Kazakhstana [New species of the genus *Aulacospermum* (Apiaceae) from Northern Kazakhstan]. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*, 87(2), 140–145 [in Russian].
- 16 Baitulin, I.O., & Kutykhov, Yu.A. (2011). Flora sosudistykh rastenii Kazakhstanskogo Altaia [Flora of vascular plants of Kazakhstan Altai]. Almaty: Institut botaniki i fitointroduktsii Akademii nauk Respubliki Kazakhstan [in Russian].
- 17 [2015]. Flora of the Ural. Retrieved from <https://herbarium.kspi.kz>
- 18 Ryabinina, Z.N., & Knyazev, M.S. (2009). Opredelitel sosudistykh rastenii Orenburgskoi oblasti [Key for vascular plant identification of the Orenburg Region]. Moscow: Tovarischestvo nauchnykh izdaniy KMK [in Russian].
- 19 Kulikov, P.V. (2005). Konspekt flory Cheliabinskoi oblasti (sosudistye rasteniia) [Compendium of the flora of the Chelyabinsk region (vascular plants)]. Yekaterinburg, Miass: Geotur [in Russian].
- 20 Kulikov, P.V. (2010). Opredelitel sosudistykh rastenii Cheliabinskoi oblasti [Key for vascular plant identification of the Chelyabinsk Region]. Yekaterinburg: Uralskoe otdelenie Rossiiskoi akademii nauk [in Russian].
- 21 Knyazev, M.S., Tretyakova, A.S., Podgaevskaya, E.N., Zolotareva, N.V., & Kulikov, P.V. (2017). Konspekt flory Sverdlovskoi oblasti. Chast 2: Odnodolnye rasteniia [An annotated check list of the flora of Sverdlovsk Region. Part II: monocotyledonous plants]. *Fitoraznoobrazie Vostochnoi Evropy — Phytodiversity of Eastern Europe*, 11(3), 4–108 [in Russian].
- 22 Knyazev, M.S., Tretyakova, A.S., Podgaevskaya, E.N., Zolotareva, N.V., Kulikov, P.V. (2018). Konspekt flory Sverdlovskoi oblasti. Chast 3: Dvudolnye rasteniia (Empetraceae – Droseraceae) [Annotated checklist of the flora of Sverdlovsk Region. Part III: dicotyledonous plants (Empetraceae – Droseraceae)]. *Fitoraznoobrazie Vostochnoi Evropy — Phytodiversity of Eastern Europe*, 12(2), 4–95 [in Russian].
- 23 Knyazev, M.S., Tretyakova, A.S., Podgaevskaya, E.N., Zolotareva, N.V., Kulikov, P.V. (2019). Konspekt flory Sverdlovskoi oblasti. Chast 4: Dvudolnye rasteniia (Empetraceae – Droseraceae) [Annotated checklist of the flora of Sverdlovsk Region. Part IV: dicotyledonous plants (Empetraceae – Droseraceae)]. *Fitoraznoobrazie Vostochnoi Evropy — Phytodiversity of Eastern Europe*, Vol. 13(2), 130–196 [in Russian].
- 24 Perezhogin, Yu.V., Kulikov, P.V., & Kurlov, S.I. (2015). Dopolneniie k flore Kazakhstana [Addition to the flora of Kazakhstan]. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*, 100(5), 501–503 [in Russian].
- 25 Perezhogin, Y.V., & Kulikov, P.V. (2017). Novye vidy flory Kazakhstana [New species of flora of the Kazakhstan]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of the Orenburg State University*, 3(203), 78–80 [in Russian].
- 26 The International Plant Name Index. (2021). Retrieved from <http://www.ipni.org/>. Last accessed 05.05.2021.
- 27 Thiers, B.M. (2020). Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. Bronx, New York, USA: New York Botanical Garden's Virtual Herbarium, New York Botanical Garden. Retrieved from <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>. Last accessed 05.05.2021.
- 28 Pavlov, N.V. (Ed.). (1956). Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. (Vol. 1–9.). Vol. 1. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSSR [in Russian].
- 29 POWO (Plants of the World Online). (2021). Retrieved from <http://powo.science.kew.org/taxon>.
- 30 Pavlov, N.V. (Ed.). (1958). Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. (Vol. 1–9.). Vol. 2. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSSR [in Russian].
- 31 Pavlov, N.V. (Ed.). (1961). Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. (Vol. 1–9.). Vol. 4. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSSR [in Russian].

32 Pavlov, N.V. (Ed.). (1960). Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. (Vol. 1–9.). Vol. 3. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSSR [in Russian].

33 Naumenko, N.I. (2008). Flora i rastitelnost Yuzhnogo Zauralia [Flora and vegetation of Southern Zauralye]. Kurgan: Izdatelstvo Kurganskogo universiteta [in Russian].

34 Pavlov, N.V. (Ed.). (1963). Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. (Vol. 1–9.). Vol. 6. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSSR [in Russian].

35 Pavlov, N.V. (Ed.). (1966). Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. (Vol. 1–9.). Vol. 9. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSSR [in Russian].

36 Pavlov, N.V. (Ed.). (1964). Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. (Vol. 1–9.). Vol. 7. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk Kazakhskoi SSSR [in Russian].

М.К. Сапанов¹, К.М. Ахмеденов^{2*}¹Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Российская Федерация;²Западно-Казахстанский университет имени М. Утемисова, Уральск, Казахстан

*Автор для корреспонденции: kazhmurat78@mail.ru

Естественно-исторические предпосылки промысла сайгаков в Казахстане

Численность сайгаков казахстанской уральской группировки, обитающей в Волго-Уральском междуречье, в 2022 году возросла до рекордных 801 тыс. экземпляров. Местные фермеры утверждают о сильнейших потрах этих животными сельскохозяйственных полей и пастбищ и требуют искусственного сокращения поголовья. В то же время природоохранные организации предлагают их дальнейшую охрану. В работе проведен анализ литературных материалов и полученных ранее собственных результатов по сопряженному изучению динамики численности сайгаков и их весенней массовой гибели с особенностями изменения природно-климатических условий региона. Промысел уральской группировки сайгаков начался в 1954 году и с перерывами продолжался до 1994 года. Иными словами, добыча сайгаков представляла собой в это время обычное регуляторное мероприятие. Затем наступил долговременный период депрессии их численности, который связали с умеренным отстрелом и браконьерством. Показано, что волнообразная динамика численности популяции сайгаков полностью зависит от продуктивности травостоя и обводненности мест их обитания. Глубокая и продолжительная депрессия в численности животных в 2000-х годах возникла в результате сильного сокращения мест водопоя, так как в этот период из-за 14-летнего отсутствия поверхностного стока весенних талых вод в местную гидрографическую сеть произошло повсеместное высыхание прудов и сор, обмеление озер и рек. Лишь в 2010–2011 годах началось новое пополнение открытых водоемов талыми водами, и с тех пор до 2022 года они никогда не пересыхали. Именно в это время началось интенсивное приращение численности поголовья сайгаков. Проанализированы причины весенней периодической массовой избирательной гибели сайгаков. Показано, что причиной этого явления может быть незаразная болезнь — тимпания, которая идентифицируется скоротечностью заболевания, что объясняет ее избирательный характер (гибнут, в основном, малоподвижные родившие самки). Тимпания, по-видимому, может служить триггерным механизмом запуска других второстепенных болезней в организмах животных, в том числе контагиозного пастереллеза, который постоянно регистрируют у погибших животных. Поголовье животных после массового весеннего падежа сайгаков восстанавливается через несколько лет до прежнего уровня из-за высокой плодовитости как в периоды депрессии, так и высокой численности. Поэтому нет никаких оснований для отмены промысла столь ценного самовозобновляемого ресурса с учетом динамики его численности под влиянием природно-климатических условий.

Ключевые слова: сайгаки, уральская группировка, динамика численности, кормовая база, обводненность территории, весенняя гибель, тимпания, промысел животных.

Введение

На территории Казахстана наметилась тенденция к резкому увеличению численности популяции сайгаков (*Saiga tatarica* L.), особенно уральской группировки, которая мигрирует в пределах Волго-Уральского междуречья. В этой группировке в 2022 году насчитывалось более 801 тыс. голов [1]. Такое явление вызвало противоречивые дискуссии между природоохранными структурами и местным населением, которые утверждают о существенных потрах сайгаками сельскохозяйственных полей и пастбищ. С одной стороны, предлагается продолжать охранные мероприятия из-за опасения повторения длительного периода депрессии и медленного восстановления численности, как в 2000-е годы, с другой — фермеры требуют сильного сокращения численности животных. Следует отметить, что сельскохозяйственные производители ранее также требовали сокращения поголовья сайгаков в годы с гораздо более низкой численностью [2–4]. Впрочем, на современном этапе необходимость искусственной регуляции численности сайгаков не ставится под сомнение, однако до сих пор нет обоснованных предложений по оптимальному решению данной проблемы. При этом известно, что ранее промысел осуществлялся в 1954–1998 годы в периоды высокой численности с учетом прогноза природных ресурсов [4–8]. Использование столь ценного самовозобновляющегося биологического ресурса в промышленных масштабах представляется вполне обоснованным и необходимым на государственном уровне для улучшения продовольственной программы страны, так как продуктивность по-

головья сайгаков сравнялась с общей региональной продуктивностью мелкого рогатого скота (овец и коз).

Наша цель — представить естественно-историческое обобщение результатов изучения численности сайгаков уральской группировки для выявления и обоснования алгоритма оптимального, экологически безвредного использования и достоверного преумножения поголовья сайгаков.

Материалы и методы

Объектом исследований является уральская группировка сайгаков, обитающая в междуречье Волги и Урала. Район исследования расположен в пределах Прикаспийской низменности. Наибольшую площадь занимает морская аккумулятивная равнина, плоская поверхность которой характеризуется довольно наличием озерных геосистем (Киши и Улкен Тузды Саркыл, Балыкты Саркыл и т.д.). Здесь расположены пересекающие равнину долины рек Сарыюзен, Караюзен, Ащыюзек. Наибольшая глубина вертикального расчленения в северо-западной части — в бассейне р. Ащыюзек [9].

Для климата региона характерны резкая континентальность и засушливость, материковый режим температуры и сильные ветра, недостаточное количество атмосферных осадков при высокой испаряемости.

Земельный фонд Западно-Казахстанской области в 2021 году составляет 15 133,9 тыс. га, в том числе кормовые угодья 12 307,2 тыс. га, или 81% территории области [10]. В данном исследовании нас интересует территория Волго-Уральского междуречья в пределах Западно-Казахстанской и Атырауской областей, которая является местообитанием уральской группировки сайгаков. Район исследования богат пастбищными и сенокосными сельскохозяйственными угодьями. При этом, как показывают некоторые исследования [11, 12], общая деградация естественных кормовых угодий и опустынивание земель характерно для кормовых угодий Бокейординского, Казталовского, Жангалинского районов Западно-Казахстанской области. Также в Курмангазинском районе Атырауской области насчитывается 0,63 млн га деградированных пастбищ, в Исатайском — 0,9 млн га, или соответственно 50 и 63 % от общей площади [13]. По исследованиям М.Ж. Махамбетова [14], на сегодняшний день остаточная деградация встречается в песках Нарынкum на площади 30 %.

Основными причинами деградации кормовых угодий полупустынной и пустынной зон являются увеличение поголовья скота и, соответственно, нагрузки на единицу площади и не регулируемый перерогон скота. Эти данные подтверждаются информацией дистанционного зондирования и геоинформационного моделирования по определению степени деградации кормовых угодий [15–18]. Район обитания сайгаков уральской популяции по этим данным является наиболее деградированным.

В пределах Волго-Уральского междуречья отмечается перегрузка кормовых угодий в связи с круглогодичным выпасом, приводящим к деградационным процессам вблизи 2–5-километровой зоны вокруг населённых пунктов, стойбищ скотоводов и мест водопоя, отсутствие пастбищеоборотов и отарного перемещения скота на отдаленные пастбища [9, 11, 13, 15]. Эти нагрузки влияют на биопродуктивность и флористический состав травостоя, приводят к сбою и появлению ветровой эрозии почв сейчас и в будущем.

В настоящее время доминируют мелкие фермерские хозяйства [19], у которых имеется доступ лишь к ограниченной пастбищной площади вблизи с населёнными пунктами. В то же время имеется некоторое количество хозяйств с крупными пастбищными площадями, которые не используются в полной мере [20]. Чрезмерный выпас скота вокруг населённых пунктов связан с тем, что мелкие владельцы обычно не могут сезонно мигрировать на отдаленные пастбища из-за стоимости транспорта, отсутствия рабочей силы, плохо обслуживаемых дорог и т. д. [20]. Это, в свою очередь, отрицательно сказывается на состоянии пастбищ вокруг жилья [21, 22]. В Западно-Казахстанской области имеется 3 720,7 тыс. га земель запаса (18 % от всей площади территории), большая часть которых теоретически доступна для аренды и может быть использована для выпаса животных. Однако эти государственные пастбища, как правило, сильно удалены от населённых пунктов, что снижает вероятность сезонного перемещения животных мелкими владельцами подальше от аулов. Поэтому отдаленные пастбища имеют более низкую пастбищную нагрузку [19].

Существуют исследования изменения флористического биологического разнообразия вследствие выпаса скота [21, 22]. Для богатых видами птиц и млекопитающих степных сообществ имеет большое значение деградация пастбищ из-за перевыпаса вокруг населённых пунктов, а также отсутствие домашних животных на отдаленных высокопродуктивных землях [23].

Такая сложившаяся система животноводства отрицательно повлияла на состояние пастбищ в местах обитания сайгаков. Современное увеличение численности их поголовья вызывает беспокойство у местных фермеров из-за возможной конкуренции за пастбища. По статистическим данным [24], численность овец и коз во всех категориях хозяйств в Волго-Уральском междуречье в пределах Западно-Казахстанской области в 2021 году составила всего 752,3 тыс. голов, что составляет 62 % их поголовья во всей области. А численность крупного рогатого скота соответственно 436, 8 тыс. голов, лошадей 157,0 тыс. голов, верблюдов 2 тыс. голов. Всего выпасаемое поголовье сельскохозяйственных животных составляют 1,3 млн голов. Преобладает мелкий рогатый скот — 55,7 %; крупный рогатый скот составляет 32,4 %; лошади — 11,7 %; верблюды — 0,2 %. Таким образом, доминируют овцы и козы, к которым добавилось сопоставимое количество сайгаков, что влияет на состояние почвенно-растительного покрова региона за счет увеличения пастбищной нагрузки на единицу площади.

Использовались литературные источники по изучению экологии и промыслу сайгаков, их ежегодной численности, а также особенностям весенней массовой гибели: из специализированного журнала «Saiga news», Интернета и других источников.

Кроме этого, использовались собственные выводы, которые были получены в результате изучения нами особенностей развития уральской группировки сайгаков. Основой этих исследований являлись данные, которые были получены на Джаныбекском биологическом стационаре (п. Жанибек, Западно-Казахстанская область) по ежегодной продуктивности и биологическому разнообразию травяных сообществ, наполняемости водоемов, характеристикам снежного покрова и изменчивости некоторых других природно-климатических показателей. Кроме этого, были привлечены наблюдения за сайгаками в неволе, которые содержались с начала 1980-х годов на этом стационаре периодически в течение многих лет. Полученные выводы по особенностям динамики численности сайгаков и причинах их массовой гибели позволяют предложить пути научно обоснованного решения проблемы их промышленного промысла.

Результаты и их обсуждение

На наш взгляд, сложилась парадоксальная ситуация. Численность уральской группировки сайгаков достигла рекордного уровня, а государственные структуры оказались не готовы к принятию решения об их использовании из-за отсутствия приемлемого научного обоснования ее искусственного регулирования. Между тем промысел этих животных осуществлялся издавна. В Казахстане плановая промысловая охота началась в 1952 году [4–7] и с перерывами осуществлялась до 1998 года. Современное отсутствие научного обоснования промысла сайгаков можно объяснить резким долговременным снижением их численности в конце XX века на всей территории Казахстана. Тенденция к спаду численности наметилась в середине 1990-х годов. Например, в уральской группировке в 1994 году насчитывалось 274 тыс. голов сайгаков, а уже в 1998 году их осталось 104 тыс. голов (убыль 42,5 тыс. голов /год). Затем в течение длительного времени отмечалась устойчивая депрессия в численности животных: количество сайгаков не превышало 6–20 тыс. голов. Динамика численности сайгаков представлена на рисунке 1.

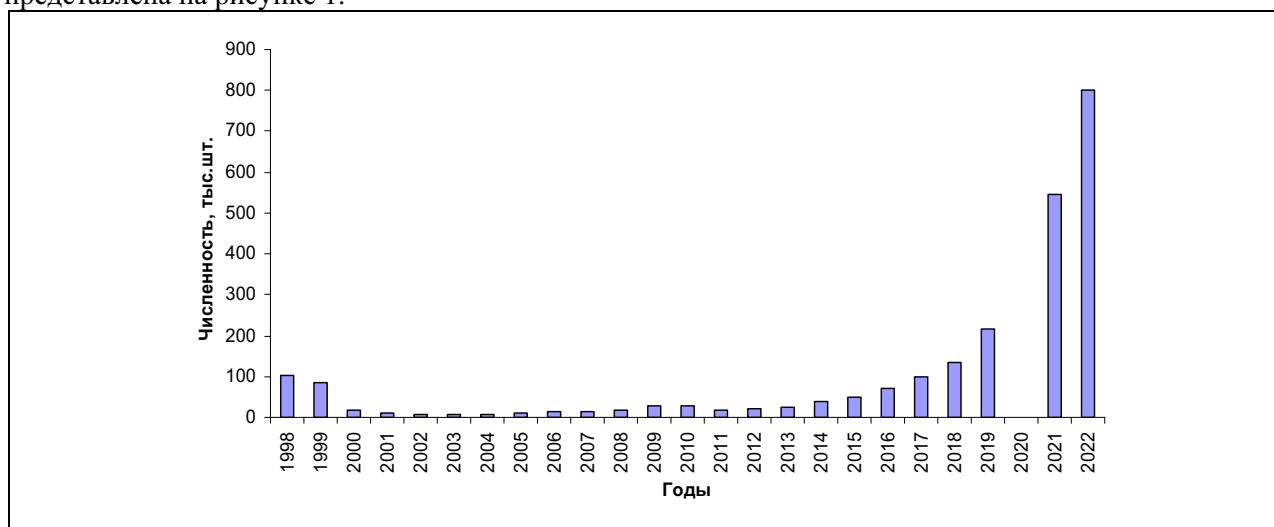


Рисунок 1. Динамика численности уральской группировки сайгаков

В эти годы активизировались природоохранные государственные структуры и экологические общественные организации, так как считалось, что причиной резкого снижения численности сайгаков является браконьерство. Идеологическое сопровождение борьбы с браконьерством создало сакральный ореол вокруг сайгаков, и их даже начали почитать как священных животных. Однако дальнейшее резкое увеличение поголовья после многих лет депрессии (рис. 1) вызвало обратную реакцию местного населения, которое стало требовать сокращения численности животных из-за сильных потрав сельскохозяйственных угодий и пастбищ.

Только тогда встал вопрос о возможности промышленной добычи сайгаков. Эта тема не нова для Казахстана. Всего за 1955–1993 годы в Казахстане было добыто 5,5 млн сайгаков, от которых получено 91,4 тыс. т товарного мяса. В Западном Казахстане максимальные заготовки приходится на 1979–1983 годы, когда ежегодно добывалось по 20–40 тыс. экз. [6–8]. В последний год промысла сайгаков уральской группировки (1998 г.) было добыто 3,6 тыс. шт из группировки в 104 тыс. особей. Заготовки производились при максимальной численности уральской группировки в 298 тыс. голов (1992 г.), поэтому при численности в 800 тыс. голов (2022 г.) промышленный промысел сайгаков можно считать вполне возможным и даже необходимым.

На современном этапе научное обоснование промысловой добычи сайгаков будет проводиться на волне, существующей новой природоохранной парадигмы о необходимости еще большего увеличения поголовья сайгаков. Противники промысла сайгаков нагнетают обстановку использованием таких терминов, как уничтожение, ликвидация, отстрел и другие, по существу апеллируя к невозможности контроля над процессом восстановления численности, вследствие неминуемого браконьерства на фоне периодического массового весеннего падежа, а также воздействия других лимитирующих биотических и абиотических факторов. При этом ими не приводятся никакие научные доводы о предельно допустимой численности популяций: декларируется лишь гипотетическая возможность и необходимость естественного расширения ареала местообитания.

Впрочем, также слабо аргументировано предложение промысла в 2022 г. в количестве 10 % [2]. Такое изъятие из природы (80 тыс. экз. из 800 тыс. особей) едва ли решит назревшую проблему противоречий и будет соответствовать ожиданиям местных фермеров, которые требуют существенного уменьшения поголовья этой группировки сайгаков. Ранее размеры промысла в Казахстане могли достигать 35–39 % (1976–1977 гг.) от всей численности поголовья, и это считалось перепромыслом из-за сокращения сайгаков в последующие годы. Максимально допустимой нормой считалась добыча 15–25 % от поголовья. При таких нормативах, в 2022 году можно было бы изъять из природы 120–200 тыс. голов.

Однако эта рекомендация в современных условиях также экологически не обоснована, так как отмечается устойчивое изменение климата. Например, в местах существования уральской группировки сайгаков с середины XX века произошло постепенное повышение температуры воздуха, главным образом, в холодный период года, более чем на 2°C ., которое может существенным образом изменить динамические процессы в естественном приращении численности животных [25].

Алгоритм научного обоснования искусственной контролируемой регуляции численности популяций должен быть построен на новых принципах, которые, с одной стороны, всесторонне удовлетворяли бы пожелания природоохранных структур и местного населения, с другой — учитывали изменчивость природно-климатических условий. Основной целью рекомендаций должно быть создание условий устойчивого существования группировки как в годы большой, так и малой численности, с учетом ее циклической волнообразной естественной динамики. Иными словами, необходимо учитывать, что периоды депрессии численности сайгаков чаще всего обусловлены изменением природно-климатических условий, а не только добычей животных. Впрочем, нельзя не признать, что для увеличения скорости приращения поголовья в годы депрессии оказалась особенно важной организация охраны сайгаков от браконьерского отстрела на государственном уровне, как это было сделано в начале 2000-х годов [26].

Здесь необходимо указать, что сайгаки обладают исключительной плодовитостью в благополучные периоды, которая может обеспечить ежегодное приращение поголовья более чем на 30–50 %. При этом понижение численности может быть вызвано разными причинами: на генном уровне — истощением генофонда тесным инбридингом при увеличении численности от нескольких десятков тысяч до сотен тысяч особей; на организменном и популяционном уровнях — за счет разнообразных болезней, в том числе вызывающих эпизоотии (например, пастереллез, ящур и др.) и смены внутрипопуляционной структуры соотношения полов; на экосистемном уровне — за счет изменения про-

дуктивности и видового разнообразия растительности, возникновения джутов, воздействия волков и др. При этом тренды и скорости изменения динамики численности популяций сайгаков могут быть сильно нарушены деятельностью человека, например, промыслом, браконьерством и искусственным уменьшением ареала их ежегодной миграции [6, 8, 26–31].

Как видим, жизнь сайгаков подвергается многим опасностям на разных уровнях иерархической организации популяции. Однако воздействие многих факторов, влияющих на их рождаемость и смертность, может быть кратковременным и не менять общую тенденцию динамики численности популяции. В то же время их воздействие может быть продолжительным, и обусловлено многофакторностью и нелинейностью связей между ними. Очевидно, поэтому значительная часть обсуждаемых причин природной саморегуляции поголовья популяций сайгаков слабо доказана, тем более математически, и носит скорее гипотетический вероятностный характер, чем содержит научно доказанные выводы.

Нами были проведены сопряженные исследования динамики численности животных с климатическими показателями, ежегодной продуктивностью целинной растительности, изменением степени обводненности территории, насыщенностью региона домашними животными [32]. Было показано, что волновая динамика численности поголовья сайгаков обусловлена обратимыми изменениями природно-климатических условий, которые существенно трансформируют места обитания животных. Выявлена достоверная зависимость численности сайгаков от состояния кормовой базы и условий водопотребления.

Иными словами, для сайгаков очень важна продуктивность травостоя и обводненность пастбищ – существование большого количества открытых водоемов, а зимой — снега. Вода для сайгака жизненно более важна, чем специфический корм, особенно на летовках в середине лета. На рисунке 2 представлено совместное использование сайгаками и сельскохозяйственными животными в качестве водопоя антропогенных водоёмов в местах основных летовок и отёлов.

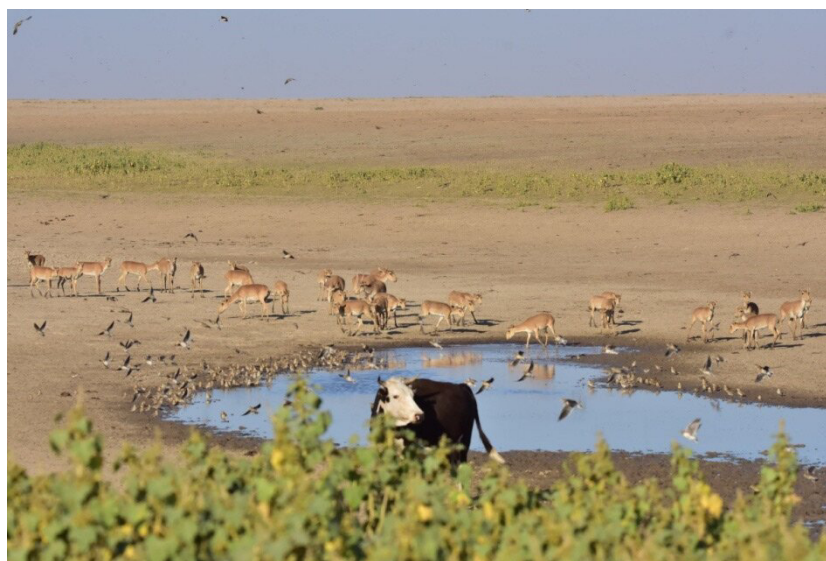


Рисунок 2. Совместное использование искусственных водоёмов сайгаками и сельскохозяйственными животными, окрестности озера Аралсор, 2022 г.

Отметим, что при вольерном содержании обязательным условием их выживания является также наличие снега [32]. Данный вывод не оригинальный, ранее также было отмечено, что именно наличие корма и питья, в том числе снега, является основным условием благополучного существования сайгаков [5]. Наши исследования впервые математически подтверждают этот вывод и дают основание достоверно полагать, что при дефиците одного из факторов (пищи или воды) неминуемо будет уменьшаться количество сайгаков. Здесь же отметим, что в исследуемом регионе открытые водоемы пополняются лишь периодически, через каждые несколько лет, в результате поверхностного стока весенних талых вод. Однако из-за длительного потепления холодного периода года, сток талых вод отсутствовал в 1995–2009 годах, в это время пересохла все пруды и сору, обмелели многочисленные озера и реки. Очевидно, не браконьерство, а именно уменьшение точек водопоя в этот период спровоцировало глубокую депрессию в численности сайгаков [25].

Таким образом, важнейшим условием научного обоснования промысла сайгаков является проведение подробного анализа причин волнообразной периодичности в динамике численности поголовья сайгаков, с возможностью составления прогнозных моделей.

При этом основным препятствием к такому обоснованию является отсутствие знаний по естественной регуляции численности популяций, которая имеет нелинейный характер. Например, считается, что большое значение имеет внезапный падеж животных от разных причин: ящура, бескормицы, джута, пастереллеза и др. [26, 33]. На современном этапе, очень много внимания уделяется выявлению причин массовой весенней гибели сайгаков, так как считается, что именно это явление оказывает существенное влияние на динамику численности животных. Общеизвестным считается, что массовая весенняя гибель сайгаков происходит от пастереллеза (*pasterellosis*). Значительная часть исследователей, в том числе и зарубежные эксперты, вновь и вновь указывают на такую возможность, препарируя внутренности погибших сайгаков, однако до сих пор они не могут выявить триггерный механизм этой болезни в ранневесенний период [34–40].

Между тем, если предположить, что падеж сайгаков происходит от тимпании, которая может возникнуть у копытных животных при поедании в предутренние часы мокрых после дождя молодых высокобелковых побегов, например, двудольных бобовых растений, то становится понятным гибель малоподвижных самок после родов только в ранневесенний период. Анализ рубца погибшей самки показал, что основой ее питания перед гибелью являлись двудольные растения (бобовые, разнотравье и полукустарнички), суммарное количество которых достигло 93 %. Из них на долю люцерны (*Medicago sp.*), лапчатки (*Potentilla sp.*) и горца (*Polygonum sp.*) пришлось 26 %, 22 и 12%, соответственно [41].

Здесь мы впервые укажем, что именно тимпания может являться триггерным механизмом запуска регистрируемой всеми исследователями сопутствующей контагиозной болезни — пастереллеза, бактерии которой всегда присутствуют у здоровых животных в дыхательных путях. Именно поэтому другие животные не гибнут, особенно значительная часть подсосного потомства, которое не успевает заразиться от скоротечно погибших заболевших самок. Оставшийся молодняк сбивается в многочисленные группки по 10–20 особей и благополучно доживает до осени. Также легко объясняется время падежа, его внезапность, скоротечность и избирательность процесса летального исхода животных, в основном из малоподвижного основного маточного поголовья. Иными словами, массовая весенняя гибель животных не является заразной.

Более того, эта болезнь не изменяет скорость приращения поголовья, например, в годы депрессии уральская группировка восстановилась на третий год после массовой гибели более 50 % животных (27140 и 26400 голов, соответственно, по учету 2010 и 2013 годов). В годы высокой численности бетпакалинская группировка восстановила численность после падежа более 85 % животных на шестой год (242000 голов и 285000 голов, соответственно по учету в 2015 и 2021 годов). Можно даже предположить, что из-за высокой плодовитости сайгаков этот процесс представляет собой естественный механизм регуляции их численности. Во всяком случае массовая весенняя гибель не может являться поводом для отсрочки и тем более причиной и основанием тотального запрета на их добычу. Так как даже если допустить, что до сих пор не известна первопричина такого падежа животных, то, все равно, нет значимых оснований для беспокойства, так как восстановление их численности до прежнего уровня происходит достаточно быстро.

Представленное обобщение существующих сведений по естественной регуляции численности сайгаков показывает, что прежде чем рекомендовать параметры их промысла, необходимо выявить основные лимитирующие его динамику природно-климатические факторы для улучшения прогноза, а также, заложить в алгоритм добычи внезапную весеннюю гибель некоторой части популяции.

Необходимо указать, что еще одной проблемой при научном обосновании искусственной регуляции поголовья сайгаков является определение емкости пастбищных угодий, то есть определение оптимального количества животных на единице площади с учетом выпасаемых здесь домашних животных. Результаты исследований в этом направлении будут опубликованы в следующей работе. Именно этот показатель должен быть еще одной основополагающей константой при назначении сайгаков к искусственному изъятию из природы.

Заключение

Определение причин динамических явлений в численности поголовья сайгаков изучено достаточно слабо из-за их скрытного образа жизни, высокой плодовитости, внезапной периодической мас-

совой весенней гибели, сильного антропогенного воздействия, в том числе ограничения миграционных путей и незаконной добычи.

На современном этапе наблюдается быстрое приращение поголовья уральской группировки сайгаков в междуречье Волги и Урала, которое обусловлено многолетним запретом на добычу на фоне улучшения для них природно-климатических условий. Разросшееся поголовье вызывает беспокойство у местных фермеров из-за потрав сельскохозяйственных угодий и пастбищ, поэтому они просят ограничить их количество. Однако природоохранные организации выступают за еще большее увеличение численности поголовья, мотивируя это непредсказуемостью убыли популяции за счет периодической массовой весенней гибели животных и непрекращающегося браконьерства.

Выявлено, что волнообразная динамика численности сайгаков зависит от количества корма и мест водопоя. Годы депрессии численности совпадают с периодом массового высыхания водоемов, годы высокой численности — с периодами нормальной обводненности территории мест их обитания. Предположено, что весенняя массовая гибель сайгаков вызвана незаразной болезнью — тимпанией, которая может являться триггерным механизмом запуска регистрируемой всеми исследователями сопутствующей контагиозной болезни — пастереллеза, бактерии которой всегда присутствуют у здоровых животных в дыхательных путях. В этом случае легко объясняется время падежа, его внезапность, скоротечность и избирательность процесса летального исхода животных, в основном из малоподвижного основного маточного поголовья. Поголовье животных из-за высокой плодовитости восстанавливается через несколько лет до прежнего уровня в любые периоды численности, поэтому не может служить основанием для тотального запрета на их промысел.

Основная проблема заключается в отсутствии методологии современных научно обоснованных рекомендаций по промыслу сайгаков, хотя промышленная добыча сайгаков в Казахстане была обычным мероприятием и производилась периодически в 1954–1993 гг.

Проведенный анализ позволяет считать одним из основных критериев — параметр существующей численности с его прогнозной коррекцией на величину ежегодного воспроизводства поголовья, которое необходимо вычислять по изменчивости природно-климатических условий, главным образом, через динамику продуктивности травяных сообществ на летних и зимних пастбищах и степени обводненности территории. Кроме этого, в этот параметр необходимо включать поправочный коэффициент внезапного падежа некоторой части поголовья, от которой нельзя избавиться. При составлении научных рекомендаций по добыче сайгаков необходимо учитывать также общую емкость пастбищных угодий. Данное направление будет обсуждаться нами в следующей работе.

Список литературы

- 1 Smelyansky I. Saigas are returning to the Russian Trans-Volga region / I. Smelyansky, V. Kirilyuk, S. Titova // Saiga news. — 2022/23. — Iss.28. — P. 23-25.
- 2 Судьба сайгаков в Казахстане: что говорят экологи, ученые и о чем заявляют фермеры. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.inform.kz/ru/sud-ba-saygakov-v-kazahstane-chto-govoryat-ekologi-uchenye-i-o-chem-zayavlyayut-fermery_a3952746
- 3 Более 300 тыс. посевов потравлено сайгаками. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://kz.kursiv.media/2022-07-07/bole-300-tys-posevov-potravleno-sajgakami/>.
- 4 Фадеев В.А. Сайгак в Казахстане / В.А. Фадеев, А.А. Слуцкий. — Алма-Ата: Наука КазССР, 1982. — 160 с.
- 5 Жирнов Л.В. Возвращение к жизни: Экология, охрана и использование сайгаков / Л.В. Жирнов. — М., Лесная промышленность, 1982. — 224 с.
- 6 Слуцкий А.А. Сайгак в Казахстане и перспективы его промысла / А.А. Слуцкий, В.А. Фадеев // Вестн. АН КазССР, — 1977. — № 3. — С. 28–32.
- 7 Фадеев В.А. Промысел сайгака в Казахстане / В.А. Фадеев, А.Р. Шаад // Охота и охотничье хозяйство. — 1980. — № 10. — С.10–12.
- 8 Соколов В.Е. Сайгак. Филогения, систематика, экология, охрана и использование / В.Е. Соколов, Л.В. Жирнов. — М., 1998. — 356 с.
- 9 Ахмеденов К.М. Ландшафты Западного Казахстана: очерки об объектах природного наследия / К.М. Ахмеденов, С.К. Рамазанов, Д.А. Киндербаева. — М.: Перо, 2015. — 250 с.
- 10 Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2021 год. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/383692?lang=ru> — 517 с.

- 11 Насиев Б.Н. Оценка способов использования пастбищ полупустынной зоны Западного Казахстана / Б.Н. Насиев, Н.Ж. Жанаталапов, А.К. Беккалиев, А.К. Беккалиева // Аграрный вестник Урала. — 2021. — № 11 (214). — С. 20–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-20-26.
- 12 Nasiev B.N. The Impact of Pasturing Technology on the Current State of Pastures / B.N. Nasiev, A.K. Bekkaliev // Annals of Agri-Bio Research. — 2019. — Vol. 24. — No. 2. — P. 246–254.
- 13 Таубаев Б.Д. Ресурсно-экологическая оценка состояния песчаных пастбищ Нарынских песков / Б.Д. Таубаев // Регион. вып. «Вестник МАНЭБ». — 2008. — Т. 13, № 5. — С. 43–46.
- 14 Махамбетов М.Ж. Оценка процессов восстановления деградированных экосистем Атырауской области: дис. ... д-ра филос. наук: 6D060800 — Экология. — Алматы: КНАУ, 2016. — 152 с.
- 15 Кулик К.Н. Изменение фитоценозов Волго-Уральского междуречья под влиянием пастбищных нагрузок / К.Н. Кулик, Б.Ж. Есмагулова, О.Ю. Кошелева, К.Б. Мушаева, С.С. Шинкаренко // Вестн. ВГУ. Сер. География, геоэкология. — 2016. — № 4. — С. 25–32.
- 16 Шинкаренко С.С. Сезонная динамика NDVI пастбищных ландшафтов Северного Прикаспия по данным MODIS / С.С. Шинкаренко, С.А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2020. — Т. 17, № 4. — С. 179–194. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-4-179-194.
- 17 Кулик К.Н. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия / К.Н. Кулик, В.И. Петров, В.Г. Юферев, Н.А. Ткаченко, С.С. Шинкаренко // Аридные экосистемы. — 2020. — Т. 26, № 2(83). — С. 16–24. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10091
- 18 Титкова Т.Б. Климатический рубеж в степной зоне Восточно-Европейской равнины: индикаторы и размещение / Т.Б. Титкова, А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова // Изв. РАН. Сер. географ. — 2020. — Т. 84, № 6. — С. 864–873. DOI: 10.31857/S2587556620050167
- 19 Robinson S. Pastoralists as optimal foragers? reoccupation and site selection in the deserts of post-Soviet Kazakhstan / S. Robinson, C. Kerven, R. Behnke, K. Kushenov, E.J. Milner-Gulland // Hum. Ecol. — 2017. — No. 45. — P. 5–21. DOI: 10.1007/s10745-016-9870-5
- 20 Kerven C. Pastoralism at Scale on the Kazakh Rangelands: From Clans to Workers to Ranchers / C. Kerven, S. Robinson, R. Behnke // Front. Sustain. Food Syst. — 2021. — 4:590401. DOI: 10.3389/fsufs.2020.590401
- 21 Dara A. Post-soviet land-use change affected fire regimes on the Eurasian steppes / A. Dara, M. Baumann, M. Freitag, N. Hölzel, P. Hostert, J. Kamp, D. Müller, B. Ullrich, T. Kuemmerle // Ecosystems — 2019. — No 23. — P. 943–956. DOI: 10.1007/s10021-019-00447-w
- 22 Dara A. Annual Landsat time series reveal post-soviet changes in grazing pressure / A. Dara, M. Baumann, M. Freitag, N. Hölzel, P. Hostert, J. Kamp, D. Müller, A. Prishchepov, T. Kuemmerle // Remote Sensing of Environment. — 2020. — Vol. 239. — 111667 DOI: 10.1016/j.rse.2020. 111667
- 23 Kamp J. Persistent and novel threats to the biodiversity of Kazakhstan's steppes and semi-deserts / J. Kamp, M.A. Koshkin, T.M. Bragina, T.E. Katzner, E.J. Milner-Gulland, D. Schreiber, R. Sheldon, A. Shmalenko, I. Smelansky, J. Terraube, R. Urazaliev // Biodivers. Conserv. — 2016. — Vol. 25. — P. 2521–2541. DOI:10.1007/s10531-016-1083-0
- 24 Сельское, лесное и рыбное хозяйство в Западно-Казахстанской области 2017–2021: стат. сб. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://stat.gov.kz/region/253160/statistical_information/publication. — 117 с.
- 25 Сапанов М.К. Экологические последствия потепления климата в Северном Прикаспии / М.К.Сапанов // Аридные экосистемы. — 2018. — Т. 24, № 1 (74). — С. 20–31.
- 26 Нурушев М.Ж. Проблемы и методы спасения сайгака (*Saiga tatarica* L.) в Казахстане / М.Ж. Нурушев, О.А. Байтанаев // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. — 2018. — № 1. — 19 с. — [Электронный ресурс. — Режим доступа: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-1/Articles/ZNM-2018-1.pdf>]. DOI: 10.24411/2304-9081-2018-11005
- 27 Милнер-Гулланд Э.Дж. Оценка данных динамики циклов в популяции сайгаков / Э.Дж. Милнер-Гулланд // Saiga news. — 2009. — Вып. 9. — С. 9, 10.
- 28 Абатуров Б.Д. Сезонная динамика кормовых ресурсов и питание сайгака на естественном пастбище в полупустыне / Б.Д. Абатуров, Б.И. Петрищев, М.П. Колесников, А.Е. Субботин // Успехи современной биологии. — 1998. — Т. 118, № 5. — С. 564–584.
- 29 Buuveibaatar B. Factors affecting survival and cause-specific mortality of saiga calves in Mongolia / B. Buuveibaatar, J. Young, J. Berger, A. Fine, B. Lkhagvasuren, P. Zahler, T. Fuller // J. of Mammalogy. — 2013. — Vol. 94. — Iss. 1. — P. 127–136.
- 30 White T.C.R. Experimental and observational evidence reveals that predators in natural environments do not regulate their prey: they are passengers, not drivers / T.C.R. White // Acta Oecologica. — 2013. — Vol. 53. — P. 73–87.
- 31 Грачев Ю.А. Численность, структура и воспроизводство популяций сайгака в Казахстане / Ю.А. Грачев, А.М. Мелдебеков, А.Б. Бекенов // Степной бюллетень. — 2009. — № 27. — С. 47–50.
- 32 Сапанов М.К. Влияние природно-климатических факторов на численность сайгаков (*Saiga tatarica* Pall.) в Волго-Уральском междуречье / М.К. Сапанов // Поволж. эколог. журн. — 2016. — № 4. — С. 445–454.
- 33 Kock R. Mass Mortality Events: Publication of the Kazakh — British research team studies on saiga deaths / R. Kock, E.J. Milner-Gulland, S. Robinson, S. Zuther, M. Orynbayev // Saiga News. — 2018. — Iss. 23. — P. 24–26.

- 34 Kock R.A. Saigas on the brink: multi-disciplinary analysis of the factors influencing a mass die-off event / R.A. Kock, M. Orynbayev, S. Robinson, S. Zuther, N.J. Singh, W. Beauvais, E.R. Morgan, A. Kerimbayev, S. Khomenko, H.M. Martineau, R. Rystaeva, Z. Omarova, S. Wolfs, F. Hawotte, J. Radoux, E.J. Milner-Gulland // *Science Advances*. — 2018. — Vol. 4. — Iss. 1. — P.1-10. DOI: 10.1126/sciadv. aao2314
- 35 Айкимбаев М.А. О случаях выделения пастереллеза от сайгаков в феврале–марте 1984 года в Уральской области / М.А. Айкимбаев, И.Л. Мартиневский, А.А. Алтухов, С.И. Иванов, В.Ф. Суров // *Изв. АН КазССР*. — 1985. — № 4. — С. 39–41.
- 36 Абсатиров Г.Г. Результаты комплексного эколого-эпизоотологического мониторинга причин массовой гибели сайгаков / Г.Г. Абсатиров, А.А. Сидорчук, У.Б. Таубаев, К.Ж. Кушалиев, К.Е. Мурзабаев, М.Г. Какишев, Ф.Х. Нуржанова, Н.С. Гиниятов // *Рос. ветеринар. журн. Мелкие домашние и дикие животные*. — 2013. — № 5. — С. 22–25.
- 37 Мищенко А.В. Проблема массовой гибели сайгаков / А.В. Мищенко, В.А. Мищенко, А.К. Караулов, А.В. Потехин, А.П. Межнев // *Ветеринария сегодня*. — 2016. — № 4 (19). — С. 40–45.
- 38 Orynbayev M.B. Seroprevalence of infectious diseases in saiga antelope (*Saiga tatarica tatarica*) in Kazakhstan 2012–2014 / M.B. Orynbayev, W. Beauvais, A.R. Sansyzbaya, R.A. Rystaeva, K.T. Sultankulova, A.A. Kerimbaeva, M.N. Kospanova, R.A. Kock // *Preventive Veterinary Medicine*. — 2016. — Vol. 127. — P. 100-104. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2016.03.016
- 39 Orynbayev M.B. Biological characterization of *Pasteurella multocida* present in the saiga population / M.B. Orynbayev, K.T. Sultankulova // *BMC Microbiology*. — 2019. — 19:37. DOI:10.1186/s12866-019-1407-9
- 40 Robinson S. Opportunistic bacteria and mass mortality in ungulates: lessons from an extreme event / S. Robinson, E.J. Milner-Gulland, Y. Grachev, A. Salemgareyev, M. Orynbayev, A. Lushchekina, E. Morgan, W. Beauvais, N. Singh, S. Khomenko, R. Cammack, R. Kock // *Ecosphere*. — 2019. — Vol. 10. — Iss. 6. DOI: 10.1002/ecs2.2671
- 41 Сапанов М.К. Состояние поголовья и причины гибели сайгаков в Северном Прикаспии / М.К.Сапанов // *Selevinia. Зоол. ежегодник Казахстана и Центральной Азии*. — 2015. — Т. 23. — С. 194–197.

М.К. Сапанов, К.М. Ахмеденов

Қазақстанда ақбөкендерді аулаудың табиғи тарихи алғышарттары

Еділ мен Жайық өзен аралығындағы ақбөкендердің қазақстандық жайық тобының саны 2022 жылы рекордтық 801 мың данаға дейін өсті. Жергілікті фермерлер бұл жануарлардың ауылшаруашылық алқаптары мен жайылымдарын таптап кететінін айтады және олардың санын жасанды түрде азайтуды талап етеді. Сонымен бірге табиғатты қорғау ұйымдары оларды одан әрі қорғауды ұсынады. Мақалада ақбөкендер санының динамикасын және олардың көктемгі жаппай қырылуын аймақтың табиғи-климаттық жағдайларының өзгеру ерекшеліктерімен ұштастыра зерделеу бойынша әдеби материалдар мен бұрын алынған жеке нәтижелерге талдау жүргізілді. Орал ақбөкендер тобын өнеркәсіптік аулау 1954 жылы басталып, арада үзіліс болып, 1994 жылға дейін жалғасты. Басқаша айтқанда, ол кезде киіктерді аулау әдеттегі реттеушілік қызмет болды. Содан кейін олардың санының ұзақ тоқырауы кезеңі келді, бұл шамадан тыс ату мен браконьерлікпен байланысты еді. Ақбөкен популяциясының толқын тәріздес динамикасы толығымен шөптің өнімділігіне және олардың мекендейтін жерлерінің сулануына байланысты екені көрсетілген. 2000-шы жылдардағы жануарлар санының көп және ұзаққа созылған тоқырауы суару орындарының қатты қысқаруы нәтижесінде туындаған, өйткені осы кезеңде жергілікті гидрографиялық желіге көктемгі еріген сулардың 14 жыл бойы жерүсті ағынының болмауына байланысты, яғни тоғандар мен қоқыстардың кебуі, көлдер мен өзендердің таяздануы. Тек 2010-2011 жылдары ашық су қоймаларын еріген сумен жаңадан толтыру басталды, содан бері 2022 жылға дейін олар ешқашан құрғаған жоқ. Дәл осы кезде ақбөкендер санының қарқынды өсуі басталды. Ақбөкендердің көктемгі мерзімде жаппай қырылуының себептері талданған. Көрсетілгендей, бұл құбылыстың себебі жұқпалы емес ауру — тимпания болуы мүмкін, яғни аурудың өтпелілігімен анықталады, бұл оның өзіндік ерекшелігімен түсіндіріледі (негізінен аз қозғалатын төлдеген аналықтар өлген). Тимпания жануарлар организмдеріндегі басқа да кішігірім аурулардың, соның ішінде өлген жануарларда үнемі тіркелетін жұқпалы пастереллездің қоздырғыш механизмі бола алады. Ақбөкендердің көктемгі жаппай қырылуынан кейінгі жануарлар саны бірнеше жылдан кейін, яғни тоқырау кезеңінен де олардың саны да жоғары өсімталдығына байланысты бұрынғы деңгейге дейінгі қалпына келген. Сондықтан табиғи-климаттық жағдайлардың әсерінен олардың санының динамикасын ескере отырып, мұндай құнды өзін-өзі жаңартатын ресурсты аулауды жоюға негіз жоқ.

Кілт сөздер: ақбөкендер, жайық тобы, сан динамикасы, жем-шөп базасы, аумақтың сулануы, көктемгі қырылу, тимпания, мал шаруашылығы.

Natural and historical prerequisites for saiga hunting in Kazakhstan

The number of saigas in Kazakhstan's Ural group, which inhabits the Volga-Ural interfluvium, increased to a record 801,000 in 2022. Local farmers claim that these animals severely devastate agricultural fields and pastures and demand artificial reduction of the population. At the same time, nature conservation organizations suggest their further protection. In this study, we analyzed the literature and our own results on the dynamics of saiga numbers and their spring mass mortality in conjunction with changes in the natural and climatic conditions of the region. Industrial shooting of saigas, the Ural saiga group, began in 1954 and continued intermittently until 1994. In other words, saiga hunting was a routine regulatory activity at that time. Then there was a long-term period of depression in their numbers, which was attributed to excessive shooting and poaching. It has been shown that the wave-like dynamics of saiga population numbers depends entirely on the productivity of the grass stand and the watering of their habitat. A deep and prolonged depression in the number of animals in the 2000s resulted from a severe reduction in watering places, as during this period, due to a 14-year absence of surface runoff of spring meltwater into the local hydrographic network, ponds and sorrows dried up everywhere and lakes and rivers shallowed. It was only in 2010-2011 that new recharge of open reservoirs with melt water began, and since then they have never dried out until 2022. It was at that time that the saiga population began to increase rapidly. The reasons for the periodic mass selective spring mortality of saigas were analyzed. It is shown that this phenomenon could be caused by a noncontagious disease, timpania, which is identified by the rapidity of the disease, which explains its selective nature (mainly sedentary females giving birth perish). Timpania, apparently, could serve as a trigger mechanism for triggering other secondary diseases in animals, including contagious pasteurellosis, which is constantly registered in dead animals. The number of animals after the mass saiga mass mortality in spring recovers in a few years to the previous level due to high fecundity, both in periods of depression and high numbers. Therefore, there is no reason to cancel the industrial shooting of such a valuable self-renewable resource, taking into account the dynamics of its abundance under the influence of natural and climatic condition.

Keywords: saigas, Ural grouping, population dynamics, fodder base, area watering, spring mortality, timpania, animal fishery.

References

- 1 Smelyansky, I., Kirilyuk, V. & Titova, S. (2022/23). Saigas are returning to the Russian Trans-Volga region. *Saiga news*, 28, 23-25.
- 2 *Sudba saigakov v Kazakhstane: chto govoriat ekologi, uchenye i o chem zaiavlyaiut fermery* [The fate of saigas in Kazakhstan: what ecologists, scientists say and what farmers say]. Retrieved from https://www.inform.kz/ru/sud-ba-saygakov-v-kazahstane-chto-govoryat-ekologi-uchenye-i-o-chem-zayavlyayut-fermery_a3952746 [in Russian].
- 3 *Bolee 300 tysiach posevov potravleno saigakami* [Over 300,000 crops were damaged by saigas]. Retrieved from <https://kz.kursiv.media/2022-07-07/bolee-300-tys-posevov-potravleno-saigakami/> [in Russian].
- 4 Fadeev, V.A. & Slutsky, A.A. (1982). Saigak v Kazakhstane [Saiga in Kazakhstan]. Almaty: Izdatelstvo «Nauka» Kazakhskoi SSSR [in Russian].
- 5 Zhirnov, L.V. (1982). Vozvrashchenie k zhizni: Ekologiya, okhrana i ispolzovanie saigakov [Return to Life: Ecology, Conservation and Use of the Saiga]. Moscow: Lesnaia promyshlennost [in Russian].
- 6 Slutsky, A.A., & Fadeev, V.A. (1977). Saigak v Kazakhstane i perspektivy ego promysla [Saiga antelope in Kazakhstan and prospects for its fishery]. *Vestnik Akademii nauk Kazakhskoi SSR — Bulletin of the Academy of Sciences of Kazakh SSR*, 3, 28–32 [in Russian].
- 7 Fadeev, V.A., & Schaad, A.R. (1980). Promysel saigaka v Kazakhstane [Saiga hunting in Kazakhstan]. *Okhota i okhotniche khoziaistvo — Hunting and hunting economy*, 10, 10–12 [in Russian].
- 8 Sokolov, V.E., & Zhirnov, L.V. (1998). Saigak. Filogeniia, sistematika, ekologiya, okhrana i ispolzovanie [Saiga. Phylogeny, taxonomy, ecology, protection and use]. Moscow [in Russian].
- 9 Akhmedenov, K.M., Ramazanov, S.K., & Kinderbaeva, D.A. (2015). Landshafty Zapadnogo Kazakhstana: ocherki ob obektakh prirodnogo nasledia [Landscapes of Western Kazakhstan: essays on natural heritage sites]. Moscow: Pero [in Russian].
- 10 *Natsionalnyi doklad o sostoianii okruzhaiushchei sredy i ob ispolzovanii prirodnikh resursov Respubliki Kazakhstan za 2021 god* [National report on the state of the environment and on the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan for 2021]. Retrieved from <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/383692?lang=ru> [in Russian].
- 11 Nasiev, B.N., Zhanatalapov, N.Zh., Bekkaliev, A.K. & Bekkalieva, A.K. (2021). Otsenka sposobov ispolzovaniia pastbishch polupustynno-y zony Zapadnogo Kazakhstana [Assessment of ways to use pastures in semi-desert zone of West Kazakhstan]. *Agrarnyi vestnik Urala — Agrarian Bulletin of the Urals*, 11(214), 20-26. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-20-26 [in Russian].

- 12 Nasiev, B.N. & Bekkaliyev, A.K. (2019). The Impact of Pasturing Technology on the Current State of Pastures. *Annals of Agri-Bio Research*, 24(2), 246–254.
- 13 Taubaev, B.D. (2008). Resursno-ekologicheskaya otsenka sostoyaniya peschanykh pastbishch Narynskikh peskov [Resource-ecological assessment of the state of sandy pastures of Naryn sands]. *Regionalnyi vypusk «Vestnik Mezhdunarodnoi akademii nauk ekologii i bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti» — Regional issue “Bulletin of the International Academy of Environmental Sciences and Life Safety”*, 13(5), 43–46 [in Russian].
- 14 Makhambetov, M. Zh. (2016). Otsenka protsessov vosstanovleniya degradirovannykh ekosistem Atyrauskoj oblasti [Assessment of the processes of restoration of degraded ecosystems of Atyrau region]. *Doctor's thesis*. Almaty [in Russian].
- 15 Kulik, K.N., Esmagulova, B.Zh., Kosheleva, O.Yu., Mushaeva, K.B. & Shinkarenko, S.S. (2016). Izmenenie fitotsenozov Volgo-Uralskogo mezhdurech'ya pod vliyaniem pastbishchnykh nagruzok [Change of phytocenoses of the Volga-Ural interfluvium under the influence of pasture loads]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiya. Geoekologiya — Bulletin of the Voronezh State University. The series Geography. Geoecology*, 4, 25–32 [in Russian].
- 16 Shinkarenko, S.S., & Bartalev, S.A. (2020). Sezonnaya dinamika NDVI pastbishchnykh landshaftov Severnogo Prikaspiya po dannym MODIS [Seasonal dynamics of NDVI pasture landscapes of the Northern Caspian Sea according to MODIS data]. *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa — Modern problems of remote sensing of the Earth from space*, 17(4), 179–194. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-4-179-194 [in Russian].
- 17 Kulik, K.N., Petrov, V.I., Yuferev, V.G., Tkachenko, N.A., & Shinkarenko, S.S. (2020). Geoinformatsionnyi analiz opustynivaniya Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Geoinformation analysis of desertification of the North-Western Caspian Sea]. *Aridnye ekosistemy — Arid ecosystems*, 26, 2(83), 16–24. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10091 [in Russian].
- 18 Titkova, T.B., Zolotokrylin, A.N., & Vinogradova, V.V. (2020). Klimaticheskii rubezh v stepnoi zone Vostochno-Evropeiskoi ravniny: indikatory i razmeshchenie [Climatic Transition Zone in the Steppe Zone of the East European Plain: Indicators and Location]. *Izvestiya Akademii nauk. Seriya geograficheskaya — News of the Russian Academy of Sciences. Geographical series*, 84(6), 864–873. DOI: 10.31857/S2587556620050167 [in Russian].
- 19 Robinson, S., Kerven, C., Behnke, R., Kushenov, K., & Milner-Gulland, E.J. (2017). Pastoralists as optimal foragers? reoccupation and site selection in the deserts of post-Soviet Kazakhstan. *Hum. Ecol.*, 45, 5–21. DOI: 10.1007/s10745-016-9870-5
- 20 Kerven, C., Robinson, S., & Behnke, R. (2021). Pastoralism at Scale on the Kazakh Rangelands: From Clans to Workers to Ranchers. *Front. Sustain. Food Syst.* 4:590401. DOI: 10.3389/fsufs.2020.590401
- 21 Dara, A., Baumann, M., Freitag, M., Hölzel, N., Hostert, P., Kamp, J., et al. (2019). Post-soviet land-use change affected fire regimes on the Eurasian steppes. *Ecosystems*, 23, 943–956. DOI: 10.1007/s10021-019-00447-w.
- 22 Dara, A., Baumann, M., Freitag, M., Hölzel, N., Hostert, P., Kamp, J., et al. (2020). Annual Landsat time series reveal post-soviet changes in grazing pressure. *Remote Sens. Environ.* 239:111667. DOI: 10.1016/j.rse.2020.111667
- 23 Kamp, J., Koshkin, M.A., Bragina, T.M., Katzner, T.E., Milner-Gulland, E.J., Schreiber, D., et al. (2016). Persistent and novel threats to the biodiversity of Kazakhstan's steppes and semi-deserts. *Biodivers. Conserv.*, 25, 2521–2541. DOI: 10.1007/s10531-016-1083-0
- 24 *Selskoe, lesnoe i rybnoe khoziaistvo v Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti 2017–2021: statisticheskii sbornik* [Agriculture, forestry and fisheries in the West Kazakhstan region 2017–2021 statistical compilation]. Retrieved from https://stat.gov.kz/region/253160/statistical_information/publication [in Russian].
- 25 Sapanov, M.K. (2018). Ekologicheskie posledstviya potepleniya klimata v Severnom Prikaspii [Ecological consequences of climate warming in the Northern Caspian region]. *Aridnye ekosistemy — Arid Ecosystems*, 24, 1 (74), 20–31 [in Russian].
- 26 Nurushev, M.Zh. & Baytanaev, O.A. (2018). Problemy i metody spaseniya saigaka (*Saiga tatarica* L.) v Kazakhstane [Problems and methods of rescue of saiga (*Saiga tatarica* L.) in Kazakhstan]. *Biulleten Orenburgskogo nauchnogo tsentra Uralskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk — Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 1, 19. Retrieved from <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-1/Articles/ZNM-2018-1.pdf>. DOI: 10.24411/2304-9081-2018-11005 [in Russian].
- 27 Milner-Gulland, E.J. (2009). Otsenka dannyykh dinamiki tsiklov v populyatsii saigakov [Evaluation of data on the dynamics of cycles in the saiga population]. *Saiga news*, Issue 9, 9, 10 [in Russian].
- 28 Abaturov, B.D., Petrishchev, B.I., Kolesnikov, M.P., & Subbotin, A.E. (1998). Sezonnaya dinamika kormovykh resursov i pitaniya saigaka na estestvennom pastbishche v polupustyne [Seasonal dynamics of food resources and saiga feeding on a natural pasture in a semi-desert]. *Uspekhi sovremennoi biologii — Advances in Modern Biology*, 118(5), 564–584 [in Russian].
- 29 Buuveibaatar, B., Young, J., Berger, J., Fine, A., Lkhagvasuren, B., Zahler, P. & Fuller, T. (2013). Factors affecting survival and cause-specific mortality of saiga calves in Mongolia. *J. of Mammalogy*, Vol. 94, Iss. 1, 127–136.
- 30 White, T.C.R. (2013). Experimental and observational evidence reveals that predators in natural environments do not regulate their prey: they are passengers, not drivers. *Acta Oecologica*, 53, 73–87.
- 31 Grachev, Yu.A., Meldebekov, A.M., & Bekenov, A.B. (2009). Chislennost, struktura i vosproizvodstvo populyatsii saigaka v Kazakhstane [Number, structure and reproduction of saiga populations in Kazakhstan]. *Stepnoi biulleten — Steppe Bulletin*, 27, 47–50 [in Russian].
- 32 Sapanov, M.K. (2016). Vliyeniye prirodno-klimaticheskikh faktorov na chislennost saigakov (*Saiga tatarica* Pall.) v Volgo-Uralskom mezhdurech'ye [Influence of natural and climatic factors on the number of saigas (*Saiga tatarica* Pall.) in the Volga-Ural interfluvium]. *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal — Povolzhskiy Journal of Ecology*, 4, 445–454 [in Russian].
- 33 Kock, R., Milner-Gulland, E.J., Robinson, S., Zuther, S., & Orynbayev, M. (2018). Mass Mortality Events: Publication of the Kazakh – British research team studies on saiga deaths. *Saiga News*, 23, 24–26.

- 34 Kock, R.A., Orynbayev, M., Robinson, S., Zuther, S., Singh, N.J., Beauvais, W., Morgan, E.R., Kerimbayev, A., Khomenko, S., Martineau, H.M., Rystaeva, R., Omarova, Z., Wolfs, S., Hawotte, F., Radoux, J., & Milner-Gulland E.J. (2018). Saigas on the brink: multi-disciplinary analysis of the factors influencing a mass die-off event. *Science Advances*, 4(1), 1-10. DOI: 10.1126/sciadv.aao2314
- 35 Aikimbayev, M.A., Martinevsky, I.L., Altukhov, A.A., Ivanov, S.I., & Surov, V.F. (1985). O sluchaiakh vydeleniia pasterelleza ot saigakov v fevrale–marte 1984 goda v Uralskoi oblasti [On cases of isolation of pasteurellosis from saigas in February–March 1984 in the Ural region]. *Izvestia Akademii nauk Kazakhskoi SSR — News of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR*, 4, 39–41 [in Russian].
- 36 Absatirov, G.G., Sidorchuk, A.A., Taubayev, U.B., Kushaliev, K.Zh., Murzabayev, K.E., Kakishev, M.G., Nurzhanova, F.Kh., & Ginayatov, N.S. (2013). Rezultaty kompleksnogo ekologo-epizootologicheskogo monitoringa prichin massovoi gibeli saigakov [Results of comprehensive ecological and epizootological monitoring of the causes of mass mortality of saigas]. *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal. Melkie domashnie i dikiye zhivotnye — Russian veterinary journal. Small domestic and wild animals*, 5, 22–25 [in Russian].
- 37 Mishchenko, A.V., Mishchenko, V.A., Karaulov, A.K., Potekhin, A.V., & Mezhev, A.P. (2016). Problema massovoi gibeli saigakov [The problem of mass death of saigas]. *Veterinariia segodnia — Veterinary Science Today*, 4(19), 40–45 [in Russian].
- 38 Orynbayev, M.B., Beauvais, W., Sansyzbaya, A.R., Rystaeva, R.A., Sultankulova, K.T., Kerimbaeva, A.A., Kospanova, M.N., & Kock, R.A. (2016). Seroprevalence of infectious diseases in saiga antelope (*Saiga tatarica tatarica*) in Kazakhstan 2012–2014. *Preventive Veterinary Medicine*, 127, 100–104. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2016.03.016
- 39 Orynbayev, M.B., & Sultankulova, K.T. (2019). Biological characterization of *Pasteurella multocida* present in the saiga population. *BMC Microbiology*, 19:37. DOI:10.1186/s12866-019-1407-9
- 40 Robinson, S., Milner-Gulland, E.J., Grachev, Y., Salemgareyev, A., Orynbayev, M., Lushchekina, A., Morgan, E., Beauvais, W., Singh, N., Khomenko, S., Cammack, R. & Kock, R. (2019). Opportunistic bacteria and mass mortality in ungulates: lessons from an extreme event. *Ecosphere*, 10(6). DOI: 10.1002/ecs2.2671
- 41 Sapanov, M.K. (2015). Sostoianie pogolovia i prichiny gibeli saigakov v Severnom Prikaspii [Status of livestock and causes of death of saigas in the Northern Caspian]. *Zoologicheskii ezhegodnik Kazakhstana i Tsentralnoi Azii — Zoological Yearbook of Kazakhstan and Central Asia*, 23, 194–197 [in Russian].

Ye.A. Simanchuk^{1*}, A.N. Kuprijanov², G.J. Sultangazina¹

¹*A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan;*

²*Kuzbass botanical garden of Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Kemerovo, Russia*

**Corresponding author: simyeandr.ksu@mail.ru*

Analysis of the syngeneses pioneer stage on the iron ore enterprises dump sites in the Kostanay region

Study of primary stages of syngeneses at the dumps of the Sokolovsko-Sarbai Mining and Processing Production Association, including Sokolovsky, Sarbaisky, Kacharsky deposits was carried out. In total, during the study, 63 geobotanical descriptions were compiled; pioneer grouping being found in 15 of them. Waste and poor rocks of iron ore open pits dumps are difficult to demutate during first few years after backfilling completion, therefore, succession initial stage here proceeds extremely slowly. However, succession rate gradually increases as the edaphic conditions of the ecotype improve and phyto-environment develops. Moreover, during the study, division of soils into saline and non-saline ones was discovered, establishing that this factor greatly influenced projective cover and species composition of the pioneer plants discovered. Floristic data were processed using IBIS 7.2 program developed by Zverev. Qualitative and quantitative accounting of plants was carried out in accordance with generally accepted botanical methods, during the application of which such parameters as occurrence, general and partial projective cover were noted. It was ascertained that on saline soils halophytes and weedy species with wide ecological amplitude predominate, while on non-saline ones different types of wormwood are most stable. All species on the dumps with non-saline substrates show wide ecological amplitude.

Keywords: pioneer group, iron ore industry dumps, biodiversity, technogenic landscape, succession, syngeneses, pioneer plants, flora, dump overgrowth.

Introduction

Modern society faced many challenges that threaten both health and, in general, the existence of the human population. In order to preserve and develop their species, humans resort to intensive and extensive nature use, bringing the global ecological crisis and the Earth's ecosystem destruction closer [1-3].

Products of processing of minerals, such as iron, oil, coal and others, have become an inevitable consequence of ensuring comfortable life of people. However, the extraction of these resources often leads to irreversible harm for the environment. So, there is a complete (rarely partial) destruction of soil and vegetation cover as significant changes occur in the lithogenic basis, and hydrological regime of the area. These lead to the substitution of natural landscapes by natural-technogenic or absolutely technogenic ones, in both cases, the restoration of disturbed ecosystems taking lengthy periods of time. But, regrettably, even in centuries, the original natural communities will not be formed. Late 20th century witnessed the largest anthropogenic impact in the history of mankind. On a planetary scale, the anthropogenic transformation of terrestrial landscapes has led to the replacement of forests by forest and forest-meadow landscapes; those of steppe and forest-steppe complexes by field and agricultural landscapes [4-6].

Restoration of some technogenic landscapes may proceed through reclamation and self-overgrowing. In other words, the relative laboriousness and high cost of reclamation, as well as gaps in the legislation, allow users of natural resources resorting to a wait-and-see tactics that is to self-overgrowth. The Republic of Kazakhstan has to face the problem of unliquidated open pits and mines handling, despite No. 386 Order of the Minister for Investment and Development dated May 24, 2018, which postulates the rules for drawing up a plan for the elimination of the consequences of subsoil use for each object of the subsoil plot, including open pits and dumps of overburden and waste rocks, and poor ores. The Order contains requirements for the state of the area after liquidation. It should be noted that one of the most important results of the final liquidation is *“the restoration of the natural ecosystem to the maximum similarity with the ecosystem that existed before the subsoil use activities”* [7-9].

In the course of this study, we studied the degree of natural overgrowing of dumps of the iron ore industry in the Kostanay region. All dumps are on the balance sheet of the enterprises, passports and EIA projects, which indicate the stage of reclamation and subsequent monitoring, having being supplied for each of them.

However, not all dumps need reclamation, for example, there is no indication of such in the EIA Project for a local project for filling an external bulldozer dump on the eastern and southeastern sides of the Sokolovsky open pit for 2021, because in the course of work within the framework of this project, it is not planned to disturb the vegetation cover, since dumping will take place on the already changed area. Consequently, long-term prospects are not considered in this document [10]. Thus, self-overgrowing is an important factor in the formation of vegetation cover on dumps.

Self-overgrowing of industrial dumps occurs in three stages of syngeneses:

- pioneer group (low projective cover (PC) 10-15 %, 13-25 species),
- group-thicket community (PC — more than 15 %, 20-50 species),
- complex phytocenosis (diffuse community) (PC more than 30 %, 20-50 species).

The rate of natural overgrowth depends on many factors. Selectivity is determined by the probability of the introduction of ovules from neighboring phytocenoses and is strictly determined by the biological characteristics and ecological conditions of dumps. Often, favorable conditions in the first years after dumping favor the overgrowth of rocks by a small number of species, seeds of which get to dumps faster, gaining an advantage. The edaphic factors of each ecotope influence the selectivity of seed germination, and as well as establish the course of development of the vegetation cover of technogenic landscapes. Pioneer species usually have high germination energy [11-17].

In the current article, we analyze the pioneer stage of syngeneses in the dumps of iron ore enterprises in the Kostanay region.

Experimental

There are two large enterprises processing iron ore on the territory of the Kostanay region: “SSGPO” JSC and “Kachary Ruda” JSC, which were one legal entity until 2020; and currently they are part of the ERG group. “SSGPO” is engaged in the development of the Sokolovsky, Sarbaisky and Kurzshunkulsky open pits; whereas “Kachary Ruda” that of the Kacharsky open pit [18].

The Sokolovsky, Sarbaisky and Kacharsky deposits of magnetite ores are located in the northwestern part of Kazakhstan in the Turgai belt, which also extends into Russia. The Turgai deposits are associated with volcanic-sedimentary rocks of the Trans-Ural zone. These deposits, together with other smaller satellite deposits and the likes, form an extended magnetite-bearing belt extending in the NNE-SW directions — the Turgai belt, which extends from the Sarbaisky deposit in the south to the Glubochensky deposit in the north [19, 20].

In the course of this study, the waste dumps of SSGPO JSC were studied: the South-East one of the Sokolovsky open pit, South-West — of the Sarbaisky and South-West — of the South-Sarbi area; as well as № 7 railway dump of “Kachary Ruda” JSC. Technogenic mineral formations in the form of loose sandy-argillaceous overburden rocks of the platform cover were transported to these dumps by road and rail transport, the raw material for which were flasks, sands, and clays [21-24].

The study was carried out in the spring-summer period of 2022. The objects of study are situated in the Kostanay region, located in the northwestern part of the Republic. This territory is characterized by sharp continental climate with a wide range of temperatures in winter and summer, day and night. The highest average temperature of +21⁰C on the location of Rudny is characteristic for July, while the lowest average annual temperature of -15,4⁰C is typical for the same territory for January. In some years, a more significant short-term extreme decrease in temperature to -40⁰C was also observed. The northern and central part of the Kostanay region, the territory of Rudny belong to a slightly humidified moderately warm agro-climatic zone, which is characterized by moisture coefficient values in the range of 0.8-1.0 during the vegetative active period from May to August and the sum of temperatures of above 10 °C in the range of 2200-2500 °C, which in general can be considered as favorable conditions for plant growth [25].

In the studied territories, there are ordinary and southern chernozems, dark and medium chestnut soils, complexes of these soils with salty soils, and others. The mechanical composition is dominated by heavy loamy and clayey soils, a large proportion of soils being those of sandy loam [25].

To study the flora of technogenic ecotopes, a route-expeditionary research method was used. A total of 63 geo botanical descriptions were compiled. Floristic data were processed using the IBIS 7.2 program developed by A.A. Zverev [26]. Qualitative and quantitative accounting of plants was carried out in accordance with accepted methods; occurrence (%), total and partial projective cover (PPC, %) were noted [14, 27].

Calculation of numerical data, such as herbage density (pcs/m²), number of species (pcs), occurrence (%), and partial projective cover (%) was carried out according to the indicators previously referred to.

The frequency of occurrence made it possible to distinguish classes of constancy (hereinafter CC) in the descriptions: in total, five CCs were identified, with a step of 20 %: I — 20 %; II — 40 %; III — 60 %; IV — 80 %; V — 100 % [12].

Results and Discussion

The rock dumps of the iron ore quarries of the Sokolovsky, Sarbaisky and Kacharsky deposits are newly formed geomorphological objects devoid of plants. Freshly dumped rock heaps are initially devoid of vegetation and are therefore ideal models for studying the stages of ecosystem formation.

Fifteen geo botanical descriptions were analyzed: CP 1-5, CP 43-47, CP 48-52, made on non-saline and saline dumps, having a backfill age of 2-5 years and falling under the definition of a pioneer group (Fig. 1).

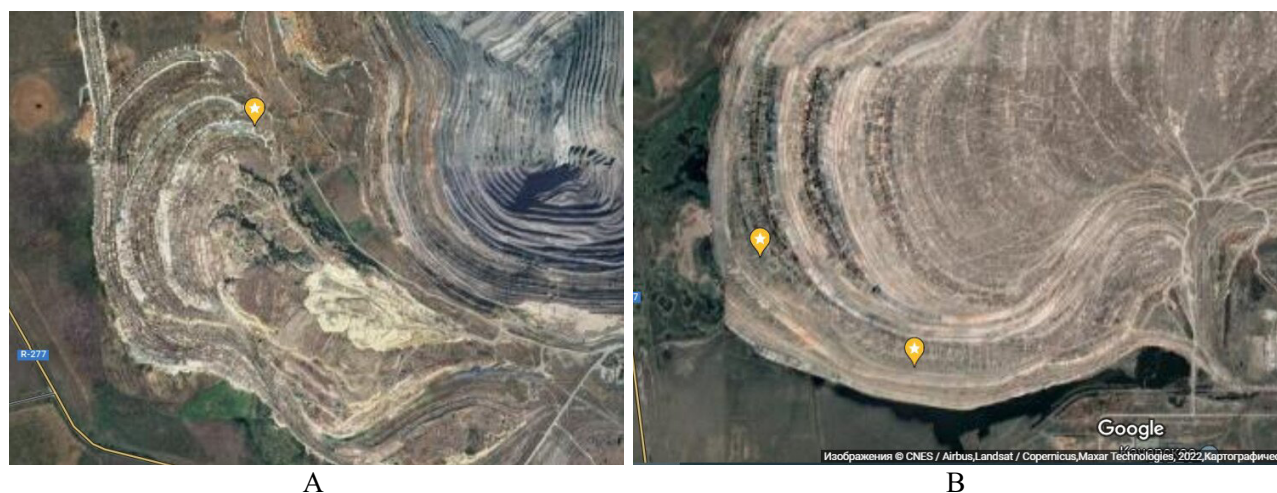


Figure 1. Location of the studied ecotopes of the pioneer plant group: A — South-West open pit of the Sarbaisky deposit, B — № 7 dump of the Kacharsky open pit

In the course of the study, it was noted that saline soils are characterized by an extremely low number of species in the pioneer group — no more than 7 species (Table 1, Fig. 2), while the total projective cover (hereinafter TPC) is 16 % on average. Two species *Isatis costata* and *Chenopodium album* are characterized by the V class of constancy and are absolute dominants in this community. It is also worth noting that on highly saline soils, *Polygonum salsugineum* is distinguished by a high class of constancy (Table 2). All species are either adventitious or weedy. Two species of steppe zonal flora, *Achillea nobilis* and *Poa angustifolia*, with low occurrence and activity were found.

Table 1

Characteristics of then Pioneer Stage Cenopopulations

Cenopopulation	Date	Dominants	TPC %	Species number
CP-1	18 V 2022	<i>Artemisia dracunculus</i> L.	<1	3
CP-2	18 V 2022	<i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers.	<1	2
CP-3	18 V 2022	<i>Artemisia marschalliana</i> Spreng.	<1	4
CP-4	18 V 2022	<i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers.	<1	3
CP-5	18 V 2022	<i>Coryza canadensis</i> (L.) Cronqist	1	1
CP-43	19 V 2022	<i>Isatis costata</i> , <i>Chenopodium album</i> , <i>Polygonum salsugineum</i>	30	4
CP-44	19 V 2022	<i>Isatis costata</i> , <i>Chenopodium album</i> , <i>Polygonum salsugineum</i>	20	5
CP-45	19 V 2022	<i>Isatis costata</i> , <i>Chenopodium album</i> , <i>Polygonum salsugineum</i>	40	4
CP-46	19 V 2022	<i>Lactuca tatarica</i> , <i>Polygonum salsugineum</i>	30	3
CP-47	19 V 2022	<i>Isatis costata</i>	40	3
CP-48	19 V 2022	<i>Isatis costata</i> , <i>Chenopodium album</i>	<1	2
CP-49	19 V 2022	<i>Isatis costata</i> , <i>Chenopodium album</i>	<1	3
CP-50	19 V 2022	<i>Isatis costata</i> , <i>Chenopodium album</i>	<1	4
CP-51	19 V 2022	<i>Isatis costata</i> , <i>Chenopodium album</i>	<1	4
CP-52	19 V 2022	0	0	0



Figure 2. Pioneer stage on saline (A) and non-saline (B) dumps

Table 2

List of pioneer plants and their occurrence (in %), settling on saline soils of dumps

Plant species	Occurrence (in %)
<i>Isatis costata</i> C.A. Mey.	90
<i>Chenopodium album</i> L.	90
<i>Polygonum salsugineum</i> M. Bieb.	50
<i>Achillea nobilis</i> L.	10
<i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey.	10
<i>Poa angustifolia</i> L.	10
<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	10

Two years after the completion of backfilling, 7 species also settled on the dump of ferruginous limestone (Table 3). The pioneer group on these dumps consists of thin plants, the projective cover reaching 1-2 %. (Fig. 2). The steppe species *Artemisia dracunculus*, *A. marschalliana* and the weed species *Artemisia sieversiana* form groups with the highest class of consistency. More than 70 % of pioneer plants in these cenopopulations are steppe plants.

Table 3

List of pioneer plants and their occurrence (in %), settling on non-saline soils of dumps

Plant species	Occurrence (in %)
<i>Artemisia dracunculus</i> L.	80
<i>Artemisia marschalliana</i> Spreng.	60
<i>Artemisia sieversiana</i> Willd.	60
<i>Achillea nobilis</i> L.	20
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronqist	20
<i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers.	20
<i>Tragopogon orientalis</i> L.	20

Table 4 shows the taxonomic structure of the general floristic list of the pioneer group on the dumps of “SSGPO” JSC and “Kachary Ruda” JSC. The total number of families represented in the pioneer grouping on saline and non-saline dumps is 5. The largest one in terms of the number of species and genera are Asteraceae (6 genera, 8 species), then Poaceae (2 genera, 2 species), Brassicaceae, Chenopodiaceae and Polygonaceae -1 genus and 1 species each. The only species found on both saline and non-saline soils is *Achillea nobilis* L.

Table 4

Taxonomic structure of the pioneer grouping of dumps

Taxonomic indicators	Value
Total number of species	13
Total number of genera	11
Total number of families	5
Number of single-species genera	10
Number of single-species families	3
Number of homogeneous families	3
Share of species in 5 leading families, %	100

It should be noted that, according to the data of 2008 obtained by Yu.V. Perezhogin the largest families on the territory of the Kostanay region are: *Asteraceae* (201 species), *Poaceae* (105), *Fabaceae* (80), *Chenopodiaceae* (67), *Brassicaceae* (66), *Caryophyllaceae* (53), *Cyperaceae* (49), *Rosaceae* (49), *Ranunculaceae* (38), *Scrophulariaceae* (36), *Lamiaceae* (33), *Apiaceae* (32), *Boraginaceae* (29), and *Polygonaceae* (26) [28].

Various studies of individual territories of the Kostanay region also show the predominance of the families *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Polygonaceae* [29, 30], *Poaceae* and *Fabaceae* [31]. The plants found by us in pioneer communities on dumps are also the representatives of the most common families in the region.

In the course of the study of overgrowing of iron ore dumps of the Sokolovsky iron ore open pit, carried out in 1974, 16 species of overgrowing pioneers were identified, the most common of which were *Atriplex nitens* Borkh., *Polygonum aviculare*, and *Kochia prostrata* (L.) Beck. The authors of the report also point to the presence of groups of fireweed (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub etc.) and melilot (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.) in the pioneer groups [32].

Studies conducted in 2003 [11] showed that the total number of species with projective cover of 10–25 % on favorable soils (Quaternary loams, Neogene sands and sandy loams) reached 55 species, while 23 species with a coverage of 5–15 % were found under unfavorable conditions on saline flasks and Chegan loams. Dominant families: *Asteraceae*, *Poaceae* and *Chenopodiaceae*. This quantity noticeably exceeds that obtained during our studies, but, as far as we can judge by the lists given, the author for some reason included species of the group-thicket community in the composition of the pioneer species.

The results of studies of self-overgrowing of dumps of various industries, carried out on the dumps of the Kempirsai nickel deposit (Aktobe region, Kazakhstan, South Urals), carried out by specialists from the Ural Federal University, showed that the pioneer group on the dumps of 1–4 years is characterized by a low projective cover — 10–20 %, and the number of species also turned out to be similar to our study — from 6 species. However, the species composition differs sharply: the highest occurrence on dumps 1–4 years old is characterized by the species *Bassia prostrata*, *Polygonum aviculare*. Species such as *Achillea nobilis*, *Lactuca tatarica*, and *Poa angustifolia* noted in our study were found on a 6-year-old dump [33].

The study of self-overgrowing of dumps of the Korfovsky granodiorite deposit (Khabarovsk Territory, Russia) showed at the pioneer stage — 1–2 years after the end of the dumping — 2–3 plant species, after 5 years — 4 species, dominant species being *Artemisia vulgaris* L. and *Trifolium hybridum* L.

While the number of pioneer species in the nickel and iron ore dumps barely reaches 55, a completely different picture is presented in the coal mining dumps of Kuzbass (Russia), where the composition of the rocks is strikingly different from those studied in our study. For example, in the course of research, 131 species of pioneer plants were discovered in the sandstone dumps of the Kedrovsky open pit. The most active species are *Artemisia sieversiana*, *Salsola collina*, *Sonchus arvensis*, *Taraxacum officinale* and *Tussilago farfara*, dominant families being *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Rosaceae*, *Chenopodiaceae*, *Salicaceae*, *Onagraceae*, *Polygonaceae*, *Lamiaceae* [11, 15].

As for the dominant families, it should be noted that in all studies at the stage of pioneer groupings, species from *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, and *Polygonaceae* prevail.

Conclusion

On conducting a study of the patterns of natural overgrowing of dumps of mining enterprises in the Kostanay region on the example of the dumps of “SSGPO” JSC and “Kachary Ruda” JSC, we came to the following conclusions:

- 1) the dumps of iron ore open pits during the first few years after backfilling are difficult to demutate and the initial stage of succession proceeds here very slowly;
- 2) the rate of succession gradually increases with the improvement of the edaphic conditions of the ecotope and the formation of a phyto-environment;
- 3) pioneer groups are formed on dumps with the participation of both ruderal species and species of zonal phytocenoses, although quantitatively the former predominate;
- 4) *Isatis costata* and *Chenopodium album* have the highest class of constancy (V) on saline soils at the pioneer stage, *Polygonum salsugineum* has a fairly high class of constancy (III) as well; mainly these are halophytes and a weedy species with a wide ecological amplitude;
- 5) *Artemisia dracunculus* (V), *A. marschalliana* (IV), *A. sieversiana* (IV) show the greatest constancy on non-saline soils, all the species having wide ecological amplitude.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the management and staff of the department for ecology and sub-soil use of SSGPO JSC and Kachary Ruda JSC for their assistance in conducting this study.

Special thanks are expressed to the staff of the Kuzbass Botanical Garden and the Institute of Human Ecology of the Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

References

- 1 Концепция по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Казахстан до 2030 года. — Астана, 2015. — 75 с. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://tehranconvention.org/system/files/kazakhstan/koncepciya.pdf>
- 2 Глобальная стратегия сохранения растений 2011–2020. BGCI: Great Britain — 2012. — 42 с. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.bgci.org/files/Plants2020/GSPCbrochure/gspc_russian2.pdf
- 3 Sultangazina G.J. Cenopopulations of *Adonis wolgensis* Stev. in the conditions of Northern Kazakhstan / G.J. Sultangazina, M.Y. Steshenko, Y.O. Novak // Bulletin of the Karaganda University. Biology, Medicine. Geography series. 2022. — No 3 (107). — P. 123–126. <https://doi.org/10.31489/2022BMG3/123-126>
- 4 Федотов В.И. Техногенные ландшафты — теория, региональные структуры, практика / В.И. Федотов. — Воронеж, 1985. — 178 с.
- 5 Koščová M. Geo-Environmental Problems of Open Pit Mining: Classification and Solutions / M. Koščová, M. Hellmer, S. Anyona, T. Gvozdikova // E3S Web of Conferences. — 2018. — No 41. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101034>
- 6 Hussain H.I. The Role of Globalization, Economic Growth and Natural Resources on the Ecological Footprint in Thailand: Evidence from Nonlinear Causal Estimations / H.I. Hussain, M. Haseeb, F. Kamarudin, Z. Dacko-Pikiewicz, K. Szczepańska-Woszczyna // Processes. — 2021. — Vol 9, No. 7, P. 1103. <https://doi.org/10.3390/pr9071103>
- 7 Иневатова М. Отработанные карьеры и шахты представляют экологическую угрозу для Казахстана / М. Иневатова // Kazakhstan Today. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.kt.kz/rus/ecology/v_almaty_lyudi_zhivut_na_krayu_gigantskogo_kariera_1377926038.html
- 8 Об утверждении Инструкции по составлению плана ликвидации и Методики расчета приблизительной стоимости ликвидации последствий операций по добыче твердых полезных ископаемых. Приказ министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 24 мая 2018 г. № 386. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1800017048>
- 9 Проект «Оценка воздействия на окружающую среду к локальному проекту отсыпки внешнего бульдозерного отвала на восточном и юго-восточном борту Соколовского карьера на 2021 год». — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.gov.kz/uploads/2021/1/23/a627c4473439c8af401057c164e74820_original.7737565.pdf
- 10 Конусбаева Д.Т. Формирование растительного покрова на отвалах предприятий железорудной промышленности в Северном Казахстане: дис. ... канд. биол. наук / Д.Т. Конусбаева. — Екатеринбург, 2003. — 145 с.
- 11 Манаков Ю.А. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса / Ю.А. Манаков, Т.О. Стрельникова, А.Н. Куприянов. — Новосибирск, 2011. — 180 с.
- 12 Рева М.Л. Динамика естественного зарастания террикоников Донбасса / М.Л. Рева, В.И. Бакланов // Растения и промышленная среда. — Свердловск, 1974. — С. 109–115.
- 13 Таранов С.А. Парцелярная структура фитоценоза и неоднородность молодых почв техногенных ландшафтов / С.А. Таранов, Е.Р. Кандрашин, Ф.А. Факулин, М.Г. Шушаева, И.С. Родняк // Формирование почв в техногенных ландшафтах. — Новосибирск: Наука, 1979. — С. 19–57.
- 14 Куприянов А.Н. Естественное зарастание отвалов Кузбасса / А.Н. Куприянов, Ю.В. Морсакова // Вестн. Кузбас. гос. ун-та. — 2006. — № 3. — С. 48–52.

- 15 Chang C.C. Ecological succession in a changing world / C.C. Chang, B.L. Turner // Journal of Ecology. — 2019. — No 107. — P. 503-509. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13132>.
- 16 Тулешова К.А. Изучение морфологической изменчивости листьев *Pinus sylvestris*, собранной на территории Карагандинской области / К.А. Тулешова, А.К. Кали, Д.К. Кыздарова, Е.К. Кейкин // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2022. — № 3 (107). — С. 136–142. <https://doi.org/https://doi.org/10.31489/2022BMG3/136-142>.
- 17 АО «Соколовско-Сарыбайское горно-обогатительное объединение». — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.erg.kz/ru/content/deyatel-nost/ao-ssgpo>.
- 18 Hawkins T. The geology and genesis of the iron skarns of the Turgai belt, northwestern Kazakhstan / T. Hawkins, M.P. Smith, R.J. Herrington, V. Maslennikov, A.J. Boyce, T. Jeffries, R.A. Creaser // Ore Geology Reviews. — 2017. — No 85. — P. 216–246. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.10.016>
- 19 Herrington R. A Short review of palaeozoic hydrothermal magnetite iron-oxide deposits of the south and central urals and their geological settings / R. Herrington, M. Smith, V. Maslennikov, E. Belogub, R. Armstrong // Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related deposits A global perspective. — 2002. — No 2. — P. 343–353.
- 20 Паспорт «Техногенные минеральные образования № 3/1057. Объект учета Юго-Западный отвал Сарбазского участка». — Рудный, 2022 — 9 с.
- 21 Паспорт «Техногенные минеральные образования № 3/1058. Объект учета Юго-Западный отвал Сарбазского участка». — Рудный, 2022 — 10 с.
- 22 Паспорт «Техногенные минеральные образования № 3/1068. Объект учета Юго-Западный отвал Сарбазского месторождения». — Рудный, 2022 — 10 с.
- 23 Геологические и горнотехнические условия, отрабатываемые на автомобильном транспорте, карьера Качарского РУ. — Качары, 2022. — 15 с.
- 24 Агроклиматические ресурсы Костанайской области: научно-прикладной справочник / ред. С.С. Байшоланов. — Астана, 2017. — 139 с.
- 25 Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: пос. / А.А. Зверев. — Томск: TML-Press, 2007. — 304 с.
- 26 Грейг-Смит П. Количественная экология растений / П. Грейг-Смит. — М.: Мир, 1967. — 359 с.
- 27 Пережогин Ю.В. Ботанико-географическое районирование и состав флоры Костанайской области (Северный Казахстан) / Ю.В. Пережогин // Вестн. Омск. гос. ун-та. — 2008. — № 80. — С. 121–125.
- 28 Брагина Т.М. Анализ лекарственной флоры памятника природы «Насаждения березовых и сосновых лесов у озера Боровское» Мендыкаринского района Костанайской области / Т.М. Брагина, Е.С. Борисова // Вестн. Костанай. гос. пед. ун-та. — 2021. — № 3 (63). — С. 62–67.
- 29 Нурмухамбетова Р.Т. Флора и ратсительность долины реки Тобол: в пределах Костанайской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Р.Т. Нурмухамбетова. — Екатеринбург, 1999. — 21 с.
- 30 Кобланова С.А. Эколого-таксономический анализ прибрежной флоры Аулиекольского района (Костанайская область) / С.А. Кобланова, Ю.О. Рогожкина // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2020. — № 3(99). — С 83–90. <https://doi.org/10.31489/2020BMG3/83-90>
- 31 Терехова Е.Б. Естественное зарастание отвалов Соколовского железорудного карьера / Е.Б. Терехова, Р.И. Ланина, Л.В. Фоменко // Растения и промышленная среда. — Свердловск, 1974. — № 3. — С. 162–174.
- 32 Чибрик Т.С. Формирование флоры и растительности на отвалах Кемпирсайского никелевого месторождения (Северный Казахстан) / Т.С. Чибрик, Н.В. Лукина, Е.И. Филимонова, М.А. Глазырина // Материалы XI Всерос. науч. конф. с междунар. участ. «Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель». — Екатеринбург, 2022. — С. 225–229.
- 33 Озарян Ю.А. Особенности восстановления биоты в зоне техногенного воздействия горных предприятий юга Дальнего Востока / Ю.А. Озарян // GIAB. — 2014. — № 2. — С. 372–379.

Е.А. Симанчук, Г.Ж. Сұлтанғазина, А.Н. Куприянов

Қостанай облысының темір рудасы кәсіпорындарының үйінділеріндегі сингенездің пионерлік кезеңін талдау

Соколов, Сарыбай, Қашар кен орындарын қоса алғанда, «Соколов-Сарыбай тау-кен байыту өндірістік бірлестігінің» («ССКӨБ» АҚ) үйінділеріндегі сингенездің бастапқы кезеңдеріне зерттеу жүргізілді. Мақалада пионерлік топтастыру сатысында Қостанай облысының темір кені өнеркәсібі үйінділерінің өздігінен өсу дәрежесін зерттеу нәтижелері сипатталған. Зерттеуде барлығы алпыс үш геоботаникалық сипаттама жасалды, олардың он бесеуінен пионерлік топтастыру табылды. Темір рудасы кен орындарында бос және байытылмаған жыныстарының үйінділері құю аяқталғаннан кейінгі алғашқы бірнеше жыл ішінде демутиациялық процестері қиын, сондықтан бұл жерде сукцессияның бастапқы кезеңі өте баяу жүреді. Алайда, экотоптың эдафиялық жағдайлары мен фитоортаның пайда болуы жақсарған сайын сукцессия жылдамдығы біртіндеп артады. Сондай-ақ, зерттеу барысында топырақтың тұзды және тұзсыз болып нақты бөлінуі және бұл фактор табылған

пионерлік өсімдіктердің проекциялық жабыны мен түрлік құрамына үлкен әсер ететіні анықталған. Флористикалық деректер А.А. Зверев әзірлеген IBIS 7.2 бағдарламасы арқылы өңделді. Өсімдіктердің сапалық және сандық есебі жалпы қабылданған ботаникалық әдістерге сәйкес жүзеге асырылады, оларды қолдану барысында пайда болу, жалпы және жеке проекциялық қамту сияқты параметрлер атап өтілді. Пионерлік сатысында тұзды топырақтарда негізінен галофиттер мен кең экологиялық амплитудасы бар арамшөптер басым екендігі анықталды, ал тұзсыз топырақтарда жусанның түрлері ең тұрақты болып табылады. Тұздалмаған субстраты бар үйінділер барлық экологиялық амплитудаға ие.

Кілт сөздер: пионерлік топтастыру, темір рудасының үйінділері, биоәртүрлілік, техногендік ландшафт, сукцессия, сингенез, пионерлік-өсімдіктер, флорасы, үйінділердің өздігінен өсуі.

Е.А. Симанчук, А.Н. Куприянов, Г.Ж. Султангазина

Анализ пионерной стадии сингенеза на отвалах железорудных предприятий Костанайской области

Проводилось изучение первичных стадий сингенеза на отвалах «Соколовско-Сарыбайского горно-обогатительного производственного объединения» (АО «ССГПО»), включая Соколовское, Сарыбайское, Качарское месторождения. Всего в ходе нашего исследования было составлено шестьдесят три геоботанических описания, причем пионерная группировка обнаружена в пятнадцати из них. Отвалы пустых и бедных пород железорудных карьеров первые несколько лет после завершения отсыпки трудно поддаются демулационным процессам, и, следовательно, начальная стадия сукцессии здесь протекает крайне медленно. Однако скорость сукцессии постепенно возрастает по мере улучшения эдафических условий экотопа и образования фитосреды. Также в ходе исследования мы обнаружили четкое разделение грунтов на засоленные и незасоленные и установили, что данный фактор оказал большое влияние на проективное покрытие и видовой состав обнаруженных нами растений-пионеров. Флористические данные были обработаны с помощью программы IBIS 7.2, разработанной А.А. Зверевым. Качественный и количественный учет растений осуществлен в соответствии с общепринятыми ботаническими методами, в ходе применения которых отмечались такие параметры, как встречаемость, общее и частное проективное покрытие. Обнаружено, что на засоленных грунтах на пионерной стадии в основном преобладают галофиты и сорные виды с широкой экологической амплитудой, в то время как на незасоленных грунтах наибольшим постоянством отличаются разные виды полыни. Все виды на данных отвалах с незасоленным субстратом обладают широкой экологической амплитудой.

Ключевые слова: пионерная группировка, отвалы железорудной промышленности, биоразнообразие, техногенный ландшафт, сукцессия, сингенез, растения-пионеры, флора, самозарастание отвалов.

References

- 1 (2015). Kontseptsiiia po sokhraneniui i ustoichivomu ispolzovaniui biologicheskogo raznoobraziia Respubliki Kazakhstan do 2030 goda [Concept for the conservation and sustainable use of biological diversity of the Republic of Kazakhstan until 2030]. Astana. Retrieved from: <https://tehranconvention.org/system/files/kazakhstan/koncepciya.pdf> [in Russian].
- 2 (2012). Globalnaia strategiia sokhraneniia rastenii [Global Strategy for Plant Conservation: 2011-2020]. BGCI: Great Britain, Retrieved from https://www.bgci.org/files/Plants2020/GSPCbrochure/gspc_russian2.pdf [in Russian].
- 3 Sultangazina, G.J., Steshenko, M.Y., & Novak, Y.O. (2022). Cenopopulations of *Adonis wolgensis* Stev. in the conditions of Northern Kazakhstan. *Bulletin of Karaganda University*, 3(107), 123–126. <https://doi.org/10.31489/2022BMG3/123-126>.
- 4 Fedotov, V.I. (1985). Tekhnogennye landshafty — teoriia, regionalnye struktury, praktika [Technogenic landscapes — theory, regional structures, practice]. Voronezh [in Russian].
- 5 Koščová, M., Hellmer, M., Anyona, S., & Gvozdkova, T. (2018). Geo-environmental problems of open pitmining: Classification and Solutions. *E3S Web of Conferences*, 41. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101034>
- 6 Hussain, H.I., Haseeb, M., Kamarudin, F., Dacko-Pikiewicz, Z., & Szczepańska-Woszczyzna, K. (2021). The role of globalization, economic growth and natural resources on the ecological footprint in Thailand: Evidence from nonlinear causal estimations. *Processes*, 9(7), 1103. <https://doi.org/10.3390/pr9071103>.
- 7 Inevatova, M. (2016). Otrabotannye karery i shakhty predstavliaiut ugrozu dlia Kazahstana [Exhausted quarries and mines pose a threat to Kazakhstan]. *Kazakhstan Today*. — Retrieved from https://www.kt.kz/rus/ecology/v_almaty_lyudi_zhivut_na_krayu_gigantskogo_kariera_1377926038.html [in Russian].
- 8 (2018). Ob utverzhdenii Instruksii po sostavleniiu plana likvidatsii i Metodiki rascheta priblizitelnoi stoimosti likvidatsii posledstviu operatsii po dobyche tverdykh poleznykh iskopaemykh. Prikaz ministra po investitsiiam i razvitiui Respubliki Kazakhstan ot 24 maia 2018 goda № 386 [On approval of the Instructions for drawing up a liquidation plan and the Methodology for calculating the approximate cost of liquidating the consequences of operations for the extraction of solid minerals. Order of the Minister for In-

vestment and Development of the Republic of Kazakhstan dated May 24, 2018 No. 386]. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1800017048> [in Russian].

9 (2020). Otsenka vozdeistviia na okruzhaiushchuiu sredu (OVOS) k lokalnomu proektu otsypki vneshnego buldozernogo otvala na vostochnom i yugo-vostochnom borte Sokolovskogo karera na 2021 god ["Environmental Impact Assessment (EIA)" to the local project for backfilling the external bulldozer dump on the eastern and southeastern sides of the Sokolovsky open pit for 2021]. Retrieved from https://www.gov.kz/uploads/2021/1/23/a627c4473439c8af401057c164e74820_original.7737565.pdf [in Russian].

10 Konysbaeyeva, D.T. (2003). Formirovanie rastitelnogo pokrova na otvalakh predpriatii zhelezorudnoi promyshlennosti v Severnom Kazakhstane [Formation of vegetation cover on the dumps of iron ore enterprises in Northern Kazakhstan]. *Candidate's thesis*. Ekaterinburg, Russia [in Russian].

11 Manakov, Y.A., Strelnikova, T.O., & Kuprijanov, A.N. (2011). Formirovanie rastitelnogo pokrova v tekhnogennykh landshaftakh Kuzbassa [Vegetation cover formation in technogenic landscapes of Kuzbass]. Novosibirsk [in Russian].

12 Reva, M.L., & Baklanov, V.I. (1974). Dinamika estestvennogo zarastaniia terrikonikov Donbassa [Dynamics of natural overgrowing of waste heaps in Donbass]. *Rastenii i promyshlennaia sreda — Plants and Industrial Environment*, 109–115 [in Russian].

13 Taranov, S.A., Kandrashin, E.R., Fakulin, F.A., Shushueva, M.G., & Rodynyuk, I.S. (1979). Parcelliarinaia struktura fitotsenoza i neodnorodnost molodykh pochv tekhnogennykh landshaftov [Parcel structure of phytocenosis and heterogeneity of young soils in technogenic landscapes]. *Formirovanie pochv v tekhnogennykh landshaftakh — Soil Formation in Technogenic Landscapes*, 19–57 [in Russian].

14 Kuprijanov, A.N., & Morsakova, Y.V. (2006). Estestvennoe zarastanie otvalov Kuzbassa [Natural overgrowing of Kuzbass dumps]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of the Kuzbass State University*, 3, 48–52 [in Russian].

15 Chang, C.C., & Turner, B.L. (2019). Ecological succession in a Changing World. *Journal of Ecology*, 107(2), 503–509. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13132>.

16 Tuleshova, K.A., Kali, A.K., Kyzdarova, D.K., & Kejkin, E.K. (2022). Izuchenie morfologicheskoi izmenchivosti listev *Pinus sylvestris*, sobrannoi na territorii Karagandinskoi oblasti [The study of the morphological variability of the leaves of *Pinus sylvestris*, collected on the territory of the Karaganda region]. *Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seria Biologiya. Meditsina. Geografiia — Bulletin of Karaganda University. Biology. Medicine. Geography Series*, 3(107), 136–142. <https://doi.org/https://doi.org/10.31489/2022BMG3/136-142> [in Russian].

17 AO «Sokolovsko-Sarbaiskoe gorno-obogatitelnoe proizvodstvennoe obiedinenie» [JSC “Sokolovsko-Sarbai Mining and Processing Production Association”]. Eurasian Resources Group. (n.d.). Retrieved from: <https://www.erg.kz/ru/content/deyatel-nost/aossgpo> [in Russian].

18 Hawkins, T., Smith, M.P., Herrington, R.J., Maslennikov, V., Boyce, A.J., Jeffries, T., & Creaser, R.A. (2017). The geology and genesis of the Iron Skarns of the Turgai Belt, northwestern Kazakhstan. *Ore Geology Reviews*, 85, 216–246. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.10.016>.

19 Herrington, R., Smith, M., Maslennikov, V., Belogub, E., & Armstrong, R. (2002). A Short review of palaeozoic hydrothermal magnetite iron-oxide deposits of the south and central urals and their geological settings. *Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits A Global Perspective*, 2, 343–353.

20 SSGPO JSC. (2022). Pasport «O» Tekhnogennye mineralnye obrazovaniia No 3/1057. Obekt ucheta Yugo-Zapadnyi otval Sarbaiskogo uchastka [Passport “Technogenic mineral formations No. 3/1057. The object of accounting is the South-Western dump of the Sarbaisky site”]. Rudnyi [in Russian].

21 (2022). Pasport «Tekhnogennye mineralnye obrazovaniia No 3/1058. Obekt ucheta Yugo-Zapadnyi otval Sarbazskogo uchastka» [Passport “Technogenic mineral formations No. 3/1058. Accounting object South-Western dump of the Sarbaz area”]. Rudnyi [in Russian].

22 (2022). Pasport «Tekhnogennye mineralnye obrazovaniia No 3/1068. Obekt ucheta Yugo-Zapadnyi otval Sarbazskogo mestorozhdeniia» [Passport “Technogenic mineral formations No. 3/1068. Accounting object South-Western dump of the Sarbaz field”]. Rudnyi [in Russian].

23 (2022). Geologicheskie i gornotekhnicheskie usloviia, otrabatyvaemykh na avtomobilnyi transport, karera Kacharskogo RU [Geological and mining conditions, worked out for road transport, quarry of Kacharsky RU]. Rudnyi [in Russian].

24 Baysholanov, S.S. (Ed.). (2017). Agroklimaticheskie resursy Kostanaiskoi oblasti: nauchno-prikladnoi spravochnik [Agroclimatic resources of the Kostanay region: scientific and applied reference book]. Astana [in Russian].

25 Zverev, A.A. (2007). Informatsionnye tekhnologii v issledovaniakh rastitelnogo pokrova [Information technology in the study of vegetation cover]. Tomsk: TML-Press [in Russian].

26 Greig-Smith, P. (1967). Kolichestvennaia ekologiya rastenii [Quantitative plant ecology]. Moscow: Mir [in Russian].

27 Perezhogin, Y.V. (2008). Botaniko-geograficheskoe raionirovanie i sostav flory Kostanaiskoi oblasti (Severnyj Kazakhstan) [Botanical-geographical zoning and composition of the flora of the Kostanay region (Northern Kazakhstan)]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of Omsk State University*, 80, 121–125 [in Russian].

28 Bragina, T.M., & Borisova, E.S. (2021). Analiz lekarstvennoi flory pamiatnika prirody «Nasazhdeniia berezovykh i sosnovykh lesov u ozera Borovskoe» Mendykarinskogo raiona Kostanaiskoi oblasti [Analysis of the medicinal flora of the natural monument “Plantations of birch and pine forests near Lake Borovskoye” of the Mendykarinsky district of the Kostanay region]. *Vestnik Kostanaiskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta — Bulletin of Kostanay State Pedagogical University*, 3(63), 62–67 [in Russian].

29 Nurmuhambetova, R.T. (1999). Flora i rastitelnost doliny reki Tobol: v predelakh Kostanaiskoi oblasti [Flora and vegetation of the Tobol river valley: Within the Kostanay region]. *Extended abstract of candidate's thesis* [in Russian].

30 Koblanova, S.A., & Rogozhkina, Y.O. (2020). Ekologo-taksonomicheskii analiz pribrezhnoi flory Auliekolskogo raiona (Kostanaiskaia oblast) [Ecological and taxonomic analysis of the coastal flora of the Auliekol district (Kostanay region)]. *Vestnik Karadinskogo universiteta. Seria Biologiya. Meditsina. Geografiya* — *Bulletin of Karaganda University, Biology. Medicine. Geography Series*, 3(99), 83–90. <https://doi.org/10.31489/2020BMG3/83-90> [in Russian].

31 Terekhova, E.B., Lanina, R.I., & Fomenko, L.V. (1974). Estestvennoe zarastanie otvalov Sokolovskogo zhelezorudnogo karera [Natural overgrowing of dumps of the Sokolovsky iron ore quarry]. *Rasteniia i promyshlennaia sreda* — *Plants and Industrial Environment*, 3, 162–174 [in Russian].

32 Chibrik, T.S., Lukina, N.V., Filimonova, E.I., & Glazyrina, M.A. (2022). Formirovanie flory i rastitelnosti na otvalakh Kempirsaiskogo nikelovogo mestorozhdeniia (Severnyi Kazakhstan) [Formation of flora and vegetation on the dumps of the Kempisai nickel deposit (Northern Kazakhstan)]. *Materialy XI Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Biologicheskaya rekultivatsiia i monitoring narushennykh zemel»* — *Proceedings of the XI All-Russian Scientific Conference with International Participation “Biological Reclamation and Monitoring of Disturbed Lands”*, 225–229 [in Russian].

33 Ozaryan, Y.A. (2014). Osobennosti vosstanovleniia bioty v zone tekhnogennoogo vozdeistviia gornykh predpriatii yuga Dalnego Vostoka [Features of biota restoration in the zone of technogenic impact of mining enterprises in the south of the Far East]. *GIAB*, 2, 372–379 [in Russian].

К. Тулешова*, А.К. Қали

Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

*Автор для корреспонденции: tuleshova.kuralay@mail.ru

Сравнительное анатомическое исследование анатомических показателей листа сосны обыкновенной разного географического происхождения

Биоиндикация на основании состояния морфолого-анатомических показателей листьев растений является удобным способом для оценки состояния окружающей среды. Центральный Казахстан, включающий Карагандинскую и Улытаускую области, является регионом со значительными промышленными выбросами. Цель настоящего исследования — провести сравнительное исследование анатомических показателей листьев *Pinus sylvestris*, произрастающих в населенных пунктах Центрального Казахстана. Результаты показали, что максимальные показатели длины и ширины листа, толщины мезофилла обнаружены для г. Сатпаева, толщины эпидермиса листа — для г. Жезказгана, диаметра вместилищ — для г. Балхаша, длины проводящего пучка — для г. Караганды, ширины проводящего пучка — для г. Балхаша. Большая часть признаков варьировала на низком и среднем уровне, высокий коэффициент вариации был отмечен только для диаметра вместилищ (смоляных ходов) хвои сосны. Отмечено, что минимальные показатели анатомических структур хвои *Pinus sylvestris* обнаружены для промышленных населенных пунктов Центрального Казахстана: Караганды, Балхаша, Темиртау и Жезказгана, тогда как для с. Улытау и г. Сатпаева все значения были на среднем и высоком уровне. Полученные данные можно применять для биоиндикации с использованием зеленых насаждений.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*, Центральный Казахстан, хвоя, анатомические показатели, биоиндикация, изменчивость.

Введение

Многие растения в процессе своего роста и развития сталкиваются с факторами окружающей среды, как биотическими, так и абиотическими. Реакция растительных организмов может проявляться на различных уровнях, в том числе отражаться на внутреннем строении отдельных клеток, тканей и органов [1, 2].

Удобным индикатором для многолетних растений выступают листовые пластины, которые хорошо реагируют на изменения степени освещения, доступной влаги, а также на антропогенные факторы, включая загрязнение атмосферы [3–5]. Так, описаны изменения анатомических показателей листа *Betula czerepanovii* в условиях техногенного загрязнения г. Мурманска [6]. Отмечена реакция листьев хвойных растений на промышленное загрязнение. Выявлено, что при увеличении атмосферного загрязнения снижаются размеры клеток проводящих и ассимиляционных тканей листа ели сибирской в условиях г. Кемерово [7], сосны сибирской и пихты сибирской в условиях г. Горно-Алтайска [8, 9], сосны обыкновенной в условиях г. Новокузнецка [10] и Санкт-Петербурга [11], сосны эльдерской в условиях г. Худжанжа [12]. При этом наблюдается увеличение толщины эпидермиса как усиление барьерных функций листьев, более короткими и широкими становятся смоляные ходы у хвойных культур.

Сосна обыкновенная — удобная культура для озеленения промышленных городов и проведения биоиндикации на морфологическом и анатомическом уровнях [13, 14].

Цель настоящей работы — проведение анализа изменений анатомического строения хвои *Pinus sylvestris* L. (семейство Хвойные — *Pinaceae*), произрастающей на территории Карагандинской области (Центральный Казахстан).

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись листья сосны обыкновенной, собранной на территории Центрального Казахстана в 15 точках (табл. 1).

Точки отбора проб хвои сосны для проведения исследований

№ точки отбора пробы	Населенный пункт	Место отбора проб хвои
1	г. Жезказган	Площадь перед городским Акиматом
2	г. Жезказган	Парк Наурыз
3	г. Сатпаев	Сквер перед Акиматом
4	с. Улытау	Акимат, сквер
5	г. Караганда	Сортировка, Парк железнодорожников
6	г. Каркаралы	Городской парк
7	г. Каркаралы	Посадки возле Акимата
8	г. Караганда	Юго-Восток, Этнопарк
9	г. Караганда	Центральный парк культуры и отдыха
10	г. Караганда	Парк Победы
11	г. Темиртау	Парк Восток
12	г. Темиртау	Автостанция, сквер
13	г. Балхаш	Акимат, сквер
14	г. Балхаш	Районная прокуратура
15	г. Караганда	Майкудук, парк

Все точки отбора проб находились на равном расстоянии от автомобильных дорог и на территории промышленных населенных пунктов, тогда как с. Улытау являлось контролем, то есть территорией, на которой отсутствует техногенное загрязнение.

Свежий собранный материал хвои фиксировали в реактиве Страуса-Флеминга (глицерин:спирт 96 %:вода дистиллированная в соотношении 1:1:1) для обесцвечивания и размягчения. Поперечные срезы выполняли вручную с помощью медицинского скальпеля. Для каждой точки изготавливали не менее 10–15 препаратов. Исследовали полученные срезы на микроскопе «Биомед-4» с окулярами 10 ×, 20 ×, линзами 4 ×, 10 ×, измерение микропрепаратов осуществляли с помощью программы Altam Studio 10.1. Изучены следующие анатомические особенности хвои: толщина листа, длина листа, толщина эпидермиса, диаметр смоляного хода, толщина мезофилла в средней части, длина и ширина проводящего пучка.

Обработку фотографий проводили в программе Paint 10.1. Описание анатомических показателей проводили в соответствии с Н.Н. Егоровой [15] и В. Radovanovich с соавторами [16].

Расчет достоверности различия полученных результатов проводился с использованием критерия Манна–Уитни [17], высчитывали средние показатели признака ($M \pm m$) и коэффициент вариации (Cv).

Результаты и их обсуждение

Состояние хвои сосны обыкновенной является индикатором загрязнения и ухудшения состояния окружающей среды [8, 9, 12–14].

Анализ полученных данных (табл. 2, рис.) показал, что микроскопические показатели варьируют в зависимости от места произрастания.

По толщине листа максимальные показатели (4,67 мкм) были выявлены для образцов, собранных в г. Сатпаеве, в сквере около Акимата, минимальные (2,55 мкм) — для г. Жезказгана, площадь перед городским Акиматом. Данный признак варьировал от 3,33 до 49,3 %, причем максимальный коэффициент вариации отмечен для г. Сатпаева. Для длины хвои сосны максимальные значения (9,01 мкм) обнаружены также в г. Сатпаеве, в сквере около Акимата, тогда как минимальные (5,49 мкм) для городского парка Сортировки г. Караганды. Признак варьировал от 4,19 до 23,03%, причем максимальные коэффициенты обнаружены также для г. Сатпаева.

Признак толщина эпидермиса листа изменялся от 0,13 мкм (г. Балхаш, Районная прокуратура) до 0,22 мкм (г. Жезказган, парк Наурыз). Коэффициент вариации составил от 9,45 до 22,09 %, причем максимальные показатели отмечены для г. Жезказгана.

Диаметр смоляных ходов в листьях сосны изменялся от 0,19 мкм (парк Победы г. Караганды) до 0,89 мкм (сквер около Акимата г. Балхаша). Данный признак варьирует с максимальным размахом. Так, коэффициент вариации для листьев, собранных в районе Акимата г. Балхаша, составил 146,26 %, что значительно превышает варьирование остальных анатомических показателей.

**Анатомические показатели хвои сосны обыкновенной из разных точек сбора на территории
Центрального Казахстана**

№	Показатели	Толщина листа, мкм	Длина листа, мкм	Толщина эпидермиса, мкм	Диаметр вместилища, мкм	Толщина мезофилла, мкм	Длина проводящего пучка, мкм	Ширина проводящего пучка, мкм
1	M±m	2,55±0,09	5,75±0,13	0,21±0,02	0,24±0,02	0,81±0,33	3,22±0,09	1,23±0,09*
	Cv, %	11,11	6,66	22,09	29,44	122,08	8,05	22,71
2	M±m	5,68±0,34	7,35±0,25*	0,22±0,01*	0,60±0,07*	0,62±0,22	1,69±0,03*	1,62±0,03*
	Cv, %	17,89	10,14	9,58	32,62	25,55	5,25	6,09
3	M±m	4,67±0,77*	9,01±0,69*	0,20±0,01	0,39±0,07	0,92±0,04*	5,78±0,20*	1,64±0,03*
	Cv	49,3	23,03	15,39	51,72	12,69	10,25	5,5
4	M±m	3,04±0,42	5,90±0,08	0,18±0,00	0,28±0,04	0,53±0,04	3,04±0,06	1,01±0,11
	Cv	41,1	4,61	2,37	48,22	20,5	5,59	32,81
5	M±m	2,31±0,09	5,49±0,4	0,13±0,00*	0,24±0,04	0,34±0,03*	3,50±0,19*	1,10±0,03
	Cv	11,65	19,86	8,53	52,06	23,12	15,87	8,68
6	M±m	2,62±0,03	5,47±0,1*	0,15±0,01*	0,23±0,02	0,50±0,02	2,82±0,06*	1,17±0,03*
	Cv	3,52	5,25	12,71	21,59	9,96	6,42	8,9
7	M±m	2,60±0,28	5,82±0,10	0,16±0,01	0,42±0,08	0,56±0,04	2,65±0,20	1,4±0,21
	Cv	32,03	5,22	19,32	59,89	20,88	22,65	44,88
8	M±m	2,94±0,03	7,24±0,09*	0,16±0,01	0,25±0,02	0,48±0,03	3,76±0,07*	1,2±0,03*
	Cv	3,33	3,72	10,98	19,17	18,99	5,82	7,1
9	M±m	3,17±0,07	7,71±0,18*	0,16±0,01	0,45±0,09	0,67±0,05*	4,62±0,36*	1,43±0,06*
	Cv	6,17	6,94	9,56	58,27	23,4	23,57	12,2
10	M±m	2,93±0,04	5,58±0,27	0,15±0,01*	0,19±0,01*	0,54±0,04	3,31±0,1*	1,35±0,03*
	Cv	4,4	14,41	16,37	19,46	20,83	9,13	7,37
11	M±m	2,97±0,04	6,13±0,07*	0,15±0,02	0,27±0,04	0,59±0,04	3,40±0,06	1,31±0,06*
	Cv	3,93	3,37	15,06	46,35	19,01	5,17	13,4
12	M±m	2,64±0,07	5,62±0,08*	0,16±0,01	0,21±0,01	0,56±0,11	3,23±0,06*	1,19±0,04*
	Cv	7,65	4,19	13,24	16,16	19,73	5,72	10,45
13	M±m	3,38±0,05	7,01±0,07*	0,16±0,01	0,89±0,43	0,58±0,04	4,18±0,05*	1,47±0,04*
	Cv	4,1	2,96	21,85	146,26	20,92	3,36	7,92
14	M±m	2,84±0,06	6,53±0,17*	0,13±0,01*	0,20±0,01	0,43±0,04	3,33±0,25	1,66±0,29*
	Cv	6,03	7,95	15,1	14,67	27,09	22,76	52,48
15	M±m	3,01±0,05	6,58±0,26*	0,14±0,01*	0,21±0,02	0,50±0,03	4,03±0,30*	1,35±0,06*
	Cv, %	4,50	3,96	15,32	24,65	19,4	7,52	12,28

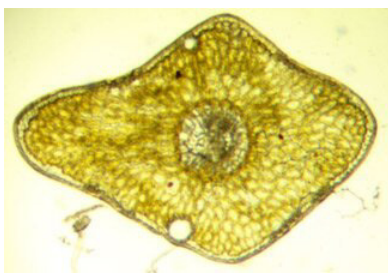
*Примечание. Достоверность отличий признака в сравнении с контролем при $P \leq 0,05$.

Толщина мезофилла листа для сосны обыкновенной показала минимальные значения для Парка железнодорожников г. Караганды (0,34 мкм), а максимальные — для сквера около Акимата г. Сатпаева (0,92 мкм). Данный признак также варьировал на низком, среднем и высоком уровне. Так, максимальный коэффициент вариации составил 122,08 % для г. Жезказгана, минимальный, 9,96 % — городского парка г. Каркаралы.

Максимальные значения длины проводящего пучка были обнаружены для листьев сосны, собранных в Центральном парке культуры и отдыха г. Караганды (4,62 мкм), минимальные — для парка Наурыз г. Жезказгана (1,69 мкм). Данный показатель варьирует на низком и среднем уровне, от 5,17 до 23,57 %. Минимальные значения коэффициента вариации (3,36 %) отмечены для листьев, собранных в сквере г. Балхаша, максимальные (23,57 %) — для Центрального парка культуры и отдыха г. Караганды.



г. Жезказган, площадь перед городским Акиматом



г. Жезказган, парк Наурыз



г. Сатпаев, сквер перед Акиматом



г. Улытау, Акимат, сквер



г. Караганда, сортировка, парк Железнодорожников



г. Каркаралы, городской парк



г. Каркаралы, посадки возле Акимата



г. Караганда, юго-восток, Этно-парк



г. Караганда, Центральный парк культуры и отдыха



г. Караганда, Парк Победы



г. Темиртау, парк Восток



г. Темиртау, автостанция, сквер



г. Балхаш, Акимат, сквер



г. Балхаш, Районная прокуратура



г. Караганда, Майкудук, парк

Рисунок. Поперечные срезы хвои сосны обыкновенной, произрастающих в различных точках Карагандинской и Улытауской областей (Центральный Казахстан)

Показатель ширины проводящего пучка изменялся от 1,19 мкм (сквер около автостанции г. Темиртау) до 1,66 мкм (Районная прокуратура г. Балхаш). Признак варьирует на низком и среднем уровне, только максимальное значение варьирует на высоком уровне — 52,48 %.

Заключение

Таким образом, можно отметить, что наблюдаются достоверные отличия по анатомическим показателям и степени варьирования признаков хвои сосны обыкновенной из разных точек сбора. Установлено, на незагрязненных и малозагрязненных участках (г. Каркаралы, пос. Улытау, г. Сатпаев) наблюдаются средние микроскопические показатели, а также минимальные коэффициенты варьирования. Для населенных пунктов с промышленным загрязнением признаки варьируют с большей частотой.

Полученные данные могут использоваться для биоиндикации окружающей среды в населенных пунктах Карагандинской области.

Список литературы

- 1 Жалдак С.Н. Оценка влияния эколого-ценотических факторов на анатомическое строение *Salicornia europaea* L. / С.Н. Жалдак // Ученые записки Тавр. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер. биология. — 2023. — Т. 16, № 3. — С. 69–73.
- 2 Stevovic S. Environmental impact on morphological and anatomical structure of Tansy / S. Stevovic, V.S. Mikovilovic, D. Calic-Dragosavac // African J Biotech. — 2010. — Vol. 9 (16). — P. 2413-2421.
- 3 Voronin P.Yu. Structural and functional changes in the leaves of plants from steppe communities as affected by aridization of the Eurasian climate / P.Yu. Voronin, L.A. Ivanova, D.A. Ronzhina, L.A. Ivanov, O.A. Anenkhov, C.C. Black, P.D. Gunin, V.I. Pyankov // Russian J Plant Physiol. — 2003. — Vol. 50(5). — P. 680-687.
- 4 Максимова Е.В. Влияние антропогенных факторов химической природы на некоторые эколого-биохимические характеристики растений / Е.В. Максимова, А.А. Косицына, О.Н. Макурина // Вестн. Самар. гос. ун-та. Естественнoнауч. сер. — 2007. — № 8 (58). — С. 146–152.
- 5 Shadrina E. Fluctuating Asymmetry in Morphological Characteristics of *Betula Pendula* Roth Leaf under Conditions of Urban Ecosystems: Evaluation of the Multi-Factor Negative Impact / E. Shadrina, N. Turmukhametova, V. Soldatova, Y. Volpert, I. Kotochenko, G. Pervyshina // Symmetry. — 2020. — Vol. 12 (8). — Article ID 1317. <https://doi.org/10.3390/sym12081317>
- 6 Василевская Н.В. Влияние техногенного загрязнения на динамику роста и мезоструктуру листа *Betula czerepanovii* Orlova (Мурманская область) / Н.В. Василевская, Ю.М. Лукина // Уч. зап. Петрозавод. гос. ун-та. Сер. Естественные и технические науки. — 2011. — № 8 (121). — С. 7–11.
- 7 Легощина О.М. Адаптивные реакции и фитоиндикационная способность древесных растений в условиях техногенного загрязнения: дис. ... канд. биол. наук. Спец. 03.02.08 — «Экология (биология)» / О.М. Легощина. — Кемерово, 2018. — 144 с.
- 8 Собчак Р.О. Диагностика состояния видов хвойных в зонах техногенного загрязнения Республики Алтай / Р.О. Собчак // Вестн. Том. гос. ун-та. — 2009. — № 325. — С. 185–190.
- 9 Собчак Р.О. Комплексная оценка состояния пихты сибирской *Abies sibirica* Ledeb. в условиях городской среды / Р.О. Собчак, О.Н. Дегтярева, Т.П. Астафурова // Хвойные бореальные зоны. — 2004. — Вып. 2. — С. 100–109.
- 10 Соболева О.М. Комплексная оценка состояния ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в г. Новокузнецке / О.М. Соболева, Е.П. Кондратенко, Л.Г. Пинчук // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. — 2009. — № 7 (57). — С. 33–36.
- 11 Фролов А.К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем / А.К. Фролов. — СПб.: Наука, 1998. — 328 с.
- 12 Неверова О.А. Изменение анатомических показателей хвои *Pinus eldarica* Ten., произрастающей в примагистральных посадках г. Худжанда / О.А. Неверова, О.М. Легощина, Р.С. Закиров // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 4. — 274 с.
- 13 Федорков А.Л. Изменчивость признаков анатомического строения хвои сосны и ее устойчивость к техногенному и климатическому стрессу / А.Л. Федорков // Экология. — 2002. — № 1. — С. 70–72.
- 14 Mandzii T.P. Research of the Morphological and Anatomical structure of leaf of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus mugo* Turra / T.P. Mandzii, A.R. Grycyk // Research J. Pharm. and Tech. — 2019. — Vol. 12(5). — P. 2465-2467. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2019.00413.X>
- 15 Егорова Н.Н. Особенности строения ассимиляционных органов лесообразующих видов в техногенных условиях / Н.Н. Егорова, А.А. Кулагин // Самарская Лука. — 2007. — Т. 16, № 3 (21). — С. 476–485.
- 16 Radovanovich B. Variation in needle anatomy of *Picea omorika* (Pinaceae) plants belonging to different gene pools in natural populations on Tara Mt. in Serbia / B. Radovanovich, J. Sinzar-Sekulic, T. Rakic, I. Zivkovich, D. Lakusic // Botanica Serbica. — 2014. — Vol. 38(2). — P. 237-246.
- 17 Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. — М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.

К. Тулешова, А.К. Қали

Әртүрлі географиялық шығу тегі бар қарағай жапырағының анатомиялық көрсеткіштерін салыстырмалы анатомиялық зерттеу

Өсімдіктер жапырақтарының морфологиялық-анатомиялық көрсеткіштерінің жай-күйі негізінде биоиндикация қоршаған ортаның жай-күйін бағалау үшін қолайлы тәсіл. Қарағанды және Ұлытау облыстарын қамтитын Орталық Қазақстан елеулі өнеркәсіптік шығарындылары бар өңір. Зерттеудің мақсаты — Орталық Қазақстанның елдімекендерінде өсетін *Pinus sylvestris* жапырақтарының анатомиялық көрсеткіштеріне салыстырмалы зерттеу жүргізу. Нәтижелер көрсеткендей, жапырақтың ұзындығы мен ені, мезофилл қалыңдығының максималды көрсеткіштері — Сәтбаев қаласынан; жапырақ эпидермисінің қалыңдығы — Жезқазған қаласынан; орындарының диаметрі — Балқаш қаласынан; өткізгіш шоғырының ұзындығы — Қарағанды қаласынан және өткізгіш шоғырының ені тағы Балқаш қаласынан табылған. Белгілердің басым бөлігі төмен және орташа деңгейде өзгеріп отырады, жоғары вариация коэффициенті қарағай қылқандарының сыйымдылықтарының (шайыр жүрістерінің) диаметрі үшін ғана белгіленді. *Pinus sylvestris* қылқанының анатомиялық құрылымдарының ең төменгі көрсеткіштері Орталық Қазақстанның өнеркәсіптік елдімекендері: Қарағанды, Балқаш, Теміртау және Жезқазған, ал Ұлытау және Сәтбаев ауылдары үшін барлық мән орта және жоғары деңгейде болды. Алынған деректерді жасыл желектерді қолдана отырып биоиндикация үшін қолдануға болады.

Кілт сөздер: *Pinus sylvestris*, Орталық Қазақстан, қылқан, анатомиялық көрсеткіштер, биоиндикация, өзгергіштік.

K. Tuleshova, A.K. Kali

Comparative anatomical study of anatomical parameters of *Pinus sylvestris* leaf of different geographical origin

Bioindication based on the state of morphological and anatomical indicators of plant leaves is a convenient way to assess the state of the environment. Central Kazakhstan, which includes the Karaganda and Ulytau regions, is a region with significant industrial emissions. The purpose of this study is to conduct a comparative study of anatomical indicators of *Pinus sylvestris* leaves growing in settlements of Central Kazakhstan. The results showed that the maximum parameters of leaf length and width, mesophyll thickness were found for Satpayev city, leaf epidermal thickness for Zhezkazgan city, reservoir diameter for Balkhash city, conducting beam length for Karaganda city, and conducting beam width for Balkhash city. Most of the signs varied at a low and medium level, a high coefficient of variation was noted only for the diameter of the containers (resin passages) of pine needles. It was noted that the minimum indicators of the anatomical structures of *Pinus sylvestris* needles were found for industrial settlements of Central Kazakhstan: Karaganda, Balkhash, Temirtau and Zhezkazgan, while for Ulytau settlement and Satpayev town all values were at an average and high level. The obtained data can be used for bioindication using green spaces.

Keywords: *Pinus sylvestris*, Central Kazakhstan, pine needles, anatomical parameters, bioindication, variation.

References

- 1 Zhaldak, S.N. (2023). Otsenka vliianiia ekologo-tsenoticheskikh faktorov na anatomicheskoe stroenie *Salicornia europaea* L. [Assessment of the influence of ecological and cenotic factors on the anatomical structure of *Salicornia europaea* L.]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Seriya biologiya — Proceedings of Tawr national university named after V.I. Vernadsky, series Biology*, 16(3), 69–73 [in Russian].
- 2 Stevovic, S., Mikovilovic, V.S., & Calic-Dragosavac, D. (2010). Environmental impact on morphological and anatomical structure of Tansy. *African J Biotech.*, 9(16), 2413-2421.
- 3 Voronin, P.Yu., Ivanova, L.A., Ronzhina, D.A., Ivanov, L.A., Anenkhov, O.A., Black, C.C., Gunin, P.D., & Pyankov, V.I. (2003). Structural and functional changes in the leaves of plants from steppe communities as affected by aridization of the Eurasian climate. *Russian J Plant Physiol.*, 50(5), 680-687.
- 4 Maksimova, E.V., Kositsyna, A.A., & Makurina, O.N. (2007). Vlianiie antropogennykh faktorov khimicheskoi prirody na nekotorye ekologo-biokhimicheskie kharakteristiki rastenii [Influence of anthropogenic factors of chemical nature on some ecologi-

cal and biochemical characteristics of plants]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennonauchnaia seriia* — *Bulletin of Samara state university. Series natural science*, 8(58), 146–152 [in Russian].

5 Shadrina, E., Turmukhametova, N., Soldatova, V., Volpert, Y., Kotochenko, I., & Pervyshina, G. (2020). Fluctuating Asymmetry in Morphological Characteristics of *Betula Pendula* Roth Leaf under Conditions of Urban Ecosystems: Evaluation of the Multi-Factor Negative Impact. *Symmetry*, 12(8), 1317. <https://doi.org/10.3390/sym12081317>

6 Vasilevskaia, N.V., & Lukina, Yu.M. (2011). Vliianie tekhnogenogo zagriazneniia na dinamiku rosta i mezostrukturu lista *Betula czerepanovii* Orlova (Murmanskaia oblast) [Influence of man-made pollution on growth dynamics and mesostructure of *Betula czerepanovii* Orlova leaf (Murmansk region)]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia Estestvennye i tekhnicheskie nauki* — *Proceedings of Petrozavodsk state university. Series natural and technical science*, 8(121), 7–11 [in Russian].

7 Legoshchina, O.M. (2018). *Adaptivnye reaktsii i fitoindikatsionnaia sposobnost drevesnykh rastenii v usloviakh tekhnogenogo zagriazneniia* [Adaptive reaction and phytoindicator ability of woody plants in the conditions of technogenic pollution]. *Candidate's thesis*. Kemerovo [in Russian].

8 Sobchak, R.O. (2009). Diagnostika sostoiianiia vidov khvoinykh v zonakh tekhnogenogo zagriazneniia Respubliki Altai [Diagnostics of coniferous species in the zones of man-made pollution of the Altai Republic]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* — *Bulletin of Tomsk State University*, 325; 185–190 [in Russian].

9 Sobchak, R.O., Degtiareva, O.N., & Astafurova, T.P. (2004). Kompleksnaia otsenka sostoiianiia pikhty sibirskoi *Abies sibirica* Ledeb. v usloviakh gorodskoi sredy [Comprehensive assessment of the state of Siberian fir *Abies sibirica* Ledeb. in the urban environment]. *Khvoinye borealnye zony* — *Coniferous boreal zones*, 2, 100–109 [in Russian].

10 Soboleva, O.M., Kondratenko, E.P., & Pinchuk, L.G. (2009). Kompleksnaia otsenka sostoiianiia assimiliatsionnogo apparata sosny obyknovnoi v g. Novokuznetske [Comprehensive assessment of the state of the assimilation apparatus of ordinary pine in Novokuznetsk]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* — *Bulletin of Altai state agrarian university*, 7 (57), 33–36 [in Russian].

11 Frolov, A.K. (1998). *Okruzhaiushchaia sreda krupnogo goroda i zhizn rastenii v nem* [Large city environment and plant life in it]. Saint-Petersburg: Nauka [in Russian].

12 Neverova, O.A., Legoshchina, O.M., & Zakirov, R.S. (2012). Izmenenie anatomicheskikh pokazatelei khvoi *Pinus eldarica* Ten., proizrastaiushchei v primagistralnykh posadkakh g. Khudzhanda [Change in anatomical parameters of *Pinus eldarica* Ten. needles growing in the off-highway plantings of Khujand]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia* — *The modern problems of science and education*, 4, 274 [in Russian].

13 Fedorkov, A.L. (2002). Izmenchivost priznakov anatomicheskogo stroeniia khvoi sosny i ee ustoichivost k tekhnogennomu i klimaticheskomu stressu [Variability of signs of anatomical structure of pine needles and its resistance to technogenic and climatic stress]. *Ekologiya* — *Ecology*, 1, 70–72 [in Russian].

14 Mandzii, T.P., & Grycyk, A.R. (2019). Research of the Morphological and Anatomical structure of leaf of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus mugo* Turra. *Research J. Pharm. and Tech.*, 12(5), 2465–2467. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2019.00413.X>

15 Egorova, N.N., & Kulagin, A.A. (2007). Osobennosti stroeniia assimiliatsionnykh organov lesoobrazuiushchikh vidov v tekhnogennykh usloviakh [Features of the Structure of Assimilation Organs of Forest-Forming Species in Technogenic Conditions]. *Samarskaia Luka* — *Samara Luka*, 16, 3(21), 476–485 [in Russian].

16 Radovanovich, B., Sinzar-Sekulic, J., Rakic, T., Zivkovich, I., & Lakusic, D. (2014). Variation in needle anatomy of *Picea omorika* (Pinaceae) plants belonging to different gene pools in natural populations on Tara Mt. in Serbia. *Botanica Serbica*, 38(2), 237–246.

17 Lakin, G.F. (1990). *Biometriia* [Biometry]. Moscow: Vysshaia shkola [in Russian].

Т.Т. Турдиев^{1*}, И.Ю. Ковальчук¹, Б.Ж. Кабылбекова², А. Толеген¹,
Н.В. Михайленко¹, И.Р. Рахимбаев¹

¹Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан;

²Казахский научно-исследовательский институт плодовоощеводства, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: turdievt@mail.ru

Восстановление регрессирующих популяций *Populus diversifolia* Schrenk в поймах рек Или и Сырдарья с применением клонирования *in vitro*

Восстановление регрессирующих популяций *Populus diversifolia* Schrenk эффективно проводить с применением клонирования *in vitro*, что позволяет ускоренно и в массовом количестве получать посадочный материал в контейнерах с закрытой корневой системой и высадить растения в естественную среду обитания. Введение *P. diversifolia* в культуру *in vitro* эффективно проводить в зимний период после завершения физиологического покоя. Однолетние одревесневшие черенки длиной 6–7 см с 2–3 почками из отобранных плюсовых деревьев стерилизовали от сапрофитной микрофлоры отбеливателем «Белизна» (1:1) 10 мин и раствором 0,1% HgCl₂ 5 мин и помещали на среду. Оптимальная среда для клонального микроразмножения — МС, БАП-0,1 мг/л; ГК-0,02 мг/л; В₁-0,5 мг/л; глюкоза 20 г/л. Для перевода растений из *in vitro* в контейнерную культуру лучшим субстратом является торф + чернозем + песок, 50/40/10 соответственно. Для восстановления тугайных лесов, 225 шт саженцев в контейнерах (ЗКС) высадили на территории КГУ «Баканасское лесное хозяйство» в дельте р. Или, и 200 шт на территории КГУ «Отрарское государственное учреждение по охране лесов и животного мира» в дельте реки Сырдарья. Приживаемость саженцев в дельте реки Или составила 95 %, в дельте реки Сырдарья 43 %.

Ключевые слова: *Populus diversifolia*, асептические растения, клональное микроразмножение, ризогенез, контейнерная культура.

Введение

Среди древесных пород туранговые тополя выделяются высокой солеустойчивостью. Вид относится к числу незаменимых пород при закреплении песков, облесении засушливых районов Казахстана с засоленными почвами и озеленении промышленных центров и населенных мест. Это единственная высокоствольная древесная порода, способная произрастать в пустынных и полупустынных условиях Южного Казахстана. Туранга разнолистная (*Populus diversifolia* Schrenk) — дерево средней величины, с негустой раскидистой кроной. Достигает высоты 11–16 м. Большинство деревьев имеют хорошо выраженный центральный ствол, многоствольные экземпляры встречаются редко. Высота ствола до начала ветвления варьирует от 30–40 см до 2,5–3 м. Диаметр ствола в среднем 35–45 см, у наиболее старых экземпляров достигает 90–100 см, в исключительно редких случаях — свыше 150 см [1, 2].

Тугаи — это уникальные пойменные леса, распространенные в аридных регионах Средней Азии и произрастающие узкой лентой в долинах и дельтах рек, особый реликтовый тип растительности, сохранивший черты третичной флоры. В настоящее время тугайные леса составляют менее 10 % от площади, занимаемой ими в 60-х годах XX века. Главными причинами повсеместной деградации тугайных экосистем и прекращения естественного возобновления тугайных лесов являются антропогенные преобразования прямого (вырубки, пожары) и косвенного (зарегулирование стока рек) характера, а также климатические изменения — аридное потепление, приводящее к возрастанию иссушения пойменных и дельтовых территорий в вегетационный период. Следствием деградации тугайных экосистем является кардинальная смена типа растительности, что сопровождается образованием различных типов солончаков. Деградированные тугайные экосистемы отличаются меньшим видовым разнообразием и пониженной продуктивностью [3]. В сложившихся условиях необходимо придание международного статуса всемирного культурного наследия и создание единого заповедного режима для всех тугайных экосистем. Поскольку в современный период стало невозможным естественное возобновление тугаев, в Средней Азии необходимо повсеместное развитие искусственного тугайного лесовосстановления [4–6].

Поскольку туранга плохо размножается черенкованием [1], целесообразно выбрать лучшие по характеристикам дерева и размножить их методом клонального микроразмножения, отличающимся высокой скоростью и эффективностью размножения, возможностью получения однородного посадочного материала в асептических условиях. В современном мире для вегетативного размножения методы биотехнологии становятся все более значимыми [7]. Особенно этот метод актуален для пород деревьев, трудно размножаемых традиционными способами [8]. Выращивание посадочного материала в контейнерах позволяет повышать приживаемость, сокращать срок выращивания до стандартных размеров, удлинять период посадки искусственных насаждений [9].

Следовательно, в сложившейся ситуации единственным решением задачи восстановления регрессирующих популяций туранги является увеличение ее численности путем искусственной посадки. В связи с этим для восстановления регрессирующих популяций *P. diversifolia* и дальнейшего естественного самовоспроизводства проведены эксперименты по оптимизации микроразмножения отобранных плюсовых деревьев, получения клоновых саженцев и их реинтродукции. Сохранение этого реликтового вида как уникального компонента фитоценоза является важной проблемой, отраженной в конвенции о биологическом разнообразии, которое ратифицировал Казахстан.

Объекты и методика

Для получения асептических растений *P. diversifolia* в зимний период после завершения физиологического покоя из отобранных плюсовых деревьев *P. diversifolia*, произрастающих в поймах реки Или, нарезают однолетние одревесневшие черенки длиной 20–25 см. Введение *in vitro* проводили двумя способами: 1) одревесневшие черенки нарезают на сегменты длиной 6–7 см с 2–3 почками, стерилизуют и высаживают на питательную среду; 2) проращивают побеги из одревесневших черенков, делят на сегменты с одной почкой, стерилизуют и высаживают на питательную среду. В обоих вариантах от сапрофитной микрофлоры стерилизуют отбеливателем «Белизна» (1:1) 10 мин и раствором 0,1 % HgCl_2 5 мин, промывают 3 раза стерильной дистиллированной водой.

Для выявления внутренних системных инфекций базальную часть побегов высаживают на провакационную питательную среду VISS (сахароза — 10,0 г/л, гидролизат казеина — 8,0 г/л, дрожжевой экстракт — 4,0 г/л, KH_2PO_4 — 2,0 г/л, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 15,0 г/л, джелрайт — 6,0 г/л). После чего содержали 1–3 недели в чашках Петри при температуре 23...25°C.

Для введения *in vitro* полученные асептические мини черенки помещали в пробирки с питательной средой Мурасиге и Скуга (МС) с регуляторами роста: 6-бензиламинопурин (БАП) в концентрации — 0,3 мг/л и β -индолил-3-масляная кислота (ИМК) — 0,01 мг/л. После формирования листьев мини-черенки пересаживали на питательные среды различного состава для роста и размножения:

1. МС, БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,01 мг/л; сахароза — 30 г/л; pH — 5,7.
2. МС, БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,01 мг/л; сахароза — 20 г/л; pH — 5,7.
3. МС, V_1 — 0,5 мг/л; БАП — 0,2 мг/л; ГК — 0,02 мг/л; сахароза — 20 г/л; pH — 5,7.
4. МС, V_1 — 0,5 мг/л; БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,02 мг/л; сахароза — 20 г/л; pH — 5,7.
5. МС, V_1 — 0,5 мг/л; БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,02 мг/л; глюкоза — 20 г/л; pH — 5,7.

Результаты эксперимента оценивали после 3-го пассажа. Коэффициент размножения средний за 1 пассаж для каждого генотипа, высчитывали по формуле: $P = a/10b \cdot c$; (где a — количество вновь образовавшихся побегов; b — количество побегов, высаженных для размножения; c — количество пассажей).

Размноженные мини черенки пересаживали на питательные среды для ризогенеза — МСИМК — 0,5 мг/л и МС $\frac{1}{2}$ + ИМК — 0,5 мг/л.

Среды стерилизовали в автоклаве (ВК-75-01) при давлении 0,8–1,0 атмосфер в течение 25 мин. Растения *in vitro* выращивали при температуре +23–25°C, освещенности $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 16-часовом фотопериоде. Растения с корневой системой пересаживали в контейнеры с различным соотношением компонентов субстрата: чернозем + песок, 80/20; торф + чернозем, 50/50; торф + песок, 80/20; торф + чернозем + песок, 50/40/10 и выращивали в условиях теплицы.

Для восстановления тугайных лесов и лесоразведения в южных регионах Казахстана полученные саженцы *P. diversifolia* в контейнерах с закрытой корневой системой (ЗКС) были высажены на двух участках. 1. На территории КГУ «Баканасское лесное хозяйство» ГУ «Управление природных ресурсов и регулирования природопользования Алматинской области» (GPS координаты: высота над уровнем моря – 383 м; N 44,45455; E 76,20147). Растительность, произрастающая на участке: Туранга разнолистная (*Populus diversifolia*), Барбарис илийский (*Berberis iliensis*), Тамарикс ветвистый

(*Tamarix ramosissima*), Лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia*), Чингиль серебристый (*Halimodendron halodendron*), Ива джунгарская (*Salix songarica*), Солодка гладкая (*Glycyrrhiza glabra*), единично встречается Ирис злаковидный (*Iris graminea*). Почва на участке супесчаная, местами встречаются солевые выпадения. 2. На территории КГУ «Отрарское государственное учреждение по охране лесов и животного мира» ГУ «Управление природных ресурсов и регулирования природопользования Туркестанской области». (GPS координаты: высота над уровнем моря — 190 м; N 42,58502; E 68,01143). Растительность, произрастающая на участке: Тамарикс ветвистый (*Tamarix ramosissima*), Лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia*), Туранга Литвинова (*Turanga Litwinowiana*), Чингиль серебристый (*Halimodendron halodendron*), Ива джунгарская (*Salix songarica*), верблюжья колючка (*Alhagi*). Почва на участке глинисто-песчаная.

Результаты и их обсуждение

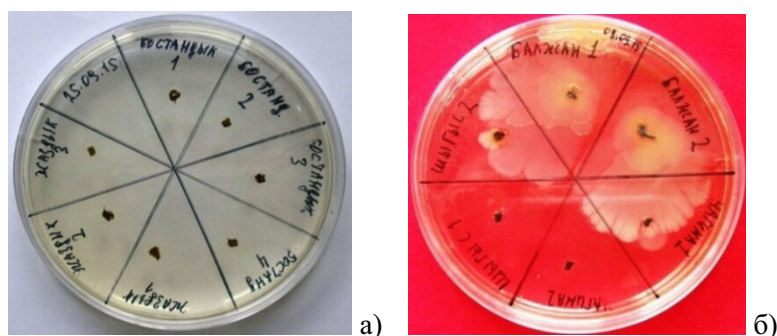
Изучение различных способов введения *in vitro* показало, что для получения асептических растений *P. diversifolia* наиболее эффективно использование одревесневших черенков длиной 6–7 см с 2–3 почками и стерилизация от сапрофитной микрофлоры отбеливателем «Белизна» (1:1) 10 мин и раствором 0,1 % HgCl_2 5 мин с последующей 3-кратной промывкой стерильной дистиллированной водой. При использовании такого варианта регенерация в условиях *in vitro* составляет 60–68 %. Растения, как видно на рисунке 1, имели активный рост и развитие, а листья — ярко-зеленый цвет.



Рисунок 1. Рост и развитие *P. diversifolia* в культуре *in vitro*

Способ введения *in vitro* проращиванием побегов из одревесневших черенков в лабораторных условиях, с последующей высадкой на питательную среду был не эффективен. Растения имели слабый рост и развитие, листья были светло-зелеными и витрифицированными, на верхушках побегов отмечен некроз, а у основания побегов образовался каллус. Количество полученных асептических растений составило 20–35 %.

Помимо сапрофитной микрофлоры, в растениях может развиваться патогенная микрофлора, которая не погибает при стерилизации. При посадке зараженных растений на питательную среду со временем патогенная микрофлора начнет развиваться и может погубить растения. Во избежание этого при посадке растений на питательную среду для клонального микроразмножения, одновременно вычленили базальную часть побегов и помещали на провокационную среду VISS [10] (рис. 2).

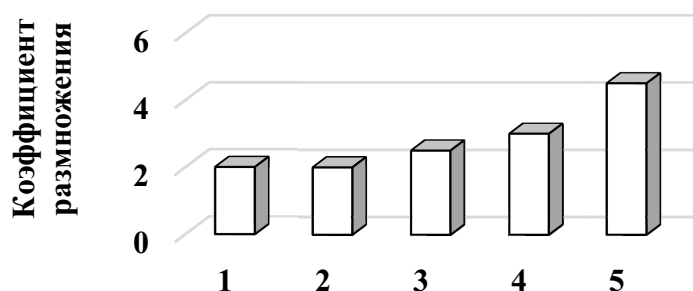


а — отсутствие инфекции; б — бактериальная инфекция

Рисунок 2. Проверка латентной инфицированности эксплантов на среде VISS

В некоторых случаях в различные сроки культивирования у части побегов проявились признаки бактериальной инфекции, выраженные в потемнении основания побега, листьев, а также помутнении питательной среды, что в итоге приводило их к гибели. Проверка на провокационной среде показала наличие бактериальной инфекции. Видимо, проведенная поверхностная стерилизация первичных эксплантов способствовала освобождению от грибной инфекции, но была малоэффективна против бактериальной. Заражённые растения были отбракованы.

После формирования листьев мини черенки пересаживали на питательные среды различного состава для установления оптимального состава для роста и микроразмножения (рис. 3).



1. МС, БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,01 мг/л; сахара — 30 г/л; pH — 5.
2. МС, БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,01 мг/л; сахара — 20 г/л; pH — 5,7.
3. МС, В₁ — 0,5 мг/л; БАП — 0,2 мг/л; ГК — 0,02 мг/л; сахара — 20 г/л; pH — 5,7.
4. МС, В₁ — 0,5 мг/л; БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,02 мг/л; сахара — 20 г/л; pH — 5,7.
5. МС, В₁ — 0,5 мг/л; БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,02 мг/л; глюкоза — 20 г/л; pH — 5,7.

Рисунок 3. Влияние состава питательной среды на клональное микроразмножение *P. diversifolia* (среднее)

Результаты по оптимизации питательной среды для роста и размножения *P. diversifolia* показали, что при использовании сахарозы коэффициент размножения составляет менее 3, состояние растений было неудовлетворительным. Листья и стебли имели светло-зеленый цвет, 60 % растений были витрифицированы. Использование глюкозы привело к повышению коэффициента размножения растений выше 4. Так, на среде МС, БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,02 мг/л; В₁ — 0,5 мг/л; глюкоза — 20 г/л; pH — 5,7 этот показатель достиг в среднем — 4,5. Длина побегов за 4–6 недель составила в среднем 5,4–7,0 см, а количество новых образованных побегов до 4–6 шт.

Размноженные растения пересаживали на питательные среды для ризогенеза — МС, ИМК — 0,5 мг/л и МС ½ + ИМК — 0,5 мг/л. На среде МС ½ + ИМК — 0,5 мг/л, через 2 недели у растений начала появляться и развиваться корневая система. Через 4–5 недель образование корневой системы у растений составило 91,1 % (рис. 4).



- а — рост и микроразмножение на питательной среде МС, БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,02 мг/л; В₁ — 0,5 мг/л; глюкоза — 20 г/л; pH — 5,7;
 б — образование корневой системы на среде МС ½ + ИМК — 0,5 мг/л

Рисунок 4. Рост, микроразмножение и образование корневой системы у растений *P. diversifolia* *in vitro*

Растения с корневой системой пересаживали в контейнеры с разным соотношением компонентов субстрата (торф, чернозем, песок) и выращивали в условиях теплицы (рис. 5, 6). В течение 3–4 недель приживаемость растений в контейнерах с субстратом торф+чернозем+песок, 50/40/10 соответственно, составила 75,5 %. В остальных контейнерах приживаемость не превысила 53,3 %.

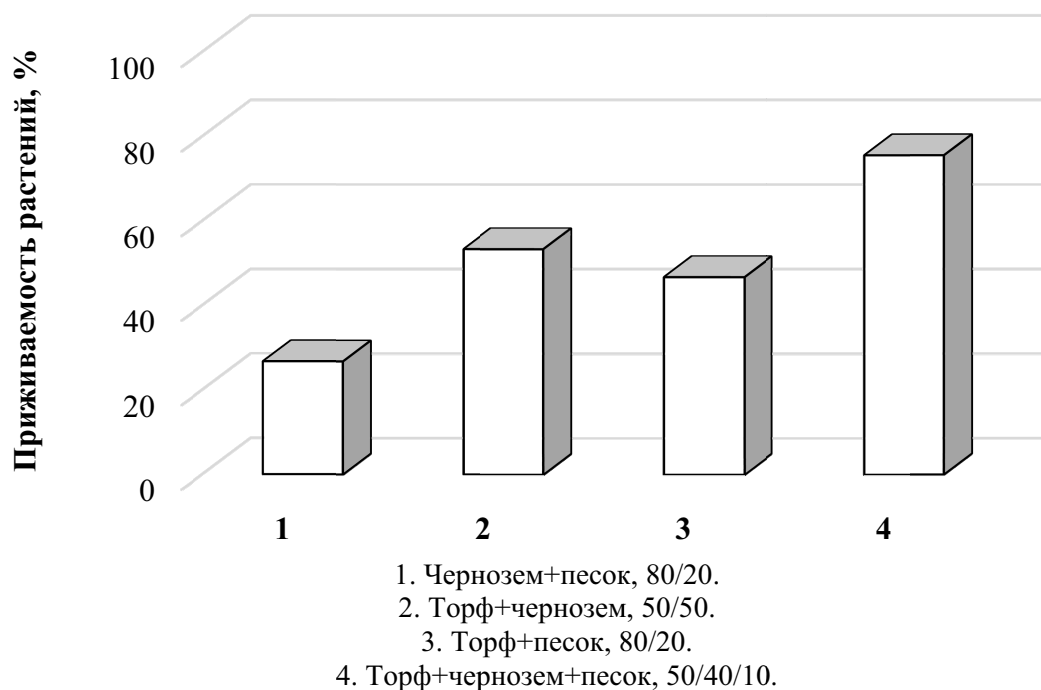


Рисунок 5. Влияние состава субстрата на приживаемость растений *P. diversifolia* (среднее)

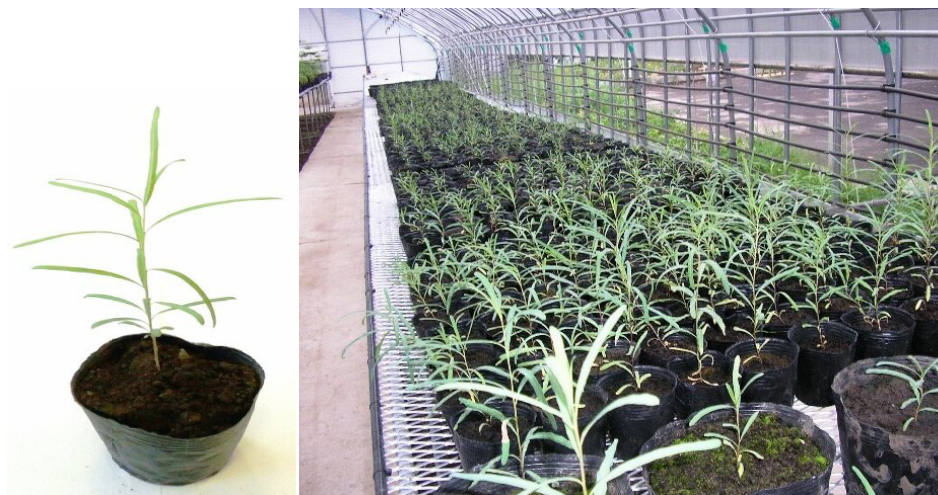


Рисунок 6. Рост и развитие *P. DIVERSIFOLIA* в контейнерах с субстратом

Для восстановления тугайных лесов в осенний период высажено 225 штук саженцев *P. diversifolia* в контейнерах (ЗКС) на территории КГУ «Баканасское лесное хозяйство» в дельте р. Или, и 200 штук на территории КГУ «Отрарское государственное учреждение по охране лесов и животного мира» в дельте реки Сырдарья (рис. 7).



Рисунок 7. Закладка опытов по восстановлению тугайных лесов

Весной следующего года в фенологической фазе — начало вегетации, в стадии разверзания почек проведен мониторинг посадок саженцев туранги в дельте реки Или. Приживаемость саженцев составила 95 % (рис. 8). Мониторинг приживаемости саженцев в дельте реки Сырдарья проводили осенью следующего года в начале вступления растений в фазу покоя, приживаемость составила лишь 43 %. Низкая выживаемость в последнем случае связана с поправой скотом и дикими животными.



Рисунок 8. Мониторинг осенней посадки саженцев туранги на территории КГУ «Баканасское лесное хозяйство» на дельте реки Или

Заключение

Восстановление регрессирующих популяций *Populus diversifolia* эффективно проводить с применением клонирования *in vitro*, что позволяет ускоренно и в массовом количестве получать посадочный материал в контейнерах с закрытой корневой системой и высадить растения в естественную среду обитания.

Введение *P. diversifolia* в культуру *in vitro* эффективно проводить в зимний период после завершения физиологического покоя из отобранных плюсовых деревьев *P. diversifolia*. Для введения эффективно использовать одревесневшие черенки длиной 6–7 см с 2–3 почками и стерилизация от са-

профитной микрофлоры отбеливателем «Белизна» (1:1) 10 мин и раствором 0,1 % HgCl_2 5 мин с последующей 3-кратной промывкой стерильной дистиллированной водой.

Оптимальная среда для клонального размножения МС, БАП — 0,1 мг/л; ГК — 0,02 мг/л; В₁ — 0,5 мг/л; глюкоза — 20 г/л; pH — 5,7, где коэффициент размножения достигает в среднем — 4–5, а длина побегов за 4–6 недель в среднем 5,4–7,0 см, количество вновь образованных побегов 4–6 шт.

Для перевода растений из *in vitro* в контейнерную культуру оптимальным субстратом является торф+чернозем+песок, 50/40/10 соответственно.

Для восстановления тугайных лесов, 225 шт саженцев в контейнерах (закрытая корневая система) высажено на территории КГУ «Баканасское лесное хозяйство» в дельте р. Или, и 200 шт на территории КГУ «Отрарское государственное учреждение по охране лесов и животного мира» в дельте реки Сырдарья. Приживаемость саженцев в дельте реки Или составила 95 %, в дельте реки Сырдарья 43 %.

Данное исследование выполнено при финансировании Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (ИРН BR10263776).

Список литературы

- 1 Бессчетнов П.П. Туранговые тополя Казахстана / П.П. Бессчетнов, Л.М. Грудзинская. — Алма-Ата: Наука, 1981. — 152 с.
- 2 Скупченко Б.К. Семенное размножение туранговых тополей / Б.К. Скупченко // Вестн. АН КазССР. — 1950. — № 3. — С. 60.
- 3 Писаренко А.И. Перспективы развития лесных плантаций как основы лесовосстановления / А.И. Писаренко, В.В. Страхов // Лесное хозяйство. — 2014. — № 5. — С. 2–6.
- 4 Кузьмина Ж.В. Тугаи и возможности их восстановления в современный период / Ж.В. Кузьмина, С.Е. Трешкин // Аридные экосистемы. — 2012. — Т. 18, № 3. — С. 44–59.
- 5 Оспанов С. Туранга / С. Оспанов // Индустриальная Караганда. — 2003. — С. 10.
- 6 Инелова З.А. Охрана редких и исчезающих видов долины среднего и нижнего течения р. Иле / З.А. Инелова // Вестн. Казах. нац. ун-та. Сер. экол. — 2016. — Т. 27, № 1. — С. 16–24.
- 7 Яблонская М.И. Биотизация растений *in vitro* / М.И. Яблонская, М.С. Гинс, М.А. Молчанова // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер. Агрономия и животноводство. — 2016. — № 1. — С. 15–20.
- 8 Yasodha R. Micropropagation for quality propagule production in plantation forestry / R. Yasodha, R. Sumathi, K. Gurumuthi // Indian Journal of Biotechnology. — 2004. — Vol. 3. — P. 159–170.
- 9 Родин А.Р. Повышение результативности выращивания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой / А.Р. Родин, С.А. Родин // Лесной вестн. — 2010. — № 5. — С. 7–9.
- 10 Viss P.R. A simplified method for the control of bacterial contamination in woody plant tissue culture / P.R. Viss, E.M. Brooks, J.A. Driver // In Vitro Cell. Dev. Biol. — 1991. — Vol. 27. — P. 42.

Т.Т. Турдиев, И.Ю. Ковальчук, Б.Ж. Кабылбекова, А. Толеген,
Н.В. Михайленко, И.Р. Рахимбаев

Іле және Сырдария өзендерінің алқаптарында жоғалу қаупі бар *Populus diversifolia* Schrenk популяциясын *in vitro* клондау арқылы қалпына келтіру

Регрессияға ұшырап жатқан *Populus diversifolia* Schrenk популяциясын қайта қалпына келтіруді *in vitro* жағдайында клондау арқылы жүргізген тиімді, себебі ол тамыр жүйесі жабық түрінде контейнерлік өсімдіктерді жылдам әрі жаппай алуға, сондай-ақ табиғи мекендеу аумағына отырғызуға мүмкіндік береді. *P. diversifolia* өсімдіктерін *in vitro* жағдайына енгізуді қыс мезгілінде физиологиялық тыныштық күйі аяқталған соң жүргізген тиімді. Іріктелген плюс ағаштардан 2-3 бүршігі бар 6-7 см бір жылдық сүректелген қалемшелер жиналып, «Белизна» ағартқышында (1:1) 10 минут және 0,1% HgCl_2 препаратында 5 мин сапрофитті микрофлорадан залалсыздандырылды және одан әрі қоректік ортаға енгізілді. Клонды микрокөбейту үшін оңтайлы қоректік орта құрамы – МС, БАП-0,1 мг/л; ГК-0,02 мг/л; В₁-0,5 мг/л; глюкоза 20 г/л. Өсімдіктерді *in vitro* жағдайынан контейнер өсімдісіне ауыстыру үшін ең жақсы субстрат 50/40/10 мөлшеріндегі торф + кара топырақ + құм болып табылады. Тоғай ормандарын қалпына келтіру үшін контейнерлердегі 225 дана көшет (БКС) Іле

өзенінің алқабындағы «Бақанас орман шаруашылығы» КММ аумағында және 200 дана көшет Сырдария өзенінің алқабындағы «Отырар орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемесі» КММ аумағына отырғызылды. Іле өзенінің алқабындағы көшеттердің өміршендігі 95%, ал Сырдария өзенінің алқабында 43% құрады.

Кілт сөздер: *Populus diversifolia*, асептикалық өсімдіктер, клондық микрокөбейту, ризогенез, контейнер өсінісі.

T.T. Turdiev, I.Yu. Kovalchuk, B.Zh. Kabyzbekova, A. Tolegen,
N.V. Mikhailenko, I.R. Rakhimbaev

Restoration of endangered *Populus diversifolia* Schrenk population in the basins of the Ile and Syrdarya rivers by in vitro cloning

The restoration of regressing populations of *Populus diversifolia* Schrenk is effectively carried out using in vitro cloning, which allows you to quickly and in large quantities obtain planting material in containers with a closed root system and plant in their natural habitat. The introduction of *P. diversifolia* into in vitro culture is effectively carried out in the winter period after the completion of physiological dormancy. Annual lignified cuttings 6-7 cm long with 2-3 buds from selected plus trees were sterilized from saprophytic microflora with Belizna bleach (1:1) for 10 minutes and a solution of 0.1% HgCl₂ for 5 minutes and placed on the medium. The optimal medium for clonal micropropagation is MS, BAP-0.1 mg/l; GA-0.02 mg/l; B1-0.5 mg/l; glucose 20 g/l. To transfer plants from in vitro to container culture, the best substrate is peat + chernozem + sand, 50/40/10, respectively. For restoration of forests 225 pcs. seedlings in containers were planted on the territory of the Bakanas Forestry in the delta of the river and 200 pcs. on the territory of Otrar State Institution for the Protection of Forests and Wildlife in the delta of the Syrdarya River. The survival rate of seedlings in the delta of the Ili River was 95% and in the delta of the Syrdarya River 43%.

Keywords: *Populus diversifolia*, aseptic plants, clonal micropropagation, rhizogenesis, container culture.

References

- 1 Besschetnov, P.P. & Grudzinskaia, L.M. (1981). *Turangovyie topolia Kazakhstana [Turan poplars in Kazakhstan]*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 2 Skupchenko, B.K. (1950). Semennoe razmnzhenie turangovykh topolei [Seed reproduction of turan poplars]. *Vestnik Akademii nauk Kazakhskoi SSR — Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR*, 3, 60 [in Russian].
- 3 Pisarenko, A.I., & Strakhov, V.V. (2014). Perspektivy razvitiia lesnykh plantatsii kak osnovy lesovosstanovleniia [Prospects for the development of forest plantations as the basis for reforestation]. *Lesnoe khoziaistvo — Forestry*, 5, 2–6 [in Russian].
- 4 Kuzmina, Zh.V., & Treshkin, S.E. (2012). Tugai i vozmozhnosti ikh vosstanovleniia v sovremennyi period [Tugai and the possibilities of their restoration in the modern period]. *Aridnye ekosistemy — Arid ecosystems*, 18(3), 44–59 [in Russian].
- 5 Ospanov, S. (2003). Turanga [Turan poplar]. *Industrialnaia Karaganda — Industrial Karaganda*, 10 [in Russian].
- 6 Inelova, Z.A. (2016). Okhrana redkikh i ischezaiushchikh vidov doliny srednego i nizhnego techeniia r. Ile [Protection of rare and endangered species of the valley of the middle and lower reaches of the river Ile]. *Vestnik Kazakhskogo natsionalnogo universiteta. Seriya ekologicheskaya — Bulletin of the Kazakh National University. Ecological series*, 27(1), 16–24 [in Russian].
- 7 Yablonskaia, M.I., Gins, M.S., & Molchanova, M.A. (2016). Biotizatsiia rastenii in vitro [Biotization of plants in vitro]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya Agronomiia i zhivotnovodstvo — Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Agronomy and Animal Husbandry Series*, 1, 15–20 [in Russian].
- 8 Yasodha, R., Sumathi, R., & Gurumuthi, K. (2004). Micropropagation for quality propagule production in plantation forestry. *Indian Journal of Biotechnology*, 3, 159–170.
- 9 Rodin, A.R., & Rodin, S.A. (2010). Povyshenie rezultativnosti vyrashchivaniia lesnykh kultur posadochnym materialom s zakrytoi kornevoi sistemoi [Increase of the efficiency of growing forest crops with planting material with a closed root system]. *Lesnoi vestnik — Forest Bulletin*, 5, 7–9 [in Russian].
- 10 Viss, P.R., Brooks, E.M., & Driver, J.A. (1991). A simplified method for the control of bacterial contamination in woody plant tissue culture. *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, 27, 42.

Ye.Ye. Yerkinkazhina*, A. Bekenkali, T. T. Toleukanova,
Zh. E. Kassymova, Sh. A. Atambayeva

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

**The author for correspondence: eve64486@gmail.com*

In silico study of the interaction features of microRNAs obtained from the diet

To investigate the effect of diet on the expression of genes is a new direction that has every chance to influence the development of diseases. Due to this, exogenous diet derived miRNA can make a positive contribution to genes of mRNA, opening up new opportunities for the use of food mi-RNAs to maintain health and fight diseases. There is considerable interest in the use of circulating miRNAs derived from the diet as biomarkers, and the potential for the use of dietary-derived mammalian miRNAs may represent a powerful new therapeutic strategy for the treatment of diseases. According to this assessment, miRNAs play a beneficial role in the genesis of socially significant diseases such as obesity, diabetes, endocrine diseases. This article attempts to collect possible information to strengthen the theory of dietary miRNAs and its action. More precisely, the mechanisms of miRNAs and mRNA target genes that are associated with genes accountable for the appearance of endocrine diseases, the binding sites of miRNA and mRNA target genes have been revealed. A special mechanism in the progress in the diseases is played by a violation of the regulation of the expression of target genes, which makes it possible to detect the disease at early stage. The bioinformatics computational approach of binding genes and miRNA was performed using the *NewGeneralScanning* program. As a result of the databases of genes and miRNAs involved in diseases of the endocrine systems were composed. Genes and miRNA binding sites have been identified, the expression of which is disrupted in significant diseases of endocrinology.

Keywords: miRNA, mRNA, genes, dietary miRNA, endocrinology diseases, binding sites, markers, genetic expression.

Introduction

The meaning of uptake of food-derived active small RNAs (sRNAs) in recipient organisms may have significant mechanisms and play important role for our understanding of oral therapy and nutrition. Exosomal miRNA widely are presented in the animal and plant products, e.g., in biological liquids (synovial fluid, blood, saliva, urine) and the supernatant of cell cultures [1]. Changes or dys-regulation in miRNAs composition may influence anomalous expression of genes and proteins [2]. It has been acknowledged that miRNAs are furthermore contained in plants (vegetables, fruits) and animal products, also deficiency of same dietary origin of miRNAs cannot be remunerated for by internal synthesis [3]. miRNAs are engaged in the gastrointestinal tract and absorbed into the blood, transported to cells. The exogenous exosomes are released and pass into the circulation, which is so obsessed by altered organs [4]. It was being tested that dietary miRNAs engaged and penetrated by mammals to the shape of exosomal to participate in life direction and engage in reactions to pathological causing in the organism, especially to cells to contribute the tumor-suppressive consequence of exosomal miRNAs derived from milk [5, 6]. Dietary bioactive pieces through miRNAs may influence and affect intensity of numerous genes.

Food miRNAs are RNA molecules with a length of less than 200 nucleotides, which are usually participated in the regulation of other cellular processes. In particular, miRNAs are involved in the post-transcriptional regulation of gene expression. This process is known as RNA interference [7]. After processing, miRNAs bind specific complementary sequences in messenger RNA transcripts and regulate gene expression by repressing translation and/or degradation of the target mRNA. The absorption of dietary miRNAs obtained from the diet considered that through an effect to the expression of genes. A gene expression processes the absorbing organism, was first found in *Caenorhabditis elegans* [8]. It was found that these RNAs suppress many genes after serving as a matrix for the formation of miRNAs, when dsRNAs were added to the diet or expressed in the bacteria that make up the diet of this organism. There is considerable interest in the use of circulating miRNAs derived from the diet as biomarkers [9], and the potential for the use of dietary-derived mammalian miRNAs may represent a powerful new therapeutic strategy for the treatment of diseases [10]. According to this assessment, miRNAs play a beneficial role in the genesis of socially signifi-

cant diseases such as obesity, diabetes, endocrine diseases. This article attempts to collect possible information to strengthen the theory of dietary miRNAs and its action in different kingdoms.

Diseases of the endocrine system are recognized one of the common diseases in our society. Endocrine diseases occur in the process of disruption of the normal hormonal background, which leads to the development of hyperfunction, hypofunction, and dysfunction of the endocrine organs. Current problems of modern endocrinology are the diagnosis and treatment of diseases such as diffuse toxic goiter, thyroiditis, autoimmune thyroiditis, and diabetes mellitus, diabetic nephropathy, acromegaly, prolactinoma, insulinoma, Itsenko-Cushing and Larone syndrome, hyperparathyroidism and obesity [11]. Hormonal disorders can be associated not only with the consequence of external influences, but also with hereditary factors of genes. Genes in the endocrine system are linked to the activation of function by encoding protein hormones, transport proteins, receptors, transcription factors and other molecules. For example, information about the mutation of the *RET* gene allows you to prevent the risk of developing cancer and start therapy using preventive methods [12]. And also the detection of a *PROPI* gene mutation eliminates the need for surgical treatment, and to continue treatment with STH drugs [13]. Recently, there has been a surge of interest in the role of small non-coding RNAs, and several reports focus on the effect of miRNAs on their target genes, which are related to nephropathy. Predictive in silico analysis of specific target genes showed that these mRNAs associated with the realization of metastatic potential are involved in several signaling pathways and regulate as yet unexplored genes that can be studied in the future. The appearance of diseases of the associated endocrine system is associated with a change in gene expression, which occurs in two directions, with increased expression, miRNAs can be used as oncogenes, and with reduced expression they can be a suppressor [14]. A decrease in the expression of some mRNAs results for the decrease in gene expression. Offering the information about gene anomalous makes it important to set up the case of mutation and diagnose diseases at an early stage, before heavily level of diseases [15]. As a result of the databases of genes and miRNAs involved in diseases of the endocrine systems were created. The connections of genes and miRNA, the expression of which is disrupted in significant diseases of endocrinology, have been revealed.

This observation confirms the important overview to research for needed biomarkers that in the future will characterize of the endocrinology diseases. The search for biomarkers is complicated by the biological specialty of each personal body, individual lifestyle, as well as taking various drugs and biological active nutritional supplement.

Experimental

Using bioinformatical methods, it was possible to classify a database of genes and microRNAs associated with the disease. In the *NCBI database* (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) and *DisGeNET* (<https://www.disgenet.org/>) a search for target genes was performed. Thanks to the publications that were published on the website (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>) the connection of the gene with the disease was found out. At the same time, it is necessary to identify a group of corresponding genes participated in the occurrence of pathology for the main types of endocrine diseases. The miRNA nucleotide sequences were downloaded from *miRBase* (<http://www.mirbase.org/>). In the process, it was found out that some genes and miRNAs are associated with several endocrine diseases. Bio informatic calculation of the binding characteristics of disease genes and miRNAs was performed using the New General Scanning program. The New General Scanning program determines the following miRNA-miRNA binding characteristics: (a) initiation of miRNA-mRNA binding from the first nucleotide of miRNA; (b) localization of miRNA CC in the 5'-untranslated region (5'UTR), coding domain sequence (CDS) and 3'-untranslated region (3'UTR) of mRNA; (c) nucleotide interaction patterns of miRNA and mRNA; (d) free energy of interaction between miRNA and mRNA (ΔG , kJ/mol); (e) ratio $\Delta G/\Delta G_m$ (%) (ΔG_m equals free energy of binding of miRNA to its fully complementary nucleotide sequence). New General Scanning finds hydrogen bonds between adenine (A) and uracil (U), guanine (G) and cytosine (C). The free interaction energy (ΔG) of the G and C pair is 6.37 kJ/mol, the A and U pair is 4.25 kJ/mol, and the G and U, A and C pair is 2.12 kJ/mol [16, 17]. The number of hydrogen bonds in the interactions is G-C — 3; A-U — 2; G-U and A-C one each, respectively. The work revealed that certain genes and miRNAs from the diet showed an association with the above diseases.

Results and Discussion

We have created databases of genes and miRNAs participated to the occurrence of endocrine diseases. A total of 2009 genes and 6596 miRNAs responsible for the development of diseases of the endocrine sys-

tems were identified. A bioinformatic analysis of their interactions was carried out using the New General Scanning program, as a result of which 846 genes and 4689 miRNAs were selected. 142 genes have been identified, the expression of which is disrupted during the development of diseases of the endocrine system. These genes include: *ABCC8*, *ACE*, *ACSL1*, *ACVR1B*, *ADD1*, *ADGRL2*, *ADRB1*, *AHSG*, *AKT2*, *ANGPTL8*, *APC*, *APOA1*, *APOA5*, *AQP4*, *ARMC5*, *ATM*, *ATP1A1*, *ATP2A2*, *ATP2A3*, *ATRNLI*, *ATXN2L*, *BAX*, *BDNF*, *BMP2*, *BMP4*, *BSCL2*, *C3*, *CACNA1D*, *CARTPT*, *CCN2*, *CCND1*, *CD2AP*, *CD81*, *CDH23*, *CDK5R1*, *CDON*, *CISD2*, etc. (Table 1). And for the purpose to do research, there are used miRNAs which are obtained from *Arachis hypogaea*, *Bos taurus*, *Brassica oleracea*, *Capra hircus*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*, *Cucumis melo*, *Cucumis sativus*, *Equus caballus*, *Festuca arundinacea*, *Gallus*, *Helianthus annuus*, *Helianthus argophyllus*, *Malus domestica*, *Oryza sativa*, *Ovis aries*, *Phaseolus vulgaris*, *Prunus persica*, *Solanum lycopersicum*, *Solanum tuberosum*, *Theobroma cacao*, *Triticum aestivum*, *Vitis vinifera* and *Zea mays*.

Table 1

Genes responsible for development of endocrinology diseases

Diseases	Genes (PMID)	Diseases	Genes (PMID)
Acromegaly	ACE (28712073), BAX (16343104), CYP11B2 (17003099), E2F1 (31828584), EHMT1 (30948746), FTO (28913579), GIPR (28179449), IGF1R (25871641), INS (17652220), KL (30818110), MTHFR (26154858), NPPB (18037753), TNFRSF11B (29895074), TRH (24111551)	Goiter	ACVR1B (11069203), ATRNL1 (31347686), BAX (11351299), PIK3CA (31347686), CDH23 (15375577), CCND1 (11288983), DIO2 (17940114), FOXE1 (26267147), GLIS3 (29083325), GRPEL1 (23535966), IDH2 (11713206), KLLN (23724128), PTCH1 (31127647), PTGDS (16684826), SDHB (28780189), SPAG9 (19820019), SPP1 (29355489), TEK (11397875), TRH (3097618), WDR62 (30884127)
Alloxan diabetes	ACE (22191573), ACSL1 (9452481), ATP2A2 (16123366), ATP2A3 (16123366), BAX (23090186), HMOX1 (18375438), MAP3K5 (18342293), PDX1 (16123366), PPARA (14563825), PRKCA (12198386), SERPINE1 (21757225), SIRT1 (23792339), STS (24497646), TGFB1 (23090186), YWHAH (18342293)	Hyperaldosteronism	ADD1 (12107246), APC (18247045), ATP1A1 (23416519), ARMC5 (24905064), KCNJ5 (25322277), CACNA1D (26606680), CRH (24302625), KCNK9 (19878209), CYP11B2 (28388725), DRD2 (11864730), NR3C1 (29167167), OCRL (29567944), PPARA (29222092), SCNN1A (15475529), SERPINE1 (19625761), SFRP2 (24087794), TGFB1 (19625761)
Autoimmune thyroiditis	ADGRL2 (26301688), ATXN2L (26301688), C3 (31579073), CD81 (27860532), CXCL11 (31813786), GAS6 (31129420), INS (15928253), LPP (22922229), NKD1 (26301688), PTCH1 (16405407), PTPN22 (28948825), SMAD3 (25429627), SMN1 (27476469), SMN2 (27476469), TNFRSF25 (9064334)	Hyperinsulinism	ABCC8 (29493090), ACE (25154650), AKT2 (29484683), BSCL2 (30552349), CARTPT (30649980), DBH (27778639), EHMT1 (30938760), FANCC (22482891), FASN (31164724), HMOX1 (19171794), HNF1A (29493090), INS (30131390), NR3C1 (31199473), RPS6KB1 (15692808), SH3BP4 (30637573), SERPINE1 (10595645), SIRT1 (30506571), PDX1 (31207434), PIK3CA (31467576), PIK3CD (31467576), PPARA (31547433),
Cushing Syndrome	ACE (16924268), ARMC5 (29370219), BDNF (28982330), CACNA1D (26743443), CDH23 (28413019), CRH (31041631), CTNNB1 (28911199), CYP11B2 (30769265), DRD2 (11864730), E2F1 (27935805), FASN (18782871), GIPR (28931750), IGF1R (11888846), IGF2 (11888846), KCNJ5 (17525485), LGR6 (12587537), NR3C1 (31613324)	Hyperparathyroidism	ACE (17142213), APC (26163537), CCND1 (21541686), FECH (30094461), HNF1A (23979948), KL (31135568), MAFK (15009006), MTHFR (23534584), SDHB (16688763), TNFRSF11B (20808842), USP6 (24742829), ZNRD2 (15009006)
Diabetes Mellitus	ABCC8 (17259403), ACE (22064603), ACSL1 (22308341), ACVR1B (11334431), ADD1 (15187197), ADRB1 (18378355), AHSG (20124547), AKT2 (15166380), ANGPTL8 (30191588), APC (15240665), APOA1 (14988232), APOA5 (19765959),	Hypothyroidism	ACE (31396276), ANGPTL8 (31380419), APC (27457726), APOA1 (27457726), APOA5 (15941710), AQP4 (30593981), ATM (29847168), ATP2A2 (26064889), ATXN2L (29666563), BDNF (30119135), PIK3CA (31495205), PIK3CD (31495205),

	AQP4 (19748503), ARMC5 (15988104), ATM (21315178), ATP2A2 (25270119), BAX (9576088), BDNF (27981512), BMP2 (29857981), BMP4 (26769046), BSCL2 (16435205), C3 (29029276), CARTPT (30649980), CCN2 (12446618), CCND1 (30462152), CD2AP (15149332), CDH23 (28245897), CISD2 (29237418), CRH (30280757), CTNNB1 (29135090), CXCL11 (28753646), CYP11B2 (27992114), DBH (29225702), DIO2 (29641285), E2F1 (29526568), EHMT1 (31725337), EIF2S3 (28055140), ELN (31096818), ENPEP (29156994), ERBB3 (30927244), FASN (31202106), FGFR1 (31082455), FN1 (29960272), FOS (26599598), FTO (30933732), FZD5 (31726413), GAS6 (30508521), GATA3 (28765956), GIPR (30910378), GLIS3 (31340201), HAMP (31296086), HFE (30657865), HHIP (31794697), HMOX1 (31332605), HNF1A (31215021), ICA1 (11029035), IGF1R (31847392), IGF2 (30536889), IGF2BP2 (25661373), IGFBP5 (30684263), INS (29890547), KCNJ5 (11544614), KL (31185930), KRAS (30443000), LDLR (30831097), LGR6 (30030074), MAFA (23975026), MAP3K5 (29627323), MTHFR (30675189), NEFL (31138085), NOG (29943307), NPPB (31567942), PIK3CA (31539141), PIK3CD (31317389), PON1 (31597668), PPARA (31029826), PRKCA (31743046), PTCH1 (31726413), PTF1A (26184423), PTGDS (20136655), PTPN22 (31732921), RCAN1 (30583978), RPS6KB1 (29496905), SERPINE1 (28321652), SIRT1 (30599900), SLC25A4 (28223503), SMAD3 (31071302), SPP1 (30268840), STAT3 (31848914), STS (28040286), TEK (31102457), TGFB1 (31461798), THBS2 (31391172), TNFRSF11B (30855435), ZFHX3 (27790247)		PPARA (29720336), CDK5R1 (22987596), PTPN22 (27182965), CRH (30508752), CTNNB1 (28191619), DIO2 (30508752), SIRT1 (30736780), EHMT1 (28870812), ELN (30595370), ENPP1 (15811553), FASN (30272292), STAT3 (30027933), FGFR1 (30595370), TGFB1 (18190611), FOXE1 (28727628), TRH (30590076), HAMP (31700042), ZIC2 (28870812)
		Insulinoma	ABCC8 (15613469), CACNA1D (8529524), CCND1 (29225069), CORO1A (26756113), CRHR1 (21106875), CTNNB1 (19427668), EHMT1 (31731177), HAMP (28179377), IGF2 (27667266), INS (31249641), KL (28993191), PDX1 (22114719), SMAD3 (22275377), STAT3 (11024034)
		Parathyroid Adenoma	CCND1 (23660642), E2F1 (31535356), ENPEP (31751311), FZD5 (22576020), IDH2 (27038812), GLIS3 (30403657), KL (18682507), MAFK (15009006), SFRP1 (27071708), SH3BP4 (30347604), SMAD3 (12161532), TBC1D9 (17299072), ZNRD2 (27038812)
Diabetic Nephropathy	ABCC8 (24357461), ACE (28177196), ADD1 (15187197), APOA1 (28478047), ATP2A2 (28761152), BDNF (20557422), BMP4 (30158674), C3 (31798904), CCN2 (30720184), CTNNB1 (29572435), E2F1 (23902294), EHMT1 (31373167), FN1 (29568954), GAS6 (28513288), HHIP (31794697), HNF1A (28502589), IGF1R (27082896), IGF2 (31182468), INS (31737684), MAP3K5 (31154867), MTHFR (23822721), PIK3CA (30899370), PIK3CD (22056625), PPARA (31585912), PTGDS (29253627), SMAD3 (31734275), STAT3 (29291386)	Prediabetes syndrome	AHSG (30515292), ANGPTL8 (26910534), BDNF (27062899), BMP4 (29943307), CRHR1 (29948652), EHMT1 (29082261), FTO (26334876), HNF1A (26240958), HAMP (28841871), HHIP (31590446), IGF2 (29939900), IGF2BP2 (25755232), INS (28473613), INTS3 (30307821), NOG (29943307), SERPINE1 (31690939), SPP1 (29151224), TNFRSF11B (29151224)
Endemic Cretinism	DIO2 (15911145), FOXE1 (23079472), TRH (782770)	Prolactinoma	BMP4 (22366961), CCND1 (24373949), CDH23 (28413019), DRD2 (22127489), E2F1 (16766265), ERBB3 (19401448), FGFR1 (22801565), FOS (3398845), LIFR (12574225), PIK3CA (29726995), PIK3CD (29726995), PPARA (30021235), SDHB (26259135), SMAD3 (30946881), TGFB1 (30946881), TNFRSF11B (29895074), ZNRD2 (29230669)

miR-23b has recently been established to be associated with diseases, such as diabetes mellitus, prediabetes syndrome, gestational diabetes, hypothyroidism, that reduced the inhibition of gene expression [18]. miR-23b was derived from animal products *Equus caballus*, *Ovis aries*. Inflammatory regulation factor-associated miRNAs in animal models and milk-derived miR-12030, miR-9007, miR-1582, miR-1648-5p, miR-1637, miR-2127, miR-11976, miR-7475-5p, miR-2885 have been shown a higher score occurrence of diseases.

Interaction analysis showed that miR-1281 has binding sites with 9 genes: *ATM*, *BMP4*, *CTNNB1*, *IGF2BP2*, *KCNK9*, *KLLN*, *SIRT1*, *SMAD3*, *ZFHX3*. In this case, binding occurs in all cases in 5'UTR. The binding energy values vary in the range from -85 to -93 kJ/mole. Changes in the expression of these genes, in turn, are associated with the occurrence in the following diseases of the endocrine system: diabetes mellitus, hypothyroidism, prolactinoma, diabetic nephropathy, Cushing's syndrome, insulinoma, prediabetic syndrome, hyperaldosteronism, alloxan diabetes, hyperinsulinism, autoimmune thyroiditis, parathyroid adenoma, etc [19]. In the gene of mRNA, *CTNNB1* gene has a connection with diabetes mellitus, in addition, there is a connection with diseases such as Cushing's syndrome, diabetic nephropathy, hypothyroidism, insulinoma. miR1281 has been found to promote differentiation of *Bos taurus* animal products.

In turn, miR-7475-5p has binding sites with 7 genes: *ACVR1B*, *KCNK9*, *MAFK*, *NKD1*, *PPARA*, *YWHAH*, *ZFHX3*. In this case, binding occurs in all cases in 5'UTR. The binding energy values vary in the range from -110 to — 115 kJ/mole. In our result, it was shown that miR-7475-5p derived from *Gallus* has a high score. Changes in the expression of these genes, in turn, are associated with the causing of the following diseases of the endocrine system: diabetes mellitus, hyperaldosteronism, parathyroid adenoma, hyperparathyroidism, autoimmune thyroiditis, alloxan diabetes, diabetic nephropathy, diabetes mellitus during pregnancy, prolactinoma, hyperinsulinism, hypothyroidism, etc. It was noted that miR-9007 which is presented in *Equus caballus*, in turn, binds only to three genes: *ADRB1*, *CXCL11*, and *INS*. The binding sites are located in the 5'UTR sections, respectively. The interaction energy had values of -83 kJ/mole for the *ADRB1* genes, — 84 kJ/mole for the *CXCL11* gene, and -82 kJ/mole for the *INS* gene. The genes *ADRB1*, *CXCL11* are associated with diabetes mellitus. The *INS* gene is associated with acromegaly, autoimmune thyroiditis, diabetes mellitus, prediabetes syndrome, diabetic nephropathy, gestational diabetes, hyperinsulinism, insulinoma. miR-2885 (derived from *Bos taurus*) binds to five genes: *AKT2*, *BMP2*, *CDK5R1*, *HMOX1*, *NOG* [20]. In addition to the *CDK5R1* gene, binding sites are located in the 5'UTR regions [21, 22]. And the interaction energy ranges from -106 to -129 kJ/mole.

Also with three genes: *NR3C1*, *DRD2* and *ZIC2* forms miR-3141 interactions. Binding sites are located in the 5'UTR sites. The energy indices of their interaction are in the range of -93 (-99) kJ/mole. The *NR3C1* gene is associated with diabetes mellitus, hyperaldosteronism, hyperinsulinism, Cushing's syndrome. The *DRD2* gene encodes the dopamine receptor, a protein located on the surface of neurons, coupled with G proteins and inhibiting adenylate cyclase under the influence of dopamine [23]. The *ANKK1* gene is located in the regulatory zone of the *DRD2* gene and regulates its expression.

Only with two genes *ACL1* and *CCND1* forms miR-1552-3p interactions. The binding sites are located in the 5'UTR regions, and the interaction energy varies in the following values: -99(-101) kJ/mole. The *CCND1* gene has a connection with diabetes mellitus, parathyroid adenoma, prolactinoma, hyperparathyroidism, insulinoma. The binding characteristics of miRNA and mRNA their target genes responsible for the development of oncological and borderline gastrointestinal diseases are presented in Table 1 and Figures 1, 2. And more detailed information about miRNAs is presented in Table 2.





Figure 1. Interaction mechanism of miRNAs and mRNAs of the genes participated in development of endocrinology system diseases

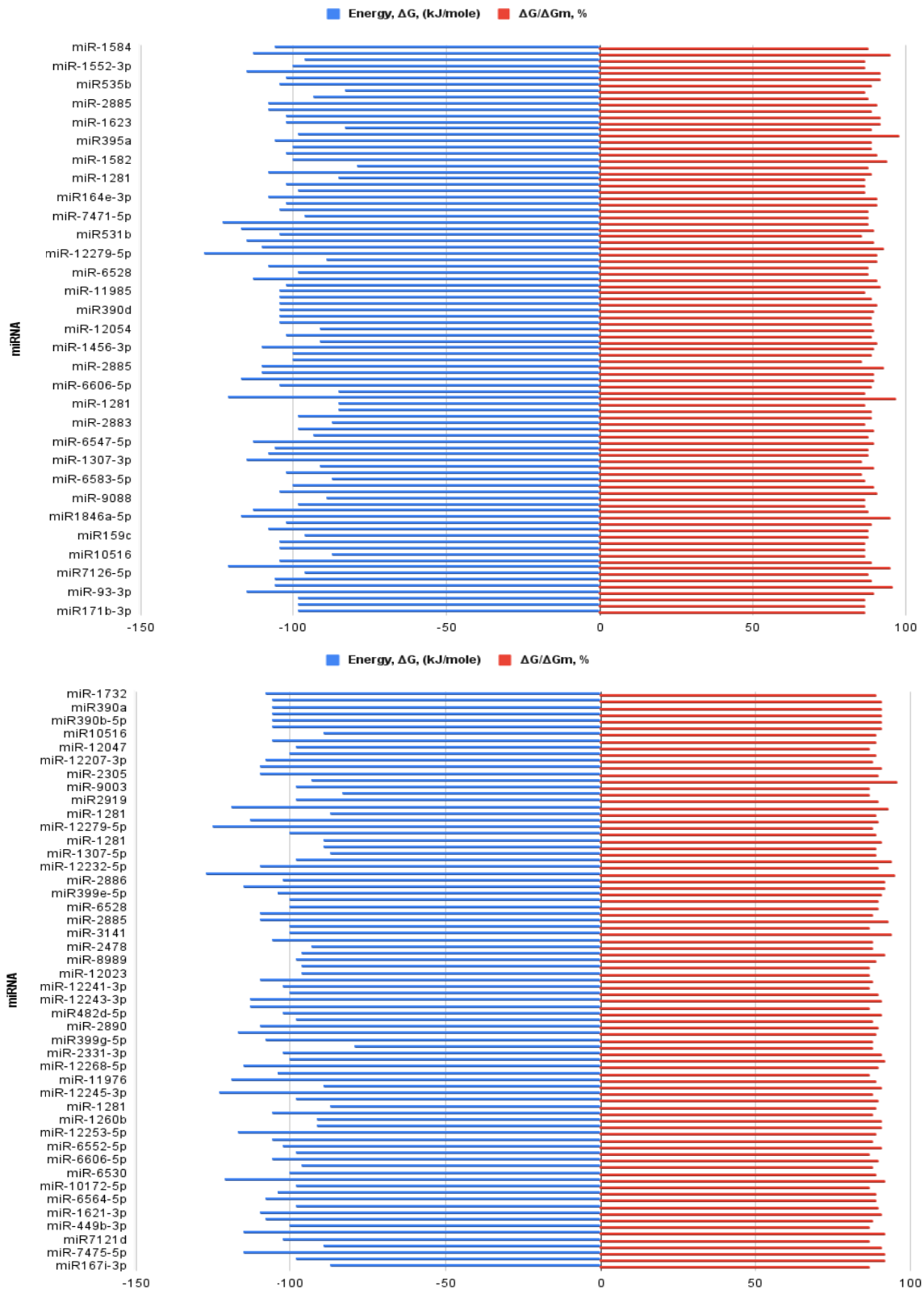


Figure 2. Parameters of binding sites for miRNAs and mRNAs of the genes participated in development of endocrinology diseases

Table 2

Types of miRNAs are derived from animal products and fruits or vegetables



The *ADD1*, *ENPP1*, and *PPARA* genes have binding sites of one miRNA — miR-12023, expression changes of which are indicated for diseases such as gestational diabetes, hypothyroidism, alloxan diabetes, diabetes mellitus, diabetic nephropathy, gestational diabetes, prolactinoma, hyperaldosteronism, hyperinsulinism, hypothyroidism. miRNA binding sites are located in 5'UTR and 3'UTR. The free binding energy is high and varies within -98-(-110) kJ/mole (Fig. 2).

Similarly, to the above genes, the *ACLI*, *PIK3CD* genes bind to miR-8989 that derived from *Equus caballus* [24]. The *ALDH2* gene also has a binding site for miR-1552-3p. miRNA binding sites are located only in 5'UTR. The free binding energy varies within -97-(-99) kJ/mole. For these two genes, changes in expression are indicated for diseases of the endocrine system such as diabetes mellitus, diabetic nephropathy, gestational diabetes, prolactinoma, hyperinsulinism, hypothyroidism.

In the analysis of endocrine diseases, the highest energy values ($\Delta G = -127$ kJ/mole) are shown for binding sites of miR-11976 to *LPP* genes. The lowest energy values ($\Delta G = -78$ kJ/mole,) were for miR-138-5p binding sites to the *SDHB* genes. Most of the binding sites are localized in 5'UTR [25].

miR-2131-3p, miR-1584, miR-12030, miR-7475-5p, miR-2899, miR169c-3p, miR395a, miR-1814, miR-6568-5p have been identified that are participated in the occurrence of diabetes mellitus disease. And also miR-7475-5p, miR-12214-5p, miR-1281, miR-6552-5p, miR-1770, miR-3141 are presented in *Bos taurus*, *Gallus*, which are useful in the development of hypothyroidism [26-28]. miR390, miR390a-5p have binding sites in the mRNA of the *HFE* gene responsible for the development of diabetes mellitus, the presence of interactions has been established with the following miRNAs [29] (Fig. 2). The binding sites are in 5'UTR, and the free energy is determined within -106 kJ/mole. The *SERPINE1* gene interacts with miR-

2331-3p. Changes in its expression are associated with the development of alloxan diabetes, diabetes mellitus, prediabetes syndrome, diabetic nephropathy, gestational diabetes, hyperaldosteronism, hyperinsulinism [30]. The binding sites are located in the 5'UTR section. And the binding energy values are -102 kJ/mole. The *PTSN1* gene has binding sites for two miRNAs (miR-6528, miR-12243-3p), which are associated with the development of diseases such as autoimmune thyroiditis, diabetes mellitus, gestational diabetes [30]. Binding sites are localized in 5'UTR. The binding energy has high values that range from -110(-113) kJ/mole. The *CARTPT* gene is a target for five miRNAs (miR-390b, miR-390b-5p, miR-390d, miR-390-5p, miR-390). And all these miRNAs are obtained of plants, especially *Citrus sinensis*, *Malus domestica*, *Oryza sativa*, *Solanum lycopersicum*, *Solanum tuberosum*, *Theobroma cacao*, *Triticum aestivum*, *Vitis vinifera*, *Zea mays*, *Cucumis melo*. There are different views to the models of plant miRNAs as an affected source to correct the expression of their target genes [31, 32]. Several types plant miRNAs have been detected to be present in human tissues to target genes regulating the processes in disease control. In addition, a big kingdom of exogenous miRNA delivery suggests to use in herbal and nutria medical way on human health [33]. Its expression is associated with the development of diabetes mellitus and hyperinsulinism. The binding sites are in 5'UTR. The interaction energy varies in the values of -104 kJ/mole. The gene *CRHR1* that responsible for the diseases, such as insulinoma and prediabetes syndrome, established by binding higher score of 97 with miR-1648-5p. And the miR-169c-3p of *Citrus sinensis*, *Solanum tuberosum*, *Zea mays* showed a high score of 98, within the gene *APC* responsible for the diabetes mellitus, hyperaldosteronism, hyperparathyroidism, hypothyroidism.

An analysis of the interactions of miRNA with the corresponding target genes responsible for the development of endocrine diseases showed that among the 9 common gene sequences obtained, the maximum energy is -115 kJ/mole, for the binding site of *ZFHX3* with miR-7475-5p at a score of 92. All binding sites are localized at the 5'UTR region of the genes. Analysis of interactions of miRNA and mRNA genes revealed miRNAs: miR-23b, miR-12030, miR-9007, miR-1582, miR-1648-5p, miR-1637, miR-2127, miR-11976, miR-7475-5p, miR-2885, miR-1281, miR-3141, miR-1552-3p, miR-12023, miR-8989, miR-2131-3p, miR-1584, miR-2899, miR169c-3p, miR395a, miR-1814, miR-6568-5p, miR-12214-5p, miR-1281, miR-6552-5p, miR-1770, miR-2331-3p, miR-6528, miR-12243-3p, miR-390b, miR-390b-5p, miR-390d, miR-390-5p, miR-390 that are involved in the manifestation of endocrine diseases. Thus, the results included in this study can provide insight into the mechanism of communication of endocrine diseases and help develop new diagnostic biological markers and therapeutic influences for patients.

Conclusion

As a result of this work, miRNAs and mRNA binding sites of target genes participated in the development of endocrine diseases were created. The interactions of miRNAs with associated genes have been proved, as well as the 142 genes responsible for the development of diseases and the expression of which is disrupted in significant diseases of endocrinology. These genes include: *ABCC8*, *ACE*, *ACSL1*, *ACVR1B*, *ADD1*, *ADGRL2*, *ADRB1*, *AHSG*, *AKT2*, *ANGPTL8*, *APC*, *APOA1*, *APOA5*, *AQP4*, *ARMC5*, *ATM*, *ATP1A1*, *ATP2A2*, *ATP2A3*, *ATRNL1*, *ATXN2L*, *BAX*, *BDNF*, *BMP2*, *BMP4*, *BSCL2*, *C3*, *CACNA1D*, *CARTPT*, *CCN2*, *CCND1*, *CD2AP*, *CD81*, *CDH23*, *CDK5R1*, *CDON*, *CISD2*, etc. miR-1281 binding sites have been established with 9 genes: *ATM*, *BMP4*, *CTNNB1*, *IGF2BP2*, *KCNK9*, *KLLN*, *SIRT1*, *SMAD3*, *ZFHX3*, associated with the development of endocrine diseases, respectively. According to the results obtained, the main high data indicators were miRNAs of *Bos taurus*, *Gallus*, *Equus caballus*. And the miR-169c-3p of *Citrus sinensis*, *Solanum tuberosum*, *Zea mays* showed a high score of 98, within the gene *APC* responsible for the diabetes mellitus, hyperaldosteronism, hyperparathyroidism, hypothyroidism. All binding sites are localized at the 5'UTR region of the genes. Analysis of interactions of miRNA and mRNA genes revealed miRNAs: miR-23b, miR-12030, miR-9007, miR-1582, miR-1648-5p, miR-1637, miR-2127, miR-11976, miR-7475-5p, miR-2885, miR-1281, miR-3141, miR-1552-3p, miR-12023, miR-8989, miR-2131-3p, miR-1584, miR-2899, miR169c-3p, miR395a, miR-1814, miR-6568-5p, miR-12214-5p, miR-1281, miR-6552-5p, miR-1770, miR-2331-3p, miR-6528, miR-12243-3p, miR-390b, miR-390b-5p, miR-390d, miR-390-5p, miR-390 that are involved in the manifestation of endocrine diseases.

References

- 1 Yáñez-Mó, M., Siljander, P.R., Andreu, Z., Zavec, A.B., Borràs, F.E., Buzas, E.I., Buzas, K., Casal, E., Cappello, F., & Carvalho, J. et al. (2015). Biological properties of extracellular vesicles and their physiological functions. *Extracell Vesicles.*, 4; 270662015. <http://doi.org/10.3402/jev.v4.27066>
- 2 Sun, J., Aswath, K., Schroeder, S.G., Lippolis, J.D., Reinhardt, T.A., & Sonstegard, T.S. (2015). MicroRNA expression profiles of bovine milk exosomes in response to *Staphylococcus aureus* infection. *BMC Genomics*, 16; 8062015. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-2044-9>
- 3 Zempleni, J., Aguilar-Lozano, A. A., Sadri, M., Sukreet, S., Manca, S., Wu, D., Zhou, F., & Mutai, E. (2017). Biological activities of extracellular vesicles and their cargos from bovine and human milk in humans and implications for infants. *J Nutr.*, 147; 3–10. <http://doi.org/10.3945/jn.116.238949>
- 4 Wang, X., Ning, Y., Zhou, B., Yang, L., Wang, Y., & Guo, X. (2017). Osteoarthritis associated microRNA expression signature. Integrated bioinformatics analysis. *Mol Med Rep*, 1833–1838. <http://doi.org/10.3892/mmr.2017.8057>
- 5 Otsuka, K., Yamamoto, Y., Matsuoka, R., & Ochiya, T. (2018). Maintaining good miRNAs in the body keeps the doctor away: Perspectives on the relationship between food-derived natural products and microRNAs in relation to exosomes/extracellular vesicles. *Mol Nutr Food Res.*, 62; 2018. <http://doi.org/10.1002/mnfr.201700080>
- 6 Ju, S., Mu, J., Dokland, T., Zhuang, X., Wang, Q., Jiang, H., Xiang, X., Deng, Z.B., Wang, B., Zhang L., et al. (2013). Grape exosome-like nanoparticles induce intestinal stem cells and protect mice from DSS-induced colitis. *Mol Ther.*, 21; 1345–1357. <http://doi.org/10.1038/mt.2013.64>
- 7 Carthew, R.W., & Sontheimer, E.J. (2009). Origins and mechanisms of miRNAs and siRNAs. *Cell*, 136; 642–55. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2009.01.035>
- 8 Timmons, L., & Fire, A. (1998). Specific interference by ingested dsRNA. *Nature*, 395; 854. <http://doi.org/10.1038/27579>
- 9 Byron, S.A., Van Keuren-Jensen, K.R., Engelthaler, D.M., Carpten, J.D., & Craig, D.W. (2016). Translating RNA sequencing into clinical diagnostics: opportunities and challenges. *Nat Rev Genet.*, 17; 257–71. <http://doi.org/10.1038/nrg.2016.10>
- 10 Wittrup, A., & Lieberman, J. (2015). Knocking down disease: a progress report on siRNA therapeutics. *Nat Rev Genet.*, 16; 543–52. <http://doi.org/10.1038/nrg3978>
- 11 Stanislav, O. (2018). Diseases of the endocrine system. Comenius University in Bratislava. *Faculty of Medicine, 1st edition*. 28–54.
- 12 Giovanni, C., Roberto, R., Antonietta, P., & Cristina, D.P. (2009). The RET gene and medullary thyroid cancer: from mutations to the planning of therapy. *Chir Ital.*, 61(5-6); 531–538.
- 13 Rohayem, J., et al. (2016). Long-Term Outcomes, Genetics, and Pituitary Morphology in Patients with Isolated Growth Hormone Deficiency and Multiple Pituitary Hormone Deficiencies: A Single-Centre Experience of Four Decades of Growth Hormone Replacement. *Horm Res Paediatr.*, 86(2); 106–116. <http://doi.org/10.1159/000448098>
- 14 Zhang, B., Pan, X., Cobb, G.P., & al. (2007). MicroRNAs as oncogenes and tumor suppressors. *Dev. Biol.*, 302(1); 1–12. <http://doi.org/10.1016/j.ydbio.2006.08.028>
- 15 Lewis, B.P., Burge, C.B., & Bartel, D.P. (2005). Conserved seed pairing, often flanked by adenosines, indicates that thousands of human genes are microRNA targets. *Cell*, 120(1); 15–20. <http://doi.org/10.1016/j.cell.2004.12.035>
- 16 Garg, A., & Heinemann, U. (2018). A novel form of RNA double helix based on G•U and C•A+ 325 wobble base pairing RNA. *New York*, 24; 209–218. <http://doi.org/10.1261/rna.064048.117>
- 17 Leontis, N.B., Stombaugh, J., & Westhof, E. (2002). The non-Watson-Crick base pairs and their 351 associated isostericity matrices. *Nucleic Acids Res.*, 30(16); 3497–531. <http://doi.org/10.1093/nar/gkf481>
- 18 Mao, G., Zhang, Z., Huang, Z., Chen, W., Huang, G., Meng, F., Zhang, Z., & Kang, Y. (2017). MicroRNA-92a-3p regulates the expression of cartilage-specific genes by directly targeting histone deacetylase 2 in chondrogenesis and degradation. *Osteoarthritis Cartilage*, 25; 521–532. <http://doi.org/10.1016/j.joca.2016.11.006>
- 19 Otsuka, K., Yamamoto, Y., Matsuoka, R., & Ochiya, T. (2018). Maintaining good miRNAs in the body keeps the doctor away. Perspectives on the relationship between food-derived natural products and microRNAs in relation to exosomes / extracellular vesicles. *Mol Nutr Food Res.*, 62; 2018. <http://doi.org/10.1002/mnfr.201700080>
- 20 Ju, S., Mu, J., Dokland, T., Zhuang, X., Wang, Q., Jiang, H., Xiang, X., Deng, Z.B., Wang, B., Zhang, L., et al. (2013). Grape exosome-like nanoparticles induce intestinal stem cells and protect mice from DSS-induced colitis. *Mol Ther.*, 21; 1345–1357. <http://doi.org/10.1038/mt.2013.64>
- 21 Shuzhi, Zh., Tao, L., Jun, L., Qianyi, L., Changjing, H., Na, W., Qinghua, Q., Hui, C., Xun, X., Haibing Ch., & Zhi, Zh. (2016). miR-23b-3p induces the cellular metabolic memory of high glucose in diabetic retinopathy through a SIRT1-dependent signaling pathway. *Diabetologia*, 59(3); 644–54. <http://doi.org/10.1007/s00125-015-3832-0>
- 22 Marta, G., Eusebio, Ch., Francesca, A., Domenica, M., Biagio, A., Maria, M., Rossella, L., Salvatore, A.P., Fiorillo, A.S., Daniela P.F., et al. (2020). MicroRNA-1281 as a novel circulating biomarker in patients with diabetic retinopathy. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 11; 528. <http://doi.org/10.3389/fendo.2020.00528>
- 23 Lowry, D., Paul, H., & Reimer, R. (2021). Impact of Maternal Obesity and Prebiotic Supplementation on Select Maternal Milk microRNA Levels and Correlation with Offspring Outcomes. *Br. J. Nutr.*, 1, 1. <http://doi.org/10.1017/S0007114521001197>

- 24 Chen, X., Gao, C., Li, H., Huang, L., Sun, Q., & Dong, Y. (2010). Identification and Characterization of microRNAs in Raw Milk During Different Periods of Lactation, Commercial Fluid, and Powdered Milk Products. *Cell Res.*, 20; 1128–1137. <http://doi.org/10.1038/cr.2010.80>
- 25 Aarts, J., Boleij, A., Pieters, B., Feitsma, A. L., van Neerven, R., Ten K.J.P., et al. (2021). Flood Control: How Milk-Derived Extracellular Vesicles Can Help to Improve the Intestinal Barrier Function and Break the Gut-Joint Axis in Rheumatoid Arthritis. *Front. Immunol.*, 12; 703277. <http://doi.org/10.3389/fimmu.2021.703277>
- 26 Huntzinger, E., & Izaurralde, E. (2011). Gene Silencing by MicroRNAs: Contributions of Translational Repression and mRNA Decay. *Nat. Rev. Genet.*, 12; 99. <http://doi.org/10.1038/nrg2936>
- 27 Bryniarski, K., Ptak, W., Martin, E., Nazimek, K., Szczepanik, M., Sanak, M., et al. (2015). Free Extracellular miRNA Functionally Targets Cells by Transfecting Exosomes from Their Companion Cells. *PLoS One*, 10(4); e0122991. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0122991>
- 28 Ivashchenko, A.T., Pyrkova, A.Y., Niyazova, R.Y., Alybayeva, A., & Baskakov, K. (2016). Prediction of miRNA Minding Sites in mRNA. *Bioinformatics*, 12; 237–240. <http://doi.org/10.6026/97320630012237>
- 29 Dever, J.T., Kemp, M.Q., Thompson, A.L., Keller, H.G.K., Waksmonski, J.C., Scholl, C.D., et al. (2015). Survival and Diversity of Human Homologous Dietary MicroRNAs in Conventionally Cooked Top Sirloin and Dried Bovine Tissue Extracts. *PLoS One*, 10(9); e0138275. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0138275>
- 30 Izumi, H., Kosaka, N., Shimizu, T., Sekine, K., Ochiya, T., & Takase, M. (2012). Bovine Milk Contains MicroRNA and Messenger RNA that are Stable Under Degradative Conditions. *J. Dairy Sci.*, 95; 4831–4841. <http://doi.org/10.3168/jds.2012-5489>
- 31 Golan-Gerstl, R., Lavi-Moshayoff, V., Elbaum, Y.S., & Leshkowitz, D. (2017). Characterization and Biological Function of Milk Derived miRNAs. *Mol. Nutr. Food Res.*, 61; 1. <http://doi.org/10.1002/mnfr.201700009>
- 32 Rosa, J.L., Francisco, A.D., Irene, R., Javier, L., Antonio, C., Francisco, G., Gracia, M.Q., Cristina, V., Fernando, R., Raul M.L., et al. (2021). MiRNAs profile as biomarkers of nutritional therapy for the prevention of type 2 diabetes mellitus: From the CORDIOPREV study. *Clin Nutr.*, 40(3); 1028–1038. <http://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.06.035>
- 33 Si, X., Xiangmei, D., Xuehua, W., Li, W., Chenguang, W., Shengjun, W., & al. (2019). Circular RNA Expression Profiling and the Potential Role of hsa_circ_0089172 in Hashimoto's Thyroiditis via Sponging miR125a-3p. *Mol Ther Nucleic Acids*, 17; 38–48. <http://doi.org/10.1016/j.omtn.2019.05.004>
- 34 Zhao, Q., Liu, Y., Zhang, N., Hu, M., Zhang, H., Joshi, T., et al. (2018). Evidence for Plant-Derived xenomiRs Based on a Large-Scale Analysis of Public Small RNA Sequencing Data from Human Samples. *PLoS One*, 13; e0187519. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0187519>
- 35 Rakhmetullina, A., Pyrkova, A., Aisina, D. & Ivashchenko, A. (2020). In Silico Prediction of Human Genes as Potential Targets for Rice miRNAs. *Comput. Biol. Chem.*, 87; 107305. <http://doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2020.107305>
- 36 Dai, X., Zhuang, Z., & Zhao, P. (2011). Computational Analysis of miRNA Targets in Plants: Current Status and Challenges. *Brief. Bioinformatics*, 12; 115–121. <http://doi.org/10.1093/bib/bbq065>

Е.Е. Еркинкажина, А. Бекенкали, Т.Т. Толеуканова, Ж.Е. Касымова, Ш.А. Атамбаева

Рационнан алынған миРНК өзара әрекеттесу ерекшеліктерін in silico зерттеу

Диетаның ген экспрессиясына әсерін зерттеу — бұл аурудың дамуына әсер етудің барлық мүмкіндігі бар жаңа бағыт. Осының арқасында экзогендік тағамнан алынған миРНК денсаулықты сақтау және аурулармен күресу үшін тағамдық мРНК-ны пайдаланудың жаңа мүмкіндіктерін аша алады. Рационнан алынған айналымдағы миРНК-ларды биомаркер ретінде пайдалануға үлкен қызығушылық бар және рационнан алынған сүтқоректілердің миРНК-сын қолдану мүмкіндігі ауруларды емдеудің жаңа, күшті терапевтік стратегиясын ұсынуы мүмкін. Осы бағалауға сәйкес, миРНК семіздік, қант диабеті, эндокриндік аурулар сияқты әлеуметтік маңызы бар аурулардың генезисінде бейбіт түрде қолайлы рөл атқарады. Мақалада азық-түлік миРНК теориясын және оның әрекетін нығайту үшін мүмкін болатын акпаратты жинауға әрекет жасалды. Дәлірек айтқанда, эндокриндік аурулардың дамуымен байланысты мақсатты гендердің мРНК және мРНК өзара әрекеттесуі анықталды, мақсатты гендердің миРНК және мРНК байланыстыру орындары анықталды. Аурудың дамуында мақсатты гендердің экспрессиясын реттеудің бұзылуы ерекше рөл атқарады, бұл ауруды ерте анықтауға мүмкіндік береді. Гендік-миРНК-ны байланысын зерттеуге арналған биоинформатикалық есептеу әдісі NewGeneralScanning бағдарламасының көмегімен жүзеге асырылды. Алынған мәліметтер нәтижесінде эндокриндік жүйенің ауруларына қатысатын гендер мен миРНК мәліметтер базасы құрылды. Маңызды эндокринологиялық ауруларда экспрессиясы бұзылған гендер мен мРНК байланыстыру орындары анықталды.

Кілт сөздер: миРНК, мРНК, гендер, диеталық миРНК, эндокринологиялық аурулар, байланысу аймақтары, маркерлер, ген экспрессиясы.

Е.Е. Еркинкажина, А. Бекенкали, Т.Т. Толеуканова, Ж.Е. Касымова, Ш.А. Атамбаева

***In silico* изучение особенностей взаимодействия микроРНК,
полученных из рациона**

Исследование влияния диеты на экспрессию генов — это новое направление, которое имеет все шансы повлиять на развитие заболеваний. Благодаря этому микроРНК, полученная из экзогенной пищи, может открывать новые возможности для использования пищевых микроРНК для поддержания здоровья и борьбы с болезнями. Существует значительный интерес к использованию циркулирующих микроРНК, полученных из рациона, в качестве биомаркеров, и потенциал использования микроРНК млекопитающих, полученных из рациона, может представлять собой новую мощную терапевтическую стратегию для лечения заболеваний. Согласно этой оценке, микроРНК играют благоприятную роль в генезе социально значимых заболеваний, таких как ожирение, диабет, эндокринные заболевания. В настоящей статье предпринята попытка собрать возможную информацию для укрепления теории пищевых микроРНК и ее действия. Точнее, определено взаимодействие микроРНК и мРНК генов-мишеней, которые связаны с развитием эндокринных заболеваний, определены сайты связывания микроРНК и мРНК генов-мишеней. Особую роль в развитии заболевания играет нарушение регуляции экспрессии генов-мишеней, что дает возможность обнаружить заболевание на ранней стадии. Биоинформатический вычислительный подход к изучению связывания генов и микроРНК был выполнен с использованием программы NewGeneralScanning. В результате полученных данных были созданы базы данных генов и микроРНК, участвующих в заболеваниях эндокринных систем. Выявлены сайты связывания генов и микроРНК, экспрессия которых нарушается при значимых эндокринологических заболеваниях.

Ключевые слова: микроРНК, мРНК, гены, диетическая микроРНК, эндокринологические заболевания, сайты связывания, маркеры, экспрессия гена.

К.Р. Утеулин*

Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: gen_uteulink@mail.ru

Всхожесть семян и развитие сеянцев каучукового одуванчика кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz* L.E. Rodin) на образцах почв *in situ* популяций: «Соленое озеро», «Сарыжаз», «Кегень»

Одуванчик кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz* L.E. Rodin) — эндемик межгорных долин Тянь-Шаня. *T. kok-saghyz* как источник каучука и инулина общепризнан перспективной сельскохозяйственной культурой для возделывания в зоне умеренного климата ряда стран Европы, Северной Америки, Азии. Проблема в том, что при введении *T. kok-saghyz* в культуру в условиях *ex situ* жизнеспособность этого эндемичного вида часто снижается. В статье проведены сравнительные исследования всхожести семян и развития сеянцев *T. kok-saghyz* на образцах почв его *in situ* популяций, образцах почв участков *ex situ* и на коммерческих универсальных торфогрунтах. Исследования проводились в условиях теплицы. Автором впервые показано значительно лучшее развитие сеянцев *T. kok-saghyz* на образцах почв *in situ* популяций «Кегень», «Сарыжаз», «Соленое озеро» в сравнении с широко используемыми коммерческими универсальными торфогрунтами «Богатырь» и «Фаско». Посев семян *T. kok-saghyz* в образцы почвы предгорной зоны г. Алматы не эффективен, всхожесть семян крайне низкая и сеянцы не развиваются. Результаты настоящих исследований служат обоснованием проведения детальных исследований состава почв *in situ* популяций *T. kok-saghyz*. Следует разработать удобрение с добавками компонентов почв *in situ* популяций *T. kok-saghyz* специально для интродуцированного *T. kok-saghyz*. Использование этого «специального» удобрения обеспечит повышение продуктивности и устойчивости интродуцированного *T. kok-saghyz*.

Ключевые слова: *T. kok-saghyz*, всхожесть семян, развитие сеянцев, почвы *in situ* популяций, состав почв.

Введение

Натуральный каучук (НК) является стратегическим ресурсом для экономики стран: имеет важное значение для промышленности, медицины, транспорта и обороны. НК необходим в производстве широкого ряда изделий (шины для самолетов, автомобилей, велосипедов, хирургические перчатки, средства контрацепции и многие другие товары) [1–4]. Общемировой рынок НК в 2016 году составил примерно \$24 млрд, при объеме потребления НК — 12,9 млн т, а к 2023 году прогнозируемое его потребление увеличится до 16,5 млн т (Международная группа по изучению каучука — IRSG) [5, 6].

Эффективной мерой поддержания мирового рынка НК служат исследования и введение в культуру каучукового одуванчика кок-сагыз (*Taraxacum kok-saghyz* L.E. Rodin) в зоне умеренного климата ряда стран, где традиционный источник НК тропическое дерево гевея (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Muell. Arg.) не приживается [1–4].

Одуванчик кок-сагыз (*T. kok-saghyz*) — эндемик межгорных долин Тянь-Шаня. *T. kok-saghyz* — как источник высококачественного каучука и полисахарида, пребиотика инулина общепризнан перспективной сельскохозяйственной культурой для возделывания в зоне умеренного климата ряда стран Европы, Северной Америки, Азии. Исследования *T. kok-saghyz* проводятся в США, Канаде, Германии, Чехии, Российской Федерации, Китайской Народной Республике, Корее, Казахстане, имеется широкий спрос на семена *T. kok-saghyz* [7, 8].

Предпосылки к исследованиям естественной почвенной среды обитания одуванчика T. kok-saghyz. Проблема в том, что в условиях *in situ*, на межгорных долинах Тянь-Шаня *T. kok-saghyz* жизнеспособен, его ценопопуляции способны к самоподдержанию, содержание каучука в корнях кок-сагыз наивысшее, достигает 14–27 % [9]. Однако в условиях *ex situ* (интродукции) содержание каучука в корнях *T. kok-saghyz* уменьшается [10], и без ухода со стороны человека *T. kok-saghyz* становится нежизнеспособным, исчезает. В условиях интродукции конкурентная способность *T. kok-saghyz* к сорнякам значительно снижается [1].

Можно предположить, что высокая жизнеспособность, высокая конкурентная способность к другим видам растений, наивысшее содержание каучука в корнях *T. kok-saghyz* обеспечивается особенностями естественной почвенной среды обитания этого эндемичного вида растений.

Цель настоящего исследования — провести сравнительные исследования всхожести семян и развития сеянцев *T. kok-saghyz* на образцах почв его *in situ* популяций, на образцах почв участков *ex situ* и на коммерческих универсальных торфогрунтах.

Методы и материалы

Исследования всхожести семян и развитие сеянцев *T. kok-saghyz* проведены в условиях теплицы, в пластиковых емкостях для рассады на образцах почв трех *in situ* популяций *T. kok-saghyz*: Соленое озеро (43°1'32'' N, 79° 59'24'' E, высота над ур. м 1927 м); Кегень (43°1'32'' N, 79°13'39'' E, высота 1837 м над ур. м); Сарыжаз (42°55'4'' N, 79°37'11'' E, высота 1854 м над ур. м).

Для сравнения использованы образцы почвы предгорной зоны г. Алматы (43°15'24.1'' N, 76°55'43'' E), а также коммерческие универсальные торфогрунты:

Коммерческий универсальный торфогрунт «Богатырь». Изготовитель: ООО «Лама Торф». www.lamatorf.ru. Состав: торф верховой, торф низинный, песок, известняковая (доломитовая) мука, комплексное минеральное удобрение, *Bacillus subtilis*, смачивающий агент, гумат. Содержание макроэлементов: N — 300, P — 30, K — 400 мг/л, pH 5,5–6,5. Содержание микроэлементов: S, Mg, Ca, B, Fe, Zn, Mo, Cu, Mn.

Грунт универсальный «Фаско». Грунт питательный с микроэлементами, марка К, с повышенным содержанием органических компонентов. Состав: верховой торф, низинный торф, песок, известняковая (доломитовая) мука, комплексное минеральное удобрение с микроэлементами. Содержание макроэлементов: N — 350, P — 400, K — 500 мг/кг, pH 6–7. www.facko.ru.

Семенное размножение проведено согласно Инновационному патенту [11] и известным методам по семеноведению интродуцентов [12, 13]. Проведено определение возрастных состояний травянистого растения [14]. Использованы стандартные методы математической статистики [15]. Гранулометрический состав образцов почв определен в Лаборатории химических анализов Казахского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, Алматы.

Результаты и их обсуждение

Результат 1. Период прорастания семян кок-сагыза на образцах почв *in situ* популяций *T. kok-saghyz* растянут до полутора–двух месяцев. Все семена, способные к прорастанию, не прорастают за короткий период 7–14 суток, энергия прорастания на 3-е сутки низкая до 15 %.

Так, на 3-е сутки прорастает до 5–15 % семян, на 9-е сутки до 45–51 % на образцах почв «Соленое озеро» и «Сарыжаз», до 72–75 % на образцах почвы «Кегень». Отдельные семена *T. kok-saghyz* на почве «Соленое озеро» прорастают и только через полтора месяца (рис. 1).

Вероятно, состав почв *in situ* популяций *T. kok-saghyz* обеспечивает растянутость периода прорастания семян. Растянутость периода прорастания семян на почвах *in situ* популяций *T. kok-saghyz* — это способ выживания данного вида. Дружное прорастание семян не выгодно дикому виду растений. Так, короткий благоприятный период, часто сменяется неблагоприятным периодом, например, заморозками, приводящим к гибели сеянцев [9, 10].

Результат 2. На коммерческом универсальном торфогрунте «Богатырь» уже на 9-е сутки все способные к прорастанию семена *T. kok-saghyz* прорастают, всхожесть семян достигает 82–87 %. То есть искусственно созданный универсальный торфогрунт «Богатырь» в сравнении с образцами почв *in situ* популяций *T. kok-saghyz* сокращает период прорастания семян с двух и полутора месяцев до 7–9 суток. Торфогрунт «Богатырь» обеспечивает активное прорастание (82–87 %) и развитие сеянцев уже в период до 9 суток, однако в дальнейшем к 27 и 57 суткам сеянцы гибнут (рис. 1) и к пятому-шестому месяцу остаются только единичные экземпляры сеянцев (3–5 сеянцев из 185 сеянцев), неспособные к цветению.



Рисунок 1. Развитие сеянцев *T. kok-saghyz* на образцах почвы: *a* — «Соленое озеро»; *b* — «Сарыжаз»; *c* — «Кегень»; *d* — коммерческий универсальный торфогрунт «Богатырь». Верхний ряд на 9-е сутки, средний ряд на 27-е сутки, нижний ряд на 57-е сутки после сева

Таким образом, можно заключить, что торфогрунт «Богатырь» мало пригоден для получения рассады *T. kok-saghyz*. Вероятно, это связано с низким содержанием фосфора. Так, в торфогрунте «Богатырь» содержание макроэлементов следующее: N — 300, P — 30, K — 400 мг/л. В связи с этим в настоящей работе использован торфогрунт «Фаско» с относительно высоким содержанием фосфора, с содержанием макроэлементов: N — 350, P — 400, K — 500 мг/кг.

Результат 3. На торфогрунте «Фаско» сеянцы *T. kok-saghyz* активно развиваются первые четыре месяца. Однако на пятый месяц сеянцы на торфогрунте «Фаско» отстают в развитии, 52–64 % растений отмирает. По биомассе листа 3 ± 1 грамм сеянцы на торфогрунте «Фаско» меньше в сравнении с сеянцами на образцах почв *in situ* популяций кок-сагыза «Кегень» 8 ± 1 грамм в 2,6 раза и Сарыжаз 5 ± 1 грамм в 1,6 раза (рис. 2).



Рисунок 2. Сеянцы *T. kok-saghyz* на образцах почвы: *a* — «Кегень»; *b* — «Сарыжаз»; *c, d* — на торфогрунте «Фаско». Пятый месяц развития сеянцев, виргинильные особи

Результат 4. Устойчивость сеянцев *T. kok-saghyz* к высоким температурам (+ 30, +35°C) на образцах почв *in situ* популяций кок-сагыз «Соленое озеро» в 6 раз и «Сарыжаз» в 2,5 раза выше устойчивости сеянцев на торфогрунте «Фаско».

Как известно, при высоких температурах *T. kok-saghyz* уходит на покой: листья розетки усыхают частично или полностью. То есть количество высохших листьев служит показателем степени ухода одуванчика на покой. В период выхода из условий высоких температур (+30, +35°C) закрытого грунта количество сухих листьев на образцах почвы «Соленое озеро» в 6 раз и «Сарыжаз» в 2,5 раза меньше количества сухих листьев сеянцев на торфогрунте «Фаско». Сохранение зеленых не высохших листьев свидетельствует о сохранении метаболизма в условиях высоких температур. Согласно рисунку 3, на сеянцах количество сухих листьев 5 шт на образце почвы «Соленое озеро», на образце почвы «Сарыжаз» — 9 и 24 и 23 шт — на торфогрунте «Фаско».



Рисунок 3. Сеянцы *T. kok-saghyz* в период выхода из условий высоких температур (+ 30, +35°C) закрытого грунта на образцах почвы: «Соленое озеро» (a), «Сарыжаз» (b), торфогрунте «Фаско» (c, d). Четвертый месяц развития сеянцев, имматурные особи

Наблюдения показали, что вода слабо удерживается почвой «Соленое озеро» и накапливается на дне горшка. Тогда как почвой «Сарыжаз» и торфогрунтом «Фаско» вода удерживается лучше и на дне вода не накапливается.

Корни сеянцев *T. kok-saghyz* на образцах почвы «Соленое озеро» в 1,5–2 раза длиннее корней сеянцев *T. kok-saghyz* на образцах почвы «Сарыжаз» (10 см) и торфогрунта «Фаско» (11 см). Корни *T. kok-saghyz* на образцах почвы «Соленое озеро» выходят за пределы почвы горшка, достигая воду на дне горшка (рис. 4).

Таким образом, в лабораторных условиях продемонстрирована, имитирована способность корня *T. kok-saghyz* уходить вглубь почвы с низкой влагоемкостью до грунтовых вод.



Рисунок 4. Корни сеянцев *T. kok-saghyz* на образцах почвы «Соленое озеро» (a), «Сарыжаз» (b) и торфогрунта «Фаско» (c). Вода накапливается на дне горшка с почвой «Соленое озеро» (d) и не накапливается на дне горшков с почвой «Сарыжаз» (e) и торфогрунтом «Фаско» (f). Имматурные особи

В период развития семян четыре месяца иматурные особи на образцах почв: «Кегень», «Сарыжаз» и «Соленое озеро» лучшее развитие семян *T. kok-saghyz* обеспечивали образцы почвы «Кегень», средняя масса надземной части и корня семян представлены в таблице 1. Следует отметить, что на образцах почвы «Соленое озеро» масса надземной части семян в 1,5 раза меньше, а корня в 1,5 раза больше корня семян на образцах почвы «Сарыжаз» (табл. 1, рис. 5). Лучшее развитие семян обеспечивали образцы почвы «Кегень».

Т а б л и ц а 1

Масса семян *T. kok-saghyz* на образцах почв *in situ* популяций

Образцы почвы <i>in situ</i> популяций	Масса надземной части семени, г	Масса корня семени, г
«Кегень»	6 ± 1	7 ± 2
«Сарыжаз»	$3 \pm 0,3$	$2 \pm 0,3$
«Соленое озеро»	$2 \pm 0,3$	$3 \pm 0,2$
Торфогрунт «Фаско»	$2 \pm 0,3$	$2 \pm 0,3$

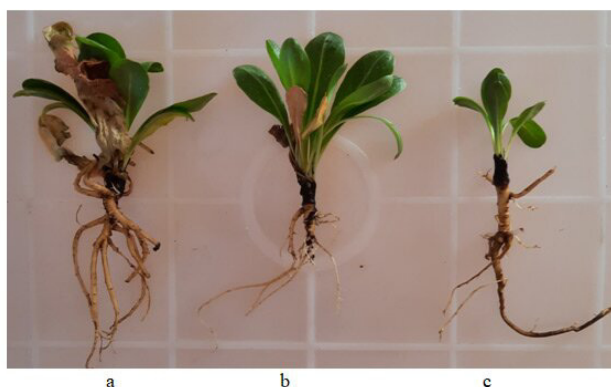


Рисунок 5. Сеянцы *T. kok-saghyz* на образцах почвы: *a* — «Кегень»; *b* — «Сарыжаз»; *c* — «Соленое озеро», четвертый месяц развития семян; возрастное состояние: четвертый месяц развития семян, иматурные особи

В условиях теплицы на испытанных образцах почв *in situ* популяций *T. kok-saghyz*, сеянцы цветут на шестой месяц развития, то есть достигают фазы онтогенеза генеративные молодые растения (рис. 6). Для прорастания семян, роста, развития семян на почвах *in situ* популяций *T. kok-saghyz* удобрения, торфяные таблетки не требуются.



Рисунок 6. Цветение семян *T. kok-saghyz* на образцах почвы: *a* — «Соленое озеро»; *b* — «Сарыжаз», шестой месяц развития семян, возрастное состояние: генеративные молодые особи

Горшки с сеянцами *T. kok-saghyz* в период летней жары ($+30-35^{\circ}\text{C}$) были вынесены из помещения на открытые участки. Установлено, что в условиях полива сеянцы *T. kok-saghyz* на образцах почвы «Сарыжаз» не уходили на летний покой, тогда как сеянцы на торфогрунте «Фаско», несмотря на полив, показались неустойчивыми к летней жаре, уходили на летний покой, то есть листья высыхали и после понижения температуры вновь регенерировали (рис. 7).



a

b

Рисунок 7. Сеянцы *T. kok-saghyz* в период выхода из летнего покоя, в условиях открытого грунта образце почвы «Сарыжаз» (a) и на торфогрунте «Фаско» (b). Восьмой месяц развития сеянцев. Возрастное состояние генеративное средневозрастное

Результат 5. На образцах почвы предгорной зоны г. Алматы всхожесть семян (5–6 %) и развитие сеянцев *T. kok-saghyz* крайне низкие. Для возделывания *T. kok-saghyz* в предгорной зоне г. Алматы необходимо использование удобрений подкормки (торфяные таблетки). Без удобрений подкормки семена кок-сагыза на образцах почвы предгорной зоны не прорастают (рис. 8) и сеянцы не развиваются.



a

b

Рисунок 8. Прорастание семян *T. kok-saghyz* на образцах почвы: in situ популяции «Соленое озеро»: (a) и предгорной зоны города Алматы (b) на 9-е сутки после сева. Возрастное состояние ювенильные особи, всходы

Результаты исследований периодов онтогенеза *T. kok-saghyz* на образцах *in situ* / *ex situ* почв и на коммерческих торфогрунтах представлены в таблице 2.

Периоды онтогенеза семян *T. kok-saghyz* на образцах почв *in situ* популяций, на образцах почв участков *ex situ* и на коммерческих универсальных торфогрунтах

Онтогенетическое состояние	Образцы почвы <i>in situ</i> популяций			Коммерческий торфогрунт		Образцы почвы участков в условиях <i>ex situ</i> , предгорной зоны Алматы	
	«Тузколь», (43,132 N, 79,5924 E высота 1927 м	«Сарыжаз», 42,554 N, 79,3711 E высота 1854 м	«Кегень», 43,132 N, 79,1339 E высота 1837 м	«Фаско»	«Богатырь»	43,15241N, 76,5543 высота 920 м	43,17380N, 76,42267 E. высота 718 м
	Периоды онтогенеза семян, месяцы						
Ювенильные	3	3	3	2	1	1	1
Имматурные	4	4	4	4	Сеянцы гибнут	Сеянцы гибнут	Сеянцы гибнут
Виргинальные	5	5	5	5			
Молодые генеративные	6	6	6	6			
Средне- генеративные	7-8	7-8	7-8	7-8			
Старые генеративные	Отсутствуют	-/-	-/-	-/-			
Субсенильные	Отсутствуют	-/-	-/-	-/-			

В условиях теплицы на образцах почв *in situ* популяций «Соленое озеро» (среднесуглинистый состав), «Сарыжаз» (тяжело-суглинистый состав) и «Кегень» (тяжело-суглинистый состав) сеянцы проходят все фазы онтогенеза от ювенильного до генеративного состояния, цветения, молодые генеративные (6 месяц развития) и средне-генеративные (7–8 месяц развития) особи. Сеянцы на торфогрунте «Фаско» достигают тех же онтогенетических состояний, что и на образцах почв *in situ* популяций, но с пятого месяца развития (вергинальное состояние) часть сеянцев гибнет.

Сеянцы на торфогрунте «Богатырь» активнее развиваются в первый месяц в сравнении с сеянцами на образцах почв *in situ* популяций. Но уже на второй месяц развития большая часть сеянцев (ювенильных особей) на торфогрунте «Богатырь» гибнет. Устойчивость к жаре (+35°C) в условиях полива выше у сеянцев на образцах почв *in situ* популяций в сравнении сеянцами торфогрунте «Фаско».

На образцах почв *ex situ* участков предгорной зоны Алматы семена прорастают очень слабо и через месяц сеянцы гибнут. Результаты исследований настоящей работы показали, что для возделывания *T. kok-saghyz* в предгорной зоне г. Алматы прямой посев семян в открытый грунт не эффективен, семена не прорастают, следует использовать рассадный способ размножения *T. kok-saghyz*. То есть семена *T. kok-saghyz* следует проращивать на торфяных таблетках, двухмесячную рассаду переносить в открытый грунт. Для роста и развития *T. kok-saghyz* на почве предгорной зоны Алматы необходимо удобрение подкормки, которое вносят как можно ближе к корням на глубину залегания основной массы их. Подкормки — это удобрения, вносимые в ранний период развития кок-сагыза, когда его корневая система слабо развита и не может использовать глубоко заделанного основного удобрения [16]. Роль удобрения подкормки эффективно выполняют торфяные таблетки. Для повышения устойчивости и продуктивности интродуцированного *T. kok-saghyz* в состав удобрения подкормки следует включить компоненты естественной почвенной среды обитания этого эндемичного вида.

Заключение

Впервые продемонстрировано лучшее развитие сеянцев эндемичного вида *T. kok-saghyz* на образцах почв *in situ* популяций «Кегень», «Сарыжаз», «Соленое озеро» в сравнении с широко используемыми коммерческими универсальными торфогрунтами «Богатырь» и «Фаско». Посев семян *kok-saghyz* в образцы *ex situ* почвы предгорной зоны г. Алматы не эффективен, всхожесть семян крайне низкая и сеянцы не развиваются. Следует провести детальное исследование состава почв *in situ* популяций *T. kok-saghyz*. Специально для интродуцированного *T. kok-saghyz* необходимо разработать

удобрение с добавками компонентов почв *in situ* популяций этого эндемичного вида растений. Использование этого «специального» удобрения обеспечит повышение продуктивности и устойчивости интродуцированного *T. kok-saghyz*.

Работа выполнена в рамках проекта Комитета науки Министерства науки и высшего образования РК АР 14870355 «Сохранение и использование казахстанских генетических ресурсов одуванчика кок-сағыз (*Taraxacum kok-saghyz* L.E. Rodin) — источника высококачественного каучука» на 2022–2024 гг.

Список литературы

- 1 Salehi M. Natural rubber-producing sources, systems, and perspectives for breeding and biotechnology studies of *Taraxacum kok-saghyz* / M. Salehi, K. Cornish, M. Bahmanka, M.R. Naghavi // *Industrial Crops & Products*. — 2021. — Vol. 170. Article ID 13667.
- 2 Cherian S. Natural rubber biosynthesis in plants, the rubber transferase complex, and metabolic engineering progress and prospects / S. Cherian, S.B. Ryu, K. Cornish // *Plant Biotechnology Journal*. — 2019. — Vol. 17, Iss. 11. — P. 2041-2061. <https://doi.org/10.1111/pbi.13181>
- 3 Cornish K. Alternative natural rubber crops: why should we care? / K. Cornish // *Technology and Innovation*. — 2017. — Vol. 18. — No. 4. — P. 245-256. <http://dx.doi.org/10.21300/18.4.2017.245>.
- 4 Kirschner J. Available ex situ germplasm of the potential rubber crop *Taraxacum kok-saghyz* belongs to a poor rubber producer, *T. brevicorniculatum* (Compositae-Crepidinae) / J. Kirschner, J. Stepanek, T. Cerny, P. De Heer, P.J. van Dijk // *Genetic Resources and Crop Evolution Genet Resour Crop*. — 2013. — Vol. 60. — P. 455-471. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9848-0>
- 5 International Rubber Study Group IRSG [Electronic resource]. — Access mode: www.rubberstudy.org
- 6 ANRPC Releases Natural Rubber Trends & Statistics [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.anrpc.org/html/news-secretariatdetails.aspx?ID=9&PID=39&NID=2081>
- 7 Uteulin K.R. Reintroduction of Kok-saghyz (*Taraxacum Kok-saghyz* L. Rodin) / K.R. Uteulin // *Management, Innovation and Technologies*. — 2021. — Vol. 11. — No. 2 (2021). — P. 240-249. <https://doi.org/10.47059/revistageintec.v11i2.1657>.
- 8 Uteulin K.R. Clone Selection of Kok-Saghyz (*Taraxacum kok-saghyz*), A Source of Natural Rubber / K.R. Uteu // *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. — 2021. — Vol. 25, Iss. 3. — P. 509–515.
- 9 Липшиц С.Ю. Новый каучуконосный одуванчик / С.Ю. Липшиц. — М., 1934. — 124 с.
- 10 Мынбаев К. Кок-сағыз: Биологические особенности развития и новые методы селекции / К. Мынбаев. — Алма-Ата, 1946. — 148 с.
- 11 Утеулин К.Р. Способ семенного выращивания *Taraxacum kok-saghyz* Rodin» / К.Р. Утеулин, С.К. Мухамбетжанов, И.Р. Рахимбаев. Номер инновационного патента: 28878. Оpubл. 15.09.2014.
- 12 Методические указания по семеноведению интродуцентов. — М.: Наука, 1980. — 160 с.
- 13 Методы определения посевных качеств семян. — М.: Лесная промышленность, 1978. — С. 243–247.
- 14 Методические разработки по определению возрастных состояний травянистых растений. — М., 1983. — 79 с.
- 15 Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. — М.: Наука, 1984. — 423 с.
- 16 Рыков С. Агроправила по кок-сағызу на 1942 год / С. Рыков. — М.: Молотков. обл. изд-во, 1942. — 38 с.

Қ.Р. Өтеулин

«Тұзды көл», «Сарыжаз», «Кеген» популяцияларының *in situ* топырақ үлгілеріне көк-сағыз (*Taraxacum kok-saghyz* L. E. Rodin) тұқымының өнуі және көшеттерінің дамуы

Зерттеудің маңыздылығы. Көк-сағыз (*Taraxacum kok-saghyz* L. E. Rodin) — Тянь-Шань тау аралық аңғарларының эндемигі. *T. kok-saghyz* — көксағыз пен инулиннің көзі ретінде Еуропаның, Солтүстік Американың, Азияның бірқатар елдерінің қоңыржай аймағында өсіру үшін перспективалы ауылшаруашылық дақылдары ретінде кеңінен танылған. Мәселе мынада, *T. kok-saghyz* *ex situ* жағдайында дақылға енгізген кезде осы эндемикалық түрдің өміршеңдігі жиі төмендейді. Жұмыстың мақсаты. *T. kok-saghyz* тұқымының өнуі мен өскін дамуын оның популяцияларының *in situ* топырақ үлгілеріне, *ex situ* учаскелерінің топырақ үлгілеріне және коммерциялық әмбебап шымтезек топырақтарына салыстырмалы зерттеулер жүргізу. Зерттеулер жылыжай жағдайында жүргізілді. Зерттеу нәтижелерін «Богатырь» және «Фаско» сияқты кеңінен қолданылатын коммерциялық әмбебап шымтезек топырақтарымен салыстырғанда «Тұзды көл», «Сарыжаз», «Кеген» популяцияларының

in situ топырақ үлгілерінде *T. kok-saghyz* көшеттерінің айтарлықтай жақсы дамуы көрсетілді. Алматы қаласының тау бөктеріндегі аймағының топырақ үлгілеріне *T. kok-saghyz* тұқымын себу тиімді емес, тұқымның өнгіштігі өте төмен және көшеттер дамымайды. Қорытынды. Осы зерттеулердің нәтижелері *T. kok-saghyz* популяцияларының in situ топырақ құрамы бойынша егжей-тегжейлі зерттеулер жүргізудің негіздемесі болып табылады. *T. kok-saghyz* популяцияларының in situ топырақ компоненттерінің қоспалары бар тыңайтқышты арнайы енгізілген *T. kok-saghyz* үшін әзірлеу керек. Бұл «арнайы» тыңайтқышты қолдану енгізілген *T. kok-saghyz* өнімділігі мен тұрақтылығын арттырады.

Кілт сөздер: *T. kok-saghyz*, тұқымның өнуі, көшеттердің дамуы, популяциялардың in situ топырағы.

K.R. Uteulin

Seed germination and development of seedlings of rubber dandelion kok-saghyz (*Taraxacum kok-saghyz* L.E. Rodin) on in situ soil samples of populations: “Salt Lake”, “Saryzhaz”, “Kegen”

Dandelion kok-saghyz (*Taraxacum kok-saghyz* L.E. Rodin) is endemic to the intermountain valleys of the Tien Shan. *T. kok-saghyz* – as a source of rubber and inulin is generally recognized as a promising crop for cultivation in the temperate zone of a number of countries in Europe, North America, Asia. The problem is that when *T. kok-saghyz* is introduced into culture in ex situ conditions, the viability of this endemic species often decreases.

The purpose of the work. To conduct comparative studies of seed germination and development of *T. kok-saghyz* seedlings on soil samples of its in situ populations, on soil samples of ex situ sites and on commercial universal peat soils. The research was carried out in a greenhouse.

Research results. For the first time, significantly better development of *T. kok-saghyz* seedlings was shown on in situ soil samples of the populations “Kegen”, “Saryzhaz”, “Salt Lake” in comparison with the widely used commercial universal peat soils “Bogatyr” and “Fasco”. Sowing *T. kok-saghyz* seeds in soil samples of the foothill zone of Almaty is not effective, seed germination is extremely low and seedlings do not develop.

Conclusions. The results of these studies serve as a justification for conducting detailed studies of the composition of soils in situ populations of *T. kok-saghyz*. It is necessary to develop a fertilizer with additives of soil components in situ populations of *T. kok-saghyz* specifically for the introduced *T. kok-saghyz*. The use of this “special” fertilizer will ensure an increase in the productivity and stability of the introduced *T. kok-saghyz*.

Keywords: *T. kok-saghyz*, seed germination, seedling development, soils in situ populations.

References

- 1 Salehi, M., Cornish, K., Bahmanka, M., & Naghavi, M.R. (2021). Natural rubber-producing sources, systems, and perspectives for breeding and biotechnology studies of *Taraxacum kok-saghyz*. *Industrial Crops & Products*, 170; 113667.
- 2 Cherian, S., Ryu, S.B., & Cornish, K. (2019). Natural rubber biosynthesis in plants, the rubber transferase complex, and metabolic engineering progress and prospects. *Plant Biotechnology Journal*, 17(11), 2041–2061. <https://doi.org/10.1111/pbi.13181>
- 3 Cornish, K. (2017). Alternative natural rubber crops: why should we care? *Technology and Innovation*, 18(4); 245–256. <http://dx.doi.org/10.21300/18.4.2017.245>.
- 4 Kirschner, J., Stepanek, J., Cerny, T., De Heer, P., & van Dijk, P.J. (2013). Available ex situ germplasm of the potential rubber crop *Taraxacum kok-saghyz* belongs to a poor rubber producer, *T. brevicorniculatum* (Compositae-Crepidae). *Genetic Resources and Crop Evolution Genet Resour Crop Ev.*, 60; 455–471. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9848-0>
- 5 International Rubber Study Group IRSG. Retrieved from www.rubberstudy.org
- 6 ANRPC Releases Natural Rubber Trends & Statistics. Retrieved from <http://www.anrpc.org/html/news-secretariatdetails.aspx?ID=9&PID=39&NID=2081>
- 7 Uteulin, K.R. (2021). Reintroduction of Kok-saghyz (*Taraxacum Kok-saghyz* L. Rodin). *Management, Innovation and Technologies*, 11(2); 240–249. DOI: <https://doi.org/10.47059/revistageintec.v11i2.1657>
- 8 Uteulin, K.R. (2021). Clone Selection of Kok-Saghyz (*Taraxacum kok-saghyz*), A Source of Natural Rubber. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(3); 509–515.
- 9 Lipshits, S.Yu. (1934). *Novyi kauchukonosnyi oduvanchik [New rubber-bearing dandelion]*. Moscow [in Russian].
- 10 Mynbayev, K. (1946). *Kok-sagyz: Biologicheskie osobennosti razvitiia i novye metody selektsii [Kok-sagyz: Biological features of development and new methods of selection]*. Alma-Ata [in Russian].

- 11 Uteulin, K.R., Mukhambetzhano, S.K., & Rakhimbayev, I.R. (2014). *Sposob semennogo vyrashchivaniia Taraxacum kok-saghyz Rodin*. Nomer innovatsionnogo patenta: 28878. Opublikovano: 15.09.2014. [Method of seed cultivation Taraxacum kok-saghyz Rodin]. Innovation Patent Number: 28878. Published: 15.09.2014 [in Russian].
- 12 (1980). *Metodicheskie ukazaniia po semenovedeniiu introdutsentov* [Methodological Guidelines on Seed Science of Introductors]. Moscow: Nauka [in Russian].
- 13 (1978). *Metody opredeleniia posevnykh kachestv semian* [Methods for determining seed inoculation properties]. Moscow: Lesnaia promyshlennost [in Russian].
- 14 (1983). *Metodicheskie razrabotki po opredeleniiu vozrastnykh sostoianii travianistykh rastenii* [Methodological developments to determine the age states of herbaceous plants]. Moscow [in Russian].
- 15 Zaitsev, G.N. (1984). *Matematicheskaiia statistika v eksperimentalnoi botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow: Nauka [in Russian].
- 16 Rykov, S. (1942). *Agropravila po kok-sagyzu na 1942 god* [Agro-rules for kok-saghyz for 1942]. Moscow: Molotkovskoe oblastnoe izdatelstvo [in Russian].

S.B. Zhautikova^{1*}, Kh.R. Abdikadirova^{1*}, F.S. Abikenova¹, Yu.P. Talaspekova¹,
I.V. Medvedeva¹, B.T. Chergizova²

Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan

**Corresponding author: zhautikova.pf@mail.ru*

Clinical and laboratory assessment of hormonal and metabolic disorders in experimental animals with alloxan, streptozotocin and dithizone diabetes

The basic place in experimental diabetology is engaged by chemical models of diabetes. In these patterns, β -cells in pancreatic islet tissue are selectively targeted by diverse agents. Pathogenetic mechanisms of hormonal and metabolic disorders in animals were studied on models of alloxan, streptozotocin and dithizone diabetes. The experiment was carried out on male Wistar rats. Three models of experimental diabetes were created. The groups were equal in terms of observation time (6, 12, 24 months) and number. A complex of laboratory-biochemical methods of lipid and protein metabolism was consumed. Serum enzymes were also determined. The level of glycemia in the studied animals after the introduction of alloxan and streptozotocin ranged from 13.4 to 18.6 mmol/l, glucosuria, polydipsia, polyphagia were observed. A significant ($p<0.01$) increase in glycemia by 3.10 times, glycosylated hemoglobin - by 3.16 times, a decrease ($p<0.01$) of IRI - by 3.76 times and C-peptide - by 2.05 times in animals with streptozotocin diabetes compared with intact animals. Serious lipid metabolism disorders were discovered in alloxan, streptozotocin, and especially dithizone diabetes (24 months of follow-up). This was manifested in a significant ($p<0.01$) increase in the level of triglycerides - by 1.66 times, atherogenic index ($p<0.01$) - by 4.43 times and a decrease ($p<0.05$) in the level of HDL - by 1.43 times compared with the intact CI3 group, as well as an increase in FFA, TCH, LDL, VLDL. In animals with alloxan and dithizone diabetes, the functional activity of the pituitary gland was lessened (the level of growth hormone and CTH ($p<0.01$), the adrenal cortex and pancreatic α -cells ($p<0.01$), the activity of the sympathoadrenal system was enlarged, which was reaffirmed by a significant ($p<0.01$) by an increase in the level of adrenaline, noradrenaline - by 1.42 times. An above pronounced suppression of the endocrine glands was observed in animals with streptozotocin diabetes.

Keywords: models of experimental alloxan, streptozotocin and dithizone diabetes; glycosylated hemoglobin, C-peptide, indicators of lipid and protein metabolism, indicators of corticotrophic hormone, adrenaline, norepinephrine, cortisol, free hydrocortisone; glucagon, insulin.

Introduction

Research in recent decades has shown a marked rise in the incidence of diabetes mellitus. 80-90% are patients with diabetes mellitus type 2 [1-3], and therefore, this medical problem is of excellent social and economic importance, and also increases the workload of general practitioners in the Republic of Kazakhstan [4].

However, there is still no consensus on which of the listed factors (insulin resistance or defective β -cell function) is primary. Hyperglycemia itself can be the reason of both insulin resistance and β -cell failure. Studies [5, 6] assert the multifactorial etiology of type 2 diabetes mellitus and the considerable role of non-genetic (external) factors in the development of diabetes, for example, eating disorders [7]. According to the literature data [8], the main place in experimental diabetology was occupied by chemical models of diabetes, in which β -cells of the islet tissue of the pancreas were selectively affected by various agents. The advantage

of these models lays in the preservation of the excretory function of the pancreas and in the absence of surgical traumatization of animals [9-11].

Alloxan and streptozotocin diabetes are the most widely used chemical models of experimental diabetes mellitus. Their benefit lies in the relative ease of reproduction, high selectivity of effects on β -cells, low toxicity of the diabetogenic doses of drugs used, the possibility of obtaining diabetes of varying severity and continuation in almost all animal species, including small laboratory animals. This makes it probable to manage research on a high amount of material [12-14].

The pathogenesis of dithizone diabetes was studied in some detail. Dithizone, which is chemically diphenylthiocarbazone, combines with zinc in the pancreatic islets 2-5 minutes after administration. The resulting zinc dithizonate breaks β -cells, causing insufficiency of the insular apparatus. Dithizone in diabetogenic doses does not have a direct toxic effect on the body of rabbits. Parenchymal dystrophy of the liver, kidneys, lungs and heart, as well as the initial signs of fibrosis of these organs, were found in the chronic course of the disease, as a result of diabetic and toxic effects of heavy metal salts, defiant to metabolic disturbance [15-24].

Of specific interest is the pathology of the endocrine organs. Inspection of the adenohypophysis in alloxan diabetes revealed dystrophy with degranulation of the cytoplasm of basophils, necrosis of individual cells, and further development of hyalinosis and cystic degeneration. The weight of the pituitary gland decreased. The content of growth hormone in it did not vary with newly developed diabetes, and decreased with chronic diabetes. Sharp hyperemia and dystrophic changes in cells were noted in the adrenal glands in acute forms of alloxan diabetes. A magnification in the total weight of the adrenal glands with a sharp expansion of the fascicular zone and narrowing of the glomerular zone was revealed in chronic diabetes lasting more than a year. Foci of destruction were often discovered in the fascicular and reticular zones, necrosis of individual cells – in the cerebral. These changes were accompanied by an increase in the production of steroids and a decrease in the content of ascorbic acid [25, 26]. The expressiveness of the described changes, as well as a decrease in the content of adrenaline in organs and tissues, were directly dependent on the severity of insular insufficiency [27, 28].

The goal: to carry out a comparative analysis of hormonal and metabolic disorders in animals on models of alloxan, streptozotocin and dithizone diabetes, depending on the observation period.

Experimental

Three models of experimental diabetes were constructed on 450 male Wistar rats in a chronic experiment – alloxan A (35 mg/kg), streptozotocin S (30 mg/kg) and dithizone D (32 mg/kg), identical in terms of observation periods (6, 12, 24 months) and number (50 individuals in each subgroup). Animals were shared into subgroups A1 (6 months), A2 (12 months), A3 (24 months); S1 (6 months), S2 (12 months), S3 (24 months); D1 (6 months), D2 (12 months), D3 (24 months). Intact animals of the same age groups served as control: 30 individuals in each subgroup – C11 (6 months), C12 (12 months), and C13 (24 months). Maintenance, nutrition, skin care animals during the experiment and after breeding. They were performed in accordance with international requirements for the protection of animals used for scientific purposes [29, 30]. The design of this study was accepted by the Ethical Commission at the Karaganda Medical University (protocol No. 3 of 07/11/2022).

The degree of compensation of carbohydrate metabolism was predetermined by the level of glycated hemoglobin (Hb_{A1c}) in the blood, using a laboratory analyzer DCA-2000 MT (BAYER, Germany). Blood was taken from the tail vein to determine metabolic parameters in experimental animals. The concentration of C-peptide in the blood serum was defined by the method of immunoluminometric analysis "Immunotech" (Czech Republic). A set of laboratory and biochemical methods of lipid and protein metabolism by enzymatic colorimetric methods (CHOD-PAP, GPO-PAP) was carried out on an automatic biochemical analyzer "TARGA-2000" ("BIOTECHNICA INSTRUMENT", Italy).

The following blood serum enzymes were measured to assess the functional state of internal organs (according to Reitman and Frenkel): aspartate aminotransferase (ACaT), alanine aminotransferase (AlAT), lactate dehydrogenase (LDH) [31, 32]. Indicators of hormone metabolism were determined by ELISA using kits from DSL (USA) with subsequent measurement of optical density on a Spectra Classic reader from Tecan (Austria). The content of the following hormones was determined: corticotrophic hormone (CTH), epinephrine, norepinephrine, cortisol, free hydrocortisone; 17-ketosteroids, 17-hydroxycorticosteroids, glucagon, insulin, growth hormone (GH); thyroid-stimulating hormone (TSH); thyroxine (T4); thyroxine (T3).

The received data were processed by the method of variation statistics. The arithmetic mean sample (M), the standard deviation (δ), and the error of the arithmetic mean (m) were determined. Significance of differences was assessed by Student's t -test. The relationship of quantitative characteristics was studied by the method of correlation analysis. The significance of the linear correlation coefficient (Pearson) and rank (Spearman) was checked on the basis of Student's t -test. The correlation coefficient r , which is calculated in Excel using the f_x function, statistical functions, the CORREL function were used to quantify the closeness of the connection [33, 34].

Results

The glycemia level of experimental animals after the injection of alloxan and streptozotocin ranged from 13.4 to 18.6 mmol/L. In addition, glucosuria, polydipsia, polyphagia were observed in rats, the weight of rats decreased by 30–60 g, and then increased to 180–220 g. The state of carbohydrate balance is introduced in Table 1. In animals of all three models, the level of glycemia tended to rise depending on the continuance of observation, so the level of glucose was higher at 24 months of supervision. Thus, a significant increase in the level of glucose in the blood ($p < 0.01$) by 2.72 times was revealed in animals of the A3 group compared with CI3. The glycemia index was higher in groups with streptozotocin diabetes than in animals with alloxan and dithizone diabetes. Thus, in animals of the S3 group ($p < 0.01$), the glycemia index was in 3.10 times higher compared to the CI3 group. Glycemic indices in subgroups D1, D2 and D3 were lower than in animals with alloxan and streptozotocin diabetes, but significantly high ($p < 0.05$) by 2.38 times compared with CI3 group.

Immunoreactive insulin (IRI) in intact animals was in the diapason from 4.48 to 4.52 $\mu\text{U/ml}$, while a significant reduction in IRI indicators was revealed ($p < 0.01$) in animals with alloxan diabetes: in A1 group – in 1.91 times compared with CI1 group, in A2 – in 2.18 times compared with CI2 group, in A3 – in 2.28 times compared with CI3 group. The most significantly ($p < 0.01$) IRI values were in animals with streptozotocin diabetes, especially in the S3 subgroup – in 3.76 times compared to CI3. In subgroups with dithizone diabetes, IRI values were reduced by 6.3% compared with control groups and ranged from 4.28 to 4.25 $\mu\text{U/ml}$ (Fig. 1).

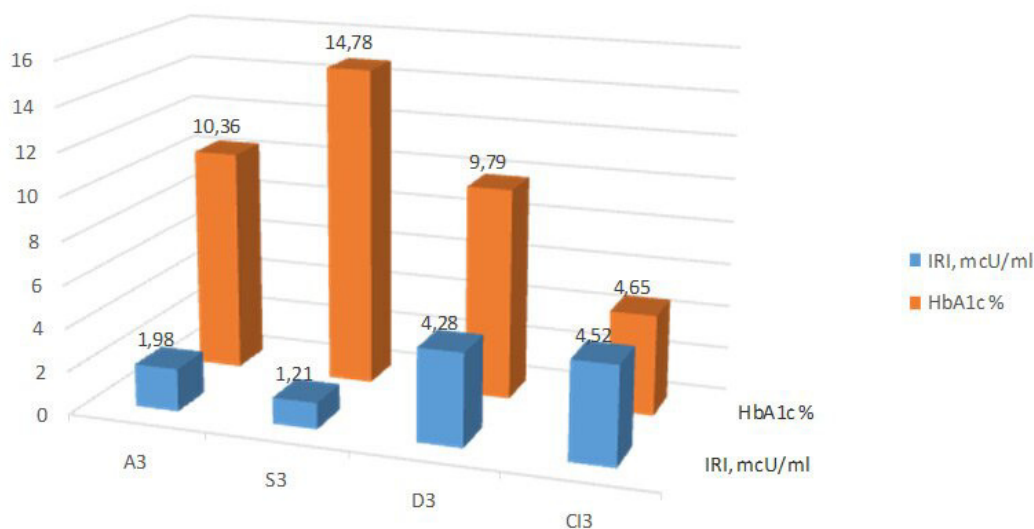


Figure 1. Indicators of IRI and HbA_{1c} in the blood of rats with experimental diabetes (24 months of observation)

Significantly ($p < 0.01$), the highest levels of glycated hemoglobin were in subgroups S1 and S3 – in 2.58 and 3.16 times higher compared to CI2 and CI3. This indicator was significantly ($p < 0.01$) in 2.22 times higher in groups A1, A2 and A3 than in intact animals. HbA_{1c} was significantly in 2.10 times higher in subgroups with dithizone diabetes than in groups CI ($p < 0.01$) (Table 1).

The level of C-peptide differed in animals of group S3 with streptozotocin diabetes – it was in 2.05 time lower in comparison to group CI3. This indicator was in 1.38 time lower in animals of group A3, while the level of C-peptide was in 1.02 time higher in subgroup D3 compared to group CI3. A slight increase in the content of lactate in the blood of animals was revealed in all models of diabetes by 0.09 mmol/l compared

with intact animals. The level of pyruvates was increased in experimental animals by 1.16 times. The Lactate/Pyruvic acid ratio was lower in animals with streptozotocin diabetes, indicating progression of carbohydrate metabolism (Fig. 1).

An increase in all parameters of lipid metabolism in rats with various models of diabetes was revealed with enlarge in the observation period (24 months) in groups A3, S3, D3, and CI3 (Table 2). A rise increase in the level of FFA by 1.38 time was registered in group S3 compared to group CI3. The level of FFA in group D3 was increased by 1.23 time; in group A3 – by 1.26 time compared with the intact CI3 group.

Table 1

Indicators of carbohydrate metabolism in the blood of rats with experimental diabetes

Index	Alloxan diabetes			Streptozotocin diabetes			Dithizone diabetes			Control		
	A1 (n=50)	A2 (n=50)	A3 (n=50)	S1 (n=50)	S2 (n=50)	S3 (n=50)	D1 (n=50)	D2 (n=50)	D3 (n=50)	CI1 (n=30)	CI2 (n=30)	CI3 (n=30)
Glucose, mol/l	11,75± 0,58	11,3± 0,55	12,8± 0,53 ⁺⁺	12,4± 0,61	13,1± 0,59	14,6± 0,57 ⁺⁺	9,5± 0,56	10,4± 0,55	11,2± 0,51 ⁺	4,2± 0,04	4,5± 0,04	4,7± 0,04
IRI, mcU/ml	2,36± 0,12 ^{**}	2,05± 0,10 ^{°°}	1,98± 0,10 ⁺⁺	1,73± 0,08 ^{**}	1,48± 0,07 ^{°°}	1,2± 0,06 ⁺⁺	4,28± 0,11	4,27± 0,14	4,25± 0,12	4,51± 0,04	4,48± 0,04	4,52± 0,04
C-peptide, pmol/l	246,2± 17,3	244,4± 17,2	247,4± 16,4	187,5± 15,3	178,4± 16,8	165,8± 12,7	347,3± 14,4	348,4± 13,2	350,0± 17,3	339,4± 16,4	340,2± 15,1	341,5± 14,9
Hb _{A1c} , %	10,35± 0,12 [*]	10,44± 0,14 [°]	10,36± 0,11 ⁺	12,02± 0,22 ^{**}	11,84± 0,23 ^{°°}	14,78± 0,25 ⁺⁺	9,77± 0,12 ^{**}	9,75± 0,15 ^{°°}	9,79± 0,14 ⁺⁺	4,86± 0,12 ^x	4,88± 0,13 ^x	4,65± 0,14 ^x
Lactate, mmol/l	1,45± 0,07	1,48± 0,07	1,51± 0,07	1,47± 0,07	1,49± 0,07	1,52± 0,07	1,44± 0,07	1,47± 0,07	1,50± 0,07	1,42± 0,01	1,43± 0,01	1,41± 0,01
Pyruvic acid, µmol/l	58,3± 2,86	61,3± 3,00	64,0± 3,14	59,6± 2,92	63,4± 3,11	66,9± 3,28	58,8± 2,88	61,4± 3,01	64,2± 3,15	57,4± 0,52	57,2± 0,51	57,6± 0,52
Lactate/Pyruvic acid	0,024	0,024	0,023	0,024	0,023	0,022	0,024	0,023	0,023	0,024	0,025	0,024

Note - ^{**} $p < 0.01$; ^{*} $p < 0.05$ compared to similar indicators in control group CI1; ^{°°} $p < 0.01$; [°] $p < 0.05$ compared to control group CI2; ⁺⁺ $p < 0.01$; ⁺ $p < 0.05$ compared to control group CI3

Table 2

Indicators of lipid and protein metabolism in the blood of rats with experimental diabetes

Index	Alloxan diabetes			Streptozotocin diabetes			Dithizone diabetes			Control		
	A1 (n=50)	A2 (n=50)	A3 (n=50)	S1 (n=50)	S2 (n=50)	S3 (n=50)	D1 (n=50)	D2 (n=50)	D3 (n=50)	CI1 (n=30)	CI2 (n=30)	CI3 (n=30)
FFA, µmol/l	0,43± 0,02	0,49± 0,02	0,53± 0,03	0,44± 0,02	0,51± 0,02	0,58± 0,03	0,45± 0,02	0,49± 0,02	0,52± 0,03	0,40± 0,004	0,41± 0,004	0,42± 0,004
Total cholesterol, mg/dl	213,6± 9,78	215,3± 10,01	219,2± 10,10	215,3± 9,91	219,4± 10,26	221,3± 10,35	223,3± 9,77	229,8± 9,92	231,6± 10,03	196,2± 1,78	197,4± 1,79	199,8± 1,79
TG, mg/dl	137,3± 1,82 [*]	141,2± 0,96 ^{°°}	148,6± 0,17 ⁺⁺	144,2± 1,87 [*]	158,0± 0,11 ^{°°}	158,5± 0,61 ⁺⁺	152,8± 0,89 ^{**}	159,1± 0,14 ^{°°}	162,3± 0,15 ⁺⁺	97,4± 0,88	98,3± 0,88	97,6± 0,88
HDL cholesterol, mg/dl	44,4± 2,32	42,2± 2,21	40,1± 2,11 ⁺	39,6± 2,28	37,3± 2,17	32,5± 2,08 ⁺	45,1± 2,36	43,4± 2,22	41,3± 2,12 ⁺	59,4± 0,44	58,8± 0,44	59,1± 0,44
LDL-cholesterol, mg/dl	162,2± 0,87	164,3± 7,07 [*]	171,5± 7,28 ⁺	171,1± 6,91 [*]	175,3± 7,12 [°]	179,2± 7,31 ⁺	160,6± 6,89	163,4± 7,03	167,5± 7,23 ⁺	138,2± 1,24	139,1± 1,25	138,8± 1,25
VLDL cholesterol, mg/dl	22,4± 1,00	23,6± 1,16	25,7± 1,26 ⁺	25,6± 1,01	28,9± 1,17 [°]	29,9± 1,27 ⁺⁺	22,1± 1,03	24,3± 1,19 [°]	26,2± 1,28 ⁺	19,3± 0,17	19,5± 0,18	19,8± 0,18

mg/dl												
Atherogenic index	3,6±0,15**	3,8±0,17 ^{ooo}	3,9±0,19 ⁺⁺	3,7±0,16**	3,8±0,18 ^{ooo}	3,9±0,19 ⁺⁺	3,5±0,16**	3,7±0,18 ^{ooo}	3,9±0,19 ⁺⁺⁺	0,89±0,02	0,92±0,02	0,88±0,02
Apo A-1, mg/dl	140,1±6,96	138,4±6,93	136,2±6,87	136,3±6,92	131,2±6,82	128,4±6,78	141,8±6,95*	137,6±6,89	135,5±6,84	142,3±1,28	143,1±1,29	143,3±1,29
Apo B, mg/dl	118,2±5,1	122,5±5,2	129,4±4,9	120,8±5,2	129,4±4,7	132,6±6,1	118,8±5,6	118,4±5,1	124,1±5,6	115,4±1,04	116,3±1,05	116,8±1,05
Total protein, mmol/l	67,3±3,30	66,2±3,24	65,8±3,22	67,1±3,29	65,4±3,20	65,2±3,19	67,0±3,28	65,5±3,21	65,3±3,20	69,3±0,62	68,8±0,62	68,7±0,62
Albumin, mmol/l	46,9±2,30	46,4±2,27	45,8±2,24	46,3±2,27	44,3±2,17	43,2±2,12	45,5±2,23	45,1±2,21	44,8±2,20	48,3±0,43	48,5±0,44	48,8±0,44
AST, nmol/s.l	17,5±0,86	17,4±0,85	17,8±0,87	17,9±0,88	18,0±0,88	18,3±0,90	17,7±0,87	17,9±0,88	18,0±0,88	17,2±0,15	17,4±0,16	17,5±0,16
ALT, nmol/s.l	16,4±0,80	16,5±0,81	16,8±0,82	16,7±0,82	17,1±0,84	17,3±0,85	16,8±0,82	17,0±0,83	17,2±0,84	16,4±0,15	16,2±0,15	16,0±0,14
Note - *** $p<0.001$; ** $p<0.01$; * $p<0.05$ compared to similar indicators in the control group CI1; ^{ooo} $p<0.001$; ^{oo} $p<0.01$; ^o $p<0.05$ compared to control group CI2; +++ $p<0.001$; ++ $p<0.01$; + $p<0.05$ compared to control group CI3												

Similehe level of total cholesterol in intact animals (196.2 – 199.8 mg/dl) and in groups with alloxan and streptozotocin diabetes, a slight increase in this indicator to 221.3 mg/dl was determined. The total cholesterol index increased by 1.16 times in animals of group D3 in comparison with group CI3. A significant difference in the level of triglycerides in animals with experimental diabetes from that of intact animals was revealed. Thus, the level of triglycerides in subgroup A3 ($p<0.01$) was in 1.49 times higher compared to group CI3. The level of triglycerides in animals of group S3 ($p<0.01$) was in 1.59 times higher; and this index was in 1.66 time higher in group D3 ($p<0.01$) in comparison with the control group CI3.

A reliable ($p<0.05$) decrease in HDL content was noted in experimental animals of group A3 – in 1.47 time, in group S3 – in 1.81 time, in group D3 – in 1.43 time compared with group CI3.

The level of LDL-cholesterol in animals of groups A2 and A3 was significantly ($p<0.05$) increased by 1.20 and 1.23 times, respectively, compared with groups CI2 and CI3. Animals with streptozotocin diabetes showed an increase in LDL-cholesterol by 1.23-1.29 time ($p<0.05$), in animals of the D3 group – by 1.21 time in comparison with CI3 ($p<0.05$).

The identical characteristic dynamics was observed in the indicator of VLDL-cholesterol. In animals of the A3 group, this indicator was 1.29 times significantly ($p<0.05$) higher than in the CI3 group. A significant ($p<0.05$) increase in VLDL cholesterol was detected in animals with streptozotocin diabetes (groups C2 and C3) by 1.45 and 1.51 times, respectively, compared with CI2 and CI3 groups. A significant increase in this indicator was found only in animals with dithizone diabetes of groups D2 and D3 ($p<0.05$) – by 1.24 and 1.32 times compared with CI2 and CI3 groups.

The atherogenic index in intact animals was in the range of 0.88-0.92, while in animals of groups A3, S3 and D3 this indicator was significantly ($p<0.001$) higher by 4.43 times.

Sufficiently high background levels of Apo A-1 (142.3 mg/dl, 143.1 and 143.3 mg/dl) and low levels of Apo B (115.4, 116.3 and 116.8 mg/dl) were noted in animals of control groups CI1, CI2 and CI3. Comparing these values with group A3, it is seen that the level of Apo A-1 decreased to 136.2 mg/dl, and the level of Apo B increased to 129.4 mg/dl. Apo A-1 levels decreased to 128.4 mg/dl in animals of subgroup S3, while Apo B level increased to 132.6 mg/dl. The level of Apo A-1 was 135.5 mg/dl in animals of subgroup D3, the level of Apo B was 124.1 mg/dl (Table 2).

A negligible decrease in total protein values, depending on the raise in the observation period, was found in experimental animals with different models of diabetes in groups A3, S3 and D3. A slight increase in AST and ALT was registered in animals with streptozotocin and dithizone diabetes.

A decline in the level of hormones, depending on the increase in the observation period, was found in experimental animals. Thus, the level of CTH in the blood of animals with alloxan diabetes subsided in animals of group A1 to 37.1 pM/l, in animals of group A2 – to 36.7 pM/l, in animals of group A3 – to 35.4 pM/l. A decrease in the level of corticotropin in the blood was noted in animals with dithizone diabetes of group D1 – up to 37.6 nm/l, group D2 – up to 36.9 nm/l, group D3 – up to 36.2 nm/l. Whereas in animals

with streptozotocin diabetes, ACTH values were minimal compared to animals with alloxan and dithizone diabetes and ranged from 35.3 to 32.2 pM/l (Table 3).

The level of adrenaline in the blood of the control groups was 2.14-2.16 nM/l, while this index in all experimental animals was significantly high ($p<0.01$). Thus, adrenaline decreased from 5.43 to 3.12 nm/l (A3 is 1.45 times higher than CI3) in animals of the groups with alloxan diabetes. The level of adrenaline in animals with streptozotocin diabetes decreased from 5.31 to 3.07 (1.42 times more compared to CI3). The level of adrenaline in animals with dithizone diabetes decreased from 5.37 to 3.03 (1.4 times more than CI3).

Analogous dynamics was noted in the study of the level of norepinephrine. Thus, low rates at 24 months of observation were established in groups of animals A3, S3 and D3. Whereas the level of norepinephrine was significantly ($p<0.05$) high at 6 and 12 months of observation. Thus, this indicator increased in animals of subgroup A2 by 1.86 times, in animals of subgroup S2 – by 1.85 times, in animals of subgroup D2 – by 1.80 times compared with group CI2.

Cortisol levels in animals of control groups (18.4-18.6 μ M/l) were compared. Thus, cortisol level was 18.2 μ M/L in animals with alloxan diabetes at 6 months of observation. This decreased to 15.8 μ M/l (A2) after 12 months of follow-up and recovered to 17.3 μ M/l after 24 months of follow-up (A3). The cortisol level tended to decrease as the observation period increased in animals with streptozotocin (14.5; 13.3; 12.4 μ M/l) and dithizone (18.1; 17.4; 15.5 μ M/l) experimental diabetes. The synthesis of cortisol was reduced by 1.5 times in the animals of group S3 compared to group CI3.

Table 3

Indicators of blood hormones in rats with experimental diabetes

Index	Alloxan diabetes			Streptozotocin diabetes			Dithizone diabetes			Control		
	A1 (n=50)	A2 (n=50)	A3 (n=50)	S1 (n=50)	S2 (n=50)	S3 (n=50)	D1 (n=50)	D2 (n=50)	D3 (n=50)	CI1 (n=30)	CI2 (n=30)	CI3 (n=30)
ACTH, pM/l	37,1 $\pm$ 1,3	36,7 $\pm$ 1,7	35,4 $\pm$ 1,3	35,3 $\pm$ 1,6	33,7 $\pm$ 1,5	32,2 $\pm$ 1,4	37,6 $\pm$ 1,8	36,9 $\pm$ 1,3	36,2 $\pm$ 1,6	37,4 $\pm$ 0,3	38,2 $\pm$ 0,2	37,9 $\pm$ 0,3
Adrenali ne, nM/l	5,43 $\pm$ 2,4***	4,88 $\pm$ 0,22 ^{ooo}	3,12 $\pm$ 0,15 ⁺⁺	5,31 $\pm$ 0,23**	4,59 $\pm$ 0,22 ^{oo}	3,07 $\pm$ 0,12	5,37 $\pm$ 0,23**	4,61 $\pm$ 0,19 ^{ooo}	3,03 $\pm$ 0,13 ⁺⁺	2,14 $\pm$ 0,02	2,16 $\pm$ 0,01	2,15 $\pm$ 0,02
Norepine phrine, nM/l	4,15 $\pm$ $\pm$ 2,05*	3,88 $\pm$ 0,12 ^o	2,52 $\pm$ 0,11 ⁺	4,03 $\pm$ 0,19*	3,86 $\pm$ 0,17 ^o	2,92 $\pm$ 0,13	4,08 $\pm$ 0,18*	3,76 $\pm$ 0,15 ^o	2,66 $\pm$ 0,12 ⁺	1,92 $\pm$ 0,02	2,08 $\pm$ 0,02	2,11 $\pm$ 0,02
Cortisol, μ M/l	18,2 $\pm$ 0,88	15,8 $\pm$ 0,75	17,3 $\pm$ 0,7	14,5 $\pm$ 0,8	13,3 $\pm$ 0,7	12,4 $\pm$ 0,6	18,1 $\pm$ 0,87	17,4 $\pm$ 0,81	15,5 $\pm$ 0,6	18,6 $\pm$ 0,2	18,5 $\pm$ 0,2	18,4 $\pm$ 0,15
Glucago n, ng/ml	23,3 $\pm$ 1,4	22,5 $\pm$ 1,3	21,3 $\pm$ 1,2 ⁺	20,1 $\pm$ 1,3	17,2 $\pm$ 1,2	16,9 $\pm$ 1,1 ⁺	24,1 $\pm$ 1,4	22,4 $\pm$ 1,3	20,6 $\pm$ 1,1	26,41 $\pm$ 0,2	26,39 $\pm$ 0,3	26,42 $\pm$ 0,2
STH, ng/ml	1,48 $\pm$ 0,06**	2,32 $\pm$ 0,11 ^{oo}	3,07 $\pm$ 0,14 ⁺⁺	1,21 $\pm$ 0,04**	1,96 $\pm$ 0,08 ^{oo}	2,14 $\pm$ 0,08 ⁺⁺	1,98 $\pm$ 0,09**	2,65 $\pm$ 0,12 ^{oo}	3,14 $\pm$ 0,14 ⁺⁺⁺	5,5 $\pm$ 0,05	5,3 $\pm$ 0,05	5,2 $\pm$ 0,04
TSH, mcU/ml	3,72 $\pm$ 0,11**	5,76 $\pm$ 0,11 ^{oo}	8,79 $\pm$ 0,13 ⁺⁺	1,16 $\pm$ 0,09**	1,41 $\pm$ 0,1 ^{oo}	1,67 $\pm$ 0,12	3,55 $\pm$ 0,11	4,68 $\pm$ 0,13	5,70 $\pm$ 0,12	2,25 $\pm$ 0,01	2,27 $\pm$ 0,02	2,28 $\pm$ 0,01
T ₃ , nM/l	7,43 $\pm$ 0,44	7,02 $\pm$ 0,45	6,82 $\pm$ 0,43	6,44 $\pm$ 0,42	6,56 $\pm$ 0,44 ^{oo}	4,73 $\pm$ 0,39 ⁺⁺	7,32 $\pm$ 0,46	6,76 $\pm$ 0,38	6,44 $\pm$ 0,41	9,24 $\pm$ 0,1	9,24 $\pm$ 0,09	9,26 $\pm$ 0,08
T ₄ , nM/l	132 $\pm$ 7,5	130 $\pm$ 6,9	128 $\pm$ 6,2	118 $\pm$ 6,5	114 $\pm$ 5,6	103 $\pm$ 5,7	131 $\pm$ 6,2	133 $\pm$ 6,9 ^o	132 $\pm$ 5,9	135 $\pm$ 1,5	134 $\pm$ 1,1	133 $\pm$ 1,1

Note - ***- $p<0.001$; **- $p<0.01$; *- $p<0.05$ compared with similar indicators in control group CI1; ^{ooo}- $p<0.001$; ^{oo}- $p<0.01$; ^o- $p<0.05$ compared with group CI2; ⁺⁺⁺- $p<0.001$; ⁺⁺- $p<0.01$; ⁺- $p<0.05$ compared with control group CI3

The study of the contrainsular hormone (glucagon) in experimental animals showed that the level of glucagon was reduced, especially in streptozotocin diabetes in animals of group S3 – significantly ($p<0.05$) in 1.56 times compared with group CI3. A slight decrease was registered in animals with alloxan and dithizone diabetes.

We noted significant differences in the content of growth hormone in animals with experimental diabetes. If in intact animals its level was 5.5-5.2 ng/ml, then as the period of observation of diabetes increased, the level of growth hormone increased. So, at 6 months of observation, there were significantly ($p<0.01$) the lowest levels of GH in group A1 (in 3.71 times), S1 (in 4.54 times), D1 (in 2.77 times); A2 (in 2.28 times), S2 (in 2.7 times), D3 (in 2.0 times) and A3 (in 1.69 times), S3 (in 2.42 times) and D3 (in 1.56 times) compared with intact animals (Fig. 2).

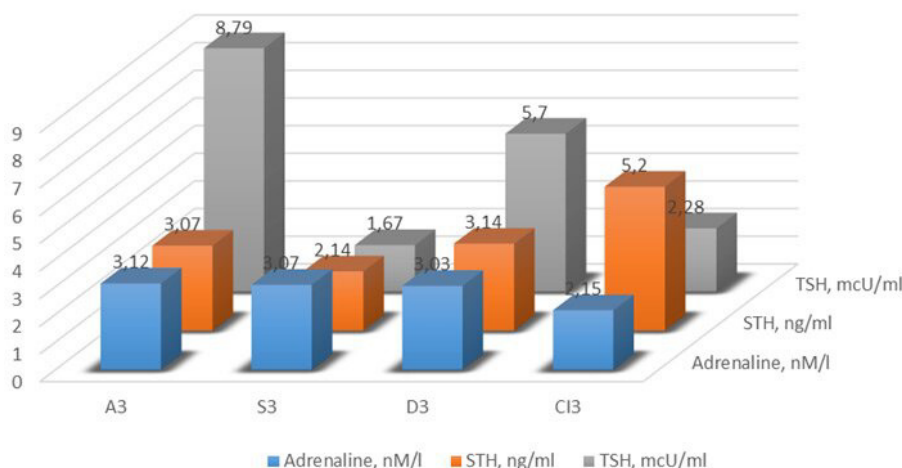


Figure 2. Indices of hormones in the blood of rats with experimental diabetes

The level of TSH in the blood of animals of groups CI1, CI2 and CI3 was equal to 2.25-2.28 mcU/ml, respectively. The level of TSH significantly ($p < 0.01$) increased in animals with alloxan diabetes depending on the observation period: in animals of group A1 – in 1.65 times compared with CI1; in animals of group A2 – in 2.53 times compared with CI2; in animals of group A3 – in 3.85 times compared with CI3. The TSH index decreased in animals with streptozotocin diabetes as the observation period increased in comparison with intact animals. Thus, the level of TSH significantly ($p < 0.01$) decreased in 1.93 times in animals of subgroup S1 compared to the CI1 group; in animals of subgroup S2, the level of TSH decreased ($p < 0.01$) in 1.6 times compared to group CI2, in animals of subgroup S3 this indicator decreased in 1.36 times compared to group CI3. In animals with dithizone diabetes, the TSH index increased as the observation period increased, but was lower than in animals with alloxan diabetes.

The level of T3 in animals with alloxan diabetes was slightly lower compared to intact groups. The level of T3 hormone in experimental animals decreased as the observation period increased. The lowest level was registered in animals with streptozotocin diabetes in subgroups S1 ($p < 0.01$) – in 1.66 times and S2 – in 1.95 times in comparison with groups CI1 and CI2 (Fig. 2). The level of T4 in control animals in groups CI1, CI2 and CI3 was in the range of 133-135 nM/l, but in animals with experimental diabetes it decreased with an increase in the observation period. In all animals with experimental models, T4 index was less than in intact animals, but in animals of group S3 it was in 1.3 times less than in group CI3.

Discussion

Conclusion, we can assume that the experimental data helped to reveal many aspects of the etiology and pathogenesis of the early stages of diabetes mellitus. In animals with alloxan and streptozotocin diabetes in the stage of pre-diabetes, latent diabetes and in the early periods of obvious diabetes, a decrease in insulin secretion and the development of absolute insulin deficiency were demonstrated. Animals with dithizone diabetes develop relative insulin deficiency. Hormonal insulin antagonists can cause both the development of diabetes mellitus in animals and the transition of prediabetes and latent diabetes to overt.

So, in alloxan and streptozotocin models of diabetes, carbohydrate balance disorders identical to patients with diabetes mellitus type 1 were revealed, and in dithizone diabetes, changes characteristic of patients with diabetes mellitus type 2 were revealed. In animals with streptozotocin diabetes, a significant ($p < 0.01$) raise in glycemia in 3.10 times, glycated hemoglobin in 3.16 times, IRI decrease ($p < 0.01$) in 3.76 times and C-peptide in 2.05 times compared with intact animals.

Whereas, expressed lipid metabolism disorders was detected in alloxan, streptozotocin and, especially, dithizone diabetes (after 24 months of observation). It is reflected in a significant ($p < 0.01$) increase of triglycerides levels in 1.66 times, atherogenic index ($p < 0.01$) – in 4.43 times and a decrease ($p < 0.05$) of HDL levels – in 1.43 times compared with intact group CI3, as well as increase in FFA, total cholesterol, LDL, VLDL.

The activity of the sympathoadrenal system was increased in animals with alloxan and dithizone diabetes. It was confirmed by a significant ($p < 0.01$) increase in the level of adrenaline, norepinephrine, as well as

a decrease in the functional activity of the pituitary gland (decrease in the level of growth hormone ($p < 0.01$) and CTH), adrenal cortex and α -cells of the pancreas. A more pronounced inhibition of the endocrine glands was registered in animals with streptozotocin diabetes.

Conclusions

To sum up the functional activity of the pituitary gland (growth hormone level and CTH ($p < 0.01$), the adrenal cortex and pancreatic α -cells was reduced ($p < 0.01$) in animals with alloxan and dithizone diabetes. The activity of the sympathoadrenal system was increased in the indicated animals. These facts were confirmed by reliable ($p < 0.01$) increase of the level of adrenaline, norepinephrine in 1.42 times. More expressed inhibition of endocrine glands was registered in animals with streptozotocin diabetes. Inhibition of the functional activity of adrenal and thyroid hormones in animals with streptozotocin diabetes leads to depletion of the structural and functional reserve. In alloxan and dithizone diabetes, the indicators of adrenal and thyroid hormones had a phase character: from the period of 6 months – signs of depression, followed by adaptive restructuring and resistance by 12 months and signs of some compensatory activation by 24 months of observation.

References

- 1 Mozheyko, L.A. (2013). Experimental models for the study of diabetes mellitus. Part I. Alloxan diabetes. *Journal of Grodno State Medical University*, 43; 26-29.
- 2 Volkhina, I.V. (2020). Oxidative stress and sialic acid metabolism in Alloxan diabetes. *Children's medicine of the North-West*, 8(1); 89.
- 3 Samotrueva, M.A., & Sergalieva, M.U. (2019). Diabetes mellitus: features of experimental modeling. *Astrakhan Medical Journal*, 14(3); 45-57.
- 4 Mergentay, F., Kulov, D.B., Bekembayeva, G.S., Koikov, V.V., Omarkulov, B.K., & Mussabekova, S.A. (2019). The analysis of working load of general practitioners in the republic of Kazakhstan. *Res J Pharm Tech.*, 12(5); 2283-2288. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2019.00381.0>
- 5 Meiramov, G.G., Kikimbayeva, A.A., & Meiramova, A.G. (2005). Fluorescent histochemical method of insulin staining in B cells of isolated pancreatic islets with diethylpseudoisocyanine chloride. *Acta Diabetol.*, 1(42); 66.
- 6 Vinogradov, A.A., Andreeva, I.V., & Ali, R.A. (2015). Dynamics of biochemical parameters of blood serum in the development of streptozotocin experimental diabetes mellitus. In the book: Diabetes mellitus and surgical infections. Collection of abstracts. Moscow, 36-37.
- 7 Amreyeva, K.E., Abdikadirova, Kh., Rakymzhan, A.K., Talaspekova, Yu.P., Mukhametzhanova, Z.T., Abuova, G.T., Shaikhina, Zh.K., Atshabarova, S.Sh., Chergizova, B.T., & Kaiyrbekova, K.K. (2021). Assessment of Students Nutritional Consumer Preferences and Behavior. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 9(E); 194-199. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.7408>
- 8 Davud, F.A., Eze, E.D., Arda, A.A., Isa, A.S., Jimah, A., Bashir, M., et al. (2012). Improving effects of vitamin C and zinc in alloxan-induced diabetes and oxidative stress in rats Wistar. *Res J Biol Sci.*, 4(2); 123-129.
- 9 Yarmolinskaya, M.I., Andreeva, N.Yu., Abashova, E.I., & Misharina, E.V. (2019). Experimental models of type 1 diabetes mellitus. *Journal of Obstetrics and Women's Diseases*, 68(2); 109-118. <https://doi.org/10.17816/JOWD682109-118>
- 10 Mazo, V.K., Sidorova, Yu.S., Zorin, S.N., & Kochetkova, A.A. (2016). Streptozotocin models of diabetes mellitus. *Nutrition issues*, 85(4); 14-21.
- 11 Meiramov, G.G., Korchin, V.I., & Kocheryzhkina, N. (1998). Is the diabetogenic activity of xanthurenic acid determined by its chelating properties? *Transpl Proc.*, 30(6); 2682-2684. [https://doi.org/10.1016/s0041-1345\(98\)00788-x](https://doi.org/10.1016/s0041-1345(98)00788-x) PMID:9745547
- 12 Tyrbera, B., & Andersson, A. (1997). Comparative study of the toxicity of alloxan in islets prepared by different species. *Diabetology*, 1; 119.
- 13 Baranov, V.G., Sokoloverova, I.M., & Gasparyan, E.G. (1983). Experimental diabetes mellitus. In: Role in clinical diabetology. Netherlands: Elsevier.
- 14 Dunn, J., McLetchie, I., & Sheehan, H. (1943). Necrosis of the islets of Langerhans, obtained experimentally. *Lancet*, 6242; 484-487. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(00\)42072-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(00)42072-6)
- 15 Lensen, S. (2008). Mechanisms of development of alloxan-and streptozotocin diabetes. *Diabetology*, 51(2); 216-226.
- 16 Abikenova, F., Meyramov, G., Zhautikova, S., Abdikadirova, K., Zhienbayeva, C., Talaspekova, Y., Baryshnikova, I., Karipova, A., & Suleimenova, B. (2021). Investigation of Antidiabetogenic Effect of the Iodine-Selenium Concentrate in Animals with Chronic Alloxan Diabetes of Varying Severity. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 9(A); 535-540. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.5873>
- 17 Zhautikova, S., Abdikadirova, K., Zhienbayeva, K., Suleimenova, B., Talaspekova, Y., Karipova, A., Baryshnikova, I., Zhalmakhanov, M., Piven, L., Medvedeva, I., Zhuravlev, S., & Omarbekova, N. (2022). Pathogenetic Mechanisms of Relationship of Metabolic and Morphofunctional Disorders of Thyroid and Adrenal Glands in Diabetes Mellitus and Obesity. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(B); 232-239.

- 18 Abdikadirova, Kh., Amreyeva, K., Zhautikova, S., Kostyleva, O., Abikenova, F., Chergizova, B., et al. (2020). Morphological Changes in the Hepatic Tissue at the Impact of Industrial Copper-bearing Dust in the Experiment. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 8(E); 653-656. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2020.3473>
- 19 Jangildinova, S., Ivassenko, S., Kelmyalene, A., Yessilbayeva, B., & Dyussenbekova, B. (2019). Determination of the product of DNA oxidation in the blood of women living in the sub-aral area. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(10); 1672-1674. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.333>
- 20 Okassova, A.K., Ilderbayev, O.Z., Nursafina, A.Z., Zharmakhanova, G.M., Rakhimova, B.B., Bayan, Y.T., et al. (2021). Evaluation of lipid peroxidation under immobilization stress in irradiated animals in experiment. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 9(A); 119-122. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.5781>
- 21 Kumar, R., Malik, S., Tiwari, R., Zhautivova, S.B., Rakhimovna, A.H., Raj, T., et al. (2021). Pathophysiology of cardiovascular diseases and the role of vitamins, and herbal extracts in the reduction of cardiovascular risks. *Cardiovasc Hematol Agents Med Chem.*, 19(2); 175-186. <https://doi.org/10.2174/1871525718666201217102638>
- 22 Abdikadirova, K.R., Amreeva, K.E., Kalishev, M.G., & Zhautikova, S.B. (2019). Evaluation of the effectiveness of alimentary correction of pathological changes in hepatic tissue under the influence of industrial copper-containing dust in the experiment. *Medicine and Ecology*, 59(7); 438-443. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-7-438-443>
- 23 Okassova, A.K., Britko, V., Okassov, D.B., Tatina, Y.S., Tolegenova, A.I., Kuvatbaeva, K.N., et al. (2022). Study of lipid peroxidation-antioxidant defense systems in rats under radiation exposure. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(A); 236-239. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.8352>
- 24 Tussupbekova, M., Bakenova, R., Stabayeva, L., Imanbayeva, G., Nygyzbayeva, R., Mussabekova, S., & Tayzhanova, D. (2019). Clinic — Morphologic and Morphometric Criteria for Differential Diagnosis of Sarcoidosis and Pulmonary Tuberculosis. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(9); 1480-1485. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.315>
- 25 Chernomoret, V.S., Troitskaya, E.A., & Kobalava, J.D. (2020). Orientation to central BP is a promising approach to the management of patients with uncontrolled arterial hypertension, Type 2 diabetes mellitus and chronic kidney disease. *Med J Clin Pharmacol Ther.*, 2; 40-46.
- 26 Allazova, S.S., Novikova, M.S., Bobkova, I.N., Bobrova, L.A., Kotenko, O.N., & Shilov, E.M. (2019). Risk factors for post-transplant diabetes mellitus in kidney recipients. *Med J Clin Pharmacol Ther.*, 2; 44-48.
- 27 Golovchenko, T.R. (2016). The effect of adrenaline and prednisone on the content of secret material in the blood granules of golden hamsters with Alloxan diabetes. In book: *Young Scientist: Challenges and prospects*. Karaganda, 95-9.
- 28 Kuznetsova, N.V., Palchikova, N.A., Selyatitskaya, V.G., & Shkurupiy, V.A. (2010). The reaction of the adrenocortical system to the induction of inflammation by silicon dioxide in rats with Alloxan diabetes. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 149(60); 631-634. <http://iramn.ru/journals/bbm/2010/6/5645/>
- 29 (2011). Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. 8th ed. Washington: National Academies Press. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK54050/>
- 30 (1986). European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes. Strasbourg European Treaty Series; No. 123. Retrieved from <https://rm.coe.int/168007a67b>
- 31 Bezdenezhnykh, N.A., Sumin, A.N., & Barbarash, O.L. (2017). Patients with diabetes and myocardial revascularization from evidence-based medicine position: cardiologists's opinion. *Russian Journal of Cardiology*, 4; 105-113. <https://russjcardiol.elpub.ru/jour/article/view/876/1368>
- 32 Kurashvili, L.V., Semechkina, E.A., Avdonina, T.S., Zueva, G.F., & Zakharova, I.R. (1998). Spectrum of blood lipids in patients with insulin-dependent diabetes mellitus and coronary heart disease. *Problems of Endocrinology*, 44(3); 1012. <https://doi.org/10.14341/probl199844310-12>
- 33 Oivin, I.A. (1960). Statistical processing of experimental research results. *Pathological physiology and experimental therapy*, 4; 76-85.
- 34 Fletcher, R., Fletcher, S. & Wagner, E. (1999). Clinical epidemiological foundations of evidence-based medicine. *The media sphere*, 199; 352.

С.Б. Жаутикова, Х.Р. Абдикадилова, Ф.С. Абикенова, Ю.П. Таласпекова,
И.В. Медведева, Б.Т. Черкизова

Аллоксан, стрептозотоцин және дитизон қант диабетімен эксперименттік жануарлардағы гормоналды-метаболикалық бұзылуларды клиникалық және зертханалық бағалау

Эксперименттік диabetологияда негізгі орынды қант диабетінің химиялық модельдері алады. Бұл модельдерде әртүрлі агенттер ұйқыбезі аралдарының тініндегі β-жасушаларына таңдамалы түрде әсер етеді. Жануарлардағы гормоналды және метаболикалық бұзылулардың патогенетикалық механизмдері аллоксан, стрептозотоцин және дитизон қант диабеті модельдерінде зерттелді. Тәжірибе үшін Вистар тұқымының еркек егеу құйрықтары қолданылды. Эксперименттік қант диабетінің үш моделі жасалды. Бақылау топтарының уақыты (6, 12, 24 ай) және саны бойынша бірдей болды.

Липидтер мен ақуыз алмасуын зерттеудің зертханалық-биохимиялық әдістерінің кешені қолданылып, сарысу ферменттері де анықталды. Аллоксан мен стрептозотоцинді енгізгеннен кейін эксперименттік жануарлардағы гликемия деңгейі 13,4-тен 18,6 ммоль/л-ге дейін ауытқиды, глюкозурия, полидипсия, полифагия байқалды. Стрептозотоцин қант диабеті бар жануарларда бақылау тобына қарағанда гликемияның 3,10 есе, гликирленген гемоглобиннің — 3,16 есе, IRI — 3,76 есе және С-пептидтің — 2,05 есе ($p<0,01$) жоғарылауы байқалды. Аллоксан, стрептозотоцин және әсіресе дитизон қант диабетінде липидтер алмасуының ауыр бұзылыстары анықталды (24 айлық бақылау). Бұл триглицеридтер деңгейінің 1,66 есе, атерогенділік индексінің ($p<0,01$) 4,43 есе және ЖТЛП деңгейінің ($p<0,05$) СИЗ бұзылмаған тобымен салыстырғанда 1,43 есе, сондай-ақ МҚҚ, ЖХС, ТТЛП, ТӨТЛП айтарлықтай ($p<0,01$) жоғарылауы байқалды. Аллоксан және дитизон қант диабеті бар жануарларда гипофиздің функционалдық белсенділігі төмендеді (өсу гормоны мен КТГ деңгейі ($p<0,01$), бүйрек үсті безінің қыртысы және ұйқы безінің α -жасушалары ($p<0,01$), симпатoadреналин жүйесінің белсенділігі жоғарылайды, бұл адреналин, норадреналин деңгейін жоғарылату арқылы ($p<0,01$) — айтарлықтай 1,42 есеге расталды. Стрептозотоцин қант диабеті бар жануарларда ішкі секреция бездерінің жұмысының айқын тежелуі байқалды.

Кілт сөздер: эксперименттік аллоксан, стрептозотоцин және дитизон қант диабетінің модельдері, гликирленген гемоглобин, С-пептид, липидті және ақуыз алмасу көрсеткіштері, кортикотропты гормон, адреналин, норадреналин, кортизол, бос гидрокортизон көрсеткіштері, глюкагон, инсулин.

С.Б. Жаутикова, Х.Р. Абдикадинова, Ф.С. Абикенова, Ю.П. Таласпекова,
И.В. Медведева, Б.Т. Черкизова

Клинико-лабораторная оценка гормонально-метаболических нарушений у экспериментальных животных с аллоксановым, стрептозотоциновым и дитизиновым диабетом

Основное место в экспериментальной диабетологии занимают химические модели диабета. В них различные агенты избирательно воздействуют на β -клетки в ткани островков поджелудочной железы. Патогенетические механизмы гормональных и метаболических нарушений у животных изучались на моделях аллоксанового, стрептозотоцинового и дитизинового диабета. Для эксперимента использовали самцов крыс линии Вистар. Были созданы три модели экспериментального диабета. Группы были идентичны по времени наблюдения (6, 12, 24 месяца) и количеству. Применялся комплекс лабораторно-биохимических методов исследования липидного и белкового обмена. Также определяли сывороточные ферменты. Уровень гликемии у экспериментальных животных после введения аллоксана и стрептозотоцина колебался от 13,4 до 18,6 ммоль/л, замечены глюкозурия, полидипсия, полифагия. У животных со стрептозотоциновым диабетом наблюдалось достоверное ($p<0,01$) увеличение гликемии в 3,10 раза, гликированного гемоглобина — в 3,16 раза, снижение ($p<0,01$) ИРИ — в 3,76 и С-пептида — в 2,05 раза по сравнению с интактными животными. Тяжелые нарушения липидного обмена были выявлены при аллоксановом, стрептозотоциновом и особенно дитизиновом диабете (24 месяца наблюдения). Это выразилось в значимом ($p<0,01$) повышении уровня триглицеридов — в 1,66 раза, индекса атерогенности ($p<0,01$) — в 4,43 и снижении ($p<0,05$) уровня ЛПВП — в 1,43 раза по сравнению с интактной группой КИЗ, а также обнаружено увеличение СЖК, ОХС, ЛПНП, ЛПОНП. У животных с аллоксановым и дитизиновым диабетом была снижена функциональная активность гипофиза (уровень гормона роста и СТГ ($p<0,01$), коры надпочечников и α -клеток поджелудочной железы ($p<0,01$), повышена активность симпатoadреналовой системы, что было подтверждено значительным ($p<0,01$), за счет повышения уровня адреналина, норадреналина — в 1,42 раза. Более выраженное подавление работы желез внутренней секреции отмечено у животных со стрептозотоциновым диабетом.

Ключевые слова: модели экспериментального аллоксанового, стрептозотоцинового и дитизинового диабета, гликированный гемоглобин, С-пептид, показатели липидного и белкового обмена, показатели кортикотропного гормона, адреналина, норадреналина, кортизола, свободного гидрокортизона; глюкагон, инсулин.

Н.Ж. Ердесов*, А.О. Омарова, Ч.У. Исмаилов

Медицинский университет Караганды, Караганда, Казахстан

**Автор для корреспонденции: erdesov@qmu.kz*

Обеспеченность услугами водоснабжения и водоотведения в Карагандинской области

В статье проведен анализ охвата услугами водоснабжения и водоотведения среди сельского и городского населения Карагандинской области, представлены данные по протяженности сетей и их техническом состоянии, также о эффективной работе сооружений системы водоотведения. Цель работы — изучить степень охвата услугами водоснабжения и водоотведения и их технического состояния среди сельского и городского населения Карагандинской области за период 2010–2020 годов. Ретроспективный анализ вторичных данных за 10 лет, а именно формы «О работе водопроводных и канализационных сооружений в Республике Казахстан». Из 421 сельских населенных пунктов области 245 обеспечены централизованным водоснабжением (89,9 %), 166 — децентрализованным (9,9 %) и 8 — привозным (0,2 %). Охват централизованным водоснабжением в городских местностях области составляет 98 %, охват централизованным водоотведением 78,43 %. Протяженность водопроводных сетей в сельской местности имеет тенденцию к увеличению и составляет 80,5 %, система водоотведения также увеличилась на 81,2 %. В городской местности протяженность сетей осталась неизменной. Охват сельского населения центральным водоснабжением и водоотведением за исследуемый период значительно увеличился. Полученные результаты исследований указывают на то, что в настоящее время имеется значительная диспропорция между обеспеченностью населения централизованным водоснабжением и централизованным водоотведением. Техническое состояние сетей водоснабжения и канализации в сельской местности остается на неудовлетворительном уровне, что приводит к высоким потерям и ухудшению качества питьевой воды.

Ключевые слова: водоснабжение, водоотведение, питьевая вода, городская местность, сельская местность, водопроводная сеть, канализационная сеть, очистные сооружения, Карагандинская область.

Введение

Республика Казахстан обладает крупными запасами полезных ископаемых, благодаря чему страна развивает экономический, культурный и научный потенциал, однако водные ресурсы в стране ограничены. Казахстан относится к странам с дефицитом водных ресурсов, причиной тому средние показатели объема воды на душу населения. Обеспечение населения большим объемом качественной воды осложняется неравномерностью распределения водных ресурсов на территории и их нерациональное использование. Проблема имеет исторический характер, население страны еще в советское время не было достаточно обеспечено питьевой водой как в сельской, так и в городской местности, данная проблема актуальна и в настоящее время [1].

Неудовлетворительное техническое состояние и загрязнение водоисточников являются основными задачами, решение которых позволит обеспечить население качественной водой. Долгосрочные приоритетные задачи обеспечения населения питьевой водой отражены в программе «Казахстан–2030» и в Послании Президента РК Касым-Жомарта Токаева [2–4].

Наличие доступа к безопасному водоснабжению в достаточных объемах может обеспечить соблюдение личной гигиены — ключевой меры профилактики не только диарейных заболеваний, но и острых респираторных инфекций и многочисленных тропических болезней [5].

Инфекционная заболеваемость является одной из основных показателей среди общей патологии человека, в значительной степени зависящей от качества и характера водоподготовки, технического состояния водопроводных и канализационных сетей, качества и объема подаваемой воды населению, а также санитарно-гигиенического благоустройства.

Качественная вода одна из приоритетных задач гигиены окружающей среды в Казахстане, это обусловлено неуклонным ростом водопотребления, антропогенным воздействием на водоисточники, также неадекватностью способов водоподготовки [6].

Нехватка доступной питьевой воды, состояние систем водоснабжения и водоотведения, а также очистка сточных вод, к сожалению, на данный момент усугубляется значительным отставанием в технической поддержке и в периодическом ремонте инфраструктуры, которая находится в плохом техническом состоянии, что приводит к большим потерям воды, в масштабах Казахстана они составляют до 40 % всего объема, что выше, чем в США (11 %), Великобритании (23), России (21 %).

Эффективность коммунальных служб в Республике Казахстан отстает от таких стран, как Великобритания, Италия, Россия, где на тысячу потребителей приходится 1,5–4 сотрудника, тогда как в других странах этот показатель составляет 0,3–1,3 человека [1, 4].

Цель работы: изучить степень охвата услугами водоснабжения и водоотведения и их технического состояния среди сельского и городского населения Карагандинской области за период 2010–2020 годов.

Материалы и методы

Ретроспективный анализ вторичных данных за период 2010–2020 годов формы «Статистика окружающей среды» — «О работе водопроводных и канализационных сооружений в Республике Казахстан», данные Бюро Национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан.

Результаты и их обсуждение

Карагандинская область является крупнейшей промышленной зоной Центрального Казахстана, территория области занимает 15,7 % от общей площади Казахстана (427 982 км²) и включает девять городов областного значения и девять сельских округов. По данным за 2020 год, в Карагандинской области проживает 7,38 % от общего населения страны (1 376 882 человека); из них сельские жители составляют 21,41 % (278 891 человек) [7, 8].

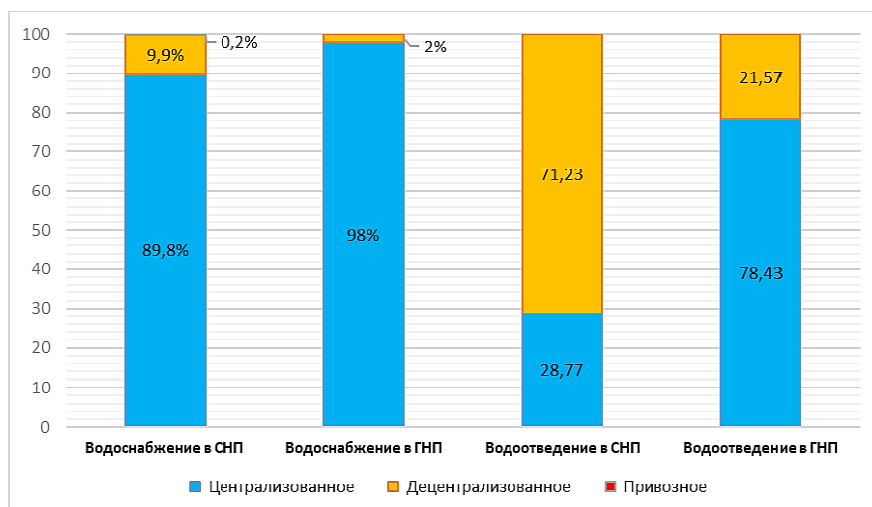
На территории Карагандинской области находится 421 сельский населенный пункт. Согласно данным Бюро национальной статистики на 2020 год, из них 245 обеспечены централизованным водоснабжением (89,9 % сельского населения), 166 — децентрализованным (9,9 %) и 8 — привозным (0,2 %). Количество сельских населенных пунктов, охваченные централизованным водоотведением, составляет 30, где проживают 28,77 % всего сельского населения области. В сельских регионах Карагандинской области имеются 7 канализационно-очистных сооружений, в том числе 3 — с механической и 2 — с биологической очисткой. Численность населения, охваченного очисткой, составляет 29 357 человек (10,09 %).

На 2020 год в Карагандинской области находились 11 городских населенных пунктов. Охват централизованным водоснабжением в городских местностях области составляет 98 %, тогда как охват централизованным водоотведением 78,43 %. В городских регионах Карагандинской области имеются 12 канализационно-очистных сооружений, в том числе 7 — с механической и 5 — с биологической очисткой. Численность населения, охваченного действующими очистными сооружениями, составляет 567 046 человек (51,89 %) (рис. 1).

Протяженность водопроводных сетей в Карагандинской области составила 7659,9 км, из которых 2185,5 км (28,53 %) приходится на сельскую местность. Большая протяженность сетей в сельской местности обусловлена сильной удаленностью населенных мест друг от друга и от районных центров.

В Казахстане были приняты и реализованы государственные программы по развитию и модернизации сектора систем водоснабжения и водоотведения. За последние 20 лет было несколько национальных программ по обеспечению сельского населения питьевой водой. Первая программа под на-

званием «Питьевые воды» была рассчитана на 2002–2010 годы. Цель — 7231 населенный пункт, 174 поселков и 86 городов и малых городов должны были быть обеспечены нормальными системами водоснабжения, уровень водообеспеченности должен был вырасти до 80 % [9].



СНП — сельский населенный пункт; ГНП — городской населенный пункт

Рисунок 1. Степень охвата услугами водоснабжения и водоотведения в сельских и городских населенных пунктах Карагандинской области

Программа «Ак булак» реализовывалась с 2011–2020 годы. Цель — обеспечение доступа к централизованному водоснабжению в сельских населенных пунктах на 80 %, в малых городах — на 100 % [10].

Согласно официальным данным, за анализируемый период отмечается тенденция увеличения объема отпущенной воды сельскому населению в сельской местности за период, с 2903,1 тыс. м³ в 2010 году, до 7144,6 тыс. м³ в 2020 году, что свидетельствует о повышении данного показателя в 2,5 раза. Тогда как в городской местности объем подачи не изменился, в 2010 году — 46759,1 тыс. м³, за 2020 год — 47013,1 тыс. м³.

Протяженность водопроводных сетей в сельской местности имеет тенденцию к увеличению с 1210,2 км в 2010 году до 2185,5 км в 2020 году, рост составил 80,5 %, одновременно увеличивается и износ данных сетей, за анализируемый период в среднем ремонтируется и заменяется только — 1,78 % сетей, нуждаются в капитальном ремонте и замене — 21,1% (рис. 2).

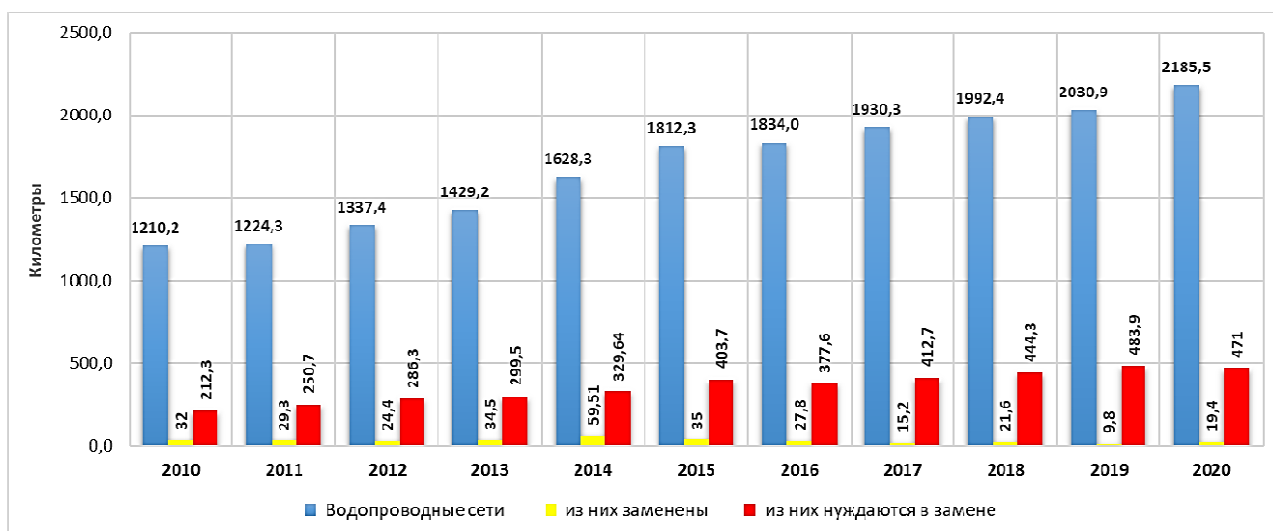


Рисунок 2. Протяженность водопроводных сетей в сельской местности Карагандинской области за период 2010–2020 годы (км)

В городской местности протяженность водопроводных сетей за анализируемый период осталась неизменной. Городские сети изношены сильнее сельских. В среднем ремонтируется и заменяется только 2,17% сетей, в капитальном ремонте и замене нуждаются — 36,83 % (рис. 3).

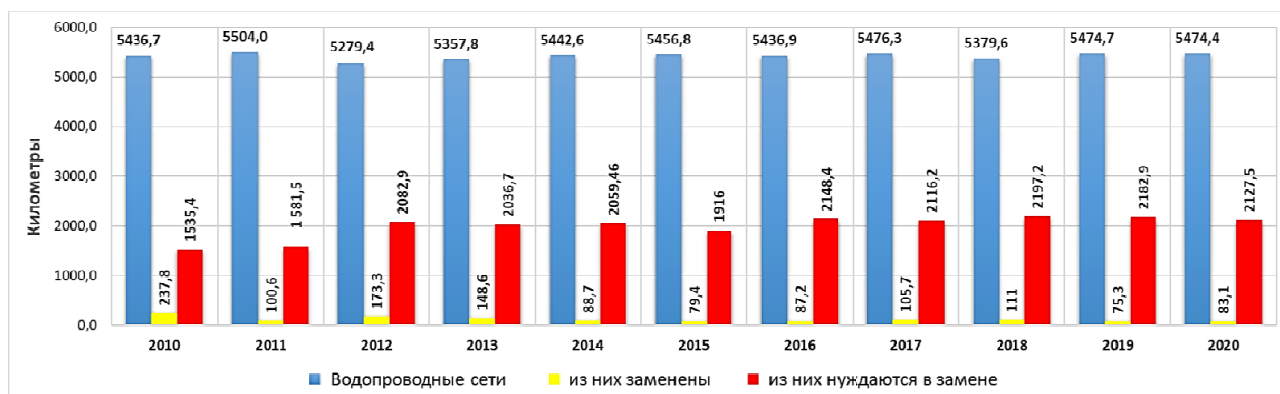
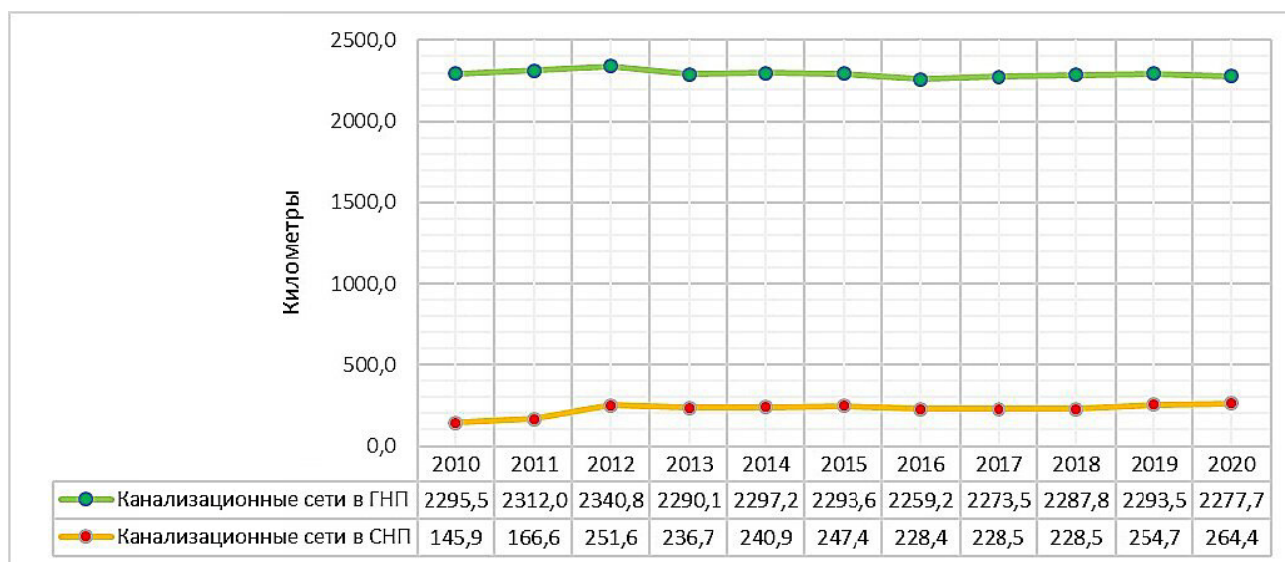


Рисунок 3. Протяженность водопроводных сетей в городской местности Карагандинской области за период 2010–2020 годы (км)

По данным Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства, большая часть сетей водоснабжения в неудовлетворительном состоянии и давно вышла из нормативного срока эксплуатации, из-за чего сети подвержены износу и зарастанию, что приводит к снижению их пропускной способности, росту количества аварий, к большим потерям воды и ухудшению ее качества [11].

Одним из факторов, негативно влияющих на обеспечение питьевой водой сельского населения республики, является отсутствие на селе предприятий по эксплуатации сетей водоснабжения или их слабое материально-техническое оснащение.

Водоотведение, как и водоснабжение населенных пунктов, играет значительную роль в обеспечении необходимых санитарных условий проживания. Системы водоотведения в сельской местности за анализируемый период имеет положительную динамику, увеличение протяженности составило 81,2 %, с 145,9 км в 2010 году до 264,4 км в 2020 году. Протяженность городских сетей водоотведения осталась на том же уровне (рис. 4).



ГНП — городской населенный пункт; СНП — сельский населенный пункт

Рисунок 4. Протяженность канализационных сетей в сельской и городской местности Карагандинской области за период 2010–2020 годы (км)

Очистным сооружениям отведена основная роль в системах водоснабжения и водоотведения, на них возложена задача по производству качественной питьевой воды, очистка сточных вод, согласно современным стандартам обработка и утилизация осадка сточных вод до требования экологического законодательства.

Объем сточных вод в сельской местности за период исследования показал, что до нормативных требований очищается 81,1 %, оставшийся объем 18,9 % — это неочищенные стоки (рис. 5).

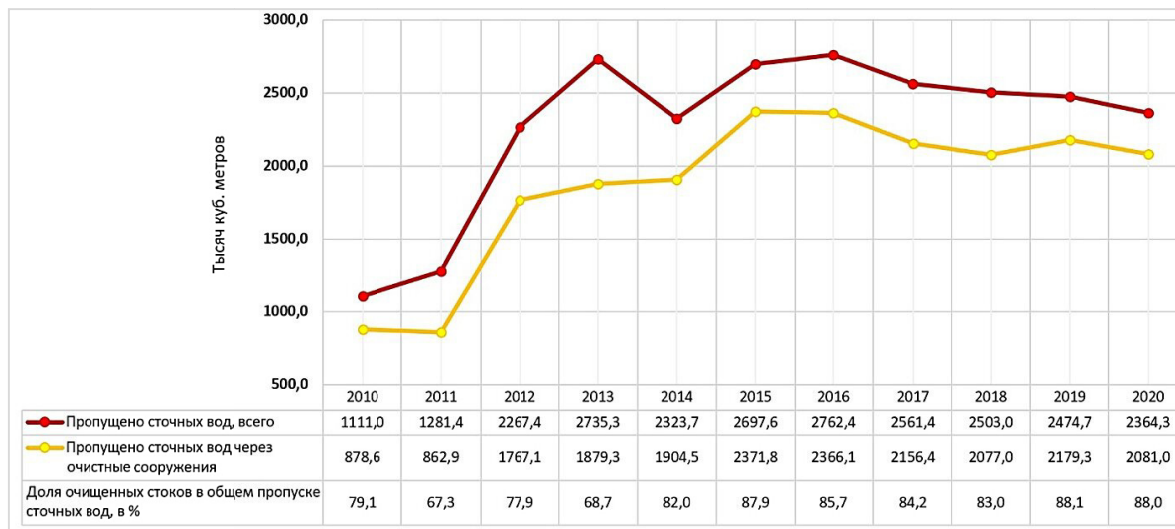


Рисунок 5. Показатели работы сооружений системы водоотведения в сельской местности Карагандинской области за период 2010–2020 год (тыс. куб. м)

Системы водоотведения в сельской местности ранее строились в основном в районных центрах и крупных сельских населенных пунктах. Отвод сточных вод осуществлялся лишь от административно-хозяйственных зданий, многоэтажной застройки, больниц и школ, данная ситуация не изменилась и в настоящее время. В большинстве сельских населенных пунктах в основном представлена вывозная (ассенизационная) система удаления отходов, канализационная (сплавная) представлена небольшим процентом.

Сточные воды, проходящие очистку через городские очистные сооружения, за анализируемый период показали, что до нормативных требований доводятся только 65,83 %, оставшиеся 34,17 % неочищенных стоков сбрасываются на поля фильтрации, что свидетельствует о низкой эффективности очистных сооружений (рис. 6).

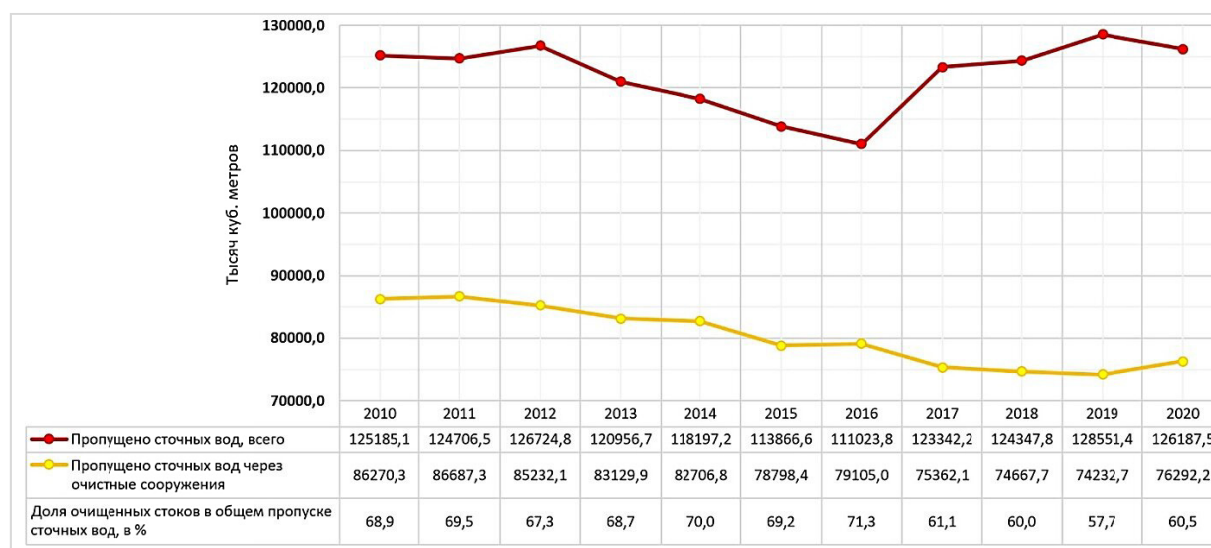


Рисунок 6. Показатели работы сооружений системы водоотведения в городской местности Карагандинской области за период 2010–2020 год (тыс. куб. м)

В настоящее время действующие очистные сооружения выработали свои эксплуатационные ресурсы и нуждаются в ремонте, остальные работают с увеличенной нагрузкой, все это приводит к несоответствию технологии очистки сточных вод проектным данным.

Заключение

Охват сельского населения Казахстана центральным водоснабжением за исследуемый период значительно увеличился. Однако проблема сохраняется и является весьма актуальной в связи с постоянным увеличением потребности воды для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и для хозяйственной деятельности.

Полученные результаты исследований указывают на то, что в настоящее время имеется значительная диспропорция между обеспеченностью населения централизованным водоснабжением и централизованным водоотведением. Реализуемые государственные программы затрагивают в основном проблему обеспечения населения центральным водоснабжением.

Проблема водоотведения, преимущественно, решается строительством локальных очистных сооружений, для уменьшения диспропорции необходимо учитывать принцип «замкнутого» цикла использования воды (централизованное водоснабжение — централизованное водоотведение).

Техническое состояние сетей водоснабжения и канализации в сельской местности остается на неудовлетворительном уровне, что приводит к высоким потерям и ухудшению качества питьевой воды. Это может негативно отразиться на состоянии здоровья и санитарных условиях жизни сельского населения.

Необходимо повышение информированности и санитарной грамотности сельского населения по вопросам использования воды и проблем водоотведения, особенно при децентрализованном водоснабжении и отсутствии системы канализации. Эти меры позволят создать необходимые санитарные условия, обеспечивающие высокие показатели качества жизни сельского населения.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан ИРН AP09058465 «Оценка обеспеченности надлежащим водоснабжением, санитарией и гигиеной (ВСГ) в сельских медицинских учреждениях Карагандинской области для эффективного реагирования на пандемию COVID-19».

Список литературы

- 1 Целевые показатели к Протоколу по проблемам воды и здоровья Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Республика Казахстан). Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций. Астана, 2017. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Baseline_study_and_target_indicators_to_the_Protocol_on_Water_and_Health_May_2017_RUS.pdf (Дата обращения: 05.11.2022).
- 2 «Казахстан — 2030. Процветание, безопасность и улучшение благосостояния всех казахстанцев». Послание Президента страны народу Казахстана 1997 года. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://adilet.zan.kz/rus/docs/K970002030_ (Дата обращения 13.11.2022).
- 3 Единство народа и системные реформы — прочная основа процветания страны: Послание Главы государства народу Казахстана от 1 сентября 2021 года. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100002021> (Дата обращения 09.11.2022).
- 4 Коваленко Л.М. Водообеспечение населения Карагандинской области в рамках программы «Питьевая вода» / Л.М. Коваленко, А.Б. Рыспаева, А.И. Александрова // Медицина и экология. — 2011. — № 3. — С. 15–19.
- 5 Нуркенова А.Т. Некоторые показатели качества питьевой воды города Караганды / А.Т. Нуркенова, Н.М. Дузбаева, А. Балтабекова // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2011. — № 3(63). — С. 38–45.
- 6 Всемирная организация здравоохранения. Питьевая вода. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>. (Дата обращения 02.11.2022).
- 7 Официальный сайт Акимата Карагандинской области. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/karaganda/activities/404?lang=ru>. (Дата обращения 26.10.2022).
- 8 Итоги Национальной переписи населения 2021 года в Республике Казахстан. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.stat.gov.kz/for_users/national/2020. (Дата обращения 30.10.2022).
- 9 Отраслевая программа «Питьевая вода» на 2002–2010 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 23 января 2002 года № 93. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P020000093_ (Дата обращения 16.11.2022).

10 Программа «Ақ бұлақ» на 2011–2020 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 24 мая 2011 года № 570. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1100000570> (Дата обращения 19.11.2022).

11 Концепция развития жилищно-коммунальной инфраструктуры до 2026 года. Утверждена Постановлением Правительства Республики Казахстан от 23 сентября 2022 года № 736. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200000736> (Дата обращения 23.11.2022).

Н.Ж. Ердесов, А.О. Омарова, Ч.У. Исмаилов

Қарағанды облысын сумен жабдықтау және су тарту қызметтерімен қамтамасыз ету

Мақалада Қарағанды облысының ауыл және қала тұрғындарын сумен жабдықтау және су тарту қызметтерімен қамтылуы талданған, желілердің ұзындығы мен олардың техникалық жағдайы, сондай-ақ кәріз жүйесі объектілерінің тиімділігі туралы деректер келтірілген. *Жұмыстың мақсаты:* 2010–2020 жылдар кезеңіндегі Қарағанды облысының ауыл және қала тұрғындарын сумен жабдықтау және су тарту қызметтерімен және олардың техникалық жай-күйімен қамту дәрежесін зерделеу. Өткен 10 жыл ішіндегі, оның ішінде «Қазақстан Республикасындағы су құбыры және кәріз құрылыстарының жұмысы туралы» есепті қосымша деректермен ретроспективті талдау. Облыстың 421 ауылдық елдімекенінің 245-і орталықтандырылған сумен (89,9%), 166-ы — орталықтандырылмаған (9,9%) және 8-і тасымалданатын сумен (0,2%) қамтамасыз етілген. Облыстың қалалық жерлерінде орталықтандырылған сумен қамту 98%, орталықтандырылған тартылған сумен қамту 78,43% құрайды. Ауылдық елдімекендерде су құбыры желілерінің ұзындығы 80,5%-ға, кәріз жүйесі де 81,2%-ға ұлғаяды. Қалалық жерлерде желілердің ұзындығы өзгеріссіз қалды. Зерттеу кезеңінде ауыл тұрғындарын орталық сумен және канализациямен қамту айтарлықтай артты. Зерттеудің алынған нәтижелері қазіргі уақытта халықты орталықтандырылған сумен жабдықтау және орталықтандырылған канализациямен қамтамасыз ету арасында айтарлықтай диспропорция бар екенін көрсетеді. Ауылдық жерлердегі сумен жабдықтау және кәріз желілерінің техникалық жай-күйі қанағаттанарлықсыз деңгейде қалып отыр, бұл ауыз су сапасының тез жоғалуына және нашарлауына әкеледі.

Кілт сөздер: сумен жабдықтау, суды тарту, ауыз су, қалалық жер, ауылдық жер, су құбыры желісі, кәріз желісі, тазарту құрылыстары, Қарағанды облысы.

N.Zh. Yerdessov, A.O. Omarova, Ch.U. Ismailov

Provision of water supply and sanitation services in Karaganda region

The article analyzes the coverage of water supply and sanitation services among the rural and urban population of Karaganda region; presents data on the length of networks and their technical condition, as well as the effectiveness of water disposal system facilities. The aim of the work: to study the degree of coverage of water supply and sanitation services and their technical condition among the rural and urban population of Karaganda region for the period 2010–2020. Retrospective analysis of secondary data with a depth of 10 years, form: “On the work of water supply and sewage facilities in the Republic of Kazakhstan”. Among 421 rural settlements of the region – 245 are provided with the centralized water supply (89,9%), 166 with the decentralized water supply (9,9%) and 8 with the transported water supply (0,2%). Coverage of the centralized water supply in urban areas of the region is 98%, coverage by the centralized sewage system is 78.43%. The length of water supply networks in rural areas tends to increase with an increase of 80.5%, the drainage system also increased by 81.2%. In urban areas, the length of networks remained unchanged. The coverage of the rural population with central water supply and sanitation significantly increased during the study period. The results of the research indicate that at present there is a significant imbalance between the provision of the population with centralized water supply and centralized water disposal. The technical condition of water supply and sewerage networks in rural areas remains at an unsatisfactory level, which leads to high losses and deterioration of drinking water quality.

Keywords: water supply, wastewater disposal, drinking water, urban area, rural area, water supply network, sewerage network, treatment facilities, Karaganda region.

References

1 (2017). Tselevye pokazateli k Protokolu po problemam vody i zdorovia Konventsii po okhrane i ispolzovaniuu transgranichnykh vodotokov i mezhdunarodnykh ozer (Respublika Kazakhstan). Evropeiskaia ekonomicheskaiia komissiiia

Organizatsii Obedinennykh Natsii [Targets for the Protocol on Water and Health Problems of the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes (Republic of Kazakhstan). United Nations Economic Commission for Europe]. Astana. Retrieved from https://unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Water_Convention/2016/Projects_in_Central_Asia/Baseline_study_and_target_indicators_to_the_Protocol_on_Water_and_Health_May_2017_RUS.pdf (Date of application 05.11.2022) [in Russian].

2 Kazakhstan — 2030. Prosvetanie, bezopasnost i uluchshenie blagosostoianiia vseh kazakhstansev. Poslanie Prezidenta strany narodu Kazakhstana 1997 goda [“Kazakhstan — 2030. Prosperity, security and improvement of the well-being of all Kazakhstans”. The Message of the President of the country to the people of Kazakhstan in 1997]. Retrieved from https://adilet.zan.kz/rus/docs/K970002030_ (Date of application 13.11.2022) [in Russian].

3 Edinstvo naroda i sistemnye reformy — prochnaia osnova protsvetaniia strany. Poslanie Glavy gosudarstva narodu Kazakhstana ot 1 sentiabria 2021 goda [“The unity of the people and systemic reforms are a solid foundation for the prosperity of the country”. Message of the Head of State to the People of Kazakhstan dated September 1, 2021]. Retrieved from https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100002021_ (Date of application 09.11.2022) [in Russian].

4 Kovalenko L.M., Ryspaeva, A.B., & Aleksandrova, A.I. (2011). Vodoobespechenie naseleniia Karagandinskoi oblasti v ramkakh Programmy «pitevaia voda» [Water supply to the population of the Karaganda region within the framework of the “Drinking water” program]. *Meditsina i ekologiya — Medicine and ecology*, 3, 15–19 [in Russian].

5 Nurkenova, A.T., Duzbaeva, N.M., & Baltabekova, A. (2011). Nekotorye pokazateli kachestva pitevoi vody goroda Karagandy [Some indicators of the quality of drinking water in the city of Karaganda]. *Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya Biologiya. Meditsina. Geografiia — Bulletin of Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*, 3(63), 38–45 [in Russian].

6 Vsemirnaia organizatsiia zdavookhraneniia. Pitevaia voda [World Health Organization. Drinking water]. Retrieved from <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (Date of application 02.11.2022) [in Russian].

7 Ofitsialnyi sait Akimata Karagandinskoi oblasti [Official website of the Akimat of Karaganda region]. Retrieved from <https://www.gov.kz/memleket/entities/karaganda/activities/404?lang=ru> (Date of application 26.10.2022) [in Russian].

8 Itogi Natsionalnoi perepisi naseleniia 2021 goda v Respublike Kazakhstan [Results of the National Population Census of 2021 in the Republic of Kazakhstan]. Retrieved from https://www.stat.gov.kz/for_users/national/2020 (Date of application 30.10.2022) [in Russian].

9 Otraselevaia programma «Pitevaia voda» na 2002–2010 gody. Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot 23 yanvaria 2002 goda No. 93 [The industry program “Drinking water” for 2002–2010. Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated January 23, 2002 No. 93]. Retrieved from https://adilet.zan.kz/rus/docs/P020000093_ (Date of application 16.11.2022) [in Russian].

10 Programma «Ak bulaq» na 2011–2020 gody. Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot 24 maia 2011 goda No. 570 [The program “Ak Bulak” for 2011–2020. Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated May 24, 2011 No. 570]. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1100000570> (Date of application 19.11.2022) [in Russian].

11 Kontseptsiiia razvitiia zhilishchno-kommunalnoi infrastruktury do 2026 goda. Utverzhdena Postanovleniem Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot 23 sentiabria 2022 goda No. 736 [“The concept of housing and communal infrastructure development until 2026”. Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 736 of September 23, 2022 was approved]. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200000736> (Date of application 23.11.2022) [in Russian].

К.Ж. Кушербай*, А.Н. Мусагалиева

*Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан***Автор для корреспонденции: kosherbay822@mail.ru*

Географический анализ охвата объектами образования города Алматы на примере Алмалинского района на базе ГИС

Урбанизация сегодняшнего дня предстала большим испытанием перед обществом, так как города оказываются неспособными к обслуживанию большого количества населения ввиду дефицита инфраструктуры. Образование является одним из основ формирования городской среды, позволяя возвращать молодое поколение для улучшения качества жизни не только в пределах города, но и далеко за её пределами. Город Алматы, как и многие города-миллионники, столкнулся с проблемой нехватки определенных условий, способствующих удовлетворению спроса горожан. Цель данного научного исследования — выявление проблемных зон, где отмечается высокая загруженность школ, вследствие чего цифровая сервисная зона не способна покрыть имеющийся спрос. Научная значимость исследования была обоснована тенденциями в сфере развития городского пространства, ориентированной на повсеместный доступ к услугам и на условия организации современного мира, базирующегося на цифровизации. Методология исследования заключалась в сборе социально-экономических показателей города Алматы на примере Алмалинского района с последующей фильтрацией под визуализацию индикаторов сектора образования на базе геоинформационных систем. Основным результатом исследования явилась визуализация в виде картографического материала проблемных мест, что необходимо учитывать при последующей организации образовательных учреждений с внесением параметров внешней среды, оказывающей прямое влияние на увеличение спроса. Ценность данного исследования проявляется в изменении комплексных подходов организации городской среды, а именно интеграции систем учета образовательных учреждений с последующим мониторингом для улучшения процессов предоставления мест для обучаемых.

Ключевые слова: образование, дефицит, городская среда, урбанизация, геоинформационная система, картография, пространственные данные, сервисная зона, Алматы, Алмалинский район.

Введение

Город Алматы состоит из 8 районов, но на сегодняшний день имеется открытая проблема моноцентричности, что усиливает нагрузку на сложившиеся исторически точки притяжения. Согласно документу «Программа развития города Алматы до 2025 года и среднесрочные перспективы до 2030 года», представленному акимом города Алматы Ерболатом Досаевым в июне 2022 года, ежегодный прирост населения в среднем равняется примерно 50 тысячам человек с учетом естественного прироста населения (приблизительно 40 %) и сальдо миграции (порядка 60 %). Естественный прирост составляет порядка 20 тысяч, что каждые 6–7 лет выражается в необходимости создания равного количества учебных мест [1]. Прирост населения вызывает спрос на жилье, что приводит к строительству новых жилых массивов, но в случае с городом Алматы возникла проблема с наличием точечной застройки. Помимо точечной застройки, еще одним якорем развития городского пространства являются частные жилые массивы, что оккупируют значительную территорию, на месте которой могло бы проживать большее количество населения, а сопутствующие улицы могли быть реорганизованы под повышение пропускной способности и потенциального внедрения передовых методов организации движения общественного транспорта для перевозки большого количества пассажиров за одну поездку.

Микрорайонная застройка советского типа уходит в небытие, уступая место квартальной застройке, что в перспективе способна соответствовать концепции «объекты в шаговой доступности». Декабрь текущего (2022-го года) обозначен отправной точкой по утверждению Генплана города Алматы до 2040 года, где будут расположены ранее анонсированные новые полицентры — «Исторический центр» (Алмалинский и Жетысуский районы), «Северный центр» (Жетысуский и Турксибский районы), «Западный центр» (Алатауский район), «Восточные ворота» (Медеуский и Турксибский) и «Юго-Западный центр» (Наурызбайский и Алатауский). Данное решение никак не освобождает от необходимости развивать имеющиеся на законодательном уровне 8 районов города, что имеют свои

недостатки. Полицентричность основывается на снижении нагрузки на сложившийся центр городского пространства, а также способна диверсифицировать возведение объектов на территории районов с соблюдением баланса по категориям.

Алмалинский район является историческим центром города Алматы, и сложивший хребет городского пространства имеет прямую связь с когда-то именовавшимся и Сталинским, и Советским районом. Алмалинский район при прежних территориальных размерах города Алматы представлял собой сердце общественной и культурной жизни, но, с течением времени, город присоединил ряд территорий, а возникший в исторической части дефицит земельных участков способствовал стихийному захвату земель в южном направлении.

Имея небольшую площадь в 18,4 км², Алмалинский район аккумулирует в себе ряд объектов жизнедеятельности, что влечёт за собой активное создание рабочих мест и хаотичное увеличение плотности населения. Будучи городом-миллиоником и городом республиканского значения, Алматы неизбежно сталкивается с высоким уровнем внутренней миграции, что создает новые задачи для городского руководства. В данном исследовании акцент сделан на образовательных услугах, так как несовершеннолетние являются наиболее нестабильной категорией городского населения, требующей постоянного внимания со стороны.

С появлением новых форм геопространственных/городских больших данных и передовых методов пространственной аналитики и машинного обучения в наших городах и обществах можно исследовать и обнаруживать новые закономерности и явления [2]. Разработка аналитических моделей, способствующих устойчивости, компактности и социальному балансу городов, особенно важна для решения задач городского планирования в постпандемический период [3].

Города по всему миру заявили о своем стремлении стать «городами на 10, 15 или 20 минут». Эта цель часто является частью стратегии по сокращению выбросов и достижению устойчивого и здорового городского дизайна путем поощрения пешеходных и велосипедных прогулок. 10, 15 или 20-минутный город или район, который для наглядности мы называем городом *x-минут*, — это тип дизайна, направленный на снижение зависимости от автомобилей, позволяя городским жителям пешком или на велосипеде добираться до основных удобств в пределах определенного временного периода от своего дома [4]. Система пространственного планирования центра города требует создания социальной инфраструктуры в центре для поддержки развития новых сообществ, следовательно, создания устойчивых сообществ и мест [5]. С ростом спроса на услуги объектов, выявление пространственной структуры различных объектов с различными функциями (то есть функционального объекта) и определяющей роли городских атрибутов имеет решающее значение для улучшения пространственной справедливости объектов, но все еще мало что известно [6].

Оптимизация распределения городских объектов при дефиците городских земель может повысить справедливость доступа жителей к услугам. Отсутствие оценки структуры разнообразия городских компонентов (то есть городских объектов всех видов промышленности, связанных с социально-экономической деятельностью) ограничивает разумное планирование новых полицентрических городов [7]. В устойчивом городском планировании поиск оптимального местоположения для землепользования имеет решающее значение для управления распределением земли.

Таким образом, поиск местоположения требует подробной информации для проведения правильной оценки факторов, влияющих на выбор [8]. Наблюдаемый рост городов приводит к быстрым изменениям ландшафта и окружающей среды, увеличению требований к источникам, образованию и социальным услугам и т.д., что приводит как к положительным результатам, так и к значительным угрозам. В эпоху развития современных технологий, включая общность инструментов геоинформационных систем (ГИС), получение наборов геопространственных данных и их визуализация становятся проще [9].

Социальная инфраструктура помогает осознать общественные аспекты часто упускаемых из виду и недооцененных пространств. Это привлекает внимание к широте, глубине и фактурам социальной среды, которые могут быть предоставлены различными городскими средами [10]. Городское развитие по-прежнему сталкивается с дилеммой пространственного неравенства общественных объектов, особенно образовательных и медицинских учреждений. Выявление неравенства в различных типах общественных учреждений и их движущих механизмах имеет решающее значение для сокращения социального неравенства [11]. Являясь весьма востребованным ресурсом для родителей, качественные школы оказывают сильное влияние на рынок жилья и другие аспекты социальной жизни во всем мире. Учитывая длительное значение образования в городском обществе, ученые тщательно исследова-

ли взаимосвязь между образованием и динамикой жилищного строительства и их социально-пространственными последствиями [12]. Ученые и политики все больше признают ценность социального капитала — связей, которые порождают и обеспечивают доверие между людьми, — в реагировании на потрясения и стихийные бедствия и восстановлении после них. Однако некоторые сообщества имеют больше социальной инфраструктуры, то есть объектов, которые производят и поддерживают социальный капитал, чем другие. Общественные центры, библиотеки, общественные бассейны и парки служат местами, где люди могут собираться, взаимодействовать и налаживать социальные связи [13]. В то время как неравенство в образовании привлекло широкое внимание ученых, пространственным структурам школ или, более конкретно, пространственному равенству средних школ уделялось мало внимания [14].

В последние годы внимание уделялось строительству и развитию новых образовательных центров, но не их пространственному распределению по городам [15]. Расстояние между домом и школой имеет решающее значение для мобильности детей и равенства в образовании. По сравнению с системами зачисления, основанными на выборе, в системах, основанных на близости, гораздо меньше внимания уделено расстоянию до школы, как будто институциональный механизм распределения детей в близлежащие школы может избежать проблемы больших расстояний до школы [16]. Образовательные учреждения являют собой оплот построения здорового населения, способного покрывать свои нужды за счет высокоинтеллектуальных граждан. Основной базис закладывается при обучении в стенах школ, что во временном периоде занимают наибольшую часть (от 9 до 11 лет, согласно стандартам Министерства образования Республики Казахстан). Дефицит мест в школах является проблемой, текущей наравне с необратимым ростом города, а в нашем случае и Алмалинского района. Алмалинский район в сфере образования представлен 42 организациями, 29 из которых государственные, а 13 — частные.

2020–2021 учебный год представлен контингентом учащихся в количестве 36258 школьников, из которых 33169 обучались в государственных школах, а 3089 — в частных. 2021 год ознаменовался строительством двух пристроек на 300 ученических мест к гимназии № 34 и школе-гимназии № 144, но за последние десятилетия не зафиксировано строительство ни одной государственной школы, что позволило бы повысить уровень оказания образовательных услуг согласно веяниям нового цифрового века. Данная конъюнктура основывается отчасти и по причине наименьшего естественного прироста населения в течение последних лет в разрезе районов (722 человек на 2021 год), в разы уступая лидеру в данном показателе за 2021 год — Алатаускому с показателем в 7148 человек [17]. Данный факт является одним из составляющих, но не стоит забыть и о других параметрах, а именно плотности населения и исторически сложившейся территории района, являющегося наименьшим из 8 районов города Алматы.

Целью данного исследования было изучение существующей ситуации по имеющимся школьным учреждениям и выявление проблемных участков с повышенным спросом на образовательные услуги.

Задачами исследования являлись:

- сбор открытых данных по образовательным учреждениям и микроучасткам Алмалинского района;
- создание сервисных зон с дистанцией в 500 м для определения границ, соответствующих концепции «объектов в шаговой доступности»;
- вычисление количественных показателей в каждой сервисной зоне с применением инструментария пространственного анализа;
- приведение теоретических рекомендаций по повышению качества предоставления образовательных услуг, определению потенциальных зон для размещения новых школ, а также по пересмотру границ существующих микроучастков.

Объекты и методы исследования

Объект исследования: образовательные учреждения Алмалинского района города Алматы.

Исходные данные: «Динамика основных социально-демографических показателей по городу Алматы» [18], «Итоги работы за 2021 год» [17], «Карта микроучастков» и «Рейтинг школ за 2020 год» [19] и открытые данные (количество населения за 2020 год; плотность населения за 2020 год; количество населения в возрасте 0–14 за 2020 год; общее количество домовладений за 2020 год) компании ESRI [20], интегрирование на основе платформы ArcGISPro.

Методы исследования: Сбор «сырых» данных с последующим прикреплением координат посредством интегрировании файла *csv*. (Comma-Separated Values) и последовавший за ним анализ сервисных зон согласно дистанции в 500 м с учетом фактора сопротивления, что позволило нанести на карту — актуализированную сервисную зону с внесением объектов, усложняющих построение маршрутов от объектов образования (рис. 1).

№ школы	Школа	Вид школы	Язык обучения	Учлен обучения	Адрес	Год основания	Сайт школы	Количество учеников (2020)	Количество преподавателей	Широта (LAT)	Долгота (LON)
№8	ШГ-8	Школа-Гимназия	Русский	Общеобразовательная	Кабыбай батыра 125/105а	1967	http://8.alschool.kz/	1170	86	43.248812	76.921979
№15	Г-15	Гимназия	Смешанный	Общеобразовательная	Гоголя 133	1937	http://15.alschool.kz/	2022	144	43.260129	76.930885
№16	ОШ-16	Школа	Смешанный	Общеобразовательная	Шарипова 23	1936	http://16.alschool.kz/	1080	93	43.259235	76.921184
№18	Г-18	Гимназия	Русский	Общеобразовательная	Радоусца 38	1978	http://18.alschool.kz/	1087	79	43.246500	76.852060
№24	Л-34	Лицей	Казахский	Общеобразовательная	Гоголя 187	1937	http://24.alschool.kz/	489	38	43.258300	76.915062
№25	КТУ "Гимназия №25 им.И.Есенберлина"	Гимназия	Русский	Общеобразовательная	Кабыбай батыра 128	1937	http://25.alschool.kz/	808	64	43.248839	76.917971
№34	Г-34	Гимназия	Русский	Общеобразовательная	Брусиловского 15	1984	http://34.alschool.kz/	2026	94	43.253486	76.874788
№36	Г-36	Гимназия	Казахский	Общеобразовательная	Масани 70	1935	http://36.alschool.kz/	824	0	43.248128	76.930311
№39	Л-39(прям на конкурсной основе)	Лицей	Казахский	Специализированная	Толка би 74/1	1933	http://39.alschool.kz/	936	75	43.253889	76.918974
№46	Г-46	Гимназия	Русский	Общеобразовательная	Карасай батыра 157	1989	http://46.alschool.kz/	1438	85	43.249517	76.909304
№54	КТУ КРСШ №54 им.И.В.Панфилова	Школа-Лицей	Русский	Специализированная	Панфилова 68/73	1938	http://54.alschool.kz/	797	66	43.262218	76.944916
№55	ОШ-55	Школа	Русский	Общеобразовательная	Ауэзова 36	1937	http://55.alschool.kz/	1111	57	43.249865	76.903067
№58	ОШ-58	Школа	Казахский	Общеобразовательная	Тургут Озала 30	1980	http://58.alschool.kz/	622	0	43.254341	76.881299
№62	Г-62	Гимназия	Казахский	Общеобразовательная	Туркесбаева 4	1991	http://62.alschool.kz/	1110	0	43.256135	76.878546
№67	ОШ-67	Школа	Казахский	Общеобразовательная	Розыбакиева 31в	1965	http://67.alschool.kz/	534	56	43.242593	76.884888
№75	ОШ-75	Школа	Русский	Общеобразовательная	Туркесбаева 176	1955	http://75.alschool.kz/	781	62	43.243089	76.880373
№79	Г-79	Гимназия	Русский	Общеобразовательная	Ул. Карасай батыра 205	1981	http://79.alschool.kz/	1601	103	43.248657	76.896878
№90	Л-90(прям на конкурсной основе)	Лицей	Смешанный	Специализированная	Чайковского 28	1958	http://90.alschool.kz/	514	74	43.267019	76.917286
№95	ОШ-95	Школа	Русский	Общеобразовательная	Шарипова 33	1984	http://95.alschool.kz/	1446	81	43.256976	76.920864
№96	ОШ-96	Школа	Смешанный	Общеобразовательная	Тлендиева 35	1964	http://96.alschool.kz/	1760	100	43.253588	76.870176
№120	Г-120	Гимназия	Смешанный	Специализированная	Курмангазы 74/143	1970	http://120.alschool.kz/	1332	84	43.243571	76.931613
№124	ОШ-124	Школа	Смешанный	Общеобразовательная	Богенбай батыра 260	1985	http://124.alschool.kz/	516	70	43.249351	76.904298
№128	ОШ-128	Школа	Казахский	Общеобразовательная	Жаронова 18	1987	http://128.alschool.kz/	790	70	43.245504	76.900057
№134	Л-134	Лицей	Русский	Общеобразовательная	Жаронова 24	1989	http://134.alschool.kz/	699	47	43.241932	76.900061
№135	ОШ-135	Школа	Русский	Общеобразовательная	Клочкова 49	1989	http://135.alschool.kz/	519	0	43.241952	76.900711
№136	ОШ-136	Школа-Гимназия	Казахский	Общеобразовательная	Байзақова 130	1989	http://136.alschool.kz/	765	76	43.254878	76.912082
№144	ШГ-144	Школа-Гимназия	Русский	Общеобразовательная	Туркесбаева 93	отсутствует	http://144.alschool.kz/	1102	0	43.250726	76.878105
№147	КТУ "Гимназия №147"	Гимназия	Казахский	Общеобразовательная	Абылай хана 20	1936	http://147.alschool.kz/	1072	0	43.269525	76.940467
№167	ОШ-167	Школа	Казахский	Общеобразовательная	Тургут Озала 45	1992	http://167.alschool.kz/	1099	83	43.256174	76.879072

Рисунок 1. Сбор данных по образовательным учреждениям с добавлением координат в формате *csv* (Comma-Separated Values) [19]

Сбор данных предполагал обращение к открытым источникам с целью получения списка государственных образовательных учреждений, так как частные не имеют за собой необходимости в учете. Отсутствие необходимости в учете выражено, в первую очередь, по социально-экономической причине, так как не каждая семья может позволить себе обучение в частной школе за определенную плату. Повсеместный сбор данных привел к тому, что в основу анализа были взяты 29 государственных школ: школа-гимназия № 8, гимназия № 15, общеобразовательная школа № 16, гимназия № 18, лицей № 24, гимназия № 25, гимназия № 34, гимназия № 36, лицей № 39, гимназия № 46, школа-лицей № 54, общеобразовательная школа № 55, общеобразовательная школа № 58, гимназия № 62, общеобразовательная школа № 67, общеобразовательная школа № 75, гимназия № 79, лицей № 90, общеобразовательная школа № 95, общеобразовательная школа № 96, гимназия № 120, общеобразовательная школа № 124, общеобразовательная школа № 128, лицей № 134, общеобразовательная школа № 135, школа-гимназия № 136, школа-гимназия № 144, гимназия № 147 и общеобразовательная школа № 167.

Следом необходимо было обратиться к имеющейся структуре, согласно которой производится приём школьников в образовательные учреждения. Данный процесс основывается на созданных географических зонах, что именуются микроучастками. Каждый микроучасток покрывает определенную территорию с охватом близлежащих образовательных учреждений в зависимости от формы обучения (школы со смешанным обучением, а также с казахским и русским языками обучения). Список микроучастков Алмалинского района представился в следующем порядке в количестве 29 зон (в скобках были указаны школы, привязанные для поступления по определенному микроучастку): № 1 (для обучающихся на казахском языке: гимназия № 36 и общеобразовательная школа № 124; для обучающихся на русском языке: школа-гимназия № 8), № 2 (для обучающихся на казахском и русском языках: гимназия № 15), № 3 (для обучающихся на казахском и русском языках: общеобразовательная школа № 16), № 4 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 67; для обучающихся на русском языке: гимназия № 18), № 6 (для обучающихся на казахском языке: гимназия № 36; для обучающихся на русском языке: гимназия № 25), № 10 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 124; для обучающихся на русском языке: гимназия № 46), № 12 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 124; для обучающихся на русском языке: общеобразовательная школа № 55), № 14 (для обучающихся на казахском языке: гимназия № 62; для обучающихся на русском языке: гимназия № 34), № 16 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 67; для обучающихся на русском языке: общеобразовательная школа № 75 с наличием инклюзивного образования), № 17 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 128; для обучающихся на русском языке: гимназия № 79), № 19 (для

обучающихся на казахском языке: школа-гимназия № 136; для обучающихся на русском языке: общеобразовательная школа № 95), № 20 (для обучающихся на казахском и русском языках: общеобразовательная школа № 96), № 21 (для обучающихся на казахском языке: гимназия № 36; для обучающихся на русском языке: специализированная гимназия № 120); № 25 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 124 и общеобразовательная школа № 128; для обучающихся на русском языке: общеобразовательная школа № 135), № 27 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 58; для обучающихся на русском языке: школа-гимназия № 144), № 29 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 167; для обучающихся на русском языке: гимназия № 34), № 30 (для обучающихся на казахском языке: гимназия № 147; для обучающихся на русском языке: общеобразовательная школа № 16), № 31 (для обучающихся на казахском языке: гимназия № 147; для обучающихся на русском языке: общеобразовательная школа № 95), № 32 (для обучающихся на казахском языке: гимназия № 147; для обучающихся на русском языке: школа-лицей № 54), № 33 (для обучающихся на казахском языке: гимназия № 147; для обучающихся на русском языке: гимназия № 25), № 34 (для обучающихся на русском языке: гимназия № 25; для обучающихся на казахском: общеобразовательная школа № 16), № 35 (для обучающихся на казахском языке: гимназия № 62; для обучающихся на русском языке: гимназия № 34), № 36 (для обучающихся на казахском языке: гимназия № 62; для обучающихся на русском языке: общеобразовательная школа № 96), № 37 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 167; для обучающихся на русском языке: общеобразовательная школа № 96), № 38 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 128; для обучающихся на русском языке: гимназия № 18), № 39 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 58; для обучающихся на русском языке: гимназия № 18), № 40 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 128, для обучающихся на русском языке: общеобразовательная школа № 55), № 41 (для обучающихся на казахском языке: общеобразовательная школа № 167, для обучающихся на русском языке: общеобразовательная школа № 75) и № 42 (для обучающихся на казахском/русском языках: общеобразовательная школа № 124).

На основании полученных открытых данных были произведены процессы по анализу расположения, близости учреждений по отношению к обозначенным микроучасткам, а также определения зон сервиса каждой школы на расстоянии в 500 метров с последующим наполнением открытыми данными от компании ESRI на платформе ArcGISPro с применением инструмента обогащения данных (EnrichTool) [20].

Результаты и их обсуждение

Рост городов, происходящий исключительно в ответ на эти фундаментальные факторы, нельзя считать социально нежелательным, но три сбой на рынке могут исказить их функционирование, нарушив распределение земель между сельскохозяйственными и городскими видами использования и оправдав критику разрастания городов. Это неспособность учесть преимущества открытого пространства, чрезмерные поездки на работу из-за неспособности учесть социальные издержки заборов и неспособность заставить новую застройку оплачивать расходы на инфраструктуру, которые она порождает. Точными средствами устранения этих рыночных сбоев являются два вида налогов на развитие и плата за проезд в пробках, взимаемая с пассажиров пригородных поездов. Каждое из этих средств приводит к уменьшению пространственных размеров города [21]. Части объектов общественного обслуживания, таких как школы, больницы или правительственные здания, которые обеспечивают основные городские функции, могут лучше удовлетворять общественные запросы, продвигая элементы «умных городов» [22]. Между социальным капиталом, дизайном и разнообразием существуют позитивные взаимосвязи, в то время как влияние плотности населения на социальный капитал отрицательное и неясное [23]. Участие в социальной деятельности и формирование социальных связей, сетей и капитала имеют решающее значение не только для формирования качества жизни и здоровья отдельного человека, но и для создания социально устойчивых сообществ [24]. Политика открытого зачисления предполагает, что учащиеся, живущие в неблагополучных районах, могут посещать лучшие школы за пределами своего района. Однако характеристики отдельных лиц, качество школьного образования и характеристики района взаимодействуют очень сложным образом, создавая разнородные модели выбора школы на местных образовательных рынках [25]. Территориальное равенство при предоставлении образовательных услуг является важнейшим элементом создания здоровых и радостных условий жизни в городах [26]. Неравенство в образовании является серьезной соци-

альной проблемой в развивающихся странах [27]. Полезность пространственных перспектив в исследованиях в области образования хорошо известна, особенно в таких областях, как выбор школы, которые реализуются в различных институциональных, демографических и местных географических регионах.

Но способы пространственного исследования, даже если они потенциально могут быть использованы в комплексных исследовательских стратегиях, как правило, фрагментированы и изолированы, не принимая во внимание многочисленные аспекты контекстуальных факторов [28]. Оптимальное распределение образовательных ресурсов было актуальной проблемой, и изучение доступности образовательных учреждений в бедных районах помогает разумно планировать расположение образовательных учреждений и способствовать сбалансированному развитию образования [29].

За последние годы накопился значительный объем исследований политики в области географического образования, поскольку исследователи из самых разных дисциплин признали ценность изучения явлений образования с пространственной точки зрения [30]. Хотя важность образования для детей раннего возраста хорошо задокументирована, доступу к учреждениям для обучения детей раннего возраста уделяется недостаточное внимание. Неравномерное распределение учреждений для дошкольного образования в изолированных городских районах может привести к неравенству образовательных возможностей [31]. Социальное неравенство демонстрирует тенденцию к усилению в результате распределения социально-экономических групп и пространственных удобств и недостатков. Учитывая их приверженность принципам пространственного равенства, важно понять, вписываются ли государственные услуги в эту модель или, наоборот, обеспечивают одинаковый уровень доступности для различных социально-экономических групп [32]. Образование является одним из важнейших аспектов жизни человека, способствующим экономическому и социальному благополучию. Отсутствие надлежащего доступа к образовательным услугам для детей может сказаться на их общем благополучии. Кроме того, недостаточное предложение образовательных возможностей может усилить социальное неравенство [33]. Политика выбора школы направлена на расширение доступа к образованию путем ослабления связи между местом жительства учащегося и выбранным им набором, но длительные поездки на работу и другие барьеры могут помешать семьям выбирать школы, которые в противном случае были бы желательны [34]. Пространственная визуализация и рендеринг социальных проблем — бесценная стратегия для осуществления изменений в политике. По мере того, как города все больше переходят к «депространственной» географии школьного образования, где зоны охвата в меньшей степени определяют, где учащийся посещает школу, важно учитывать, где находятся желательные школы, а где их нет. Более детальная визуализация расположения школ, чем демографические данные по районам, предлагает новую перспективу для изучения (не) предполагаемых последствий закрытия школ для учащихся, сообществ и развития [35].

Данное исследование позволило взглянуть на проблему под другим углом, а именно с применением геоинформационных технологий, основывающихся на визуализации объектов с внесением ряда атрибутивных данных. Данные, примененные в настоящем исследовании, являются исконно открытыми и представлены за 2020–2021 год. Ежегодный прирост школьников из года в год равняется в среднем около 10 %, что повышает уровень дефицита ученических мест и приводит к необходимости строительства новых государственных образовательных учреждений с ведением смешанного (на казахском и русском языках) образования. Для детального рассмотрения вопросов по количеству оказываемых услуг в образовательной сфере возникла необходимость в индивидуальном подходе при изучении каждого из микроучастков и образовательных учреждений. В общей пропорции от количества населения (~223,3 тысяч на 2021 г.) контингент школьников государственных образовательных учреждений составляет 14,85 %. В расчете на 2020 год, численность школьников в Алмалинском районе была равна 30738 ученикам, обучающихся в 29 государственных школах (~1059 учеников в среднем на одну школу). Следующий учебный год (2020–2021) зафиксировал рост количества обучающихся согласно среднему значению в 10 % и составил 33169 учеников (~1143 ученика в среднем на одну школу), что равно приросту на 100 человек в среднем на каждую школу, но компенсация дефицита ученических мест в Алмалинском районе производится лишь за счет строительства пристроек к имеющимся школам и без возведения новых объектов. В свою очередь, количество обучающихся в количестве 3089 расположились в 13 частных школах (~237 ученика в среднем на одну школу), что демонстрирует разницу в условиях для качественного предоставления образовательных услуг. Ниже следующий анализ был основан на 29 государственных школах и 29 микроучастках, распределяющих

учеников к наиболее близко расположенным учебным заведениям, в зависимости от имеющей загрузки (рис. 2).

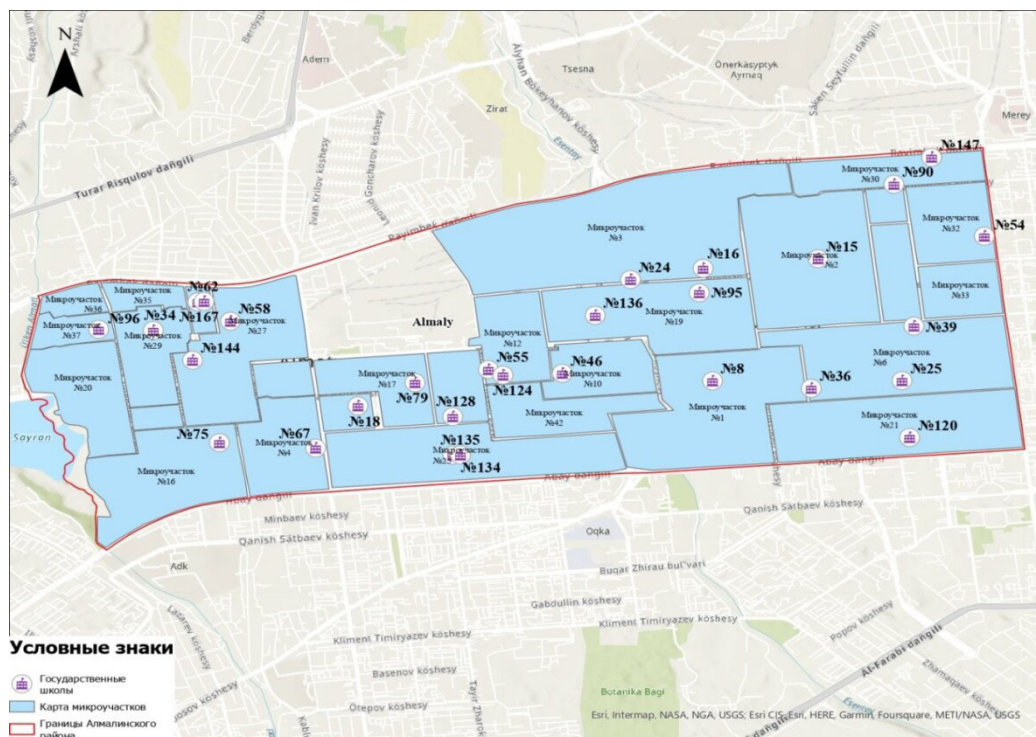


Рисунок 2. Карта школ и микроучастков Алмалинского района [19]

Первым в списке микроучастков идет участок № 1 площадью около 117 га с охватом улиц Абая, Байзакова, Жамбыла, Кожамкулова, Богенбай батыра и Байтурсынова, где для обучающихся представлены 3 учебных заведения — гимназия № 36 и общеобразовательная школа № 124 для обучающихся на казахском языке, а для обучающихся на русском языке — школа-гимназия № 8. Общеобразовательная школа № 124 является смешанной, то есть обучение предоставляется в двух формах — на русском и казахском языках. Гимназия № 36 расположена на территории микроучастка № 6 и средняя дистанция от домов (в пример взят дом № 138 по улице Шагабутдинова) по микрорайону № 1 составляет порядка 800 метров, а с учётом пешего маршрута в среднем около 1 километра. На 2020–2021 учебный год в гимназии № 36 числилось 824 школьника и с учетом ежегодного прироста в 10 % имеет более высокий показатель на 2022–2023 год. Сервисная зона в 500 метров до данной школы по отношению к микроучастку № 1 распространяется на север до улицы Богенбай батыра, а на запад до улицы Байтурсынова, что охватывает лишь восточную часть микроучастка № 1. Согласно открытым данным ESRI за 2020-й год, в сервисной зоне (500 м) гимназии № 36 проживали 438 детей (от 0 до 14 лет), что составляет 22,58 % от общего количества жителей в упомянутой выше сервисной зоне. Общеобразовательная школа № 124 со смешанной формой образования расположена на территории микроучастка № 12, и средняя дистанция от домов микроучастка № 1 составляет порядка 1,5 км, а с учетом построения маршрута — более 2 км.

На 2020–2021 учебный год в данной школе числилось 516 учеников. Сервисная зона в 500 м никак не соответствует микроучастку № 1, ограничиваясь пересечением улиц Исаева и Кабанбай батыра. Школа-гимназия № 8 является единственным образовательным учреждением из трех перечисленных, что располагается на территории микроучастка № 1. На 2020–2021 учебный год в данной школе числилось 1170 учеников. Исходя из центра микроучастка № 1, средняя дистанция до школы-гимназии составляет порядка 570 метров, что соответствует концепции «объектов в шаговой доступности». В обозначенный нами временной период на территории микроучастка № 1 в эксплуатацию были введены 4 комплекса: жилые комплексы «Lamiya», «Palladium», «Double Star» в 2021-ом году и «Qarasai Park» в 2022-ом году, что потенциально увеличит количество нуждающихся в образовательных услугах.

Микроучасток № 2 площадью порядка 115 гектаров имеет охват улиц Толе би, Байтурсынова, южнее Макатаева и Наурызбай батыра. Гимназия № 15 является образовательным учреждением, направленным на оказание услуг со смешанным типом обучения. На 2020–2021 учебный год в данной гимназии числилось 2022 ученика, а сама гимназия была образована в 1937-ом году. Данный показатель является наивысшим по району наряду с гимназией № 34, предоставляющей образовательные услуги на русском языке. Сервисная зона в 500 м покрывает центральную часть микроучастка № 2 и средняя дистанция от наиболее удаленно расположенных домов составляет порядка 750 м, но в рамках повышения безопасности передвижения есть необходимость в пересмотре границ микроучастка, так как треть зоны расположена за широким проспектом Сейфуллина, что увеличивает риск для обучающихся. На территории микроучастка за последнее время были введены жилые комплексы Dial Residence (2022-ой год) и Elif Towers (2019-ый год), а на 2024-ый год запланировано введение в эксплуатацию жилого комплекса «Meridian Apartments». Перспективными зонами для строительства новых образовательных учреждений могут послужить складские зоны за торгово-развлекательным центром «MegaPark», а также участок в квадрате улиц Байтурсынова–Гоголя–Масанчи–Айтеке би с кадастровым номером 20-311-004-019, обозначенный для строительства административного здания, но неуказанного типа.

Территория микроучастка № 3 состоит из трех секторов: складского (производственного), частного и многоквартирных домов в практически идентичной пропорции. В плане развития города производственный сектор, расположенный в Алмалинском районе, планируется перенести для дальнейшей переориентации используемой территории. Дополнительно к имеющемуся плану был бы перспективным поэтапный выкуп земель частного сектора для реорганизации под новые многоквартирные жилые массивы и государственные учреждения, так как частный сектор провоцирует расползание городской территории и, тем самым, как следствие, жители города имеют дополнительное расстояние для преодоления. Дополнительно к сказанному выше стоит отметить и то, что ряд улиц сужается и вынуждено обрывается на частном секторе, что нарушает сеточную дорожную инфраструктуру и на их месте для подъезда образовались узкие улицы, понижающие транспортную доступность и оказание услуг службами экстренной помощи.

Микроучасток № 3 представлен двумя образовательными учреждениями — лицеем № 24 и общеобразовательной школой № 16. Лицей № 24 предоставляет образование на казахском языке и прием осуществляется с 5-го класса, что представлено на карте микроучастков, так как для детей представлена лишь одна школа с «полным» образованием — общеобразовательная школа № 16. На 2020–2021 учебный год в данной школе обучалось 1060 школьников, что является показателем немногим ниже среднего уровня загруженности. Среднее расстояние по микроучастку составляет порядка 800 м, а от отдаленных участков может достигать 2 км. Под указанную ранее нами производственную зону уже производится выкуп земельных участков, что реализовывается частными строительными компаниями, под новые жилые комплексы. С 2019 по 2022 годы были введены в эксплуатацию следующие жилые комплексы: «MB 52», «Atlant», «ЖК на Ташкентской» в 2019-ом году, «12 месяцев», в 2021-ом году и «Auezov City» в 2022-ом году. К перечисленным выше жилым комплексам в 2023-м году добавятся «Raimbek Park», «Life town», «Almatym» и «Millenium Park», что в разы повысит нагрузку на имеющуюся социальную инфраструктуру. Согласно планам застройщиков лишь у застройщика «Auezov City» на территории предусмотрено школьное учреждение, но будет ли оно частным или государственным — неизвестно.

Микроучасток № 4 располагается полигоном по улицам Абая–Тургут Озала–Кулымбетова–Гайдара–Карасай батыра–Розыбакиева. Обучающиеся на казахском языке прикреплены к общеобразовательной школе № 67, а на русском языке к гимназии № 18, располагающейся на территории микрорайона № 38. Микроучасток № 4 является частью исторически сложившегося района «Тастак», что ярко выражается в массивной частной застройке и наличием ряда узких и «кривых» улочек, противоречащих сеточной структуре, формировавшейся еще с момента создания крепости Верный. Концепция шаговой доступности соблюдена отчасти, так как в сервисной зоне школы № 67 находятся в большей части частные массивы, а для посещения гимназии № 18 школьникам есть необходимость в пересечении улица Розыбакиева, являющейся одной из наиболее загруженных в городском пространстве. В 2022-ом году планируется сдача в эксплуатацию жилого комплекса «Oner», подающего определенные надежды на поэтапную реорганизацию городской среды с постепенным отказом от частных жилых массивов в центральной части в угоду многоквартирным жилым домам, последующей реорганизации и расширения улиц для создания выделенных полос под общественный транспорт, а

также выкупа частных земель под создание социальной инфраструктуры. Исторический район Тастака, за исключением Тастака–1, Тастака–2, Тастака–3 (но с учетом имеющейся частной застройки), на сегодняшний день во многом не отвечает стандартам городского пространства и нуждается в реорганизации всех компонентов с учетом исторически сложившейся застройки в районах Тастак–2 и Тастак–3 (рис. 3).

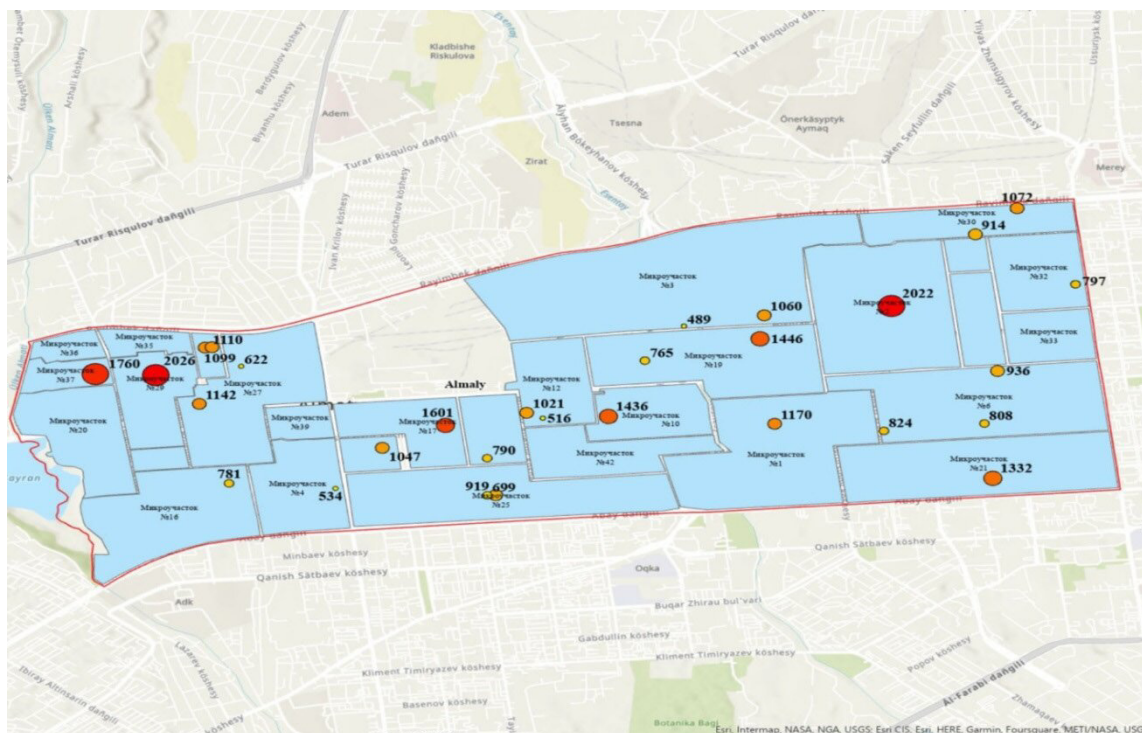


Рисунок 3. Количество учеников по образовательным учреждениям [19]

Микроучасток № 6 охватывает участок по улицам Назарбаева–Жамбыла–Масанчи–Богенбай батыра–Байтурсынова–Толе би и имеет на своей территории 3 образовательных учреждения — лицей № 39 и гимназия № 36 с казахским языком обучения и гимназия № 25 с русским языком обучения. Согласно стандартам микроучастка, обучающиеся на русском языке могут обучаться в гимназии № 25, а на казахском языке — в гимназии № 36. Среднее расстояние до образовательных учреждений варьируется от 250 до 700 м, а максимальное может достигать 1,5 км. На 2020–2021 учебный год в гимназии № 25 числилось 808 обучающихся, а в гимназии № 36 — 824, что является показателем ниже среднего уровня по Алмалинскому району. В плане транспортной доступности территория данного микроучастка является одной из наиболее удобных, так как есть доступ к улицам с односторонним движением и выделенными полосами для общественного транспорта в противоположную сторону (улицы Богенбай батыра и Кабанбай батыра), а также ряд улиц с односторонним движением (улицы Наурызбай батыра и Желтоксан). Дополнительным преимуществом является наличие линии метрополитена на относительно доступном расстоянии, что повышает, в целом, мобильность граждан данного микроучастка. На территории данного микроучастка № 6 замечено лишь одно потенциальное строительство — ЖК на пересечении улиц Толе би и Панфилова, но в данный момент ведутся проектные работы.

Микроучасток № 10 находится на участке по улицам Кабанбай батыра–Манаса–Карасай батыра–Исаева–Толе би–Кожамкулова. Для обучающихся на казахском языке здесь представлена общеобразовательная школа № 124 (находится на территории микроучастка № 12), а для обучающихся на русском языке — гимназия № 46. Средняя дистанция до образовательных учреждений составляет от 350 до 800 м, что соответствует в большей степени концепции «шаговой доступности» и также преимуществом является отсутствие крупных проспектов на территории микроучастка. На 2020–2021 учебный год в гимназии № 46 числилось 1436 учащихся, что в полтора раза превышает среднюю норму по Алмалинскому району, а в общеобразовательной школе № 124 числилось 516 учащихся. Здесь необходимо учитывать два факта для понимания загруженности гимназии № 46, помимо разницы в ко-

личестве обучающихся в сравнении со школой №124. Первый факт заключается в том, что общеобразовательная школа № 124 является смешанной, то есть, помимо обучающихся на казахском языке, есть и обучающиеся на русском языке. Второй факт заключается в том, что, несмотря на солидную разницу (в 3 раза) в количестве учеников, количество преподавателей является практически схожим — 70 в школе № 124 и 85 в гимназии № 46.

Микроучасток № 12 охватывает квадрат улиц Карасай батыра–Ауэзова–Гоголя–Исаева с наличием на территории упомянутой выше общеобразовательной школы № 124 и общеобразовательной школы № 55. Для обучающихся на казахском языке здесь обозначена школа № 124, а для обучающихся на русском языке — № 55. О школе № 124 говорилось немногим выше и есть смысл сфокусировать внимание на школе № 55 — на 2020–2021 учебный год в ней числилось 1021 обучающийся (при 57 преподавателях), что соответствует среднестатистическому уровню по Алмалинскому району. Из нововведенных жилых комплексов значится лишь жилой комплекс «Assem Plaza», сданный в эксплуатацию в 2020 году. Нахождение данного микроучастка с производственной базой, что планируется перенести в среднесрочной перспективе, может привести к новой вехе развития данного участка Алмалинского района, так как стартовало это все с пробивки улицы Ауэзова от улицы Гоголя до проспекта Райымбека с параллельным отводом земель для частных застройщиков.

Микроучасток № 14 имеет охват улиц Дуйсенова–Туркебаева–Райымбека–Тургут Озала с наличием на территории гимназии № 62 и общеобразовательной школы № 167 с казахским языком обучения. Обучающиеся, проживающие на территории микроучастка № 14, с казахским языком обучения идут в гимназию № 62, а с русским языком — в гимназию № 34, расположенную на территории микроучастка № 29. В гимназии № 62 на 2020–2021 учебный год числилось 1110 учащихся, что немногим выше среднего показателя, но имеет повышенную нагрузку с учетом ежегодного прироста в 10 %, а в гимназии № 34 — 2026 учеников (при 94 преподавателях), что является наивысшим показателем по Алмалинскому району. Строительство пристройки к гимназии № 34 на 300 человек имеет потенциал к покрытию нагрузки, но прирост учащихся является перманентным и в перспективе приведет к необходимости организации новых учебных мест. Необходимо еще учитывать тот факт, что строительство пристроек является временным решением, и у расширения территории учебного учреждения есть свои ограничения, а количество учеников, в 2020–2021 учебном году превышавшее среднее количество обучающихся по Алмалинскому району в два раза, будет расти, так как исторический район Тастака поэтапно осваивается частными застройщиками, а те жилые комплексы, что были построены в последние годы, не подпадали под требование организации образовательных учреждений при жилых комплексах.

Микроучасток № 16 находится на территории исторического района Тастак и в настоящее время является одним из наиболее застраиваемых в рамках точечной застройки. Границы данного микроучастка проходят по береговой территории озера Сайран и улиц Шакарима, Тлендиева, Кулымбетова, Тургут Озала и Абая, имея территорию порядка 85 га. На территории микроучастка имеется общеобразовательная школа № 75 с инклюзивным образованием и обучением на русском языке, куда собственно и направлены ученики данного микроучастка. Для обучающихся на казахском языке представлена образовательная школа № 67, располагающаяся на территории микроучастка № 4, ранее описанного при ведении данного исследования. Школа № 75 на 2020–2021 учебный год исчислялась 781 учеником (при 62 преподавателях), что ниже среднего показателя по Алмалинскому району, но необходимо учитывать тот факт, что данная школа не предоставляет смешанный формат обучения. Расстояние до школы № 75 варьируется от 400 до 900 км, что, в целом, объясняется фактором наличия частного жилого массива. До школы № 67, описанной ранее при рассмотрении микроучастка № 4, расстояние для школьников микроучастка № 16 варьируется в значениях от 900 до 1300 м, что является неудовлетворительным показателем. На территории микроучастка имеется ряд жилых комплексов — «Манхэттен», «Жагалау» и «Алтын Булак», введенные в эксплуатацию в 2012-ом году, а также новый жилой комплекс «LakeTown», введенный в 2021-ом году. Поэтапное освоение исторического района Тастака необходимо производить с отведением земель для организации инфраструктуры, так как в настоящее время образовательные учреждения на территории микроучастка № 16 не соответствуют концепции «шаговой доступности», и в перспективе новые квадратные метра жилья могут усилить нагрузку на имеющуюся образовательную инфраструктуру.

Микроучасток № 17 имеет охват границ по улицам Жамбыла–Гагарина–Карасай батыра–Толеби–Жарокова. Для обучающихся на казахском языке здесь представлена общеобразовательная школа № 128 (расположена на территории микроучастка № 40), а для обучающихся на русском языке —

гимназия № 79. На 2020–2021 у 79 — 1601 (при 103 преподавателях), что является четвертым показателем по загруженности в Алмалинском районе. Микроучасток № 17 располагается по соседству с производственной зоной, что в перспективе будет перенесена, а освободившиеся территории в перспективе перейдут под всестороннее развитие, но на сегодняшний день имеются лишь участки под строительство жилых массивов (например, «Auezov City»). На территории микроучастка № 17 не имеется новых жилых комплексов, но выше на территории производственного сектора в 2021-ом году был сдан в эксплуатацию жилой комплекс «Nomad 2», к территории коей наиболее доступной в настоящее время являются те же образовательные учреждения.

Микроучасток № 19 располагается в квадрате улиц Исаева–Гоголя–Байтурсынова–Богенбай батыра–Кожамкулова–Толе би. Обучающиеся на казахском языке закреплены за школой-гимназией № 136, а обучающиеся на русском языке — за общеобразовательной школой № 95. В 2020–2021 учебном году в школе-гимназии № 136 числилось 765 учеников (при 76 преподавателях), а в школе № 95 — 1446 (при 81 преподавателе), что равно пятому показателю загруженности по Алмалинскому району. Из новых введенных квадратных метров жилья выделяются жилой комплекс «Кауга», введенный в 2018-ом году и клубный дом «Sorrento», введенный в 2021-ом году.

Микроучасток № 21 располагается в квадрате улиц Жамбыла–Назарбаева–Абая–Байтурсынова. Обучающиеся на казахском языке прикреплены к гимназии № 36, как и школьники с микроучастков № 1 и № 6, а обучающиеся на русском языке прикреплены к гимназии № 120. На 2020–2021 учебный год в гимназии № 120 числилось 1332 (при 84 преподавателях), что на четверть выше среднего показателя по Алмалинскому району. Среднее расстояние до образовательных учреждений варьируется от 300 до 700 м, а максимальное достигает 1300 м. На территории введены в эксплуатацию ряд жилых комплексов, среди которых: «Центральный» в 2018-ом, «Exclusive Life» и «Молодежный» в 2019-ом и «Nur-Ay Residence» в 2021-ом годах, что способствует повышению нагрузки на имеющуюся инфраструктуру.

Микроучасток № 25 располагает территорией в периметре улиц Абая–Розыбакиева–Жамбыла–Ауэзова–Шевченко–Байзакова. На территории микроучастка располагаются 2 образовательных учреждения — лицей № 134 и общеобразовательная школа № 135. Для обучающихся на русском языке предоставлены перечисленная выше школа № 135, а для обучающихся на русском языке — общеобразовательные школы № 124 и № 128. На 2020–2021 учебный год в школе № 135 числилось 919 учащихся, что немногим ниже среднего показателя по Алмалинскому району. Из новых квадратных метров жилья стоит выделить жилой комплекс «Легенда», что был сдан в 2019-ом году и является первым на территории данного микроучастка крупным проектом в процессе точечной застройки Алмалинского района и вдоль улицы Абая.

Микроучасток № 27 образует полигон с охватом улиц Райымбека, Розыбакиева, Толе би, Гайдара, Кулымбетова, Брусиловского, Артёма, Туркебаева, Дуйсенова и Тургут Озала. Для обучающихся на казахском языке здесь предоставлена общеобразовательная школа № 58, где на 2020–2021 учебный год числилось 622 ученика. Для обучающихся на русском языке здесь представлена школа-гимназия № 144, где на 2020–2021 учебный год числилось 1142 ученика. Среднее расстояние по микроучастку варьируется от 300 до 500 м, а максимальное от 700 до 1000 м. Для повышения безопасности учащихся микроучастка есть смысл сокращения участка в районе улицы Толе би для уменьшения вероятности пересечения данной улицы при составлении пути до образовательного учреждения.

Микроучасток № 29 имеет охват улиц Карасай батыра, Тлендиева, Брюллова, Туркебаева, Артём и Брусиловского. Для обучающихся на казахском языке здесь предоставлена общеобразовательная школа № 167, расположенная на микроучастке № 14. Для обучающихся на русском языке здесь предоставлена гимназия № 34, расположенная на территории микроучастка и описанная ранее при рассмотрении микроучастка № 14. Ситуация с данным микроучастком схожа с предыдущим (№ 27), так как в обоих случаях имеется пересечение улицы Толе би, что понижает качественный показатель безопасности (рис. 4).

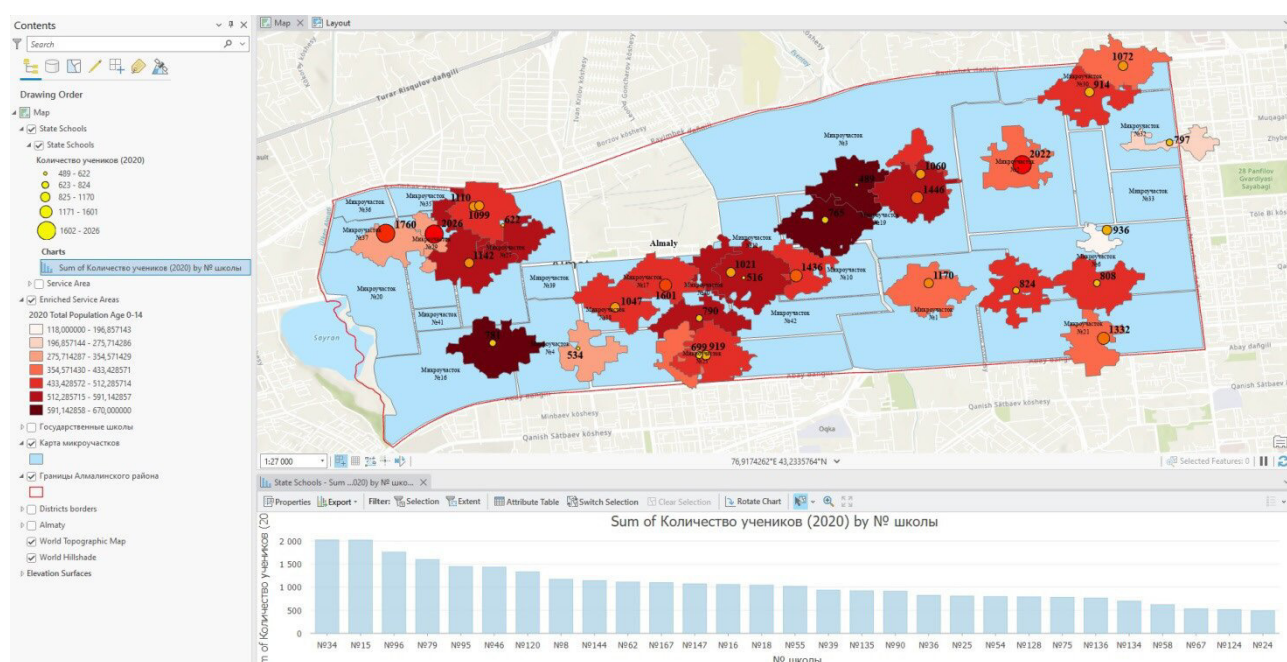


Рисунок 4. Сервисная зона для государственных образовательных учреждений Алмалинского района [19]

Микроучасток № 30 имеет охват улиц Райымбека, Назарбаева, Маметовой и Сейфуллина. Для обучающихся на казахском языке здесь предоставлена гимназия № 147, где на 2020–2021 учебный год числилось 1072 ученика и к ней также прикреплены ученики микроучастков № 31, 32 и 33. Для обучающихся на русском языке здесь представлена общеобразовательная школа № 16, расположенная на территории микроучастка № 3, среднее расстояние до которой варьируется от 1,5 до 2 км.

Микроучасток № 31 расположен по соседству с микроучастком № 30 с охватом улиц Маметовой, Желтоксан, Макатаева и Наурызбай батыра. Обучающиеся на казахском языке имеют доступ к гимназии №147, расположенной на соседнем микроучастке № 30, а обучающиеся на русском языке прикреплены к общеобразовательной школе № 95, расположенной на территории микроучастка № 19, среднее расстояние до коей варьируется от 1,5 до 2 км.

Микроучасток № 32 расположен в квадрате улиц Маметовой–Назарбаева–Гоголя–Желтоксан. Обучающиеся на казахском языке имеют доступ к гимназии № 147, расположенной на соседнем микроучастке № 30, а обучающиеся на русском языке прикреплены к КР СШЛ № 54 имени Панфилова (Казахстанско-Российская специализированная школа-лицей), где на 2020–2021 учебный год числилось 797 учащихся (при 66 преподавателях), и являющейся одной из наиболее безопасных, так как лицевая сторона выходит на пешую улицу и организует беспрепятственную среду.

Микроучасток № 37 имеет охват улиц Дуйсенова–Тлендиева–Бекетова–Грановского–Кавказской и реки Большая Алматинка. Обучающиеся на казахском языке направлены в общеобразовательную школу № 167, расположенную на микроучастке № 14, а обучающиеся на русском языке направлены в общеобразовательную школу № 96, наряду с обучающимися с соседних микроучастков № 36 и 20. На 2020–2021 учебный год в данном учебном учреждении числилось 1760 учеников (при 100 преподавателях), что являлось третьим показателем по загруженности в Алмалинском районе.

Микроучасток № 38 находится в квадрате улиц Карасай батыра–Гагарина–Жамбыла–Розыбакиева. Обучающиеся на казахском языке прикреплены к школе № 128, расположенной на территории микроучастка № 40, наряду с обучающимися с микроучастков № 40, 17 и 25. Для обучающихся на русском языке представлена гимназия № 18 (наряду с обучающимися с микроучастков № 4 и 39), где на 2020–2021 учебный год числилось 1047 учеников (при 79 преподавателях).

Микроучасток № 40 расположен в квадрате улиц Ауэзова–Жамбыла–Жарокова–Толле би. Для обучающихся на казахском языке здесь представлена общеобразовательная школа № 128, а для обучающихся на казахском языке представлена общеобразовательная школа № 55, расположенная на территории микроучастка № 12. Среднее расстояние до перечисленных выше учебных заведений от домов на территории микроучастка № 40 варьируется от 300 до 700 м, что соответствует концепции

«шаговой доступности», и загруженность данных школ равняется среднему значению или же немного ниже.

Отдельно стоит выделить микроучастки, не имеющие на территории образовательных учреждений, — № 20, 33, 34, 35, 36, 39, 41 и 42. Именно на таких микроучастках проявляется недостаточность карты микроучастков, ориентированная на то, чтобы обучающиеся каждого микроучастка имели доступ к образованию на доступном расстоянии.

Заключение

Подводя итоги проведенного анализа, резюмируем, что подтверждается и без того обозначенная проблема дефицита школьных мест, но описанная выше ситуация более детально способна представить картину с учетом географического положения. Наличие 29 государственных школ является недостаточным, что обосновывается и тем, что последнее школьное учреждение было образовано в далёком 1992-ом году. Алмалинский район является одним из лидирующих в вопросе точечной застройки и образования новых рабочих мест, что повышает притягательность данной территории. Подобная тенденция приводит к увеличению количества жителей, что напрямую влияет на спрос в образовательных услугах. Также немаловажным является фактор билингвизма и поэтапное перестроение имеющихся образовательных учреждений под предоставление образовательных услуг на двух языках, так как данный фактор является одной из причин возникновения дефицита мест в образовательных учреждениях.

Концепция комфортной городской среды, ориентируясь на повышение количества объектов по предоставлению услуг, порождает к тому же требования по организации оных в доступном радиусе без необходимости преодоления больших расстояний. Школьники являются частью современного общества, неспособной по своим гражданским правам передвигаться на личном автомобиле без совершеннолетнего, что ограничивает их в вариантах преодоления пути до школьных учреждений. Первоначальным требованием к школьным учреждениям является безопасность обучающихся и преодоление длительных расстояний, в том числе и с пересечением широких проспектов и улиц, снижает указанный показатель. Пересмотр имеющихся в базе микроучастков и увеличение количества школ с соблюдением концепции «объектов в шаговой доступности» позволяют повысить уровень образовательных услуг с уменьшением количества обучающихся в школах, а также снизить нагрузку на преподавательский состав, что, как результат, может привести к улучшению процесса получения знаний.

Список литературы

- 1 Акимат города Алматы (12 сентября 2022 г.). Программа развития города Алматы до 2025 года и среднесрочный план до 2030 года. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/almaty/documents/details/344101?lang=ru>
- 2 Li Y. GIS and urban data science / Y. Li, Q. Zhao, C. Zhong // *Annals of GIS*. — 2022. — Vol. 28 (2). — P. 89-92. <https://doi.org/10.1080/19475683.2022.2070969>
- 3 Torinos-Aguado B. Using Maps to Boost the Urban Proximity: Analysis of the Location of Public Facilities According to the Criteria of the Spanish Urban Agenda / B. Torinos-Aguado, I. Rabanaque, C. López-Escolano // *Sustainability*. — 2022. — Vol. 14 (2). — P. 1-22. <https://doi.org/10.3390/su14148534>
- 4 Logan T. The x-minute city: Measuring the 10, 15, 20-minute city and an evaluation of its use for sustainable urban design / T. Logan, M. Hobbs, L. Conrow, N. Reid, R. Young, M. Anderson // *Cities*. — 2022. — Vol. 131(7). — Article ID 103924. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103924>
- 5 Khaled Al Shawabkeh R. The role of social infrastructure services in developing the city centre planning: A framework for delivering sustainable cities in Jordan / R. Khaled Al Shawabkeh, E. Alobaidat, M. Ibraheem Alhaddad, A. Alzoubay // *Ain Shams Engineering Journal*. — 2022. — Vol. 13 (6). — P. 15. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101800>
- 6 Xu R. Density pattern of functional facilities and its responses to urban development, especially in polycentric cities / R. Xu, W. Yue, F. Wei, G. Yang, T. He, K. Pan // *Sustainable Cities and Society*. — 2021. — Vol. 76. — Article ID 103526. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103526>
- 7 Xu R. City components–area relationship and diversity pattern: towards a better understanding of urban structure / R. Xu, G. Yang, Z. Qu, Y. Chen, J. Liu, L. Shang, S. Liu, Y. Ge, J. Chang // *Sustainable Cities and Society*. — 2020. — Vol. 60(1-2). — Article ID 102272. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102172>
- 8 Elsheikh R. GIS-based Services Analysis and Multi-Criteria for Optimal Planning of Location of a Police Station / R. Elsheikh // *Gazi University Journal of Science*. — 2022. — Vol. 35 (4). — P. 1248-1258. <https://doi.org/10.35378/gujs.828663>

- 9 Ogryzek M. Geospatial tools in the analyses of land use in the perspective of the accessibility of selected educational services in Poland / M. Ogryzek, K. Podawca, A. Cienciała // *Land Use Policy*. — 2022. — Vol. 122 (90). — P. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106373>
- 10 Latham A. Social infrastructure and the public life of cities: Studying urban sociality and public spaces / A. Latham, J. Layton // *Geography Compass*. — 2019. — Vol. 13 (7). — Article ID e12444. <https://doi.org/10.1111/gec3.12444>
- 11 Xu R. Inequality of public facilities between urban and rural areas and its driving factors in ten cities of China / R. Xu, W. Yue, F. Wei, G. Yang, C. Yi, K. Pan // *Scientific Reports*. — 2022. — Vol. 12(1). — P. 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17569-2>
- 12 Cai R. Policy-driven education-led gentrification and its spatiotemporal dynamics: Evidence from Shanghai, China / R. Cai, L. Hu, S. He // *Geographical Journal*. — 2022. <https://doi.org/10.1111/geoj.12440>
- 13 Fraser T. Trust but verify: Validating new measures for mapping social infrastructure in cities / T. Fraser, N. Cherdchaiyapong, W. Tekle, E. Thomas, J. Zayas, C. Page-Tan, D.P. Aldrich // *Urban Climate*. — 2022. — Vol. 46. — P. 1-63. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4065162>
- 14 Ye C. Spatial equity in accessing secondary education: Evidence from a gravity-based model / C. Ye, Y. Zhu, J. Yang, Q. Fu // *Canadian Geographer*. — 2018. — Vol. 62 (1). — P. 452-469. <https://doi.org/10.1111/cag.12482>
- 15 Ghodousi M. Spatial-temporal analysis of point distribution pattern of schools using spatial autocorrelation indices in Bojnourd city / M. Ghodousi, A. Sadeghi-Niaraki, F. Rabiee, S.-M. Choi // *Sustainability*. — 2020. — Vol. 12 (18). — P. 1-26. <https://doi.org/10.3390/su12187755>
- 16 Liao C. Is “Attending Nearby School” Near? An Analysis of Travel-to-School Distances of Primary Students in Beijing Using Smart Card Data / C. Liao, T. Dai // *Sustainability*. — 2022. — Vol. 14(7). — P. 1-12. <https://doi.org/10.3390/su14074344>
- 17 Офис Аким Алмалинского района. Результаты работы за 2021. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/almaty-almaly/documents/details/288476?directionId=7404&lang=ru>
- 18 Агентство национальной статистики Агентства стратегического планирования и реформ Республики Казахстан. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://stat.gov.kz/region/268020/statistical_information/industry
- 19 Департамент образования города Алматы. Рейтинг школ за 2020 год. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://bilimalmaty.kz/>
- 20 ESRI. — 2022. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.esri.com/en-us/home>
- 21 Brueckner J. Urban sprawl: Diagnosis and remedies / J. Brueckner // *International Regional Science Review*. — 2000. — Vol. 23(2). — P. 160-171. <https://doi.org/10.1177/016001700761012710>
- 22 Chen K. A framework towards the decision-making of public service facilities in smart cities / K. Chen, G. Reichard, J. Yuan, Q. Li // *Construction research congress*. — American Society of Civil Engineers, 2020. — P. 876-885. <https://doi.org/10.1061/9780784482865.093>
- 23 Mazumdar S. The built environment and social capital: A systematic review / S. Mazumdar, V. Learnihan, T. Cochrane, R. Davey // *Environment and Behavior*. — 2017. — Vol. 50 (2). — P. 119-158. <https://doi.org/10.1177/0013916516687343>
- 24 Delmelle E. Social satisfaction, commuting and neighborhoods / E. Delmelle, E. Haslauer, T. Prinz // *Journal of Transport Geography*. — 2013. — Vol. 30. — P. 110-116. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.03.006>
- 25 Scandurra R. Opting out of neighbourhood schools: The role of local education markets in student mobility / R. Scandurra, A. Zancajo, X. Bonal // *Population, Space and Place*. — 2022. — Vol. 28(5). — P. 1-15. <https://doi.org/10.1002/psp.2542>
- 26 Ramadan M. Spatial Equity Priority Modeling of Elementary and Middle Schools through GIS Techniques, El-Taif City, Saudi Arabia / M. Ramadan, N. Khairy, H. Alogayell, I. Alkadi, I. Ismail, R. Ramadan // *Sustainability*. — 2022. — Vol. 14(19). — P. 1-21. <https://doi.org/10.3390/su141912057>
- 27 Wu Y. Exploring the Equity and Spatial Evidence of Educational Facilities in Hangzhou, China / Y. Wu, X. Zheng, L. Sheng, H. You // *Social Indicators Research*. — 2020. — Vol. 151 (3). <https://doi.org/10.1007/s11205-020-02417-5>
- 28 Lubienski C. Geo-spatial analyses in education research: the critical challenge and methodological possibilities / C. Lubienski, J. Lee // *Geographical Research*. — 2016. — Vol. 55(1). — P. 89-99. <https://doi.org/10.1111/1745-5871.12188>
- 29 Yao L. Exploring the Evolution of the Accessibility of Educational Facilities and Its Influencing Factors in Mountainous Areas: A Case Study of the Rocky Desertification Area in Yunnan, Guangxi, and Guizhou / L. Yao, M. Lv, T. Li, D. Wang, X. Cao // *International Journal of Geo-Information*. — 2022. — Vol. 11(5). — P. 296. <https://doi.org/10.3390/ijgi11020296>
- 30 Cobb C. Geospatial Analysis: A New Window Into Educational Equity, Access, and Opportunity / C. Cobb // *Review of Research in Education*. — 2020. — Vol. 44 (1). — P. 97-129. <https://doi.org/10.3102/0091732X20907362>
- 31 Lee J. Equal access to early childhood education in South Korea using the Geographic Information System / J. Lee, Y. Jang // *International Journal of Early Years Education*. — 2017. — Vol. 25(2). — P. 171-189. <https://doi.org/10.1080/09669760.2017.1287559>
- 32 Marques J. Accessibility to primary schools in Portugal: a case of spatial inequity? / J. Marques, J. Wolf, F. Feitosa // *Regional Science Policy and Practice*. — 2020. — Vol. 13(3). — P. 693-707. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12303>
- 33 Sharma G. Spatial and social inequities for educational services accessibility — A case study for schools in Greater Mumbai / G. Sharma, G. Patil // *Cities*. — 2022. — Vol. 122(7). <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103543>
- 34 Dustan A. Commuting to educational opportunity? School choice effects of mass transit expansion in Mexico City / A. Dustan, D. Ngo // *Economics of Education Review*. — 2018. — Vol. 63. — P. 116-133. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2018.01.006>

Қ.Ж. Көшербай, А.Н. Мусағалиева

ГАЗ базасында Алмалы ауданының мысалында Алматы қаласының білім беру объектілерімен қамтудың географиялық талдауы

Бүгінгі урбанизация қоғам алдында үлкен сынақ болды, өйткені инфрақұрылым тапшылығына байланысты қалалар көп халыққа қызмет көрсете алмайды. Білім беру қала ішінде ғана емес, одан тыс жерлерде де өмір сүру сапасын жақсарту үшін жас ұрпақты тәрбиелеуге мүмкіндік беретін қалалық ортаны қалыптастырудың негіздерінің бірі. Алматы қаласы көптеген миллионер қалалар сияқты қала тұрғындарының сұранысын қанағаттандыруға ықпал ететін белгілі бір жағдайлардың жетіспеушілігі проблемасына тап болды. Бұл ғылыми зерттеудің мақсаты — мектептердің жоғары жүктемесі байқалатын проблемалық аймақтарды анықтау, себебі цифрлық сервистік аймақ қолда бар сұранысты жаба алмайды. Зерттеудің ғылыми маңыздылығы қызметтерге кеңінен қол жеткізуге және цифрландыруға негізделген заманауи әлемді ұйымдастыру жағдайларына бағытталған қалалық кеңістікті дамыту саласындағы тенденциялармен негізделген. Зерттеу әдістемесі Алмалы ауданының мысалында Алматы қаласының әлеуметтік-экономикалық көрсеткіштерін жинаудан, содан кейін геоақпараттық жүйелер (ГАЗ) базасында білім беру секторының индикаторларын бейнелеу үшін сүзгілеу жасалды. Зерттеудің негізгі нәтижесі проблемалық орындарды картографиялық материал түрінде визуализациялау болды, оны сұраныстың артуына тікелей әсер ететін сыртқы орта параметрлерін енгізе отырып, білім беру мекемелерін кейінгі ұйымдастыру кезінде ескеру қажет. Бұл зерттеудің құндылығы қалалық ортаны ұйымдастырудың кешенді тәсілдерінің өзгеруінен, атап айтқанда білім алушыларға орын беру процестерін жақсарту үшін кезекті мониторингпен білім беру мекемелерін есепке алу жүйелерінің интеграциясынан көрінеді.

Кілт сөздер: білім беру, тапшылық, қалалық орта, урбанизация, геоақпараттық жүйе, картография, кеңістіктік деректер, сервистік аймақ, Алматы, Алмалы ауданы.

K.Zh. Kusherbay, A.N. Mussagaliyeva

Geographical analysis of the coverage of educational facilities in Almaty on the example of Almaly district based on GIS

The urbanization of today has presented a great challenge to society, because cities are unable to serve a larger number of people due to the lack of infrastructure. Education is one of the foundations of the formation of the urban environment, allowing the younger generation to be nurtured to improve the quality of life not only within the city, but also far beyond its borders. The city of Almaty, like many million-plus cities, faced the problem of a lack of certain conditions that contribute to meeting the demand of citizens. The purpose of this research is to identify problem areas where there is a high workload of schools, as a result of which the digital service area is not able to cover the existing demand. The scientific significance of the study was justified by trends in the development of urban space, focused on universal access to services and on the conditions of the organization of the modern world based on digitalization. The methodology of the study consisted in collecting socio-economic indicators of the city of Almaty on the example of Almaly district, followed by filtering for visualization of indicators of the education sector based on geoinformation systems (GIS). The main result of the study was the visualization of problem areas in the form of cartographic material, which must be taken into account in the subsequent organization of educational institutions with the introduction of environmental parameters that have a direct impact on the increase in demand. The value of this study is manifested in the change of integrated approaches to the organization of the urban environment, namely the integration of accounting systems of educational institutions with subsequent monitoring to improve the processes of providing places for school students.

Keywords: education, scarcity, urban environment, urbanization, geoinformation system, cartography, spatial data, service zone, Almaty, Almaly district.

References

- 1 (2022). Akimat goroda Almaty (12 sentiabria 2022 goda). Programma razvitiia goroda Almaty do 2025 goda i srednesrochnyi plan do 2030 goda [Akimat of Almaty (12 September 2022). Almaty City Development Program till 2025 and Medium-Term Plan till 2030]. Retrieved from <https://www.gov.kz/memleket/entities/almaty/documents/details/344101?lang=ru> [in Russian].

- 2 Li, Y., Zhao, Q., & Zhong, C. (2022). GIS and urban data science. *Annals of GIS*, 28(2), 89-92. <https://doi.org/10.1080/19475683.2022.2070969>
- 3 Torinos-Aguado, B., Rabanaque, I., & López-Escolano, C. (2022). Using Maps to Boost the Urban Proximity: Analysis of the Location of Public Facilities According to the Criteria of the Spanish Urban Agenda. *Sustainability*, 14(2), 1-22. <https://doi.org/10.3390/su14148534>
- 4 Logan, T., Hobbs, M., Conrow, L., Reid, N., Young, R., & Anderson, M. (2022). The x-minute city: Measuring the 10, 15, 20-minute city and an evaluation of its use for sustainable urban design. *Cities*, 131(7), 103924. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103924>
- 5 Khaled Al Shawabkeh, R., Alobaidat, E., Ibraheem Alhaddad, M., & Alzouby, A. (2022). The role of social infrastructure services in developing the city centre planning: A framework for delivering sustainable cities in Jordan. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(6), 15. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101800>
- 6 Xu, R., Yue, W., Wei, F., Yang, G., He, T., & Pan, K. (2021). Density pattern of functional facilities and its responses to urban development, especially in polycentric cities. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103526. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103526>
- 7 Xu, R., Yang, G., Qu, Z., Chen, Y., Liu, J., Shang, L., Liu, S., Ge, Y., & Chang, J. (2020). City components–area relationship and diversity pattern: towards a better understanding of urban structure. *Sustainable Cities and Society*, 60(1-2), 102272. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102172>
- 8 Elsheikh, R. (2022). GIS-based Services Analysis and Multi-Criteria for Optimal Planning of Location of a Police Station. *Gazi University Journal of Science*, 35(4), 1248-1258. <https://doi.org/10.35378/gujs.828663>
- 9 Ogryzek, M., Podawca, K., & Cienciała, A. (2022). Geospatial tools in the analyses of land use in the perspective of the accessibility of selected educational services in Poland. *Land Use Policy*, 122(90), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106373>
- 10 Latham, A., & Layton, J. (2019). Social infrastructure and the public life of cities: Studying urban sociality and public spaces. *Geography Compass*, 13(7), e12444. <https://doi.org/10.1111/gec3.12444>
- 11 Xu, R., Yue, W., Wei, F., Yang, G., Yi, C., & Pan, K. (2022). Inequality of public facilities between urban and rural areas and its driving factors in ten cities of China. *Scientific Reports*, 12(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17569-2>
- 12 Cai, R., Hu, S., & He, S. (2022). Policy-driven education-led gentrification and its spatiotemporal dynamics: Evidence from Shanghai, China. *Geographical Journal*. <https://doi.org/10.1111/geoj.12440>
- 13 Fraser, T., Cherdchaiyapong, N., Tekle, W., Thomas, E., Zayas, J., Page-Tan, C., & Aldrich, D.P. (2022). Trust but verify: Validating new measures for mapping social infrastructure in cities. *Urban Climate*, 46, 1-63. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4065162>
- 14 Ye, C., Zhu, Y., Yang, J., & Fu, Q. (2018). Spatial equity in accessing secondary education: Evidence from a gravity-based model. *Canadian Geographer*, 62(1), 452-469. <https://doi.org/10.1111/cag.12482>
- 15 Ghodousi, M., Sadeghi-Niaraki, A., Rabiee, F., & Choi, S.-M. (2020). Spatial-temporal analysis of point distribution pattern of schools using spatial autocorrelation indices in Bojnourd city. *Sustainability*, 12(18), 1-26. <https://doi.org/10.3390/su12187755>
- 16 Liao, C., & Dai, T. (2022). "Attending Nearby School" Near? An Analysis of Travel-to-School Distances of Primary Students in Beijing Using Smart Card Data. *Sustainability*, 14(7), 1-12. <https://doi.org/10.3390/su14074344>
- 17 (2021). Ofis Akima Almalinskogo raiona. Rezultaty raboty za 2021 [Office of Akim of Almaly district. Results of work for 2021]. Retrieved from <https://www.gov.kz/memleket/entities/almaty-almaly/documents/details/288476?directionId=7404&lang=ru> [in Russian].
- 18 (2020). Agentstvo natsionalnoi statistiki Agentstva strategicheskogo planirovaniia i reform Respubliki Kazakhstan [Agency for National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan]. Retrieved from https://stat.gov.kz/region/268020/statistical_information/industry [in Russian].
- 19 (2020). Departament obrazovaniia goroda Almaty. Reiting shkol za 2020 god [Department of Education of the city of Almaty. 2020 school rankings]. Retrieved from <https://bilimalmaty.kz/> [in Russian].
- 20 ESRI. (2022). Retrieved from <https://www.esri.com/en-us/home> [in Russian].
- 21 Brueckner, J. (2000). Urban sprawl: Diagnosis and remedies. *International Regional Science Review*, 23(2), 160-171. <https://doi.org/10.1177/016001700761012710>
- 22 Chen, K.A., Reichard, G., Yuan, J., & Li, Q. (2020). A framework towards the decision-making of public service facilities in smart cities. *Construction research congress. — American Society of Civil Engineers*, 876-885. <https://doi.org/10.1061/9780784482865.093>
- 23 Mazumdar, S., Learnihan, V., Cochrane, T., & Davey, R. (2017). The built environment and social capital: A systematic review. *Environment and Behavior*, 50(2), 119-158. <https://doi.org/10.1177/0013916516687343>
- 24 Delmelle, E., Haslauer, E., & Prinz, T. (2013). Social satisfaction, commuting and neighborhoods. *Journal of Transport Geography*, 30, 110-116. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.03.006>
- 25 Scandurra, R., Zancajo, A., & Bonal, X. (2022). Opting out of neighbourhood schools: The role of local education markets in student mobility. *Population, Space and Place*, 28(5), 1-15. <https://doi.org/10.1002/psp.2542>
- 26 Ramadan, M., Khairy, N., Alogayell, H., Alkadi, I., Ismail, I., & Ramadan, R. (2022). Spatial Equity Priority Modeling of Elementary and Middle Schools through GIS Techniques, El-Taif City, Saudi Arabia. *Sustainability*, 14(19), 1-21. <https://doi.org/10.3390/su141912057>

- 27 Wu, Y., Zheng, X., Sheng, L., & You, H. (2020). Exploring the Equity and Spatial Evidence of Educational Facilities in Hangzhou, China. *Social Indicators Research*, 151(3). <https://doi.org/10.1007/s11205-020-02417-5>
- 28 Lubienski, C., & Lee, J. (2016). Geo-spatial analyses in education research: the critical challenge and methodological possibilities. *Geographical Research*, 55(1), 89-99. <https://doi.org/10.1111/1745-5871.12188>
- 29 Yao, L., Lv, M., Li, T., Wang, D., & Cao, X. (2022). Exploring the Evolution of the Accessibility of Educational Facilities and Its Influencing Factors in Mountainous Areas: A Case Study of the Rocky Desertification Area in Yunnan, Guangxi, and Guizhou. *International Journal of Geo-Information*, 11(5), 296. <https://doi.org/10.3390/ijgi11020296>
- 30 Cobb, C. (2020). Geospatial Analysis: A New Window Into Educational Equity, Access, and Opportunity. *Review of Research in Education*, 44(1), 97-129. <https://doi.org/10.3102/0091732X20907362>
- 31 Lee, J., & Jang, Y. (2017). Equal access to early childhood education in South Korea using the Geographic Information System. *International Journal of Early Years Education*, 25(2), 171-189. <https://doi.org/10.1080/09669760.2017.1287559>
- 32 Marques, J., Wolf, J., & Feitosa, F. (2020). Accessibility to primary schools in Portugal: a case of spatial inequity? *Regional Science Policy and Practice*, 13(3), 693-707. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12303>
- 33 Sharma, G., & Patil, G. (2022). Spatial and social inequities for educational services accessibility — A case study for schools in Greater Mumbai. *Cities*, 122(7). <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103543>
- 34 Dustan, A., & Ngo, D. (2018). Commuting to educational opportunity? School choice effects of mass transit expansion in Mexico City. *Economics of Education Review*, 63, 116-133. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2018.01.006>
- 35 Alexander, M., & Massaro, V. (2020). School deserts: Visualizing the death of the neighborhood school. *Policy Futures in Education*, 18(6), 787-805. <https://doi.org/10.1177/1478210320951063>

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT AUTHORS

Abdikadirova Khamida Rakhimovna — PhD, associate professor of the department of pathology, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; abdikadirovak66@mail.ru

Aizman Roman Idelevich — doctor of biological sciences, professor, head of the Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia; aizman.roman@yandex.ru

Akhmedenov Kazhmurat Maksutovich — candidate of geographical sciences, professor, professor of the Department of Geography, Makhambet Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan; kazhmurat78@mail.ru

Algazy Akmaral Tursunzhanovna — junior scientific researcher, the Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; alban_akmaral94@mail.ru

Alshynbayeva Mereke Aidoskyzy — PhD-student, Karaganda University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; alshynbaeva_mereke696@mail.ru

Alzhanova Gulzhan Serzhanovna — head of the Laboratory of Applied Biotechnology of the branch of the National Center for Biotechnology, Stepnogorsk, Kazakhstan; karaganda_sh2007@mail.ru

Amantayev Nurbolat Gabdullaevich — PhD-student, Karaganda University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; nurbolat81@mail.ru

Ametov Abibulla Ametovich — PhD, professor of the Department of Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; <https://orcid.org/0000-0002-4123-8096>

Andrambayeva Nurgul Sakenovna — senior laboratory assistant of oil crops laboratory at LLP “Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing”, Almalybak settlement, Kazakhstan; andrambayeva81@mail.ru

Abikenova Fatima Samitovna — PhD, associate professor of the department of pathology, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; F.Abikenova@qmu.kz

Atambayeva Shara Alpysbaevna — candidate of biological sciences, professor of department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; atambayevashara@gmail.com

Baiguzhina Zhanar Sailauovna — PhD-student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; janar_ktl@mail.ru

Bazarbaeva Saule Mukhametkalievna — PhD, senior lecturer of the Department of Biology, Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan; ssdarina12@mail.ru

Bekenkali Arailym Beibitkyzy — master of natural sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; bekenkaliala@gmail.com

Borodulina Olga Vladimirovna — candidate of biological sciences, associate professor, professor of the Department of Natural Sciences, Kostanay Regional University named after A. Baitursynova, Kostanay, Kazakhstan; tc89092023@mail.ru

Bulgakova Olga Vladimirovna — Ph.D; acting professor of the Department of General Biology and Genomics; L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; ya.summer13@yandex.kz

Chergizova Bibigul Tulegenovna — PhD, associate professor of the Department of morphology and physiology, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; Chergizova@qmu.kz

- Dalibaeva Almagul Muratbekovna** — junior researcher of oil crops laboratory at LLP “Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing”, Almalybak settlement, Kazakhstan; life_0903@mail.ru
- Derbush Svetlana Nikolaevna** — candidate of biological sciences, associate professor, Department of chemistry and chemical technology of Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan; svetnika-17@mail.ru
- Didorenko Svetlana Vladimirovna** — candidate of biological sciences, professor, head of oil crops laboratory at LLP “Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing”, Almalybak settlement, Kazakhstan; svetl_did@mail.ru
- Dinmukhamedova Aigul Salimzhanovna** — candidate of biological sciences, acting professor of the Department of General Biology and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; a.s.d.14@yandex.ru
- Dostemessova Anar Berikovna** — PhD-student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; anardostemesova@gmail.com
- Dukenbayeva Bagdat Samatkyzy** — master, junior researcher of “Seed bank” laboratory, Institute of botany and phytointroduction, Almaty, Kazakhstan; baadaat@mail.ru
- Dyusembekova Damira Adilevna** — master of technological sciences, junior researcher, National Center for Biotechnology, Astana, Kazakhstan; dusembekova.damira@mail.ru
- Erokhin Nikolay Gennadjevich** — head of the Museum of the Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia; eng@ipae.uran.ru
- Eshmagambetova Aliya Borashevna** — candidate of biological science, associate professor of Zoology Department, Karaganda University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; ab2828@mail.ru
- Islamova Symbat Sultanovna** — engineer, National Center for Biotechnology, Astana, Kazakhstan; islamovasimbat@gmail.com
- Ismailov Chingiz Usmanovich** — master of medical science, research manager of Institute of Public Health and Professional Health, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; ismailocc@qmu.kz
- Ivanova Natalja Vladimirovna** — candidate of biological science, senior researcher, Institute of Mathematical Problems of Biology of the Russian Academy of Sciences - branch of the Federal State Institution “Federal Research Center Institute of Applied Mathematics named after M.V. Keldysh of the Russian Academy of Sciences”, Pushchino, Russia; Natalya.dryomys@gmail.com
- Izbastina Klara Serzhankyzy** — PhD, acting associate professor, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan; izbastina.k@gmail.com
- Kabylbekova Balnur Zhasulanovna** — PhD, Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Production, Almaty, Kazakhstan; kabylbekova.balnur@gmail.com
- Kabylbekova Gaukhar Kaiyrkenovna** — PhD-student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; study.shaiza68@mail.ru
- Kadyrbekov Rustem Khasenovich** — doctor of biological sciences, chief scientific researcher of laboratory of entomology, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan; rustemkadyrbekov@zool.kz
- Kakimzhanova Almagul Apsalamovna** — doctor of biological science, associate professor, head of laboratory of Biotechnology and Plant Breeding, National Center for Biotechnology, Astana, Kazakhstan; kakimzhanova@biocenter.kz
- Kali Almagul K.** — candidate of biological sciences, associate professor, head of the department of Botany, Karaganda University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; a-aelbekova@mail.ru
- Kassenov Rinat Zhanassilovich** — junior researcher of oil crops laboratory at LLP “Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing”, Almalybak settlement, Kazakhstan; rinat.kasenov.83@mail.ru
- Kassymova Zhadyra Ernazarovna** — master of natural sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; zhkasimova08@gmail.com
- Khamzina Saltanat Rashidovna** — PhD, acting associate professor of the Department of Ecology, Life Safety and Environmental Protection, Abai Myrzakhmetov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan; auez_salta@mail.ru

- Khasanova Akmaral Eertuganovna** — head of the branch of the National Center for Biotechnology, Stepnogorsk, Kazakhstan; akmaral.hasanova@mail.ru
- Khassanov Vadim Tagirovich** — candidate of biological sciences, acting professor of the department of Biology, Plant protection and quarantine, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan; vadim_kazgatu@mail.ru
- Kim Leonid Viktorovitch** — master-tudent, Al-Farabi Kazakh National University, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan; kim.leonid2606@mail.ru
- Kolov Sergey Vladimirovich** — master of biology, manager of laboratory of entomology, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan; sergeykolov@zool.kz
- Kovalchuk Irina Yurievna** — candidate of agricultural sciences, associate professor, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; kovalchuk_i_u@mail.ru
- Kubentaev Serik Argymbekovich** — candidate of biological sciences, leading researcher of the Laboratory of Flora and Plant Resources of the Astana Botanical Garden - the branch of Institute of Botany and Phytointroduction, Astana, Kazakhstan; kubserik@mail.ru
- Kuprijanov Andrej Nikolayevich** - doctor of biological sciences, professor of Kuzbass botanical garden Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS, Kemerovo, Russian Federation; kupr-42@yandex.ru
- Kurmanbayeva Meruyert Sakenovna** — PhD, professor, head of the Department of Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; Meruyert.Kurmanbayeva@kaznu.kz
- Kusherbay Kuanysh Zhomartovich** — PhD-student, Al-Farabi Kazakh National Univeristy, Faculty of Geography and Environmental Management, Department of geography, land management and cadastre, Almaty, Kazakhstan; kosherbay822@mail.ru
- Makhmudova Karina Khamidovna** — candidate of biological sciences, leading scientific researcher, “Seed Bank” laboratory, Institute of botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan; carinamakhmudova2015@gmail.com
- Medvedeva Irina Valerievna** — PhD, associate professor of the department of pathology, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; Medvedeva@qmu.kz
- Mikhailenko Natalya V.** — laboratory assistant, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; georgi-nata@mail.ru
- Mugan Ardak** — master, junior researcher of “Seed bank” laboratory, Institute of botany and phytointroduction, Almaty, Kazakhstan; ardak_520@mail.ru
- Mukhanov Tlek Manarbekovich** — junior scientific researcher at the Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; tlek84@mail.ru
- Mursaliyeva Valentina Kadamatovna** — candidate of biological science, leading researcher, the Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; gen_mursal@mail.ru
- Murzatayeva Tansara Shayakhmetovna** — candidate of agricultural sciences, head of the “Seed Bank” laboratory, Institute of botany and phytointroduction, Almaty, Kazakhstan; m.tansara@mail.ru
- Mussagaliyeva Aizhan Niazbekovna** — PhD, acting associate professor, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Geography and Environmental Management, Department of geography, land management and cadastre, Almaty, Kazakhstan; aizhan.mussagaliyeva@kaznu.edu.kz
- Nurtaza Aidana Serikbolkyzy** — PhD, researcher of National Center for Biotechnology, Astana, Kazakhstan; aid306@mail.ru
- Omarova Alua Oralovna** — PhD, associate professor, School of Public Health, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; OmarovaA@qmu.kz
- Perezhogin Yuri Vladimirovich** — candidate of biological sciences, associate professor, professor of the Department of Natural Sciences, Kostanay Regional University named after A. Baitursynova, Kostanay, Kazakhstan; jury63@mail.ru
- Rakhimbaev Izbasar Rakhimbayevich** — doctor of biological sciences, professor, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; ipbbkz@gmail.com
- Rezhepova Nodira Bahodirkyzy** — master-student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; nadira.rezhepova@mail.ru

- Salmenova Madina Yerkenovna** — researcher at the Laboratory of Cryobiology and Hermoplasm of Wild Animals of Kazakhstan, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan; madina.salmenova@zool.kz
- Samatova Indira Nurymovna** — engineer, National Center for Biotechnology, Astana, Kazakhstan; samatovai@icloud.com
- Sapanov Mamay Kazievich** — doctor of biological sciences, leading researcher, Institute of Forest Science of the Russian Academy of Sciences, Uspenskoe, Moscow region, Russia; sapanovm@mail.ru
- Sarsenbek Balausa Tursynbekovna** — master-student of the Department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; s.balausa.s@mail.ru
- Sarzhanova Saida D.** — bachelor, senior laboratory assistant of “Seed Bank” laboratory, Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan; sarzhanovasaida@mail.ru
- Silantyeva Marina Mikhailovna** — doctor of biological sciences, professor, head of department of botany, Altai State University, Barnaul, Russia; msilan@mail.ru
- Simanchuk Yelena Andreyevna** — PhD-student, Biology, Chemistry and Ecology Department, A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan; simyeandr.ksu@mail.ru
- Sitpayeva Gulnara Tokbergenovna** — doctor of biological sciences, chief researcher of the laboratory “Seed Bank”, Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan; sitpaeva@mail.ru
- Sultangazina Gulnar Jalelovna** — candidate of biological sciences, acting professor of the Biology, Chemistry and Ecology Department, A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan; gul_sultan@mail.ru
- Talaspekova Yulia Pavlovna** — assistant professor of the department of pathology, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; talaspekovaulia@gmail.com
- Tolegen Arman** — PhD-student, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; tolegenarman7@gmail.com
- Toleukanova Tolganay Toleukankyzy** — master of natural sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; toleuhankyzy1905@mail.ru
- Tuleshova Kuralay** — PhD-student, Karaganda University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; tuleshova.kuralay@mail.ru
- Turasheva Svetlana Kazbekovna** — PhD, associate professor of the Department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; svetlana.turasheva@kaznu.kz
- Turdiyev Timur Tuigunovich** — candidate of biological sciences, associate professor, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; turdiyevtt@mail.ru
- Umirzakova Alima Turganovna** — senior researcher, Sairam-Ugam State National Natural Park, Almaty, Kazakhstan; sayram_ugam@mail.ru
- Uteulin Kairat Rizabekovich** — doctor of biological sciences, associate professor, head of the Plant Biology and Biotechnology Institute Laboratory, Almaty, Kazakhstan; gen_uteulink@mail.ru
- Yeleupayeva Shynar Kaukerbekovna** — senior lecturer of Zoology Department, Karaganda University of the name of Academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; karaganda_sh2007@mail.ru
- Yelubayeva Aigerim S.** — master, junior researcher of “Seed bank” laboratory, Institute of botany and phytointroduction, Almaty, Kazakhstan; aigera_89_01@mail.ru
- Yerdesov Nurbek Zharkinovich** — master, teacher of school of public health, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; erdesov@qmu.kz
- Yerkinkazhina Yerkezhan Yerkinkazhinovna** — master of natural sciences, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; eve64486@gmail.com
- Yeszhanov Aidyn Baurzhanovitch** — PhD, head of the Laboratory of Arachnology and other invertebrates, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan; aidyn.eszhanov@gmail.com
- Zhautikova Saule Bazarbaevna** — doctor of medical sciences, professor of the department of pathology, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; Zhautikova@qmu.kz
- Zlatanov Boris Vasilyevich** — candidate of biological sciences, senior researcher, Institute of zoology, Almaty, Kazakhstan; bor.zlat@mail.ru