



ISSN 2518-7201 (Print)

ISSN 2663-5003 (Online)

BULLETIN

OF THE KARAGANDA UNIVERSITY

BIOLOGY.
MEDICINE.
GEOGRAPHY
Series

№ 4(108)/2022

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

№ 4(108)/2022

Қазан–қараша–желтоқсан
30 желтоқсан 2022 ж.

Октябрь–ноябрь–декабрь
30 декабря 2022 г.

October–November–December
December, 30th, 2022

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, 2022
Караганда, 2022
Karaganda, 2022

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

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

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. Кушнарченко,	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., РҒА 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, З.Е. Рамазанова

Компьютерде беттеген
М.С. Бабатаева

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

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 29.12.2022 ж. қол қойылды. Пішімі 60×84 1/8. Қағазы офсеттік. Көлемі 27,5 б.т. Таралымы 200 дана. Бағасы келісім бойынша. Тапсырыс № 144.

«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, 2022

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

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

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, З.Е. Рамазанова

Компьютерная верстка
М.С. Бабатаева

Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География».
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 29.12.2022 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Объем 27,5 п.л. Тираж 200 экз.
Цена договорная. Заказ № 144.

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, 2022**

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. Oganesyanyan,	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 Evolu- tion, 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, Z.E. Ramzanova

Computer layout
M.S. Babatayeva

Bulletin of the Karaganda University. "Biology. Medicine. Geography" Series.

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 29.12.2022. Format 60×84 1/8. Offset paper. Volume 27,5 p.sh. Circulation 200 copies.
Price upon request. Order № 144.

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, 2022

МАЗМҰНЫ — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENT

БИОЛОГИЯ BIOLOGY

<i>Аманжолова М.Ж., Шайзадинова А.М., Абельденов С.К.</i> Экспрессия и очистка рекомбинантной эндонуклеазы CRISPR/Cas системы.....	8
<i>Баймуканов М. Т., Искаков А.А., Сыдыкова Ж. А., Баймуканов Т. Т., Баймуканова А.М.</i> Об определении ширины учетной полосы при судовом маршрутном учете каспийского тюленя (<i>Pusa caspica</i>) на мелководье.	14
<i>Yerubay A.S., Konkabayeva A.E., Prevost G., Kalymanov I. S., Okassov D. B.</i> Study of parameters of lipid peroxidation and antioxidant protection in rats treated with cadmium nitrate with biocorrection by infusion of <i>Beta vulgaris</i> seeds.....	22
<i>Жарасова Д. Н., Төлеп Н.А.</i> Особенности введения в культуру invitro барбариса илийского (<i>Berberisiliensis</i> M. Pop.).....	29
<i>Zhartybaeva M.G., Tulegenova S.E., Muntaev N., Oralbekova Zh.O.</i> Water quality of aquatic ecosystems of Akmola region.	34
<i>Zadagali A.M., Zhamangara A.K.</i> Biotesting of <i>Chlorella</i> sp algae for certain medicinal drugs.	39
<i>Златанов Б. В.</i> К фауны и экологии мух – журчалок (Diptera, Syrphidae) хребта Тарбагатай (Восточный Казахстан).	51
<i>Isabekova M.S., Umiraliyeva L.B.</i> Studying the physiological and biochemical properties of lactic bacteria cultures in the creation of sourdough for bread.	60
<i>Karamendin K., Kudyрманov A., Seidalina A., Kirkimbayeva Zh., Ozgan S. Fereidouni S.</i> Fatal outbreak among camels in Kazakhstan associated with <i>Paenibacillus sordellii</i>	68
<i>Куанбай Ж.І., Адманова Г.Б., Әбиев С.Ә., Қожамжарова Л.С.</i> Доңызтау флорасындағы Амаргантaceae тұқымдасы.	76
<i>Мустафин К.Г., Бисько Н.А., Калиева А.К., Нармуратова Ж.Б., Жақипбекова А.С., Садуаева Ж.К.</i> Ganoderma және Trametes туысына жататын саңырауқұлақтарын терен өсіру жағдайындағы биомасса синтезі деңгейі бойынша скринингі.	83
<i>Мырзабаев А.Б., Голованов Д.Л., Урбаняк Я., Кушербаев С.А., Бодеев М.Т.</i> Техногендік зиянды қалдықтарының топыраққа әсерін рентгенофлуоресценттік әдіспен талдау.....	95
<i>Нурлыбаева К.А., Мукашева Г.Ж., Сарсембаева А.Ш., Бодеева Р.Т.</i> Балқаш қаласының атмосфералық ауасының ауыр металдармен ластануы.	101
<i>Пономарева Т.С., Поливкина Е.Н., Кенжебаев Р.А., Немытова Л.А., Сысоева Е.С., Иванова А.Р.</i> Накопление Cs-137 и Sr-90 культурой салата на почвах основных радиоактивно-загрязненных участков бывшего Семипалатинского испытательного полигона.	107
<i>Сағындықова М.С., Иманбаева А.А., Гасанова Г.Г.</i> К изучению ресурсов лекарственных растений Атырауской области.	118
<i>Серғалиев Н.Х., Какишев М.Г., Султанов Е.С., Сарманов А.Е., Бакиев С.С.</i> Мониторинг естественного воспроизводства популяций рыб озера Едильсор.	126
<i>Тлеуқенова С.У., Гаврилькова Е.А., Мадиева А.Н., Матвеев А.Н., Айтимов А.К.</i> Исследование водоудерживающей способности <i>Catalpa speciosa</i> в условиях городов Караганды и Жезказгана.....	132
<i>Тунукүлов М. К.</i> Peculiarity of currant and perpetual repair cell culture.	140
<i>Cherednichenko O.G., Mit N.V., Magda I.N., Pilyugina A.L., Bekmanov B.O., Mamilov N.Sh., Chirikova M.A., Nigai N.L.</i> Ecological characteristics of the area and evaluation of bio indicator species condition in Altyn-Emel State National Natural Park.	148

МЕДИЦИНА MEDICINE

<i>Akhmetova S.B., Belyayev I.A., Omarova A.O., Amirkhanova Zh.T.</i> The study of microbial contamination of water and sanitary facilities in the Karaganda regional hospital; during different seasons.	164
<i>Бекеева С.А.</i> Оценка функционального состояния работников сельскохозяйственной отрасли в процессе трудовой деятельности.	173

<i>Korbozova N.K., Terletskaia N.V., Kudrina N.O., Kobylina T.N., Kenzhebayeva Zh., Shokan A.K.</i> General and specific toxicity determination of an extract from the plant <i>Rhodiolasemenovii</i> Boriss.	181
<i>Sabiyeva A., Atazhanova G.A., Smagulov M.K., Kurmantayeva G.K., Ashirbekova B.B.</i> Antiradical activity of dry extracts of <i>Dracocephalum nutans</i> and <i>Dracocephalum ruyschiana</i> herb growing on the territory of the Central Kazakhstan.	189

ГЕОГРАФИЯ GEOGRAPHY

<i>Голованов Д.Л., Кравченко Е.И., Кушербаев С., Аманжолов А., Мырзабаев А.Б., Ишмуратова М.Ю., Матвеев А.Н., Мушников Н.А., Добрыднева Л.В.</i> Засоление, гипосоносность и загрязнение почв Жезказганского ботанического сада: 80 лет с момента организации и начала орошения.	195
<i>Есимханова Д.М., Аубакирова Ж.С.</i> Кластерный анализ демографических процессов в Казахстане на современном этапе.	202

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР — СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ — INFORMATION ABOUT AUTHORS	211
--	-----

2022 жылғы «Қарағанды университетінің хабаршысында» жарияланған мақалалардың көрсеткіші. «Биология. Медицина. География сериясы» — Указатель статей, опубликованных в журнале «Вестник Карагандинского университета. Серия Биология. Медицина. География» в 2022 году — Index of articles published in «Bulletin of the Karaganda University. Biology. Medicine. Geography Series» in 2022	216
--	-----

М.Ж. Аманжолова^{1,2}, А.М. Шайзадинова³, С.К. Абельденов^{1*}

¹Национальный центр биотехнологии МЗ РК, Астана, Казахстан;

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

³Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: abeldenov@gmail.com

Экспрессия и очистка рекомбинантной ДНК эндонуклеазы CRISPR/Cas системы

В настоящее время ведется активная исследовательская работа по изучению и применению сайт-специфических РНК-направляющих эндонуклеаз в качестве инструментов для использования в области геномного редактирования и диагностики в биомедицинской и биотехнологической сфере. На сегодняшний день наиболее эффективным методом в этой области является метод CRISPR. Благодаря своей простоте нацеливания эта система была быстро принята в качестве метода выбора для редактирования геномов множества организмов. Совсем недавно в бактериальных геномах была обнаружена еще одна новая эндонуклеаза CRISPR-Cas класса 2 с характерными особенностями: Cas12a. Фермент Cas12a — это сайт-специфическая РНК-направляющая эндонуклеаза, которая может быть использована для точного редактирования генома в различных типах клеток разных видов, а также применяться в диагностике. Поиск, идентификация и характеристика новых неизученных гомологов расширит потенциал использования ферментов. В данной работе проведена экспрессия и двухэтапная хроматографическая очистка рекомбинантного фермента Cas12a высокой чистоты. Были получены *in vitro* синтезированные сгРНК, рибонуклеопротеиновый комплекс, и была подтверждена эндонуклеазная активность фермента в отношении субстрата, содержащего целевую последовательность для расщепления в соответствующем сайте. Полученный фермент может быть использован для дальнейшего описания его кинетических параметров, которые могут быть применены в разработке новых диагностик следующего поколения.

Ключевые слова: CRISPR, рекомбинантный белок, эндонуклеаза, аффинная хроматография, сгРНК, диагностика, нуклеиновые кислоты.

Введение

Благодаря быстрому развитию технологий высокопроизводительного секвенирования и биоинформатики ученые за короткое время добились больших успехов в области геномного редактирования. Новый подход, названный «редактирование генома», широко используется в исследованиях функциональной геномики, трансгенных организмов и генной терапии в течение последних нескольких лет. Редактирование генома основано на сконструированных, программируемых и высокоспецифичных нуклеазах, которые могут индуцировать сайт-специфические изменения в геномах клеточных организмов. Последующий процесс репарации клеточной ДНК создает вставки, делеции или замены в интересующих локусах [1].

На данный момент все большую популярность набирает метод CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), или сгруппированные, регулярно расположенные короткие полиндромные повторы. Этот метод является отличной альтернативой уже существующих механизмов геномного редактирования, таких как ZFN и TALEN. В отличие от данных методов, CRISPR зависит от малых РНК для специфичного к последовательности расщепления [2]. Ключевым ферментом данного метода изначально выступала эффекторная нуклеаза Cas9 [3]. Однако в ходе поиска и расшире-

ния спектра используемых гомологов были обнаружены и охарактеризованы другие типы эндонуклеаз, одним из которых является Cas12a. CRISPR-Cas12a класса II типа V — это новая РНК-управляемая эндонуклеаза, которая недавно была использована в качестве альтернативного инструмента редактирования генома. Преимуществом данного типа фермента является использование одного вида малой РНК — crРНК [4]. В последнее время технологии CRISPR/Cas систем с использованием Cas12a эндонуклеазы широко используются в диагностических и аналитических исследованиях благодаря их высокой чувствительности, специфичности и надежности. В настоящей работе описывается получение рекомбинантной эндонуклеазы Cas12a (*Moraxellaequi*).

Материалы и методы

Очистка рекомбинантного белка Cas12a.

Для получения рекомбинантного белка Cas12a клетки *E. coli*Rosetta 2 (DE3) использовали плазмидур ET28с(+)/Cas12a (синтезирована в GenScript). Единичную трансформированную колонию культивировали в бульоне LB с канамицином (50 мкг/мл) до середины экспоненциальной (логарифмической) фазы (OD600=0,6). Клетки индуцировали 0,2мМ изопропил-β-D-1-тиогалактопиранозидом (IPTG). Инкубацию индуцированных клеток продолжали при комнатной температуре при 100 об/мин в течение 16 ч. Клетки собирали при + 4 °С, 6000 × g в течение 7 мин. Осадок ресуспендировали в буфере 20 мМTrisрН8,0, 50 мМNaCl с добавлением коктейля ингибиторов протеаз (RocheDiagnostics). Клетки инкубировали с лизоцимом в концентрации 3 мг/мл в течение 20 мин при комнатной температуре и дополнительно обрабатывали ультразвуком (50 кГц) в импульсном режиме на льду. Лизат центрифугировали при + 4 °С, 40 000 × g в течение 1 ч. В осветленном лизате концентрацию NaCl довели до 500 мМ. Осветленный лизат загружали в колонку HisTrapHP (GEHealthcare), активированную ионами Ni²⁺. С помощью хроматографа FPLCAKТАPurifier 10 (GEHealthcare) фракционировали в линейном градиенте имидазола от 20 мМ до 500 мМ. Полученные фракции с целевым белком объединяли и загружали в колонку HiTrapHeparinHP (GEHealthcare), после чего фракционировали в линейном градиенте от 50 мМ до 1000 мМNaCl. Гомогенность полученных фракций проверяли разделением в 12 % ПААГ-ДСН. Для очистки и фракционирования элюата в линейном градиенте NaClот 50 мМ до 1 М использовали хроматографическую систему FPLCAKТАPurifier 10 (GEHealthcare). Фракции, содержащие рекомбинантный белок, хранили при –20 °С в 50 % глицерине.

Синтез crРНК

crРНК для анализа расщепления *invitro* синтезировали с использованием набора HiScribeT7 High-YieldRNASynthesisKit (NewEnglandBiolabs). Набор для синтеза РНК T7 HighYield разработан для транскрипции РНК *invitro* с использованием T7 РНК-полимеразы. Олигонуклеотидные дуплексы ДНК, соответствующие последовательности РНК-мишени, синтезировали в РГП «Национальный центр биотехнологии» (Лаборатория органического синтеза) и отжигали друг с другом. Синтезированные ДНК олигонуклеотиды были использованы в качестве матриц для *invitro* транскрипции с помощью набора для синтеза РНК при условии, что они содержали двухцепочечную промоторную область T7 перед транскрибируемой последовательностью. При дизайне гидовых РНК была учтена ее длина, поэтому для фермента Cas12a был проведен синтез целевых последовательностей протяженностью не менее 16 нуклеотидов для достижения расщепления целевой ДНК *invitro*. В качестве целевой последовательности выступала последовательность гена нуклеокапсидного белка возбудителя COVID–19 — SARS-CoV2. Транскрипцию проводили в течение 4 ч при 37°С. Протокол реакции был следующим: вода, свободная от нуклеаз, 10X реакционный буфер — 2 мкл; АТФ/ГТФ/УТФ/ЦТФ 100 мМ — 2 мкл (10 мМ конечная концентрация); матричная ДНК; смесь T7 РНК полимеразы; общий объем реакции — 20 мкл. Очистку синтезированной РНК проводили с помощью набора Monarch® RNA CleanupKit (NewEnglandBiolabs).

Олигонуклеотиды

Для получения дуплексов с целью дальнейшей транскрипции были использованы следующие олигонуклеотиды:

crРНК-T7	GAACGCTGAAGCGCTGGGGGATCTACACTTAGTAGAAATTACCCTATAGTGAGTCGTA TTAGAATT
crРНК-T7-compl	AATTCTAATACGACTCACTATAGGGTAATTTCTACTAAGTGTAGATCCCCCAGCGCTTC AGCGTTC

Для получения ПЦР продукта ДНК-субстрата были использованы следующие олигонуклеотиды:

substrate-FWD	AATTCTAATACGACTCACTATAGGGACTCCAGGCAGCAGTAGGGGAACCTCTC
substrate-REV	CTGTTTCTTCTGTCTCTGCGGTAAGGCTTG

Cas12a invitro реакция

Для анализа расщепления *invitro* комплекс crРНК-Cas12a формировали путем инкубации 1 мкг crРНК и 2 мкг Cas12a в течение 10 мин при 25 °С. Далее добавляли ДНК-субстрат (300 нг) и совместно инкубировали при 37°С в течение 30 мин.

Электрофорез

Электрофоретическое разделение нуклеиновых кислот проводили в 1 % агарозном геле в буфере ТАЕ. Разделение проводили при напряжении 110 В, время 30 мин. Детекция осуществлялась при ультрафиолетовом излучении на длине волны 312 нм.

Электрофоретическое разделение белков проводили по методу Лэммли [5] в 12 % полиакриламидном геле в денатурирующих условиях. Электрофорез осуществляли при 150 В в течение 1 ч. Окрашивание гелей проводили с использованием Coomassie Brilliant Blue R-250 (Sigma) в 10 % уксусной кислоте и 50 % этаноле.

Определение концентрации белка

Количественное определение концентрации белка определяли по Бредфорду [6].

Результаты и их обсуждение

Выбор экспрессионного штамма для наработки рекомбинантного белка Cas12a

Для наработки рекомбинантного белка была проведена работа по подбору экспрессионного штамма. Были использованы следующие штаммы *E. coli*: ArcticExpress (DE3) RP, BL21 (DE3) и Rosetta2 (DE3). Накопление рекомбинантного белка Cas12a во фракциях тотального экстракта и растворимой фракции культур *E. coli* происходит уже через 3 ч инкубации с ИПТГ и продолжается на протяжении всего периода инкубации. Для экспрессии рекомбинантного белка Cas12a был выбран штамм Rosetta2 (DE3). Электрофореграмма по индукции рекомбинантного белка в течение 16 ч представлена на рисунке 1.

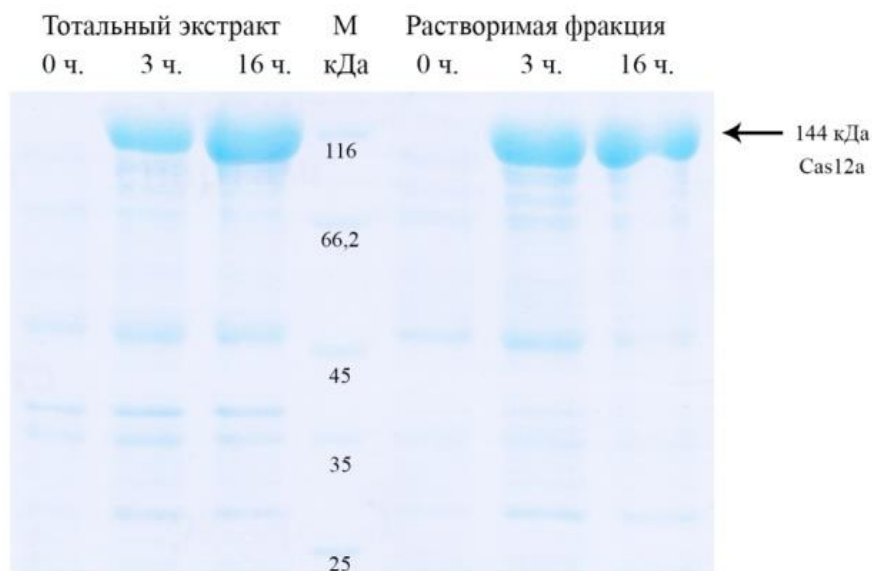


Рисунок 1. Пробная индукция рекомбинантного белка Cas12 в культуре *E. coli* Rosetta2 (DE3)

Очистка рекомбинантного белка методом аффинной хроматографии

В синтезированной генетической конструкции pET-28c(+)/Cas12a результирующий белок Cas12a содержит дополнительный домен из 20 аминокислот на N-конце, содержащий шестигисти-

новую метку. Таким образом, рекомбинантный Cas12a белок состоит из 1250 аминокислотных остатков, общей расчетной молекулярной массой 144 кДа.

Очистку рекомбинантного белка Cas12a проводили из 600 мл культуры с помощью металлохелатной хроматографии на ионах Ni^{2+} с использованием колонки HisTrapHP 1 ml. После наработки культуры в объеме 600 мл осветленный лизат нанесли на HisTrapHP колонку и провели хроматографическую очистку Cas12a на ионах Ni^{2+} . На рисунках 2 и 3 представлены хроматограмма и результат белкового электрофореза фракционированных элюатов.

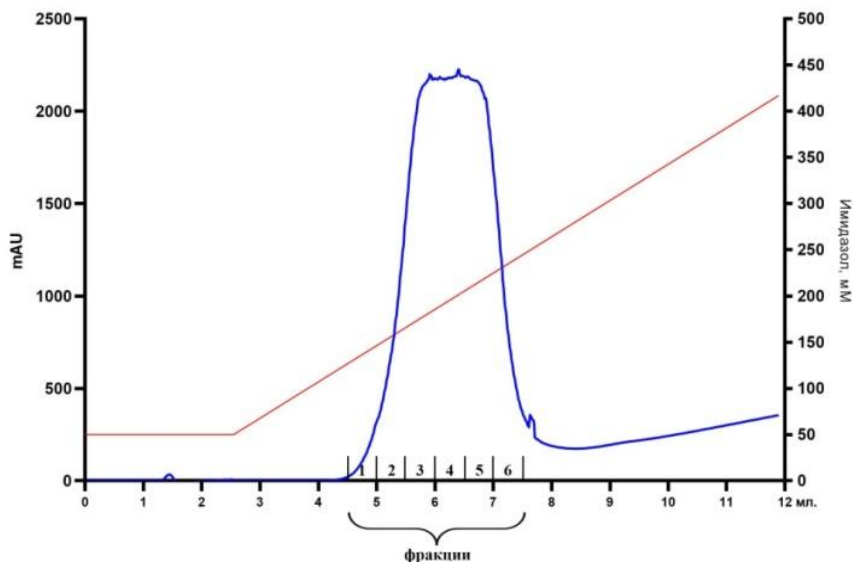


Рисунок 2. Результат хроматографической очистки рекомбинантной эндонуклеазы Cas12a из водорастворимой фракции на HisTrapHP колонке

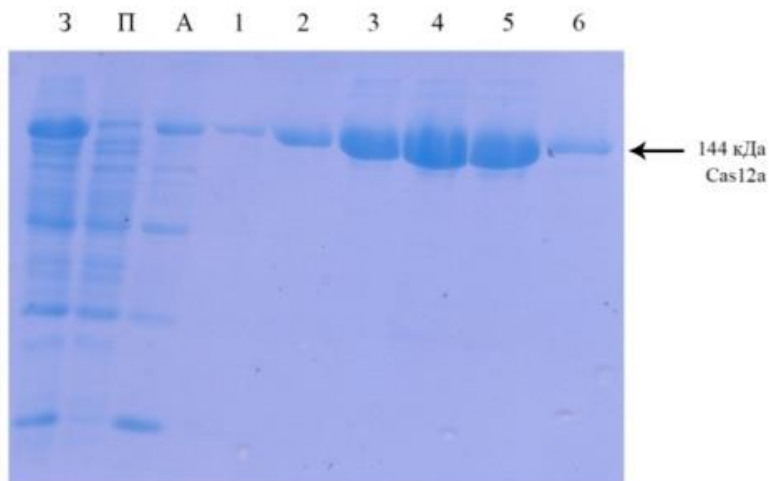


Рисунок 3. Электрофореграмма отобранных фракций: 3 — фракция загрузки образца; П — фракция проскока образца; А — фракция промывки колонки буфером А; 1–6 — фракции, отобранные при использовании линейного градиента по имидазолу

Согласно результатам, приведенным на рисунке 3, целевой белок Cas12a недостаточно чистый, и во фракциях содержались контаминирующие примеси других белков. Согласно результатам рисунка 2 белок элюировал при 160–240 mM концентрации имидазола. Фракции под номером 3–5 были объединены, и была проведена дополнительная хроматографическая очистка Cas12a на гепариновой ко-

лонке, так как белок является ДНК-связывающим ферментом, а иммобилизованный в колонке гепарин имеет мимикрирующие ДНК свойства. Хроматограмма и электрофореграмма фракционированных элюатов представлены на рисунках 4 и 5.

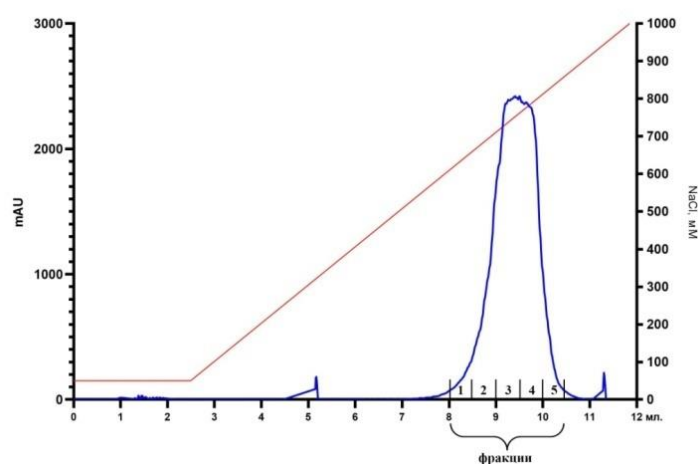


Рисунок 4. Результат хроматографической очистки рекомбинантной эндонуклеазы Cas12a на гепариновой колонке (HiTrapHeparinHP)

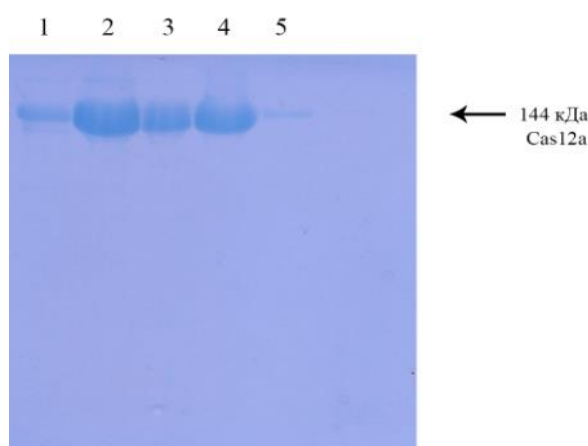


Рисунок 5. Электрофореграмма отобранных фракций (цифрами 1–5 обозначены полученные фракции белка)

Таким образом, в результате хроматографической очистки с 600 мл индуцированной культуры было получено 5 мг рекомбинантного белка Cas12a. Очищенный Cas12a обладает более 99 % чистоты и не содержит значительного количества примесей белков.

Определение эндонуклеазной активности Cas12a

Для подтверждения активности полученного высокоочищенного белка Cas12a был проведен соответствующий анализ. Активность белка была проверена на ДНК-субстрате, содержащий ген нуклеокапсида коронавируса. Для этого в 25 мкл реакционной смеси были использованы такие компоненты, как очищенная вода без содержания нуклеаз, реакционный буфер 10x, 1мкгсrРНК, 2мкгCas12a и ДНК-субстрат в виде продукта ПЦР. Реакцию останавливали путем добавления ProteinaseK.

Подготовка ДНК-матрицы (дуплекса) для получения сrРНК: для *invitro* транскрипции в качестве матрицы выступали синтетические ДНК-олигонуклеотиды, содержащие двухцепочечную область T7 промотора перед последовательностью, необходимой для транскрипции. Минимальная последовательность промотора T7 представляет собой: 5'-ТААТАСГАСТСАСТАТАGГG. На рисунке 6 представлен анализ активности полученного белка в агарозном электрофорезе (рис. 6).

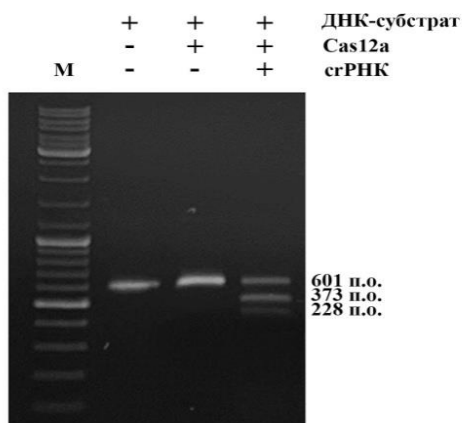


Рисунок 6. Визуализация активности полученной эндонуклеазы Cas12a

Для образования сборки рибонуклеопротеинового комплекса достаточно активного комплекса с Cas12a и опосредования РНК-направляемого расщепления ДНК, были поставлены реакции только с ДНК-субстратом (1), с ДНК-субстратом и ферментом (2), и с ДНК-субстратом, ферментом и с crRNA для расщепления целевой ДНК *in vitro* (3). Фермент Cas12a вместе с crRNA, нацеленной на мишень, был способен эффективно расщеплять расчетную целевую последовательность. Эти результаты демонстрируют достаточность фермента Cas12a и crRNA для РНК-направляемого расщепления ДНК. В результате было определено, что при инкубации рибонуклеопротеинового комплекса crPHK-Cas12a с целевой последовательностью субстрата, содержащего PAM-участок 5'-TTTA-3', происходило расщепление дцДНК в заданном положении.

Заключение

Вспышка SARS-CoV-2 значительно повлияла на традиционные диагностики, инициировав начало к разработке новых диагностических технологий. Технология CRISPR, изначально использовавшаяся в области геномного редактирования, нашла свое применение в области систем быстрой и доступной диагностики. Открытие CRISPR быстро заложило основу как надежного инструмента для геномного редактирования. CRISPR/Cas содержит два компонента: направляющую РНК (гРНК) и CRISPR-ассоциированную эндонуклеазу (белок Cas), которая может выполнять делеции или вставки в последовательности ДНК. гРНК необходима для связывания эффекторного Cas белка. гРНК обеспечивает спейсер длиной около 20 нуклеотидов. Основная функция Cas белков заключается в содействии адаптивному иммунитету бактерий посредством интерференции. На сегодняшний день были обнаружены ортологи фермента Cas12a, которые проявляют различный диапазон активности. Cas12a использует многоступенчатый механизм контроля качества для обеспечения правильного и точного распознавания целевых последовательностей. Известно, что Cas12a эффективно воздействует на таргетные последовательности, следующие за 5' Т-богатой последовательностью PAM, поэтому в исследовании был проведен дизайн мишени с учетом синтеза направляющих РНК с Т-богатыми последовательностями. В данной работе была получена новая эндонуклеаза Cas12a и проверена ее активность в отношении таргетной последовательности. Благодаря высокой способности к накоплению рекомбинантного белка Cas12a в водорастворимой фракции в течение всего периода индукции, с использованием двухступенчатой хроматографии, удалось провести очистку 5 мг рекомбинантного белка Cas12a, обладающего более 99 % степенью чистоты. Работа представляет интерес для расширения спектра используемых эндонуклеаз CRISPR/Cas систем для дальнейшего использования в области геномного редактирования и диагностик следующего поколения.

Данное исследование было профинансировано Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764944).

Список литературы

- 1 Chylinski, K., Makarova, K.S., Charpentier, E., & Koonin, E.V. (2014). Classification and evolution of type II CRISPR-Cas Systems. *Nucleic Acids Research*, 42 (10); 6091–6105. <https://doi.org/10.1093/nar/gku241>
- 2 Barrangou, R., Fremaux, C., Deveau, H., Richards, M., Boyaval, P., Moineau, S., & Horvath, P. (2007). CRISPR provides acquired resistance against viruses in prokaryotes. *Science*, 315 (5819); 1709–1712. <https://doi.org/10.1126/science.1138140>
- 3 Anders, C., Niewoehner, O., Duerst, A., & Jinek, M. (2014). Structural basis of pam-dependent target DNA recognition by the Cas9 endonuclease. *Nature*, 513 (7519); 569–573. <https://doi.org/10.1038/nature13579>
- 4 Mohanraju, P., Oost, J., Jinek, M., & Swarts, D. (2018). Heterologous expression and purification of the CRISPR-Cas12A/Cpf1 protein. *Bio-Protocol*, 8 (9); 2842. <https://doi.org/10.21769/bioprotoc.2842>
- 5 Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the Assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227 (5259); 680–685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>
- 6 Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72 (1–2); 248–254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)

М.Ж. Аманжолова, А.М. Шайзадинова, С.К. Абельденов

Рекомбинантты ДНК эндонуклеаза CRISPR/Cas жүйесінің экспрессиясы және тазартылуы

Қазіргі уақытта биомедициналық және биотехнологиялық салаларда геномдық редакциялау және диагностика саласында қолдану құралдары ретінде арнайы сайтта РНК-бағыттаушы эндонуклеазаларды зерттеу және пайдалану бойынша белсенді зерттеу жұмыстары жүргізілуде. Бүгінгі таңда бұл саладағы ең тиімді әдіс CRISPR әдісі болып табылады. Бағыттаудың қарапайымдылығына байланысты бұл жүйе көптеген организмдердің геномдарын редакциялаудың таңдау әдісі ретінде тез қабылданды. Жақында бактериялық геномдарда ерекше белгілері бар тағы бір жаңа CRISPR-Cas класс 2 эндонуклеаза Cas12a табылды. Cas12a ферменті әртүрлі түрлердің түрлі жасушаларында геномды дәл өңдеу үшін, сондай-ақ диагностикалық қолданбалар үшін пайдаланылуы мүмкін арнайы сайтта РНК-ды бағыттайтын эндонуклеаза болып табылады. Жаңа зерттелмеген гомологтарды іздеу, анықтау және сипаттау ферменттерді қолдану мүмкіндіктерін кеңейтеді. Бұл жұмыста жоғары тазалықтағы Cas12a рекомбинантты ферментін экспрессиялау және екі сатылы хроматографиялық тазарту жүргізілді. *In vitro* синтезделген crRNA, рибонуклеопротеиндік кешен алынды және тиісті учаскеде бөліну үшін мақсатты реттілігі бар субстратқа қатысты ферменттің эндонуклеазалық белсенділігі мен расталды. Алынған фермент оның кинетикалық параметрлерін әрі қарай сипаттау үшін пайдаланылуы мүмкін, оны келесі ұрпақтың жаңа диагностикасын әзірлеуде қолдануға болады.

Кілт сөздер: CRISPR, рекомбинантты ақуыз, эндонуклеаза, аффиндік хроматография, crRNA, диагностика, нуклеин қышқылдары.

M.Zh. Amanzholova, A.M. Shaizadinova, S.K. Abeldenov

Expression and purification of recombinant DNA endonuclease of CRISPR/Cas system

Currently, active research work is underway to study and use site-specific RNA-guided endonucleases as tools for use in the field of genome editing and diagnostics in the biomedical and biotechnological fields. To date, the most effective method in this area is the CRISPR method. Due to its ease of targeting, this system was quickly adopted as the method of choice for editing the genomes of numerous organisms. More recently, another novel CRISPR-Cas class 2 endonuclease with characteristic features has been discovered in bacterial genomes: Cas12a. The Cas12a enzyme is a site-specific RNA-guided endonuclease that can be used for precise genome editing in various cell types of different species, as well as for diagnostic applications. The search, identification and characterization of new unexplored homologues will expand the potential of enzyme applications. In this work, the expression and two-stage chromatographic purification of the recombinant enzyme Cas12a of high purity were carried out. *In vitro* synthesized crRNA, ribonucleoprotein complex were obtained and by the endonuclease activity of the enzyme in relation to the substrate containing the target sequence for cleavage in the appropriate site was confirmed. The resulting enzyme can be used to further describe its kinetic parameters, which can be applied in the development of new next-generation diagnostics.

Keywords: CRISPR, recombinant protein, endonuclease, affinity chromatography, crRNA, diagnostics, nucleic acids.

М.Т. Баймуканов, А.А. Искаков*, Ж.А. Сыдыкова, Т.Т. Баймуканов, А.М. Баймуканова

Институт гидробиологии и экологии, Алматы, Казахстан

**Автор для корреспонденции: a_iskakov@ihe.kz*

Об определении ширины учетной полосы при судовом маршрутном учете каспийского тюленя (*Pusa caspica*) на мелководье

В статье был апробирован экспериментальный метод оценки численности каспийского тюленя в море. Были поставлены цели — определить расстояние визуального обнаружения каспийского тюленя в море с маломерного судна и совершенствовать методику судового учета тюленей в Каспийском море. Судовой учет используется для учета относительной численности, встречаемости и распределению морских млекопитающих, также полученные данные можно использовать в качестве индикатора скопления рыбных объектов, и, в целом, это может указывать на состояние окружающей среды. В период движения судна определяется протяженность (км) каждого дневного маршрута, количество встреч тюленей на данном отрезке, визуально определяется расстояние от тюленя до линии движения судна. Рассчитывается эффективная ширина учетной полосы и плотность (экз./км²) на данном участке акватории моря. Но на практике определить расстояние до наблюдаемого тюленя затруднительно при движении на маломерном судне. Рекомендуется проводить маршрутный судовый учет тюленей на мелководье на плоскодонных лодках-бударах. В результате проведения на мелководье Каспийского моря эксперимента по видимости объектов, имитирующих туловище и голову каспийского тюленя, выяснено, что оптимальным перпендикулярным расстоянием от оси учетного маршрута, или оптимальной шириной учета с одного борта, является 300 м, аналогично предельной шириной учета — 550 м. Применение понятий оптимальной и предельной учетной полосы служит методу определения расстояния при проведении учета тюленей в море и, в дальнейшем, для расчета эффективной учетной полосы.

Ключевые слова: тюлень, лодка-будара, судовый маршрутный учет, ширина учетной полосы, дистанция, мелководье, Каспийское море, эксперимент.

Введение

Наблюдения с судов широко используются для предупреждения столкновений с морскими млекопитающими, для учета их видового разнообразия, относительной численности, поведения и особенностей распределения. Можно составить достаточно большой перечень публикаций по результатам этих работ, но ограничимся ссылками только на несколько статей, которые отвечают предмету настоящего сообщения.

Одним из важных показателей, влияющих на анализ данных, несомненно, является учетная полоса. Методы расчета ее ширины различны, к примеру, определение положения животного относительно линии горизонта и угла от наблюдателя [1], определение дистанции до животного глазомерно, с использованием специального шаблона — буксируемого фала, на котором отмечены длины [2]. Исследователями предлагаются разные методы оценки эффективной ширины учетной полосы с использованием перпендикулярных расстояний до животных и различных математических моделей [3].

Судовой маршрутный учет применяется и для учета каспийского тюленя (*Pusa caspica*), при этом учет тюленей осуществляется на морских научно-исследовательских судах [4, 5]. Тюлени учитываются при движении судна штурманами из капитанской рубки, и эффективная ширина учета рассчитывается как средняя дальность обнаружения тюленей [5].

Указанные судовые маршрутные учеты организуются весной, летом и осенью, но стоит отметить, что осадка морских научно-исследовательских судов не позволяет проводить учеты на мелководье, где глубина менее 2 м. При проведении исследований, направленных на поиск и учет каспийского тюленя в периоды весеннего и осеннего залегания [6–8], применяется метод учета с помощью мультикоптеров [9]. Передвижение по акватории моря осуществляется на маломерных судах, способных передвигаться на мелководье, глубиной до 0,5 м и менее, и встречи тюленей на маршрутах необходимо также регистрировать. Несомненно, что полученные материалы в совокупности с данными судового маршрутного учета на морских судах и учета на залежках с помощью дронов, будут способствовать повышению объективности оценки распределения тюленей в Каспийском море.

И именно определение ширины учетной полосы при данном виде учета — цель настоящей работы.

Методы и материалы исследования

7 сентября 2021 г. для определения ширины учетной полосы на маломерных судах были произведены экспериментальные работы у острова Кулалы, относящегося к островам Тюленьим. В день проведения эксперимента было облачно (9 из 10 баллов), волнение 1 балл — легкий бриз.

В одну линию параллельно береговой линии через 3 м были расположены 4 объекта: 1 — человек; 2 — поплавок черного цвета размером 60x30 см; 3 — поплавок черного цвета размером 30x20 см; 4 — пластиковая бутылка объемом 1,5 л (рис. 1). Указанные объекты были подобраны для того, чтобы наблюдатели оценивали и сравнивали видимость различных объектов относительно друг друга и могли их ранжировать по балам. Объект № 2 имитировал голову и туловище всплывающего тюленя, объект № 3 — головы всплывающего тюленя.

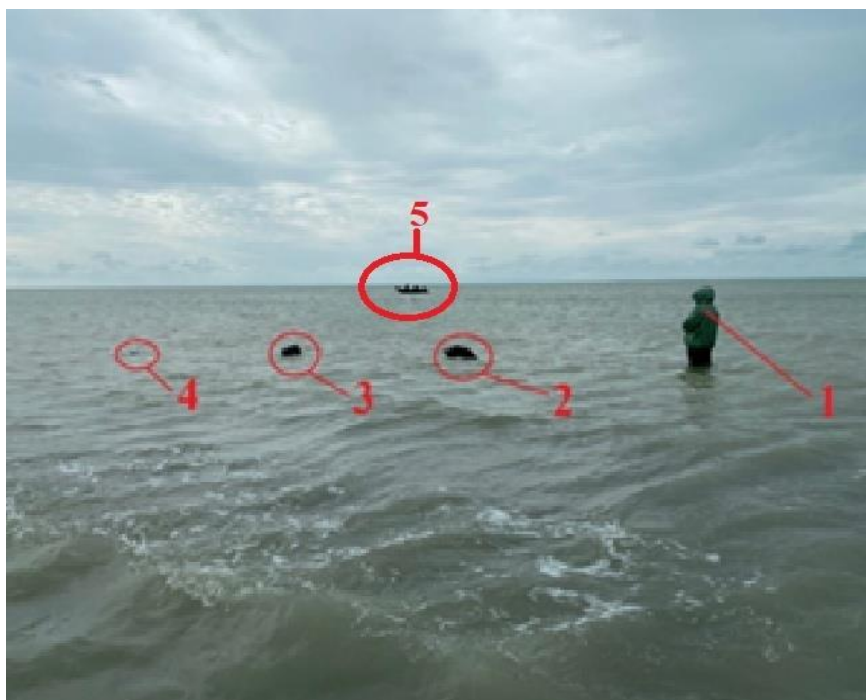


Рисунок 1. Расположение объектов (1–4) при экспериментальной оценке их видимости наблюдателями с лодки-будары (5) (фото А.А. Искакова)

Плоскодонная лодка-будара с 5 наблюдателями постепенно удалялась, периодически через 25–50 м останавливаясь, для оценки видимости указанных выше объектов со стороны одного борта, то есть для определения перпендикулярного расстояния от оси учетного маршрута. Расстояние до объектов оценивалось лазерным дальномером Bushnell и по GPS. Высота, с которой велись наблюдения, принимается примерно 100–120 см — уровень глаз сидящего взрослого человека относительно поверхности моря, в зависимости от роста человека и глубины осадки судна.

Все 5 наблюдателей визуальную оценивали видимость каждого объекта по баллам, где высшей оценкой служила единица: если объект хорошо видим, в специальную таблицу ставилась 1; если видимость объекта снижалась, и наблюдатель напрягал зрение для того, чтобы увидеть тот или иной объект — 0,5; если объект был уже невидим, то 0. Лодка удалялась от объектов до расстояния, пока все объекты, кроме № 1, переставали различаться всеми наблюдателями.

Результаты исследования

Опыт научно-исследовательских работ, проведенных в течение 2015–2021 гг. на мелководье в казахстанской части моря, показал, что при движении на море на маломерном судне невозможно воспользоваться дальномерами, в особенности, если есть волнение моря. Движение судна и движение тюленя происходит с разной скоростью, волны и качка не дают быстро навести прибор и получить

измерение дальности. Кроме того, тюлени всплывают неожиданно, периодически ныряют и не постоянно сопровождают судно, движущееся со скоростью около 7–10 узлов. Шум двигателя, приближение судна и время наблюдений, преимущественно — апрель или октябрь, позволяют с большой долей уверенности утверждать, что тюлени не пребывают в спокойствии — лежащими в воде, и будут встречаться в позиции плывущих или наблюдающих — высунувших из воды голову (рис. 2). Поэтому и размеры объектов № 2 и № 3 имитировали именно эти положения тюленей.



Рисунок 2. Характерные положения тюленя рядом с движущейся моторной лодкой (предустьевое пространство реки Урал, 18.11.2015 г., фото: Т.Т. Баймуканова)

Выбор плоскодонной лодки-будары в качестве средства передвижения на мелководье и проведения учета также не случаен, поскольку другие возможные средства передвижения на мелководье — судно на воздушной подушке (СВП) или аэроглиссер (АГ), ввиду воздушной тяги, создают больший шум, нежели подвесные двигатели на лодке-бударе. Шум от воздушной тяги увеличивает фактор беспокойства для тюленей и вносит свои коррективы в поведение тюленей. Кроме того, высота расположения глаз наблюдателя относительно плоскости воды в зависимости от модификаций СВП и АГ, может различаться. Скорость передвижения СВП и АГ также может достигать 32 узла и более, что нежелательно для проведения учета. Поэтому рекомендуется маршрутный судоводительский учет на мелководье проводить на плоскодонных лодках-бударах.

Переходя непосредственно к результатам проведенного эксперимента, отметим, что баллы видимости каждого объекта от всех наблюдателей заносились в таблицу, где и суммировались (табл. 1, 2) для оценки совокупной видимости, то есть видимости объектов всеми наблюдателями. Поскольку было вовлечено 5 наблюдателей, то максимальная сумма баллов, характеризующих совокупную видимость каждого объекта на определенном расстоянии, составляла 5.

Т а б л и ц а 1

Оценка видимости объектов при удалении 30 м

Наблюдатели	Объекты			
Р	1	1	1	1
З	1	1	1	1
Т	1	1	1	1
А	1	1	1	1
М	1	1	1	1
Сумма баллов (совокупная видимость)	5	5	5	5

Т а б л и ц а 2

Оценка видимости объектов при удалении в 500 м в баллах

Наблюдатели	Объекты			
Р	1	1	1	0
З	1	1	1	0
Т	1	1	1	0
А	1	0,5	0	0
М	1	0	0	0
Сумма баллов (совокупная видимость)	5	3,5	3	0

Свод совокупной видимости объектов в зависимости от дальности расположения наблюдателей от них (табл. 3) показывает, что все наблюдатели хорошо видели все объекты на удалении до 50 м включительно. Увеличение расстояния привело к тому, что те или иные объекты переставали хорошо различаться все большим количеством наблюдателей, что находит отражение в снижении совокупной видимости.

Т а б л и ц а 3

Сводные данные совокупной видимости объектов в баллах

Расстояние, м	Объекты				Сумма баллов (совокупная видимость)
30	5	5	5	5	20
50	5	5	5	5	20
75	5	5	5	4,5	19,5
110	5	5	5	2,5	17,5
130	5	5	5	0,5	15,5
150	5	5	5	0,5	15,5
200	5	5	5	0	15
250	5	5	5	0	15
300	5	5	5	0	15
350	5	5	4,5	0	14,5
400	5	4	4	0	13
450	5	3	3	0	11
500	5	3,5	3	0	11,5
550	5	2	1,5	0	8,5
600	4	0	0	0	4

Графики видимости объектов таблицы № 2 и № 3 показывают (рис. 3), что указанные объекты хорошо различимы всеми наблюдателями на расстоянии до 300 м. Затем у части наблюдателей видимость объектов ухудшается. Как и следовало ожидать, ухудшается, в первую очередь, совокупная видимость объекта № 3, имитирующего голову всплывающего тюленя. Трое наблюдателей при этом хорошо различали объекты № 2 и № 3 на расстоянии 500 м, тогда как двое наблюдателей объект № 2 уже и не видели, и один из них плохо различал № 3, тогда как другой его и не видел. На расстоянии 550 м трое наблюдателей, напрягая зрение, еще могли различить объекты № 2 и № 3; на расстоянии 600 м — для всех наблюдателей объекты перестали быть видимыми, кроме № 1.

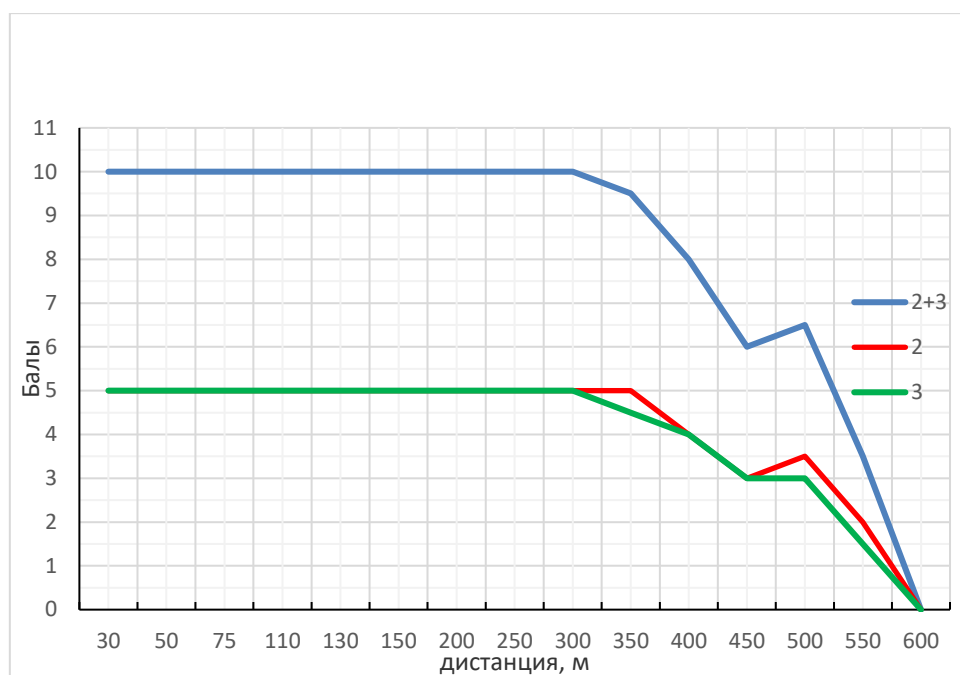


Рисунок 3. Графики видимости объектов № 2 и № 3

Наблюдатели в описанном выше эксперименте рассматривали объекты, расположенные стационарно. После чего эти же объекты были рассматриваемы на движущейся лодке по курсу параллельно линии расположения объектов — оценивалось перпендикулярное расстояние от оси учетного маршрута. Этот эксперимент показал также, что все наблюдатели хорошо различали объекты № 2 и № 3 на расстоянии до 300 м, при удалении до 550 м видимость объектов ухудшалась, и наблюдателям приходилось напрягать зрение, чтобы оценить их видимость. Следовательно, ширина учетной полосы при наблюдении с каждого борта маломерного судна может составлять до 550 м, но оптимальной, то есть безошибочной, дистанцией, когда без напряжения зрения можно различить и учесть тюленей, плывущих или наблюдающих, можно считать 300 м. Эту дистанцию предлагаем называть оптимальной шириной учетной полосы при учете каспийского тюленя на мелководье.

Б.И. Бадамшин [10] указывал, что предел видимости наблюдателя, располагающегося «над рубкой, на высоте 4 м над уровнем воды» был определен в 350 м. К сожалению, как была определена эта дистанция не описывается. Учитывая, что наблюдатель, по данным Б.И. Бадамшина, располагался значительно выше, нежели наблюдатели на лодке-бударе, можно предположить, что «предел видимости» мог быть дальше указанного в 350 м. К примеру, по данным наших экспериментальных работ, с высоты 100–120 см предел видимости может быть близок к 550 м. Дистанцию до 550 м предлагаем называть предельной шириной учетной полосы каспийского тюленя на мелководье.

Обсуждение результатов

Несомненно, что определение различий оптимальной и предельной видимости в процессе проведения учета, имеет неизбежную субъективность, зависящую от остроты зрения, погодных условий и опыта наблюдателей. Но при расчете эффективной ширины учетной полосы, имеющей зависимость от числа встреч тюленей, относимых к двум предлагаемым категориям учетных полос, возможно получить более объективные данные для дальнейшего расчета плотности распределения тюленей на маршруте. Следовательно, применение понятий оптимальной и предельной учетной полос служит методу определения расстояния до тюленей при проведении учета в море.

Заключение

Таким образом, можно резюмировать следующее:

- рекомендуется маршрутный судоводительский учет тюленей на мелководье проводить на плоскодонных лодках-бударах;
- определение точного расстояния до тюленей с движущейся моторной лодки весьма затруднительно и, зачастую, невозможно;

- оптимальным перпендикулярным расстоянием от оси учетного маршрута до тюленя или оптимальной шириной учета с одного борта является 300 м;
- предельным перпендикулярным расстоянием от оси учетного маршрута до тюленя или предельной шириной учета с одного борта является 550 м;
- применение понятий оптимальной и предельной учетной полосы служит методу определения расстояния до тюленей при проведении учета в море и в дальнейшем для расчета эффективной учетной полосы.

Работы выполнены по заказам Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (Грант BR10264205) и ТОО «Тенгизшевройл» (проект «Сохранение популяции каспийского тюленя»).

Список литературы

- 1 Flynn K.R. Lessons From Placing an Observer on Commercial Cargo Ships Off the U.S. West Coast: Utility as an Observation Platform and Insight Into Ship Strike Vulnerability / K.R. Flynn, J. Calambokidis // *Frontiers in Marine Science*. — 2019. — Vol. 6, No 501. — P. 1–6. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00501>.
- 2 Челинцев Н.Г. Опыт оценки численности тюленей методом судового трансектного учёта с применением секторной экстраполяции по результатам наблюдений в юго-западной части Карского моря в летний период 2015 г. / Н.Г. Челинцев, Ю.И. Горяев, А.В. Ежов, П.Р. Макаревич, Д.Г. Ишкулов // *Тр. ВНИРО. Водные биологические ресурсы*. — 2017. — Т. 168. — С. 117–12464
- 3 Челинцев Н.Г. Учет с судна морских млекопитающих в Чукотском море / Н.Г. Челинцев, А.И. Каика, С.В. Загребельный // *Морские млекопитающие Голарктики: сб. науч. тр. по материалам IX Междунар. конф. (Астрахань, 31 октября — 05 ноября 2016 г.)*. — М., 2018. — Т. 2. — С. 248–257.
- 4 Кузнецов В.В. Современное состояние популяции каспийского тюленя / В.В. Кузнецов // *Вестн. АГТУ. Рыбное хозяйство*. — 2017. — № 1. — С. 35–45.
- 5 Кузнецов В.В. Экологический мониторинг каспийского тюленя (*Phocacasppica*) в 2017–2018 гг. / В.В. Кузнецов, С.В. Шипулин // *Морские млекопитающие Голарктики. По материалам X Междунар. конф., посвящ. памяти А.В. Яблокова: сб. науч. тр. (Архангельск, 2018)*. — М., 2019. — Т. 1. — С. 163–171.
- 6 Баймуканов М.Т. Результаты учета численности каспийских тюленей (*Pusacaspica*) на островных лежбищах в казахстанской зоне Каспийского моря в 2015–2018 годах / М.Т. Баймуканов, Л.А. Жданко, Т.Т. Баймуканов, К.Б. Исбеков, Е.С. Дауенев, А.М. Баймуканова // *X Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики», посвящ. памяти А.В. Яблокова: сб. тез.* — Архангельск, 2018. — С. 19.
- 7 Баймуканов М.Т. О перспективах развития учета численности, мечения и сопутствующих прижизненных исследований каспийских тюленей (*Pusacaspica*) / М.Т. Баймуканов // *Сб. науч. тр. науч.-производ. центра рыбного хозяйства*. — Алматы, 2019. — С. 188–197.
- 8 Баймуканов М.Т. Природный резерват для сохранения каспийского тюленя (*Pusacaspica*) / М.Т. Баймуканов, К.Б. Исбеков, А.У. Шагилбаев, С.Е. Рыскулов, А.М. Баймуканова // *Новости науки Казахстана*. — 2021. — Т. 150, № 3. — С. 210–224.
- 9 Баймуканов М.Т. Метод учета и определения линейных размеров каспийских тюленей (*Pusacaspica*) на лежбищах с помощью мультикоптеров / М.Т. Баймуканов, Л.А. Жданко, Т.Т. Баймуканов, С.Е. Дауенев, С.Е. Рыскулов, А.М. Баймуканова // *Зоолог. журн.* — 2020. — Т. 99, № 2. — С. 215–222.
- 10 Бадамшин Б.И. О прямом учете численности стада каспийского тюленя / Б.И. Бадамшин // *Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование*. — 1966. — Вып. 5. — С. 335–338.

М.Т. Баймуканов, А.А. Искаков, Ж.А. Сыдықова, Т.Т. Баймуканов, А.М. Баймуканова

Таяз суда каспий итбалығын (*Pusa caspica*) кеме маршрутында санау үшін есеп жолағының енін анықтау туралы

Мақалада теңіздегі каспий итбалығының санын бағалаудың эксперименттік әдісі берілген. Мақсаты — шағын көлемді кемемен теңізден табылған каспий итбалықтарын көзбен шолудың қашықтығын анықтау және Каспий теңізіндегі итбалықтарды кемемен есепке алу әдістемесін жетілдіру. Кеме есебі теңіз сүтқоректілерінің салыстырмалы санын, кездесуін және таралуын есепке алу үшін пайдаланылады, сондай-ақ алынған деректерді балық объектілерінің жиналу индикаторы ретінде қолдануға болады және тұтастай алғанда бұл қоршаған ортаның жай-күйін көрсетуі мүмкін. Кеме қозғалысы кезеңінде әрбір күндізгі маршруттың ұзындығы (км), осы бір бөліктегі итбалықтардың кездесу саны және итбалықтан кемемен қозғалыс сызығына дейінгі қашықтық көзбен шолып анықталады. Есепке алу жолағының тиімді ені және теңіз акваториясының осы учаскесіндегі тығыздығы (дана/км²) есептеледі. Бі-

рақ іс жүзінде шағын кемеді қозғалу кезінде байқалатын итбалыққа дейінгі қашықтықты анықтау қиын. Таяз судағы итбалықтардың маршруттық кеме есебін будара қайығында жүргізу ұсынылған. Каспий теңізінің таяз суларында каспий итбалығының денесі мен басын имитациялайтын объектілердің көрінуі бойынша эксперимент жүргізу нәтижесінде есептік бағыттың осінен оңтайлы перпендикуляр қашықтық немесе бір борттан оңтайлы есепке алу ені 300 м, есепке алудың шекті еніне ұқсас — 500 м болып табылатыны анықталды. Оңтайлы және шекті есептік жолақ ұғымдарын қолдану теңізде есепке алуды жүргізу кезінде және одан әрі есепке алудың тиімді есептік жолағын есептеу үшін қашықтықты айқындау әдісі ретінде қабылдануға тиіс.

Кілт сөздер: итбалық, будара қайығы, кемелінің маршруттық есебі, есептік жолақтың ені, қашықтық, таяз су, Каспий теңізі, эксперимент.

M.T. Baymukanov, A.A. Isakov, Zh.A. Sydykova, T.T. Baymukanov, A.M. Baymukanova

On determining the width of the accounting strip during ship route accounting of the Caspian seal (*Pusa caspica*) in shallow water

In this work, an experimental method for estimating the number of Caspian seals in the sea was tested. The goals were set to determine the distance of visual detection of the Caspian seal in the sea from a small vessel, and to improve the methodology of ship accounting of seals in the Caspian Sea. Ship accounting is used to account for the relative abundance, occurrence and distribution of marine mammals, and the data obtained can also be used as an indicator of accumulations of fish objects, and in general it can indicate the state of the environment. During the period of the vessel's movement, the length (km) of each daily route is determined, the number of seal encounters on this segment, the distance from the seal to the ship's line of movement is visually determined. The effective width of the accounting strip and the density (individuals/km²) in this section of the sea area are calculated. However, in practice, it is difficult to determine the distance to the observed seal when traveling on a small vessel. It is recommended to conduct a route ship registration of seals in shallow water on flat-bottomed boats-budaras. As a result of conducting an experiment in the shallow waters of the Caspian Sea on the visibility of objects imitating the trunk and head of a Caspian seal, it was found that the optimal perpendicular distance from the axis of the accounting route or the optimal width of accounting from one side is 300 m, similarly, the maximum width of accounting is 550 m. The use of the concepts of optimal and marginal accounting band serves as a method for determining the distance when accounting for seals in the sea and, in the future, for calculating the effective accounting band.

Keywords: seal, boat-budara, ship route accounting, width of the accounting lane, distance, shallow water, Caspian Sea, experiment.

References

- 1 Flynn, K.R., & Calambokidis, J. (2019). Lessons From Placing an Observer on Commercial Cargo Ships Off the U.S. West Coast: Utility as an Observation Platform and Insight Into Ship Strike Vulnerability. *Frontiers in Marine Science*, 6 (501); 1–6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00501>
- 2 Chelincev, N.G., Goriaev, Yu.I., Ezhov, A.V., Makarevich, P.R., & Ishkulov, D.G. (2017). Opyt otsenki chislennosti tiulenei metodom sudovogo transektного ucheta s primeneniem sektornoй ekstrapoliatsii po rezul'tatam nabliudenii v yugo-zapadnoi chasti Karskogo moria v letniy period 2015 g. [The experience of estimating the number of seals by the method of ship transect accounting using sector extrapolation based on the results of observations in the southwestern part of the Kara Sea in the summer of 2015]. *Trudy Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta morskogo rybnogo khoziaistva i okenografii. Vodnye biologicheskie resursy — Proceeding of All-Russian Research Institute of Fishery and Oceanography. Water biological resources*, 168, 117–124 [in Russian].
- 3 Chelincev, N.G., Kaika, A.I. & Zagrebelnyi, S.V. (2018). Uchet s sudna morskikh mlekopitaiushchikh v Chukotskom more [Accounting of marine mammals from a ship in the Chukchi Sea]. Proceedings from Ocean Mammals of Holarctic: IX Mezhdunarodnaia konferentsiia (Astrkhan, 31 oktiabria — 05 noiabria 2016 goda) — 9th International Conference. Moscow, 248–257 [in Russian].
- 4 Kuznetsov, V.V. (2017). Sovremennoe sostoianie populiatsii kaspiiskogo tiulenia [The current state of the Caspian seal population]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universieta. Serii Rybnoe khoziaistvo — Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Fisheries Series*, 1, 35–45 [in Russian].
- 5 Kuznetsov, V.V., & Shipulin, S.V. (2019). Ekologicheskii monitoring kaspiiskogo tiulenia (*Phocacaspica*) v 2017–2018 godakh [Ecological monitoring of Caspian seal (*Phocacaspica*) in 2017–2018]. Proceedings from Marine Mammals of Holarctic: X Mezhdunarodnaia konferentsiia, posviashchennaia pamiati A.B. Yablokova (Arkhangelsk, 2018) — 10th International Conference dedicated to the memory of A.V. Yablokov. (Vol. 1). Moscow, 163–171 [in Russian].
- 6 Baimukanov, M.T., Zhdanko, L.A., Baimukanov, T.T., Isbekov, K.B., Dauenev, E.S., & Baimukanova, A.M. (2018). Rezultaty ucheta chislennosti kaspiiskikh tiulenei (*Pusacaspica*) na ostrovnykh lezhbishchakh v kazakhstanskoi zone Kaspiiskogo mo-

ria v 2015–2018 godakh [Results of accounting for the number of Caspian seals (*Pusacaspica*) on island rookeries in the Kazakhstan zone of the Caspian Sea in 2015–2018]. A collection of abstracts from Marine Mammals of the Holarctic: *X Mezhdunarodnaia konferentsiia, posviashchennaia pamiati A.V. Yablokova (2018 g.) — 10th International Conference dedicated to the memory of A.V. Yablokov*. Arkhangelsk, 19[in Russian].

7 Baimukanov, M.T. (2019). O perspektivakh razvitiia ucheta chislennosti, mecheniiai sopushtvuiushchikh prizhiznennykh issledovaniy kaspiiskikh tiulenei (*Pusacaspica*) [On the prospects for the development of population accounting, tagging and related lifetime studies of Caspian seals (*Pusacaspica*): *Sbornik nauchnykh trudov nauchno-proizvodstvennogo tsentra rybnogo khoziaistva — Book of article of research-productive center of fishery*. Almaty, 188–197 [in Russian].

8 Baimukanov, M.T., Isbekov, K.B., Shagilbaev, A.U., Ryskulov, S.E., & Baimukanova, A.M. (2021). Prirodnyi rezervat dlia sokhraneniia kaspiiskogo tiulenia (*Pusacaspica*) [Natural reserve for storage of Caspian seals (*Pusacaspica*)]. *Novosti nauki Kazakhstana — News of science of Kazakhstan*, 150 (3); 210–224 [in Russian].

9 Baimukanov, M.T., Zhdanko, L.A., Baimukanov, T.T., Dauenev, S.E., Ryskulov, S.E., & Baimukanova, A.M. (2020). Metod ucheta i opredeleniia lineinykh razmerov kaspiiskikh tiulenei (*Pusacaspica*) na lezhbishchakh s pomoshchiu multikopterov [Method of accounting and determination of linear sizes of Caspian seals (*Pusacaspica*) in rookeries using multicopters]. *Zoologicheskii zhurnal — Zoological Journal*, 99 (2), 215–222 [in Russian].

10 Badamshin, B.I. (1966). O priamom uchete chislennosti stada kaspiiskogo tiulenia [About direct accounting of the number of the Caspian seal herd]. *Rybnye resursy vodoemov Kazakhstana i ikh ispolzovanie — Fish resources of reservoirs of Kazakhstan and their use*, 5, 335–338 [in Russian].

A.S. Yerubay^{1*}, A.E. Konkabayeva¹, G. Prevost², I.S. Kalymanov³, D.B. Okassov³

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

²Life Sciences Leadership School, Antony, France

³Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan

*Corresponding author: danayerubai@gmail.com

Study of parameters of lipid peroxidation and antioxidant protection in rats treated with cadmium nitrate with biocorrection by infusion of *Beta vulgaris* seeds

Recently, interest in natural antioxidants and their use in the food industry has increased. In addition to ensuring maximum safety of the produced product, they also serve as an antioxidant shield for the entire living organism. Plant extracts contain flavonoid compounds that have an antioxidant effect. In this regard, the purpose of the article is to study the antioxidant properties of infusion of *Beta vulgaris*'s seeds, to establish the relationship between acute and subacute inoculation of rats with cadmium nitrate and oxidative stress. For this experimental study, we used 50 male rats. The animals were exposed to Cd nitrate, with an initial weight of 180 ± 30 g. The first groups of rats were injected with cadmium nitrate at a dose of 0.1 g/L inter peritoneal, the second groups received a 0.01% solution of cadmium nitrate 1 ml 5 days a week, orally for 10 and 24 days. The state of oxidative metabolism in the blood was investigated. To assess the state of oxidative metabolism in the blood, the primary, secondary and end products of lipid peroxidation were determined, such as diene conjugates (DC), cetodiene (CD), malondialdehyde (MDA), Schiff bases (SHB), and the activity of glutathione peroxidase (GP), catalase (CAT), and adenosine deaminase (ADA) enzymes were evaluated by the parameters of antioxidant protection. The mean \pm SEM values were calculated for each group to determine the significance of the intergroup difference. Each parameter was analyzed separately using the one-way analysis of variance (ANOVA) test. To determine the difference between groups, Student's "t"-test was used. Studies have shown that with the use of cadmium in the blood of experimental animals, there is a violation of catabolites of lipoperoxidation, depending on the length of the days of poisoning, but a significant decrease in the biocorrection of *Beta vulgaris*'s seeds. Because of in this study, we found that the activity levels of antioxidant defense enzymes were significantly increased in the blood of experimental animals, which biocorrected with beetroot seed infusion. In conclusion, our study allows us to state that the use infusion of *Beta vulgaris*'s seeds in subacute and acute experiments with poisoning of experimental rats with cadmium nitrate has an antioxidant protective effect.

Keywords: cadmium nitrate, infusion of *Beta vulgaris*'s seeds, lipid peroxidation, antioxidant protection, biocorrection.

Introduction

Cadmium (Cd), like other heavy metals such as arsenic, lead, and chromium, is a persistent inorganic toxic pollutant that comes mainly from various anthropogenic influences such as industrialization and mining [1]. It is easily absorbed by plant roots due to its relatively high mobility in the soil-plant system and can pose a serious threat to animal and human health when entering the food chain [2]. Its presence in the environment creates a number of problems both for animals at various functional levels and for humans.

Cadmium can cause oxidative damage in various tissues by enhancing membrane lipid peroxidation and altering the antioxidant system of cells. Peroxidative damage to the cell membrane can lead to damage to cellular components due to the interaction of metal ions with cell organelles. Cd increases the production of reactive oxygen species (ROS) and causes oxidative stress. Excessive cellular levels of ROS cause damage to proteins, nucleic acids, lipids, membranes, and organelles.

Oxidative stress is the cause of lipid peroxidation (LPO), in which a whole cascade of sequential free radical reactions occurs with the formation of various chemical compounds (alcohols, aldehydes, ketones) with high biological activity and toxicity [3]. As a result of lipid peroxidation, the structure of cell membranes is disrupted, their plasticity decreases, and their permeability changes [4].

It has been suggested that LPO is involved in most of the toxicity of heavy metal ions, and oxidative damage may be responsible for their toxic effects [5, 6]. Cd induces oxidative damage in various tissues by increasing membrane lipid peroxidation and altering antioxidant enzymes involved in the removal of activated oxygen species [7, 8].

Natural antioxidants are popular drugs that are used by most people and have few side effects. Natural antioxidants play an important role in reducing free radical damage caused by Cd toxicity.

Bioactive compounds commonly observable in fruits, vegetables, herbs, and other plants have possible health benefits such as antioxidant, anti-carcinogenic, atherosclerotic, anti-mutagenic, and angiogenesis inhibitor activities [9, 10].

Beta vulgaris L. is one of the most commonly produced vegetables worldwide, plant extracts containing phenolic compounds have recently been researched to find new natural food ingredients. The antioxidant activity of phenolic compounds is mainly due to their redox properties, which may play an important role in their ability to chelate and neutralize free radicals, quenching singlet and triplet oxygen, and degrade peroxides [11]. In view of the above, we have studied the antioxidant properties of *B. vulgaris*'s seeds infusion during acute and sub-acute inoculation of rats with cadmium nitrate.

Experimental

Preparation of infusion of Beta vulgaris L. seeds

Seeds for research were obtained from the collection of the Michurin agricultural settlement and were identified by the experts of the Department of Botany of the Faculty of Biology and Geography of Karaganda University of the name of academician E.A. Buketov. 3.5 g of dried seeds were taken; they were infused in 200 mL of water at a temperature of 80–90 °C for 1 hour and filtered. Then the freshly prepared filtrate was used in the study for five hours.

Animals and hemolysate preparation

This research complied with the ethical principles outlined in the European Community Directive (86/609EC) and the requirements of the World Animal Protection (WSPA). In the experiment, a total of 50 male non-linear rats were used. The rats were housed in five per cage and had free access to food and water. They were exposed to a 14–10-h light-dark cycle; the room temperature was controlled at 22±3 °C. Rats were poisoned with Cd nitrate, which was administered in some animals at a dose of 0.1 g/L single intraperitoneally, other animals obtained 0.01 % 1 mL cadmium nitrate solution 5 days a week orally for 24 days — daily to each animal per orally. Animals were exposed to Cd nitrate when they weighed 180 ± 30 g. Experiments were performed for 10 and 24 days. The 50 non-linear rats were divided into five groups according to:

G1: Rats exposed to Cd (in the form of Cd nitrate), 1 mL per rat single intraperitoneal dose of 0.1 g/L.

G2: This group received Cd nitrate 1 mL per rat single intraperitoneal dose of 0.1 g/L + seeds infusion (3.6 mL per rat during the first 5 hours of the light part of the day) for 10 days.

G3: Rats exposed to Cd (in the form of Cd nitrate), 1 mL per rat for 24 days.

G4: This group received Cd nitrate (1 mL per rat) + seeds infusion (3.6 mL per rat during the first 5 hours of the light part of the day) for 24 days.

G5: Rats (n = 10) received water for 24 days.

Animals were sacrificed by decapitation under ether anesthesia.

Assessment of the state of oxidative stress processes in the blood of laboratory animals is carried out by determining the amount of primary, secondary and end products of lipid peroxidation and antioxidant defenses enzymes.

Diene conjugates (DC) and cetodiene (CD) in erythrocytes were determined according to the unified method of V.N. Ushkalova and G.D. Kadochnikova [12]. Optical radiation of diene conjugates and cetodienes were carried out on a spectrophotometer relative to hexane at wavelengths of 232 and 268 nm.

Malondialdehyde (MDA) in blood plasma was carried out according to the modified method of Y.N. Korobeynikova [13]. The determination of Malondialdehyde was carried out on a spectrophotometer against distilled water at wavelengths of 535 nm and 580 nm.

Determination of the activity of adenosine deaminase (ADA) in the erythrocyte was carried out according to the method of Nemeček I.B. et al. [14]. Activity of ADA was assessed by the rate of decrease of sodium adenosine monophosphate in phosphate buffer. Determination of adenosine deaminase was carried out on a spectrophotometer relative to potassium phosphate buffer at a wavelength of 265 nm.

Determination of the activity of glutathione peroxidase (GPO) in the erythrocyte was carried out according to the method of S.N. Vlasov et al. in the reaction with reduced glutathione [15]. Determination of glutathione peroxidase was carried out on a spectrophotometer at a wavelength of 260 nm relative to water.

Activity catalase (CAT) was carried out according to the method of Korolyuk M.A. et al. [16]. The method is based on the ability of hydrogen peroxide to form a stable colored complex with molybdenum salts. The intensity of the developed color was measured on a spectrophotometer at a wavelength of 410 nm. Optical density is measured at λ 410 nm against control. CAT activity in erythrocytes was expressed in nmol H₂O₂/mL/min.

Statistics processing

Means \pm SEM were calculated for each group to determine the significance of between-group differences. Each parameter was analyzed separately using the one-way analysis of variance (ANOVA) test. Student's "t"-test was used to determine the difference between groups. $P < 0.05$ were considered to be significant.

Results and Discussion

The parameters of lipid peroxidation in the blood of rats poisoned with cadmium nitrate and biocorrection of *B.vulgaris*'s seeds are presented in Table 1.

Table 1

The content of lipid peroxidation products in the blood of rats poisoned with cadmium nitrate and biocorrection of *Beta vulgaris*'s seeds

Parameters	Acute poisoning 1 day, autopsy by day 10 (group 1)	Acute poisoning followed by 10 days of bio correction with infusion of <i>Beta vulgaris</i> seeds (group 2)	24 days of poisoning (group 3)	24 days of poisoning with bio correction with infusion of <i>Beta vulgaris</i> seeds (group 4)	The control (group 5)
DC	0.022 \pm 0.006	0.018 \pm 0.005*	0.016 \pm 0.009*	0.011 \pm 0.007	0.014 \pm 0.001
CD	0.023 \pm 0.005	0.021 \pm 0.003	0.022 \pm 0.001*	0.019 \pm 0.001 *	0.021 \pm 0.001
MDA	0.268 \pm 0.02	0.205 \pm 0.16	0.262 \pm 0.02 0	0.254 \pm 0.007 *	0.265 \pm 0.002 *
SHB	0.077 \pm 0.017	0.070 \pm 0.0 04*	0.044 \pm 0.001*	0.029 \pm 0.007 *	0.061 \pm 0.02

* — significance compared to control $P < 0.05$

It is seen from Table 1 that in the first group, the content of lipid peroxidation products increases in the blood plasma of rats in 24 days of cadmium priming compared with the control group. It is worth noting that in group 2, with subsequent refueling with biocorrection of *B.vulgaris*'s seed infusion, the content of lipid peroxidation products decreased compared to the first group. The indicator of diene conjugates and Schiff bases in the second group showed a significantly reduced result compared to the first group by 1.2 and 1.1 times, respectively.

In groups of animals with acute seeding with cadmium nitrate (group 3) and seeding with sub-acute biocorrection (group 4), it was found that the content of cetodienes after biocorrection with infusion of common beet seeds significantly decreased compared with the results of the control and experimental groups.

In the analysis of the secondary LPO products MDA, significant differences in the second group from the values of the first, second and third groups were identified. However, the indicators of the second group by 1.3 times and the fourth group by 1.04 times were lower than the values in comparison with the control group.

In our opinion, changes in the values of the MDA index can be explained by their ability to form intermolecular crosslinks with proteins, turning into a bound shape. As well as changes in MDA during activation of LPO can be explained by the redistribution of secondary metabolites towards other aldehydes.

The above assumption is supported by the increases in the Schiff base indices detected by us when exposed to cadmium nitrate in the blood of rats within 24 days of poisoning cadmium nitrate. At the same time, a significant decrease in the content of Schiff bases in the blood of rats in groups with biocorrection with an infusion of *Beta vulgaris* L. seeds was established.

Adenosine deaminase is not an AOD enzyme; however, metabolic disorders of adeny nucleotides are accompanied by increased generation of superoxide anions. In our study, the dynamics of changes in the enzyme of adenosine deaminase (ADA) in the blood of rats is presented in Figure 1. The decreases in ADA compared to the control group are shown in the first group. The maximum increase in ADA values was recorded already on the 10th day of the experiment with biocorrection with an infusion of *Beta vulgaris*'s seeds.

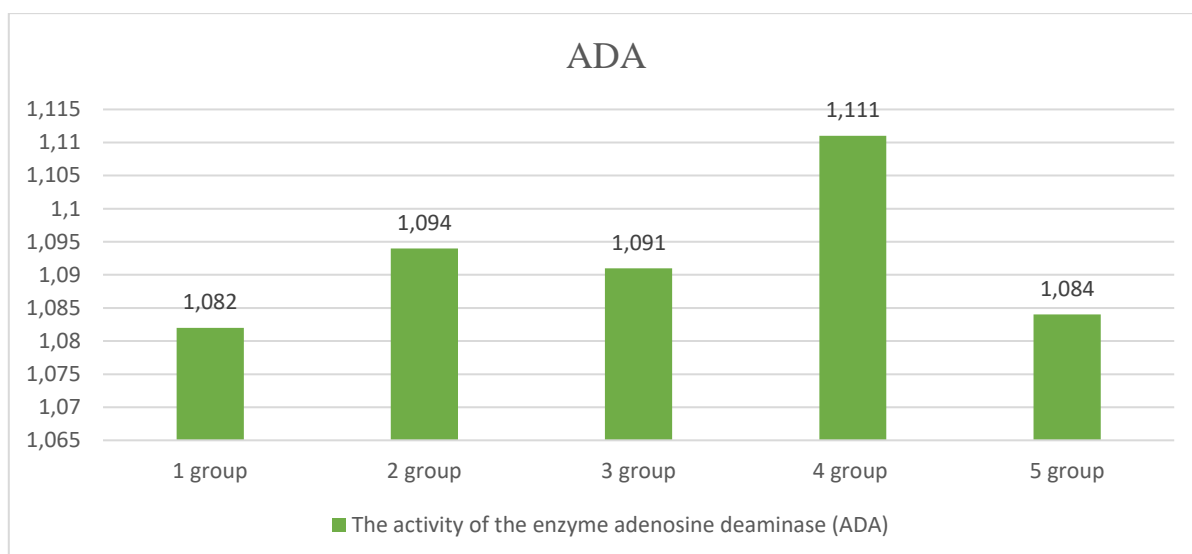


Figure 1. The activity of the enzyme adenosine deaminase (ADA) in the blood of rats poisoned with cadmium nitrate and biocorrection of *Beta vulgaris*'s seeds

A comparison of the parameters of changes in the activity of antioxidant defense enzymes in rat erythrocytes during subacute and acute poisoning with cadmium nitrate compared with the control group showed a unidirectional tendency to decrease the activity of glutathione peroxidase and catalase. However, a more pronounced increase was observed in the group of acute poisoning with cadmium nitrate, with biocorrection of infusion of *B. vulgaris*'s seeds (group 4), compared with the control group (Tab. 2).

Table 2

The activity of antioxidant defenses enzymes in the blood of rats poisoned with cadmium nitrate and biocorrection of *Beta vulgaris*'s seeds

Parameters	Acute poisoning 1 day, autopsy by day 10 (group 1)	Acute poisoning followed by 10 days of bio correction with infusion of <i>Beta vulgaris</i> seeds (group 2)	24 days of poisoning (group 3)	24 days of poisoning with bio correction with infusion of <i>Beta vulgaris</i> seeds (group 4)	The control (group 5)
GPO	1.198 ± 0.14	1.246 ± 0.29	1.388 ± 0.01*	1.405 ± 0.005 *	1.353 ± 0.09 *
CAT	0.708 ± 0.20	0.826 ± 0.14	0.880 ± 0.45	1.014 ± 0.19	0.982 ± 0.31
* — significance compared to control P < 0.05					

From the data presented in Table 2, it follows that the activity of GPO in rat blood erythrocytes showed a tendency to increase, with biocorrection of infusion of *B. vulgaris*'s seeds with reliable results in group 4. Similar reliable results were shown in group 3 and in the control group.

The results of the experimental study showed that when poisoning cadmium in the blood of experimental animals, a violation of lipoperoxidation catabolites is observed. This observation is consistent with the findings of our study, in which cadmium nitrate increased the products of lipid peroxidation (LPO) in the blood of experimental animals, compared with the control group, but a significant decrease in the biocorrection with infusion of *Beta vulgaris* L. seeds. We assume that when using *Beta vulgaris* L. seeds infusion, the antioxidant molecules interact with active radicals to form low-active radicals. Oxidation slows down, the rate of formation of free radicals decreases, which leads to the obstruction of the chain reactions that are dangerous for the body, which are triggered by free radicals. Since, in this study, we found that the activity levels of antioxidant enzymes such as catalase, glutathione peroxidase, and adenosine deaminase were significantly increased in the blood of experimental animals with biocorrection of the infusion of *Beta vulgaris*'s seeds.

Conclusions

In conclusion, our research allowed asserting that the use of infusion of *Beta vulgaris* L. seeds in sub-acute and acute experiments with the poisoning of experimental rats with cadmium nitrate has an antioxidant protective effect.

References

- 1 Daud M.K. Differential physiological, ultramorphological and metabolic responses of cotton cultivars under cadmium stress / M.K. Daud, S. Ali, M.T. Variath, S.J. Zhu // *Chemosphere*. — 2013. — Vol. 93, No. 10. — P. 2593–2602. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.082>.
- 2 Groppa M.D. Cadmium modulates NADPH oxidase activity and expression in sunflower leaves / M.D. Groppa, M.P. Ianuzo, E.P. Rosales, S.C. Vázquez, M.P. Benavides // *Biology Plantarum*. — 2012. — Vol. 56, No. 1. — P. 167–171.
- 3 Halliwell B. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life / B. Halliwell // *Plant Physiol*. — 2006. — Vol. 143. — P. 312–322.
- 4 Barconi D. Linking protein oxidation to environmental pollutants: redox proteome approaches / D. Barconi, G. Bernardini, A. Santucci // *J. Proteomics*. — 2011. — Vol. 74, No 11. — P. 2324–2337. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2011.06.029>.
- 5 Stacey N.H. Cd toxicity and lipid peroxidation in isolated rat hepatocytes / N.M. Stacey, L.R. Catilena, E.D. Klassen // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* — 1980. — Vol. 53 (3). — P. 470–480. [https://doi.org/10.1016/0041-008x\(80\)90359-2](https://doi.org/10.1016/0041-008x(80)90359-2).
- 6 Bansal A.K. Lipid peroxidation and activities of anti oxygenic enzymes in vitro in mercuric chloride treated human erythrocytes / A.K. Bansal, D. Bhatnagar, R. Bhardwaj // *Bull. Environ. Contam Toxicol.* — 1992. — Vol. 48 (1). — P. 89–94. <https://doi.org/10.1007/BF00197488>.
- 7 Husain T. Effects of cadmium on the superoxide dismutase and lipid peroxidation in liver and kidney on growing rats in vivo and in vitro / T. Husain, G.S. Shukla, S.Y. Chandra // *Pharmacol. Toxicol.* — 1987. — Vol. 60 (5). — P. 355–359. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0773.1987.tb01526.x>.
- 8 Khan S. Zinc protection against lipid peroxidation from cadmium / S. Khan, M.A. Khan, D. Bhatnagar, P. Yadav, S. Sarkar // *Ind. J. Expt. Biol.* — 1991. — Vol. 29 (9). — P. 823–825.
- 9 Cao Y. Angiogenesis inhibited by drinking tea / Y. Cao, R. Cao // *Nature*. — 1999. — Vol. 398 (6726). — P. 381. <https://doi.org/10.1038/18793>.
- 10 Yen G.-C. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid / G.-C. Yen, P.-D. Duh, H.-L. Tsai // *Food Chem.* — 2002. — Vol. 79 (3). — P. 307–313. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00145-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00145-0)
- 11 Ninfali P. Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* cycle and rubra / P. Ninfali, D. Angelino // *Fitoterapia*. — 2013. — Vol. 89. — P.188–199. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2013.06.004>.
- 12 Ushkalova V.N. Investigation of the parameters characterizing the activity of lipid peroxidation in the study of human adaptation to new climatic and geographical conditions / V.N. Ushkalova, G.D. Kadochnikova // *Bul. Exp Biol Med.* — 1987. — Vol. 103 (5). — P. 571–573.
- 13 Коробейникова Э.Н. Методы определения малонового диальдегида в плазме крови / Э.Н. Коробейникова // *Лабораторное дело*. — 1989. — № 7. — С. 8–10.
- 14 Немечек И.Б. Аденозиндезаминаза форменных элементов крови: распространение, свойства в норме и при различных гематологических заболеваниях / И.Б. Немечек, Т.И. Пестина, Я.М. Соковкина // *Вопросы медицинской химии*. — 1993. — № 4. — С. 16–22.
- 15 Власова С.Н. Активность глутатионзависимых ферментов эритроцитов при хронических заболеваниях печени у детей / С.Н. Власова, Е.И. Шабунина, Я. Переслегина // *Лабораторное дело*. — 1990. — № 8. — С. 19–22.
- 16 Королюк М.А. Метод определения активности каталазы / М.А. Королюк, Л.И. Иванова, И.Г. Майорова, В.Е. Токарев // *Лабораторное дело*. — 1988. — № 1. — С. 16–19.

А.С. Ерубай, А.Е. Конкабаева, Г. Превост, И.С. Калыманов, Д.Б. Окасов

Кадмий нитраты мен уландырылған егеуқұйрықтардың *Beta vulgaris* тұқымының тұнбасымен биокоррекциялаудағы липидтердің асқыноттығы және антиоксиданттық қорғаныс параметрлерін зерттеу

Соңғы уақытта табиғи антиоксиданттарға және оларды тамақ өнеркәсібінде қолдануға деген қызығушылық артып келеді. Өндірілген өнімнің қауіпсіздігін қамтамасыз етумен қатар, олар бүкіл тірі ағзаның антиоксиданты қалқаны ретінде қызмет етеді. Өсімдік сығындыларының құрамында антиоксиданттық әсері бар флавоноидты қосылыстар бар. Мақаланың мақсаты *Beta vulgaris* тұқымы тұнбасының антиоксиданттық қасиеттерін зерттеу, егеуқұйрықтарды өткір және жедел субстрат кад-

мий нитратымен егу және тотығу стресі арасындағы байланысты анықтау. Эксперименттік зерттеуге 50 ақ егеуқұйрық (аталығы) алынды. Cd нитратына ұшыраған егеуқұйрықтардың бастапқы салмағы 180 ± 30 г болды. Егеуқұйрықтардың бір тобына кадмий нитраты 0,1 г/л дозада іш астар ішіне енгізілді, екінші тобына 0,01 % кадмий нитратының ерітіндісін 1 мл-ден аптаның 5 күнінде ауыз арқылы 10 және 24 күннің аралығында ішті. Қандағы тотығу метаболизмінің күйін бағалау үшін диен конъюгаты, кетодиен, малон диальдегид, Шифф негіздері сияқты липидтердің асқын тотығуының бастапқы, қайталама және соңғы өнімдерін анықтау жүргізілді және антиоксиданттық қорғаныс параметрлері бойынша глутатион пероксидаза (ГПО), каталаза (КАТ), аденозиндеаминаза (АДА) ферменттерінің белсенділігі бағаланды. Топтар арасындағы айырмашылықтардың маңыздылығын анықтау да әр топ үшін \pm SEM орташа мәні есептелді. Әр параметр біржақты дисперсиялық талдау (ANOVA) тестін қолдана отырып бөлек талданды. Топтар арасындағы айырмашылықты анықтау үшін t-критерий Стьюденті қолданылды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, тәжірибелік жануарлардың қанында кадмий нитратымен уландырылған күндерінің ұзақтығына байланысты липидтердің асқын тотығу катабалитінің бұзылуы байқалды, бірақ *Beta vulgaris* тұқымы тұнбасымен биокоррекциялауда айтарлықтай төмендеді. Осы зерттеуде тәжірибелік жануарлардың қанында *Beta vulgaris* тұқымы тұнбасымен биокоррекциялағанда антиоксиданттық қорғаныс ферменттерінің белсенділік деңгейі едәуір жоғарылағаны анықталған. Қорытындылай келе, жүргізілген зерттеулер кадмий нитратымен тәжірибелік егеуқұйрықтарды өткір және жедел уландырып, *Beta vulgaris* тұқымының тұнбасын қолданғанда антиоксиданттық қорғаныс әсері бар екенін айтуға болады.

Кілт сөздер: кадмий нитраты, *Beta vulgaris* тұқымының тұнбасы, липидтердің асқын тотығуы, антиоксиданттық қорғаныс, биокоррекция.

А.С. Ерубай, А.Е. Конкабаева, Г. Превост, И.С. Калыманов, Д.Б. Окасов

Изучение параметров перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у крыс при затравке нитратом кадмия с биокоррекцией настоем семян *Beta vulgaris*

В последнее время возрос интерес к природным антиоксидантам и их применению в пищевой промышленности. Помимо обеспечения максимальной сохранности производимого продукта они также служат антиоксидантным щитом всего живого организма. В растительных экстрактах содержатся флавоноидные соединения, обладающие антиоксидантным эффектом. В связи с этим целью статьи явилось изучение антиоксидантных свойств настоя семян *Beta vulgaris*, установление взаимосвязь между острой и подострой затравке крыс нитритом кадмия и окислительным стрессом. Для экспериментального исследования были использованы 50 беспородных белых крыс (самцы). Животные подвергались воздействию нитрата Cd, когда они весили 180 ± 30 г. Одним группам крыс вводили нитрат кадмия в дозе 0,1 г/л внутрибрюшинно, вторые группы получали 0,01 % раствор нитрата кадмия по 1 мл 5 дней в неделю через рот в течение 10 и 24 дней. Было исследовано состояние окислительного метаболизма в крови. Для оценки состояния окислительного метаболизма в крови проводились определение первичных, вторичных и конечных продуктов перекисного окисления липидов, таких как дьеновый конъюгат, кетодиен, малоновый диальдегид, основы Шиффа, и по параметрам антиоксидантной защиты оценивали активность ферментов глутатионпероксидазы (ГПО), каталазы (КАТ), аденозиндеаминазы (АДА). Для каждой группы рассчитывались средние значения \pm SEM, чтобы определить значимость межгрупповых различий. Каждый параметр анализировали отдельно с использованием теста одностороннего дисперсионного анализа (ANOVA). Для определения разницы между группами использовался t-критерий Стьюдента. Исследования показали, что при употреблении кадмия в крови у экспериментальных животных наблюдается нарушение катабалитов липоперекисного окисления в зависимости от продолжительности дней затравки, но значительное снижение при биокоррекции настоем семян *Beta vulgaris*. Так как в этом исследовании мы обнаружили, что уровни активности ферментов антиоксидантной защиты были значительно увеличены в крови у экспериментальных животных, с биокоррекцией настоем семян *Beta vulgaris*. Результаты проведенного нами исследования позволяют утверждать, что применение настоя семян *Beta vulgaris* в подострых и острых экспериментах с затравкой экспериментальных крыс нитритом кадмия имеет антиоксидантное защитное действие.

Ключевые слова: нитрат кадмия, настоем семян *Beta vulgaris*, перекисное окисление липидов, антиоксидантная защита, биокоррекция.

References

- 1 Daud, M.K., Ali, S., Variath, M.T., & Zhu, S.J. (2013). Differential physiological, ultramorphological and metabolic responses of cotton cultivars under cadmium stress, *Chemosphere*, 93 (10); 2593–2602. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.082>
- 2 Groppa, M.D., Ianuzzo, M.P., Rosales, E.P., Vázquez, S.C., & Benavides, M.P. (2012). Cadmium modulates NADPH oxidase activity and expression in sunflower leaves. *Biology Plantarum*, 56 (1), 167–171.
- 3 Halliwell, B. (2006). Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. *Plant Physiol*, 143, 312–322.
- 4 Barconi, D., Bernardini, G., & Santucci, A. (2011). Linking protein oxidation to environmental pollutants: redox proteome approaches. *J. Proteomics*, 74 (11), 2324–2337. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2011.06.029>
- 5 Stacey, N.H., Catilena, L.R., & Klassen, E.D. (1980). Cd toxicity and lipid peroxidation in isolated rat hepatocytes. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 53 (3), 470–480. [https://doi.org/10.1016/0041-008x\(80\)90359-2](https://doi.org/10.1016/0041-008x(80)90359-2)
- 6 Bansal, A.K., Bhatnagar, D., & Bhardwaj, R. (1992). Lipid peroxidation and activities of anti oxygenic enzymes in vitro in mercuric chloride treated human erythrocytes. *Bull. Environ. Contam Toxicol*, 48 (1), 89–94. <https://doi.org/10.1007/BF00197488>
- 7 Husain, T., Shukla, G.S., & Chandra, S.Y. (1987). Effects of cadmium on the superoxide dismutase and lipid peroxidation in liver and kidney on growing rats in vivo and in vitro. *Pharmacol. Toxicol.*, 60 (5); 355–359. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0773.1987.tb01526.x>
- 8 Khan, S., Khan, M.A., Bhatnagar, D., Yadav, P., & Sarkar, S. (1991). Zinc protection against lipid peroxidation from cadmium. *Ind. J. Expt. Biol.*, 29 (9); 823–825.
- 9 Cao, Y., & Cao, R. (1999). Angiogenesis inhibited by drinking tea. *Nature*, 398 (6726), 381. <https://doi.org/10.1038/18793>
- 10 Yen, G.-C., Duh, P.-D., & Tsai, H.-L. (2002). Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem.*, 79 (3); 307–313. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00145-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00145-0)
- 11 Ninfali, P., & Angelino, D. (2013). Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* cycle and rubra. *Fitoterapia*, 89; 188-199. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2013.06.004>
- 12 Ushkalova, V.N., & Kadochnikova, G.D. (1987). Investigation of the parameters characterizing the activity of lipid peroxidation in the study of human adaptation to new climatic and geographical conditions. *Bul. Exp Biol Med.*, 103 (5); 571–573.
- 13 Korobeinikova, E.N. (1989). Metody opredeleniia malonovogo dialdegida v plazme krovi [Methods for determining malonic dialdehyde in blood plasma]. *Laboratornoe delo — Laboratory science*, 7, 8–10 [in Russian].
- 14 Nemeček, I.B., Pestina, T.I., & Sokolova, Ya.M. (1993). Adenozindezaminaza formennykh elementov krovi: raspriestranenie, svoistva v norme i pri razlichnykh gematologicheskikh zabolevaniyakh [Adenosine deaminase of blood forms: distribution, properties are normal and in various hematological diseases]. *Voprosy meditsinskoi khimii — Questions of Medical Chemistry*, 4, 16–22 [in Russian].
- 15 Vlasova, S.N., Shabunina, E.I., & Pereslegina, Ya. (1990). Aktivnost glutationzavisimykh fermentov eritrotsitov pri khronicheskikh zabolevaniyakh pecheni u detei [Activity of glutathione-dependent red blood cell enzymes in chronic liver diseases in children]. *Laboratornoe delo — Laboratory Science*, 8, 19–22 [in Russian].
- 16 Koroliuk, M.A., Ivanova, L.I., Maiorova, I.G., & Tokarev, V.E. (1988). Metod opredeleniia aktivnosti katalazy [Method of determining catalase activity]. *Laboratornoe delo — Laboratory Science*, 1; 16–19 [in Russian].

Д.Н. Жарасова*, Н.А. Толеп

Мангышлакский экспериментальный ботанический сад, Актау, Казахстан
*Автор для корреспонденции: dynara_zharassova@mail.ru

Особенности введения в культуру *in vitro* барбариса илийского (*Berberis iliensis* М. Поп.)

Приведены результаты введения в культуру *in vitro* барбариса илийского (*Berberis iliensis* М. Поп.) — редкого эндемичного растения. В настоящее время редкий вид находится под угрозой исчезновения. Отработаны способы введения в культуру *in vitro*, подобраны стерилизующие агенты и режимы стерилизации (5%-ный раствор отбеливатель «Белизна», время обработки 5 мин, 10%-ный раствор перекиси водорода, время экспозиции 7 мин). Определена оптимальная для успешного развития растений *Berberis iliensis* в культуре *in vitro* питательная среда WPM, с уровнем pH 5,6–5,8. К стандартному минеральному составу среды были добавлены витамины. Мадженты с эксплантами культивировали в комнате без доступа света при температуре 22–25 °С и влажности 70 % в течение 3–4 недель. Дальнейшее культивирование проводили при 26 °С, световом периоде 16 ч и освещенности 4–5 тыс. люкс. Получены асептические культуры *Berberis iliensis*, которые обладают регенеративной способностью. Побегообразовывались без каллуса, то есть наблюдается прямая регенерация, что является наиболее благоприятным для микроклонального размножения.

Ключевые слова: *Berberis iliensis*, семена, *in vitro* культура, стерилизация эксплантов, питательная среда, WPM, культивирование.

Введение

Сохранение генофонда растительного мира и введения в культуру редких видов, в том числе и реликтовых видов, является актуальной задачей современности. Эта задача осуществляется, с одной стороны, при помощи разработки методов учета и охраны редких и исчезающих видов растений, с другой — за счет отработки приемов выращивания этих растений *in situ* и *in vitro* [1].

Сохранение биологического разнообразия — одна из важнейших задач в деле охраны природы, которой уделяют большое внимание во всем мире. Важность сохранения биоразнообразия воспринята людьми, как на мировом, так и на национальном уровне. Об этом свидетельствует принятая на Генеральной ассамблее Международного союза биологических наук при поддержке ЮНЕСКО Международная программа «DIVERSITAS», Международная Конвенция о сохранении биологического разнообразия и Постановление Правительства Республики Казахстан [2, 3].

Перечисленные выше программные документы предлагают в качестве мер по сохранению биоразнообразия, в частности, разнообразия флоры, использование методов *ex situ* (создание коллекций живых растений в ботанических садах, хранилищ зародышевой плазмы, семенных банков и др.) и *in situ* (создание в природных условиях особо охраняемых природных территорий). Но, наряду с традиционными способами сохранения растений *ex situ* и *in situ*, все большее значение приобретает использование методов биотехнологии, в частности, методик культивирования изолированных тканей и органов [4].

Барбарис илийский (*Berberis iliensis* М. Поп.) — ветвистый колючий кустарник высотой до 3–4 м, с бледно-красными, продолговато-яйцевидными плодами. Распространен в ущельях в восточной части Заилийского Алатау и Кетменского хребта, на южных склонах Джунгарского Алатау, вблизи устьев рек Чилик, Чарын, впадающих в реку Или. С 1978 г. вид занесен в Красную книгу Казахстана, так как часть ареала была уничтожена при строительстве Капчагайского и Бортогайского водохранилищ на реках Или и Чилик, к тому же небольшие по размеру и фрагментированные суб-популяции испытывают антропогенный стресс из-за отбора воды, рубки и пожаров [5, 6].

B. iliensis представляет научный и практический интерес, так как, имея пищевое, лекарственное и косметологическое значение, изучен недостаточно [7, 8]. Учитывая полезные свойства данного исчезающего вида барбариса, важно изучить и сохранить это уникальное растение в природных популяциях. В дополнение к традиционным методам необходимо сохранение растений в культуре *in vitro* с отработкой методов длительного хранения [9–12].

Исходя из сказанного выше, целью нашей работы являлось изучение особенностей введения в культуру *in vitro* барбариса илийского.

Материалы и методы

Работы с культурой *in vitro* проводили в стерильных условиях лаборатории биотехнологии РГП «Мангышлакский экспериментальный ботанический сад» КН МОН РК. В качестве исходного материала для введения в культуру *in vitro* использовали семена барбариса илийского.

Для стимулирования прорастания семена *B. iliensis* после годовой холодной стратификации (при температуре 0–2 °С) предварительно замачивали в течение 22–24 ч в 0,5 %-ном растворе $KMnO_4$, затем переносили на среду WPM.

Растительный материал промывали в мыльном растворе и проточной воде, обрабатывали 70 %-ным этанолом, затем стерилизовали в растворе отбеливателя «Белизна» (1:1) с последующим промыванием в стерильной воде, а затем в 10 %-ном растворе перекиси водорода (H_2O_2). Концентрацию стерилизующего раствора и время экспозиции подбирали экспериментально. Схема опыта по стерилизации представлена в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Схема стерилизации растительного материала *B. iliensis*

Стерилизующий раствор	Время экспозиции, мин*				
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
70 % этанол	2	2	2	2	2
10 % «Белизна»	5	10	-	-	15
5 % «Белизна»	-	-	5	10	-
10 % перекись водорода	-	-	7	10	7

Примечание. *Промывка семян после обработки трехкратно в стерильной дистиллированной воде.

Метод культуры *in vitro* проводили на среде Woody Plant Medium (WPM), с уровнем pH 5,6–5,8. К стандартному минеральному составу среды были добавлены витамины. Мадженты с эксплантами культивировали в комнате без доступа света при температуре 22–25 °С и влажности 70 % в течение 3–4 недель. Дальнейшее культивирование проводили при 26 °С, световом периоде 16 ч и освещенности 4–5 тыс. люкс. Для поддержания пролиферирующих культур каждые 2–3 недели экспланты пересаживали на свежую питательную среду. Проводили до 3-х пассажей для укоренившихся черенков. Микропобеги при пересадке делили на 2–3 части.

Учет количества проросших семян проводили через каждые 7–10 дней в течение четырех месяцев культивирования на стеллажах световой. Проводили учет зараженных и некротизированных эксплантов. Оценка полученных чистых культур (стерильных) проводили по количеству выживших эксплантов.

Результаты и обсуждение

Жизнеспособный асептический материал *B. iliensis* удалось получить после последовательной стерилизации в 70 % этаноле (2–3 мин), 5 % «Белизне» (5 мин) и 10 % растворе перекиси водорода (7 мин). Применение этанола и раствора «Белизны» оказалось недостаточным, после культивирования на следующие 3–5 сутки экспланты очень быстро поражались патогенной микрофлорой. В ходе эксперимента дополнительно применяли раствор перекиси водорода. Увеличение времени экспозиции стерилизующего агента вызывали ожог эксплантов. Признаки прорастания у семян появились через 3–4 недели культивирования, всхожесть семян составила от 23,5 до 62,7 % (рис. 1). В каждом из вариантов обработки было получено от 60 до 85 микропобегов.

Результаты опытов показали, что 90 % стерильность эксплантов была достигнута в варианте с использованием следующего режима стерилизации: 70 % этиловый спирт, время экспозиции 3 мин, 5%-ный раствор отбеливателя «Белизна», время обработки 5 мин, 10 %-ный раствор перекиси водорода, время экспозиции 7 мин. При этом отмечена сохранность побегов. Так, наибольшее количество жизнеспособных эксплантов (60,5 %) было получено именно в данном варианте обработки (табл. 2).



Рисунок 1. Прорастание семян барбариса илийского на питательной среде

Т а б л и ц а 2

Количество полученных жизнеспособных эксплантов в зависимости от условий стерилизации растительного материала *B. iliensis*

Вариант	Стерилизующий раствор	Время экспозиции, мин	Кол-во жизнеспособных эксплантов, %
1	70 % этанол 5 % «Белизна» 10 % перекись водорода	3	60,5
		5	
		7	
2	70 % этанол 5 % «Белизна» 10 % перекись водорода	3	24,7
		10	
		10	
3	70 % этанол 5 % «Белизна» 10 % перекись водорода	3	23,5
		10	
		15	

Образовавшиеся при стерильном проращивании микропобеги были поделены на экспланты, а затем снова помещены на питательную среду WPM. Полученные микропобеги успешно укоренились на безгормональной питательной среде. Количество микропобегов увеличивалось при каждом пассаже на свежую питательную среду (рис. 2).

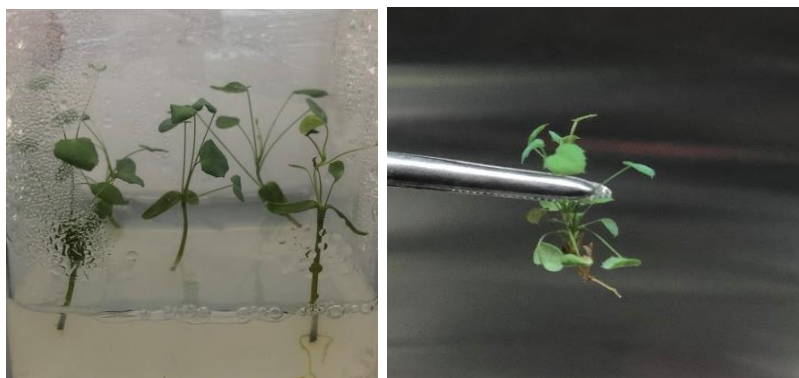


Рисунок 2. Микрклональное размножение *B. iliensis*

Так, после 1-го пассажа — в 2,5 раза, после 2-го — в 2,2 раза, после 3-го — в 1,8 раза.

Результаты исследований показали, что введение в культуру *in vitro* *B. iliensis* — длительный и сложный процесс, требующий детального подхода к каждому этапу культивирования.

Заключение

Таким образом, получены асептические культуры *B. iliensis* и они обладали регенеративной способностью. Выявлено, что оптимальной питательной средой для введения в культуру *in vitro* являлась среда WPM. Побегообразовывались без каллуса, то есть наблюдается прямая регенерация, что является наиболее благоприятным для микроклонального размножения. Оптимизированы условия стерилизации семян для получения жизнеспособных микропобегов.

Статья подготовлена в рамках научно-технической программы «Разработка научно-практических основ и инновационных подходов интродукции растений в природных зонах Западного и Восточного Казахстана для рационального и эффективного использования» Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (2021–2022 гг.).

Список литературы

- 1 Сулейманова З.Н. Особенности биологии цикласа поникающего при культивировании в условиях оранжереи / З.Н. Сулейманова // Научные ведомости. Сер. Естественные науки. — 2014. — № 17 (188). — Вып. 28. — С. 56–59.
- 2 Национальная стратегия и План действий по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия. — Алматы, 1999. — 336 с.
- 3 Об утверждении Перечней редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных. Постановление Правительства Республики Казахстан от 31 октября 2006 г. № 1034 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P060001034_/links.
- 4 Асанова Г.К. Введение в культуру *in vitro* барбариса каркаралинского (*Berberis karkaralensis* Korn. et Potap.) / Г.К. Асанова, З.К. Шаушеков, И.О. Байтулин, С.М. Адекенов // Изв. НАН Республики Казахстан. Сер. биол. и мед. — 2016. — Т. 315, № 3. — С. 15–20.
- 5 Красная книга Казахской ССР. — Алма-Ата: Наука, 1981. — 263 с.
- 6 Кокорева И.И. Растения Джунгарского и Заилийского Алатау, нуждающиеся в охране / И.И. Кокорева. — Алматы, 2007. — 212 с.
- 7 Ryabushkina N. Brief review of Kazakhstan flora and use of its wild species / N. Ryabushkina, N. Gemedjjeva, M. Kobaisy, C. L. Cantrell // The Asian and Australasian journal of plant science and biotechnology. — 2008. — Vol. 2 (2). — P. 64-71.
- 8 Karimov A. Investigation of the alkaloids of *Berberis iliensis* / A. Karimov, R. Shakirov // Chem. Nat. Comp. — 1993. — Vol. 29, No. 1. — P. 69-70.
- 9 Engelmann F. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity / F. Engelmann // In Vitro Cellular & Developmental Biology. — 2011. — Vol. 47 (1). — P. 5-16.
- 10 Keller E.R.J. Cryopreservation for plant genebanks — a matter between high expectations and cautious reservation / E.R.J. Keller, A. Kaczmarczyk, A. Senula // Cryo Letters. — 2008. — Vol. 29 (1). — P. 53-62.
- 11 Lynch P.T. Climate change: the role of *ex situ* and cryoconservation in the future security of economically important, vegetatively propagated plants / P.T. Lynch, E.E. Benson, K. Harding // J. Horticultural Science & Biotechnology. — 2007. — Vol. 82 (2). — P. 157-160.
- 12 Мурсалиева В.К. Микроклональное размножение редких видов и коллекционных растений Мангышлакского экспериментального ботанического сада: Науч.-метод. реком. / В.К. Мурсалиева, С.В. Нам, Ж.С. Кожебаева, Т.М. Муханов, А.А. Иманбаева. — Алматы, 2020. — 17 с.

Д.Н. Жарасова, Н.А. Төлеп

Іле бөріқарақатының (*Berberis iliensis* M. Pop.) өсіндісін *in vitro* енгізудің ерекшеліктері

Мақалада сирек кездесетін эндемикалық өсімдік Іле бөріқарақатының (*Berberis iliensis* M. Pop.) өсіндісін *in vitro* енгізудің нәтижелері келтірілген. Қазіргі таңда сирек кездесетін өсімдік түрі жоғалып кету қаупінде тұр. Өсіндіні *in vitro* енгізу жолдары жасақталып, залалсыздандыратын агенттер және залалсыздандыру режимдері таңдалды (5%-дық «Белизна» ағартқыш ерітіндісі, өңдеу уақыты 5 мин, 10%-дық сутектің асқын тотығы ерітіндісі, экспозиция уақыты 7 мин). *Berberis iliensis* өсімдігінің өсіндісі *in vitro* оңтайлы дамуына рН мөлшері 5,6-5,8 болатын қоректік орта WPM таңдалды. Стандартты минералды қоректің ортаның құрамына дәрумендер қосылды. Экспланты бар мадженталар қа-

раңғы бөлмеде 22-25 °С температурада және 70% ылғалдылықта 3-4 апта аралығында жасанды өсірілді. Өрі қарай жасанды өсіру жарық мерзімі 16 сағат және жарық дәрежесі 4-5 мың люкс болатын 26 °С температурада жүргізілді. *Berberis iliensis*-тің асептикалық өскіндері алынды және олар регенеративті қабілетке ие. Өскін сабақтары шорланусыз түзілді, яғни тікелей регенерация бақыланды, ал бұл өз кезегінде микроклондық көбейтуге өте ыңғайлы.

Кілт сөздер: *Berberis iliensis*, тұқымдар, *in vitro* өскіні, экспланттарды залалсыздандыру, коректік орта, WPM, жасанды жағдайда өсіру.

D.N. Zharasova, N.A. Tolep

Features of the introduction of *Berberis iliensis* M. Pop. into *in vitro* culture

The results of the introduction of *Berberis iliensis* M. Pop., a rare endemic plant, into *in vitro* culture are presented. The rare species is currently endangered. Methods of introduction into *in vitro* culture have been worked out, sterilizing agents and sterilization modes have been selected (5% bleach solution “Belizna”, treatment time 5 min, 10% hydrogen peroxide solution, exposure time 7 min). The WPM nutrient medium, with a pH level of 5.6–5.8, was selected as optimal for the successful development of *Berberis iliensis* plants in *in vitro* culture. Vitamins were added to the standard mineral composition of the medium. Magentas with explants were cultivated in a room without access to light at a temperature of 22–25°C and a humidity of 70% for 3–4 weeks. Further cultivation was carried out at 26°C, a light period of 16 h, and illumination of 4000–5000 lux. Aseptic cultures of *B. iliensis* were obtained and they had a regenerative capacity. Shoots were formed without callus, that is, direct regeneration is observed, which is the most favorable for micropropagation.

Keywords: *Berberis iliensis*, seeds, *in vitro* culture, sterilization of explants, nutrition medium, WPM, cultivation.

References

- 1 Suleimanova, Z.N. (2014). Osobennosti biologii tsikasa ponikaiushchego pri kultivirovaniі v usloviiakh oranzherei [Features of the Biology of Dipping Cycas in Greenhouse Cultivation]. *Nauchnye vedomosti. Seriya Estestvennye nauki — Scientific Statement. Natural Science Series*, 17 (188), 28, 56–59 [in Russian].
- 2 (1999). *Natsionalnaia strategii i Plan deistvii po sokhraneniіu i sbalansirovannomu ispolzovaniіu biologicheskogo raznoobrazii* [National strategy and plan of actions for storage and balanced use of biological diversity]. Almaty [in Russian].
- 3 (2006). *Ob utverzhdenii Perechnei redkikh i nakhodiashchikhsia pod ugrozoi ischeznoveniia vidov rastenii i zhivotnykh. Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot 31 oktiabria 2006 goda N 1034* [On the approval of the Lists of Rare and Endangered Species of Plants and Animals. Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan of October 31, 2006 No. 1034]. Retrieved from https://adilet.zan.kz/rus/docs/P060001034_/links [in Russian].
- 4 Asanova, G.K., Shaushekov, Z.K., Baitulin, I.O., & Adekenov, S.M. (2016). Vvedenie v kulturu *in vitro* barbarisa karkaralinskogo (*Berberis karkaralensis* Korn. et Potap.) [Introduction to culture of *in vitro* of *Berberis karkaralensis* Korn. Et Potap.]. *Izvestiia Natsionalnoi akademii nauk Respubliki Kazakhstan. Seriya biologicheskai i meditsinskaia — Proceeding of National Academy of Science of Republic of Kazakhstan. Biology and Medicine Series*, 315 (3); 15–20 [in Russian].
- 5 (1981). *Krasnaia kniga Kazakhskoi SSR* [The Red Book of Kazakh SSR]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 6 Kokoreva, I.I. (2007). *Rasteniia Dzhungarskogo i Zailiiskogo Alatau, nuzhdaiushchiesia v okhrane* [Plants of Dzungarsky and Zailiysky Alatau in need of protection]. Almaty [in Russian].
- 7 Ryabushkina, N., Gemedjieva, N., Kobaisy, M., & Cantrell, C.L. (2008). Brief review of Kazakhstan flora and use of its wild species. *The Asian and Australasian journal of plant science and biotechnology*, 2 (2); 64–71.
- 8 Karimov, A., & Shakirov, R. (1993). Investigation of the alkaloids of *Berberis iliensis*. *Chem. Nat. Comp.*, 29 (1); 69–70.
- 9 Engelmann, F. (2011). Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. *In Vitro Cellular & Developmental Biology*, 47 (1); 5–16.
- 10 Keller, E.R.J., Kaczmarczyk, A., & Senula, A. (2008). Cryopreservation for plant genebanks — a matter between high expectations and cautious reservation. *Cryo Letters*, 29 (1); 53–62.
- 11 Lynch, P.T., Benson, E.E., & Harding, K. (2007). Climate change: the role of *ex situ* and cryoconservation in the future security of economically important, vegetatively propagated plants. *J. Horticultural Science & Biotechnology*, 82 (2); 157–160.
- 12 Mursalieva, V.K., Nam, S.V., Kozhebaeva, Zh.S., Mukhanov, T.M., & Imanbayeva, A.A. (2020). *Mikroklonalnoe razmnozhenie redkikh vidov i kollektсионnykh rastenii Mangyshlaksckogo eksperimentalnogo botanicheskogo sada. Nauchno-metodicheskie rekomendatsii* [Microclonal reproduction of rare species and collectible plants of the Mangyshlak Experimental Botanical Garden. Scientific and methodological recommendations]. Almaty [in Russian].

M.G. Zhartybaeva¹, S.E. Tulegenova^{2*}, N. Muntaev¹, Zh.O. Oralbekova¹

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

²Karaganda University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan

*Corresponding author: symbat.udeshova@mail.ru

Water quality of aquatic ecosystems of Akmola region

Currently, the issue of protecting natural resources from polluting and preventing pollution requires worldwide attention. In general, water resources are becoming an invaluable resource that explains the sustainable development of any state. Rational use and protection of water sources is becoming one of the most pressing issues in our country. Pollution of water sources, in turn, affects the deterioration of water quality, living organisms that live in water sources (algae, fish, etc.), and the health of consumers. Since water is the most important resource in the world, it is a task to protect and prevent environmental risk. Therefore, to monitor the aquatic ecosystems of Akmola region, the research team conducted research in laboratory conditions, taking water samples from water bodies (Nura, Ishim Rivers and Taldykol, Maybalyk, and Zhaltyrkol Lakes) from a practical trip organized by the research group. Research studies on water samples taken from water bodies showed that the water was polluted, and in some indicators the maximum rural concentration was exceeded. It is clear that pollutants affect water biota, although in most cases they are not the cause. According to water samples, the level of pollution of water sources was assessed. Protection of Water Resources in general from pollutants is one of the strategic tasks of the country.

Keywords: water resources, environment, polluting sources, maximum concentration, physical and chemical indicators, level of pollution, water quality, ecopollutants.

Introduction

The global demand for Water Resources is steadily growing from year to year. Increased demand inadequate infrastructure and lack of management potential lead to water shortages in many regions. The state of Water Resources is constantly changing depending on external factors. The water cycle is directly influenced by population growth, human activity, that is, an anthropogenic factor. The initial quality of water depends on the source of its origin. Surface waters (lakes, reservoirs, streams, and rivers), which are the source of drinking water for the population, are usually of low quality and require extensive treatment. It can still be contaminated by agricultural runoff or by burying liquid waste in surface and underground soil, as well as filters from solid waste landfills. Depending on the time, other water sources such as rainwater have different levels of water quality [1, 2].

Pollution of water sources, as well as its impact on the environment, is one of the most common environmental problems. Despite the fact that Kazakhstan occupies a large territory, the quality of water in all surface water bodies of the Republic remains unsatisfactory. Along with wastewater, pollutants enter reservoirs and affect the aquatic ecosystem, primarily aquatic organisms [3–6].

As a result of anthropogenic impact, significant changes occur in the morphometric, hydrological, chemical and other characteristics of water bodies, which, in turn, lead to changes in the structure, productivity and condition of aquatic ecosystems. Pollution of water bodies is the result of anthropogenic activity, which leads to negative consequences — deterioration of water quality, threat to water bodies, deterioration of life and health of people [7]. Pollution contributes to an increase in the content of micro- and macroelements in fresh and sea waters, bottom sediments, living organisms above the natural background of a particular area [8].

Experimental

To control the quality of surface water in Akmola region, all the requirements for collecting water samples from 5 water bodies (i.e., the Nura and Ishim Rivers, as well as lakes Maybalyk, Zharlykol, Taldykol) were met, and water samples were taken from 26 points. During the study of surface water samples, physical and chemical indicators of water quality (water temperature, transparency, hydrogen indicator, total water hardness, heavy metal concentration) were determined. The research group determined hydrochemical indicators of water to assess the quality of surface waters of Akmola region (Nura, Ishim Rivers and lakes Maybalyk, Zharlykol, Taldykol). It took 1.5 L of water sample to carry out the research. Water samples taken from water bodies were analyzed according to 13 physical and chemical parameters,

including the concentration of ions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe total, Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , CO_3^{2-}). Water samples were carried out using the atomic-emission spectroscopy (inductively coupled plasma) method in the Azimuth-Geology chemical-analytical laboratory. The research work on water samples was analyzed according to the regulatory standards for managing the use of water resources of the committee on water resources of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan “unified system for classifying water quality in water bodies” [9]. During the study statistical data on the state of surface waters of the Akmola region was used.

Results and Discussion

We consider sulfate ions in water samples from River Lakes, which are our objects of study, as indicators of anthropogenic pollution. Figure 1 presents water quality assessment based on the results obtained by the unified classification.

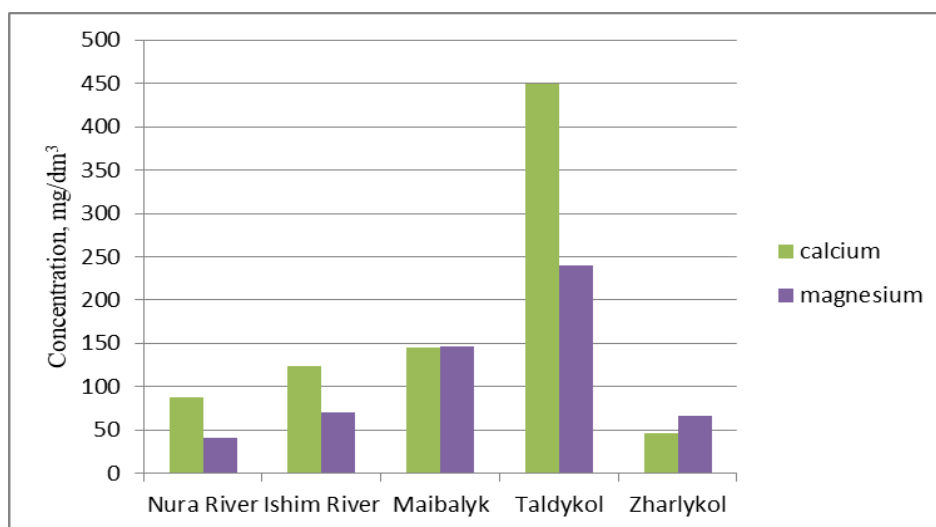


Figure 1. Information on the quality of surface water in Akmola region in 2021

The chemical composition of samples taken from surface waters of the Akmola Region, i.e., the indicators of the main ions, is shown in Figure 1. The indicators of calcium and magnesium ions are 8 times higher in Lake Taldykol than in Lake Zharlykol. Compared to samples from the Nura river, the indicators of calcium and magnesium ions in samples from the Ishim River exceed Shrek. The high level of these indicators can be explained by the discharge of wastewater into rivers and lakes.

There is an insignificant difference in the indicators of the main ions of water samples taken in 2021 and 2022. The indicators of calcium and magnesium ions in the Ishim River decreased by half, and the indicators of ions in Lake Taldykol, on the contrary, increased (Fig. 2).

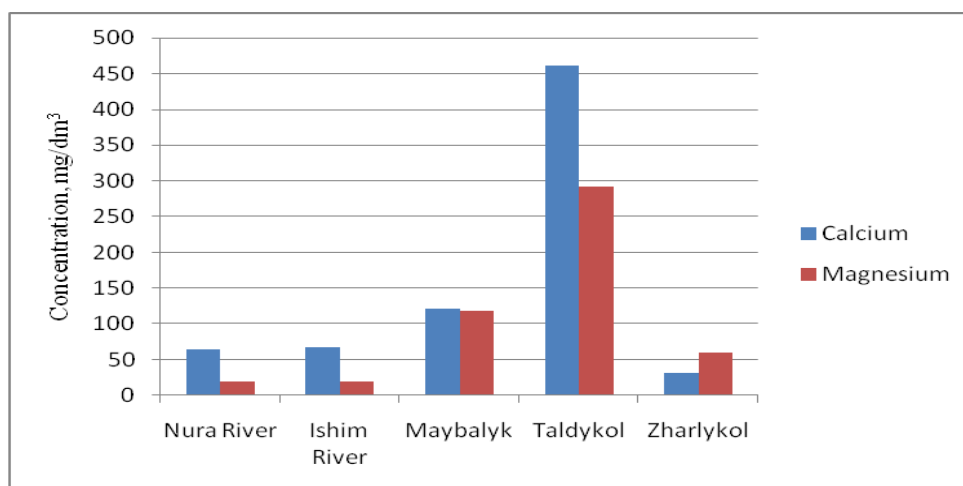


Figure 2. Information on the quality of surface water in Akmola region in 2022

According to the results of monitoring, the state of surface water is directly affected by the inflow of industrial complexes, domestic and wastewater located in the region (Fig. 3). It can also be seen that chlorides and sulfates in the water content of lake Taldykol exceeded Shrek by 2 times.

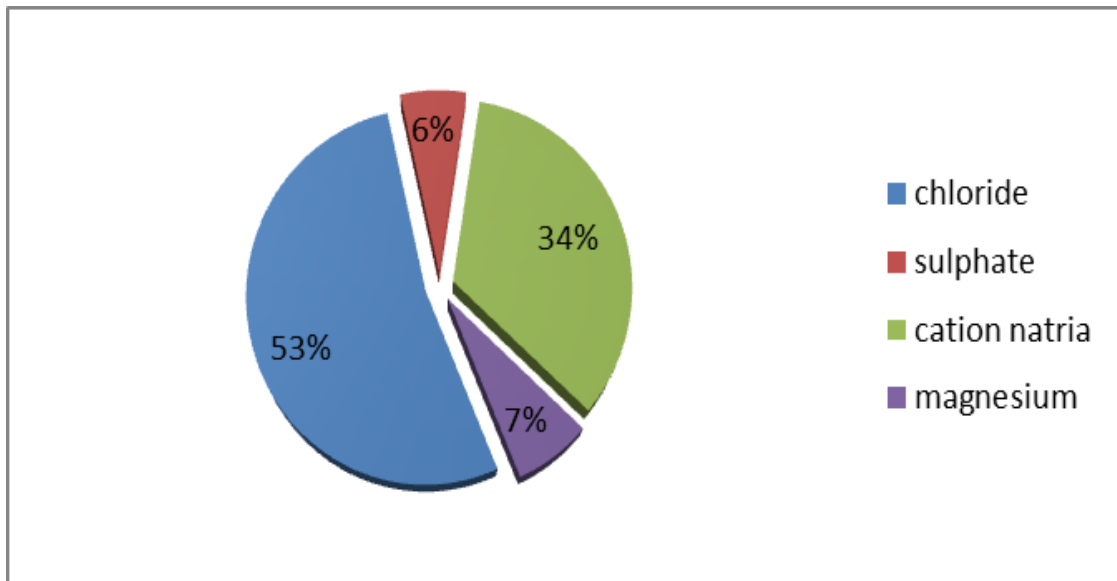


Figure 3. Concentration of ecopolyants on lake Taldykol

Figure 4 demonstrates the level of pollution of large rivers and lakes of Akmola region. It is clear that any ecopoluter that falls into the biosphere as a whole accumulates one of the components of the ecosystem. The deterioration of the water quality of lake Taldykol up to 70.5% can be explained as the result of an external anthropogenic factor.

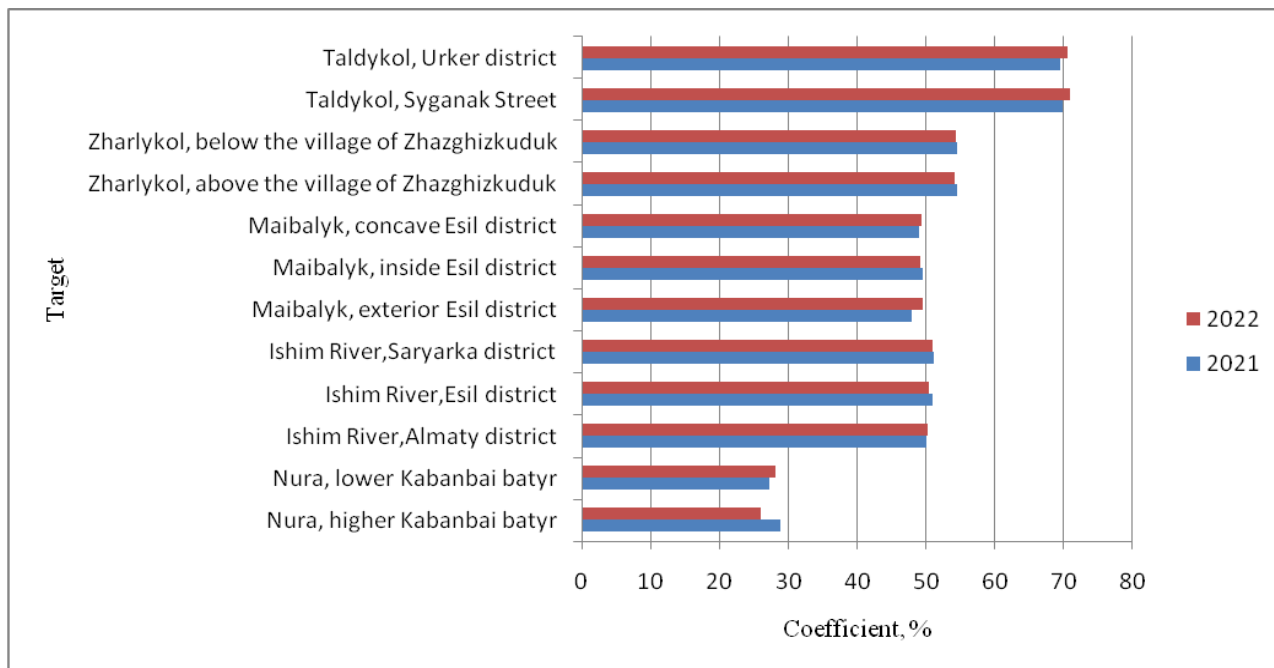


Figure 4. Complex coefficient of water pollution

The chemical parameters of groundwater play an important role in the classification and assessment of water quality. It is noted that the best results can be obtained only when studying the complex of ions in water, and not the concentration of individual ions [10]. The chemical classification also reflects the concentrations of various dominant cations, anions, and their interactions.

The current anthropogenic load and growing man-made processes change the hydrochemical parameters of water to the deterioration of their quality.

Field studies conducted to analyze surface monitoring data and assess surface waters have shown the presence of chemical pollutants in river lakes in the Akmola region.

Conclusions

According to the study results and the unified classification system, the water quality of water sources of Akmola region is assessed as follows: the Ishim and Nura rivers, Taldykol, Maybalyk and Zhaltyrkol lakes belong to the 4th class, and the Ishim River (Arnasai) — (5th class). In conclusion, the indicators of water samples taken from water bodies exceed the norm. It can be seen that in most water samples, concentrations of chlorides and sulfates are found in large quantities. Sulfates, in turn, are considered as indicators of pollution levels.

The data obtained from the annual calculation of the results of samples taken from common water sources prove that in the future it is necessary to organize measures to protect water sources from external pollutants. If the necessary measures are not taken, it can lead to a decrease in the diversity of aquatic biota and irreversible pollution of water sources. The results of the research prove that the water ecosystems of Akmola region are polluted.

Acknowledgements

This research work was supported by a grant from the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (AP09058557).

References

- 1 Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии: обзор. — Алматы, 2004. — 132 с.
- 2 Валентини К.Л. Водные проблемы Центральной Азии / К.Л. Валентини, Э.Э. Оролбаев, А.К. Абылгазиева. — Бишкек: МИСИ, 2004. — 142 с.
- 3 Hornero J. Integrating soil water and tracer balances, numerical modelling and GIS tools to estimate regional groundwater recharge Application to the Alcadozo Aquifer System (SE Spain) / J. Hornero, M. Manzano, L. Ortega, E. Custodio // *Sci. Total Environ.* — 2016. — Vol. 15. — P. 415–432. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.011>.
- 4 Kelley W.P. Permissible composition and concentration of irrigation waters / W.P. Kelley // *Proc ASCE.* — 1940. — Vol. 66. — P.607-613.
- 5 Handa B.K. Modified classification procedure for rating irrigation waters / B.K. Handa // *Soil Sci.* — 1964. — Vol. 98. — P.264–269.
- 6 Охрана окружающей среды в Республике Казахстан 2015–2019: стат. сб. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushey-sredy>.
- 7 Волков С.В. Технологические аспекты обеззараживания воды УФ-излучением / С.В. Волков // *Водоснабжение и сантехника.* — 2001. — № 4. — С. 20–25.
- 8 Гончарук В.В. Вода: проблемы устойчивого развития цивилизации в XXI веке / В.В. Гончарук // *Химия и технология воды.* — 2004. — Т. 26. — С. 113–115.
- 9 Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан «Об утверждении единой системы классификации качества воды в водных объектах», № 151 от 09.11.2016 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513>.
- 10 Государственная программа освоения Казахстанского сектора. Указ Президента РК за № 1035 от 16.05.2013 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://adilet.zan.kz/rus/docs/U030001095_.

М.Г. Жартыбаева, С.Е. Тулегенова, Н. Мунтаев, Ж.О. Оралбекова

Ақмола облысының су экожүйелеріндегі су сапасы

Қазіргі уақытта табиғи ресурстарды ластаушы көздерден қорғау және ластанудың алдын алу мәселесі бүкіл әлемде назар аударуды қажет етеді. Жалпы, су ресурстары кез келген мемлекеттің тұрақты дамуын түсіндіретін баға жетпес ресурсқа айналуда. Су көздерін ұтымды пайдалану және қорғау біздің еліміздегі ең өзекті мәселелердің бірі. Негізінен су көздерінің ластануы өз кезегінде су сапасының нашарлауына, су көздерінде (балдырлар, балықтар және т.б.) өмір сүретін тірі организмдерге және тұтынушылардың денсаулығына әсер етеді. Су әлемдегі ең маңызды ресурс болғандықтан, міндет экологиялық тәуекелдерді қорғау және алдын алу. Сондықтан, Ақмола облысының су экожүйелерін мо-

ниторингтеу максатында зерттеу тобы ұйымдастырған практикалық сапар барысында су айдындарынан (Нұра, Есіл өзендері мен Талдықөл, Майбалық және Жалтыркөл көлдерінен) су сынамаалары алынып, зертханалық жағдайда зерттеулер жүргізілді. Су объектілерінен алынған су сынамааларын зерттеу жұмыстары судың ластанғанын және кейбір көрсеткіштер бойынша максималды тәуліктік концентрациядан асып кеткенін көрсетті. Лаптаушы заттар су биотасына әсер ететіні анық, бірақ көп жағдайда олар себеп емес. Су сынамаалары бойынша су көздерінің ластану деңгейі бағаланды. Жалпы су ресурстарын лаптаушы заттардан қорғау елдің стратегиялық міндеттерінің бірі болып табылады.

Кілт сөздер: су ресурстары, қоршаған орта, ластану көздері, максималды концентрация, физико-химиялық көрсеткіштер, ластану деңгейі, су сапасы, эколопютанттар.

М.Г. Жартыбаева, С.Е. Тулегенова, Н. Мунтаев, Ж.О. Оралбекова

Качество воды водных экосистем Акмолинской области

В настоящее время вопросы защиты природных ресурсов от источников загрязнения и предотвращения загрязнения требуют внимания во всем мире. В целом, водные ресурсы становятся неоценимым ресурсом, объясняющим устойчивое развитие любого государства. Рациональное использование и охрана водных источников становятся одной из актуальных проблем в стране. Загрязнение водных источников, в свою очередь, влияет на ухудшение качества воды, на живые организмы (водоросли, рыбы и т.д.), на здоровье людей-потребителей. Поскольку вода является важнейшим ресурсом в мире, задача защиты и предотвращения экологического риска становится очень актуальной. Поэтому в целях мониторинга водных экосистем Акмолинской области, в ходе практической поездки, организованной исследовательской группой, были отобраны пробы воды с водных объектов (рек Нура, Есиль и озер Талдықоль, Майбалық и Жалтыркөл) и проведены исследования в лабораторных условиях. Результаты исследования проб воды из водных объектов показали, что вода загрязнена, по некоторым показателям превышена предельно допустимая концентрация. Очевидно, что загрязняющие вещества влияют на них, хотя и не являются в большинстве случаев причиной снижения биотоксичности воды. По пробам воды оценивался уровень загрязнения водных источников. В целом, охрана водных ресурсов от загрязняющих веществ относится к одной из стратегических задач страны.

Ключевые слова: водные ресурсы; окружающая среда; источники загрязнения; предельно допустимые концентрации; физико-химические показатели; уровень загрязнения; качество воды, эколопютанты.

References

- 1 (2004). *Vodnye resursy Kazakhstana v novom tysiacheletii: obzor* [Water resources of Kazakhstan in new century: a review]. Almaty [in Russian].
- 2 Valentini, K.L., Orolbaev, E.E., & Abylgazieva, A.K. (2004). *Vodnye problemy Tsentralnoi Azii* [Water problems of Central Asia]. Bishkek: MISI [in Russian].
- 3 Hornero, J., Manzano, M., Ortega, L., & Custodio, E. (2016). Integrating soil water and tracer balances, numerical modelling and GIS tools to estimate regional groundwater recharge Application to the Alcadozo Aquifer System (SE Spain). *Sci. Total Environ.*, 15; 415–432. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.011>
- 4 Kelley, W.P. (1940). Permissible composition and concentration of irrigation waters. *Proc ASCE.*, 66; 607–613.
- 5 Handa, B.K. (1964). Modified classification procedure for rating irrigation waters. *Soil Sci.*, 98; 264–269.
- 6 Okhrana okruzhaiushchei sredy v Respublike Kazakhstan 2015–2019: statisticheskii sbornik [Environmental protection in the Republic of Kazakhstan 2015-2019. Statistical compendium]. Retrieved from <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy> [in Russian].
- 7 Volkov, S.V. (2001). *Tekhnologicheskie aspekty obezrazhivaniia vody UF-izlucheniem* [Process Aspects of UV Water Disinfection]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika — Water supply and sanitary techniques*, 4; 20–25 [in Russian].
- 8 Goncharuk, V.V. (2004). *Voda: problemy ustoichivogo razvitiia tsivilizatsii v XXI veke* [Water: The Challenges of Sustainable Civilization in the 21st Century]. *Khimiia i tekhnologiia vody — Chemistry and technology of water*, 26; 113–115 [in Russian].
- 9 Prikaz Ministra selskogo khoziaistva Respubliki Kazakhstan «Ob utverzhdenii edinoi sistemy klassifikatsii kachestva vody v vodnykh obektakh», N 151 ot 09.11.2016 goda [Order of the Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan “On approval of a unified system for classifying water quality in water bodies” No. 151 of 09.11.2016]. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513> [in Russian].
- 10 Gosudarstvennaia programma osvoeniia Kazakhstanskogo sektora. Ukaz Prezidenta RK za N 1035 ot 16.05. 2013 goda [State program for the development of the Kazakhstan sector. Decree of the President of the Republic of Kazakhstan No. 1035 of 16.05.2013]. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513> [in Russian].

A.M. Zadagali^{1*}, A.K. Zhamangara²¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan²Astana botanical garden — branch of Institute of Botany and Phytointroduction, Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: z.a.aizhan1993@gmail.com

Biotesting of *Chlorella* sp algae for certain medicinal drugs

In recent years, the study of drugs as pollutants in the country is gaining momentum. This is because the country does not use special wastewater treatment devices for pharmaceuticals. They enter the environment in different ways. Therefore, research on biotesting drugs in living organisms is underway. The article presents the results of experiments conducted to assess the effect of paracetamol, azithromycin, suprastin on the number and biomass of *Chlorella* sp algae. *Chlorella* sp algae are a widely used organism for biotesting. Among the above drugs in the study, paracetamol had a negative effect on the number and biomass of algae. The minimum harmful concentration of paracetamol for chlorella was 5 mg/L, the minimum harmful concentration of azithromycin for chlorella was 200 mg/L, the minimum harmful concentration of chlorella suprastin was 8 mg/L. When comparing the effect of paracetamol, azithromycin, suprastin on the number of green algae *Chlorella* sp, it was observed that paracetamol had the highest effect. Concentration of paracetamol 10 mg/L brought the number of chlorella close to 0. High concentrations of paracetamol and suprastin in the biomass of chlorella showed contamination of the environment.

Keywords: *Chlorella* sp, medicinal drug, biotesting, biomass.

Introduction

Recently, there is a growing scientific interest in pharmaceuticals as chemical agent that pollutes the environment [1]. After the use of pharmaceuticals, it is absorbed into the body and undergoes metabolic processes such as hydroxylation, glucuronidation, and decomposition. Drugs and their metabolites enter the environment in different ways. Expired or incompletely used drugs are found in landfills, as people dispose of them with chemical waste. However, most drugs are excreted in human feces and feces as a result of physiological processes and then released into treatment facilities. Cleansers remove organic components, proteins, carbohydrates, and lipids. Despite this, cleansers do not have the power to eliminate drug metabolites; they are biologically active elements in the human body. Pharmaceuticals can be stable in the environment and are not completely broken down or absorbed by the body. In recent years, the release of pharmaceutical ingredients into the aquatic environment has become relevant for research.

The relationship between pharmaceuticals and the natural environment and living organisms is poorly understood. In many cases, drugs are widely used as dangerous pollutants, so they can penetrate the membrane and resist. In some cases, the environmental impact of pharmaceuticals may be greater than that of agricultural pollutants [2, 3].

Currently, the pharmaceutical industry in Kazakhstan is developing rapidly. More than 7,000 medicines are registered in the State Register of the Republic of Kazakhstan. However, in our country, drugs are not considered harmful to the environment and are not controlled by environmental authorities. For them, the waste of the pharmaceutical industry is toxic, and it is necessary to look for ways to treat this wastewater [4]. Therefore, the harmful effects of pharmaceuticals in Kazakhstan on the environment may be higher than in other countries.

Chlorella is a division of *Chlorophyta*, single-celled green algae belonging to the class of protococci. They are often found in sewage, lakes, seas, and soils. *Chlorella* is used to obtain oxygen in closed ecosystems. In terms of productivity, it is equal to meat and exceeds the productivity of wheat. If wheat contains 12% protein, chlorella contains more than 50% protein. It contains 15 different vitamins. However, all the products of chlorella are coated with a special coating, which cannot be broken down by digestive enzymes of taste. Nonetheless, modern scientists have found a solution to this problem. Now chlorella cells break down at high pressure, compacted the resulting mass in the form of tablets or leaving it in powder form. Another method of disintegrating chlorella cells is to dry them at 50° C for 4 hours by actively stirring. In both cases, the addition of water is sufficient, as chlorella cells can decompose in the human body [4].

Experimental

The object of study was a culture of single-celled green microalgae *Chlorella* sp. Paracetamol, azithromycin, and suprastin were obtained as toxic substances. Concentrations of drugs are based on the maximum allowable concentration of each drug in an aqueous medium.

The number of chlorella microalgae initially calculated in the study was 52.95 million/ml. The algae were divided into 5 groups and poured into a 50 ml flask. 75 studies were performed in each experiment when counting cells; and 75 studies were performed when measuring biomass. A total of 450 studies were conducted, including all experimental studies. Table 1 describes the concentration of algae and the concentration of toxicants.

Table 1

Concentrations of experimental groups and doses included in them

Group number	Administered drug	Dose concentrations mg/l	Frequency of observations, days
1 (control group)	Distilled water	-	1, 5, 7, 14, 21
2	Paracetamol	2,5	
3	Azithromycin	100	1, 5, 7, 14, 21
	Suprastin	2	
	Paracetamol	5	
4	Azithromycin	200	
	Suprastin	4	
	Paracetamol	7,5	
5	Azithromycin	300	
	Suprastin	6	
	Paracetamol	10	
5	Azithromycin	400	
	Suprastin	8	
	Paracetamol	10	

Paracetamol is a drug with analgesic and antipyretic effects belonging to the group of anilides. Acetaminophen (APAP) is widely used in Western countries. Chemical formula is $C_8H_9NO_2$. Molecular Mass: 151.165. MAC in an aqueous medium — 2.5 mg/L. Paracetamol is a common non-narcotic analgesic in use and has a slight anti-inflammatory effect. It can also cause liver, circulatory, and renal failure if used in large doses [5]. Diseases of these organs increase when the drug is taken with alcohol.

The mechanism of action and safety profile of paracetamol are well studied, as well as its effectiveness has been approved, and it is one of the most important pharmaceutical drugs of the World Health Organization.

In addition, paracetamol is a chemically similar metabolite. When phenacetin is ingested, an analgesic effect occurs immediately. In terms of pain relief, paracetamol is no less than phenacetin and also has a slight anti-inflammatory effect. When paracetamol enters the body, it does not cause the formation of methemoglobin. In addition, this drug has side effects, especially nephrotoxic and hepatotoxic, when used for a long time or in overdose. At the same time, paracetamol is classified as a safe, economical drug and ibuprofen.

Paracetamol blocks both forms of the cyclooxygenase enzyme, thereby slowing down the synthesis of prostaglandins. The drug acts through the central nervous system, thereby affecting the center of pain and participating in thermoregulation. Cellular peroxidases in peripheral tissues reduce the effect of paracetamol on cyclooxygenase, so it can be seen that it has no anti-inflammatory effect. In the absence of a factor that stops the synthesis of prostaglandins, it shows that the drug does not adversely affect the gastrointestinal tract and water and salt metabolism.

Scientists predict that paracetamol blocks the third form of cyclooxygenase, which is located only in the two central nervous systems and does not affect the second and third types of enzymes located in other tissues. This explains the ability of the drug to relieve heat and the lack of anti-inflammatory effect [6].

As for the pharmacokinetics of paracetamol, its absorption capacity is high, the maximum concentration (C_{max}) is 5–20 $\mu\text{g/ml}$; the time to reach the maximum concentration (TC_{max}) is 0.5–2 hours. The level of binding to plasma proteins is 15%. It enters the body through the blood-brain barrier. That is, it enters

through the barrier between the central nervous system and the cardiovascular system. 1% of the drug is excreted in breast milk. The effective plasma concentration of paracetamol reaches 10-15 mg/kg at the time of administration.

97% of the drug is metabolized in the liver: 80% are conjugated with glucuronic acid and sulfates to form inactive metabolites (glucuronide and paracetamol sulfate), 17% are exposed to methylation and hydroxylated to the process of hydroxylation. In case of insufficient glutathione, these metabolites can destroy the enzyme systems of hepatocytes and cause necrosis.

Withdrawal of the drug from the body by half is 1–4 hours. Excreted by the kidneys in the form of metabolites, and 3% of paracetamol is excreted unchanged. In older people, the time of excretion increases [7].

Toxicity of paracetamol is caused by a decrease in glutathione reserves in the body, so its active metabolites begin to accumulate in the body. Their hepatotoxic effect is high. Excessive accumulation of paracetamol metabolites in the body leads to the development of hepatic necrosis through the binding of liver proteins [8].

Azithromycin is a semi-synthetic antibiotic, the first member of the class of azalides, which differs slightly in structure from the classic macrolides. Chemical name 9-Deoxy-9a-aza-9a-methyl-9a-homoerythromycin A. Chemical formula — $C_{38}H_{72}N_2O_{12}$.

MAC in the aquatic environment — 100 mg/L. 14-part macrolides are obtained in a lactone ring by modifying the mixing of nitrogen atoms between 9 and 10 carbon atoms, thus turning the ring into a 15-part macrolide. By taking azithromycin in this way, it is possible to increase the acid resistance by 300 times compared to erythromycin.

Azithromycin is a widely used antibacterial drug, which has a bacteriostatic effect due to its class of azalides. Together with the 50S-subunit of ribose, it breaks down peptide translocase during translation, stops protein synthesis, inhibits bacterial growth and proliferation, and produces high concentrations of bactericides. It affects against external and intracellular pathogens.

Azithromycin gram is active against many microorganisms: *Streptococcus* spp., *Streptococcus pneumoniae*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus viridans*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*; affects gram-negative bacteria: *Moraxella catarrhalis*, *Bordetella pertussis*, *Bordetella parapertussis*, *Legionella pneumophila*, *Haemophilus ducreyi*, *Campylobacter jejuni*, *Neisseria gonorrhoeae* and *Gardnerella vaginalis*; also has an effect on some anaerobic microorganisms: *Bacteroides bivius*, *Clostridium perfringens*, *Peptostreptococcus* spp; and chlamydia *trachomatis*, *Chlamydia pneumoniae*, *Mycoplasma pneumoniae*, *Mycobacterium avium* complex, *Ureaplasma urealyticum*, *Treponema pallidum*, *Borrelia burgdorferi*.

Azithromycin has no effect on erythromycin-resistant gram-negative bacteria.

Antacids (containing Al_3 + and Mg_2 + ions), ethanol and food slow down the absorption of azithromycin. No prothrombotic time deviations were found with concomitant use of warfarin and azithromycin, however, given the interaction of macrolides and warfarin, which enhances the anticoagulant effect, patients are contraindicated. It has the potential to increase the concentration of digoxin, as it slows down the inactivation of intestinal flora. Toxicity of erythromycin increases when taken in combination with ergotamine and dihydroergotamine. When used in combination with triazolam, the excretion of azithromycin slows down and the pharmacological action of triazolam increases. In addition, azithromycin increases the plasma concentrations of cycloserine, indirect anticoagulants, methylprednisolone, felodipine, microsomal oxidizing drugs and increases their toxicity. Lincosamides slow down the action of azithromycin, and increase the effectiveness of tetracycline and chloramphenicol. Pharmaceutically incompatible with heparin.

Azithromycin is rapidly absorbed and dispersed in plasma and tissues when taken orally. With a single dose of 500 mg of azithromycin, 37% of the drug is absorbed in plasma at a dose of 0.41 μ g/ml within 2-3 hours. Food inhibits the effect of azithromycin, so it should be taken after meals or within 1-2 hours before meals. The drug is distributed throughout the body in a short time; high concentrations of azithromycin in plasma exceeded 50 times and are found in tissues. Depending on the body and tissues, the concentration of the drug is between 7-9 μ g/ml.

The volume of distribution in the body is 31 L/kg. The therapeutic dose of azithromycin can be found in the tissues within 5-7 days after oral administration.

It enters the phagocytes, which accumulate at the site of inflammation, thereby forming a therapeutic concentration of the drug. It increases the maximum use of oxygen by pathogens. Concentrations of azithromycin are more common in infected tissues than in non-infected tissues. It has the property of not being excreted from the body for a long time, on average 2-4 days. Excretion from the body through the bile duct is the

main route of excretion. On average, 50% is excreted unchanged in the bile. The remaining 50% is excreted in the form of 10 different metabolites. Metabolites are formed by the process of demethylation of nitrogen and oxygen, by the decomposition of the cladinose conjugate during the process of hydroxylation of desosamine and aglycone rings. Metabolites have no antibacterial activity.

An average of 6% of the administered dose of the drug is excreted in the urine. The time of excretion from the body is slower for the elderly. *Chloropyramine* (“Suprastin”) is an antihistamine drug that is a blocker of the histamine receptor H1. Chemical formula: $C_{16}H_{20}ClN_3$. Molecular mass: 289.81. It is also a chemical aromatic waste and organochlorine compounds. The maximum concentration of chemical compounds in this group in the aqueous medium is 2 mg/L.

Chloropyramine is one of the essential drugs for Russian life. However, chloropyramine does not have such a list in Kazakhstan. It is not used by the US FDA. It competitively eliminates the pharmacological action of histamine, which occurs with the help of histamine receptor H1. The drug also has a central effect (stimulating and sedative, i.e., prevents the transmission of allergic reactions and shocks) and peripheral effects such as atropine. Chloropyramine is a chlorinated analogue of tripelemine (pyribenzamine) — a classic antihistamine drug; ethylenediamine belongs to the group of antihistamines. It has antihistamine and m-cholinoblocking, antiemetic effect, and antispasmodic and peripheral cholinoblocking activity.

In the case of oral administration, the ornament is completely removed from the gastrointestinal tract. The therapeutic effect of chloropyramine develops between 15-30 minutes after application, the maximum concentration in the body occurs in 3-6 hours. Distributed well in the body and central nervous system.

The liver is actively metabolized. Most often excreted by the kidneys. Excretion in children is faster than in adults.

90-95% of it is excreted by the kidneys. The remaining 5-10% is mixed with bile and excreted in the feces. Accumulation of the drug in the body due to hepatic or renal insufficiency due to metabolism by the liver, as well as excessive accumulation of the dose may be accompanied by side effects [9].

Concentrations of drugs were obtained based on the maximum allowable concentration of each drug in the aqueous medium.

The microalgae culture was grown for 7 days in a 250 ml flask under 2000-2500 lux light bulbs at a temperature of 25–28° C and continuous aeration.

In the laboratory, chlorella is grown in liquid and agar media. After sterilization, the liquid medium is cooled and poured into flasks under sterile conditions. Cultivation of microalgae is prepared in 250-300 ml flasks or special cultivators. The inoculators are administered at a dose of 106 chlorella cells per 1 ml. After inoculation, the flasks are closed with tight cotton and gauze stoppers and covered with sterile paper covers. When growing algae, luminescent or special racks were constantly aerated with daylight bulbs with an intensity of 200-2500 lux.

For storage of algae in the laboratory, bleached tami or 04 nutrient media are used. They should be collected in test tubes or smeared on Petri dishes. Standard microbiological methods are used to grow algae in agar medium: inoculation with bacteriological loops as a stroke or applying the suspension to the agar medium with a spatula. 04 nutrient media were used in the experimental work. The culture medium is prepared in distilled water. Ingredients: K_2HPO_4 – 0.1; KH_2PO_4 – 0.1; $CaCl_2$ – 0.04; NH_4NO_3 – 0.3.

Methods based on the control of algae viability, quantity, test reactions to the amount of chlorophyll in the algae during cultivation in the nutrient medium are used to bio test the quality of the aquatic environment by chlorella.

In determining the quality of the aquatic environment monitors changes in the number of unicellular algae, the number of living and dead cells, their morphological characteristics, the composition of photosynthetic pigments. These parameters allow estimating the reduction of the quantitative spas of wastewater and the factors that affect them. Identification of living and dead cells is based on morphological changes caused by the contaminant in the water. Characteristics of dead cells include albinization, ugly forms, and more. Cell count is calculated by magnifying 320 times under a microscope in Goryaev’s chamber [10].

The principle of operation of the Goryaev chamber. Horizontal and vertical lines in the camera create 15 rows and 15 columns, that is, 225 cells are displayed in the camera. The size of the cells is determined by the following formula:

$$N = \frac{a \cdot 4000 \cdot b}{c}$$

where n — the number of cells in the medium of 1 µl; a — the number of cells counted in the chamber; b — the large number of cells in the cell; c — the size of the growing cell.

A solution of the drug in distilled water was introduced into medium 04 at different concentrations. The drugs were administered to each group within the maximum concentration, in concentrations 2, 3, 4 times higher. The obtained concentrations were used to determine the limit of resistance of microalgae to the drug. No drug was used in the control group (group I). In the experimental variants, 3 repetitions were used.

The study of the experimental groups was conducted for 21 days. Cell counting was performed on days 5, 7, 14, 21. Micromed-3 microscope and Goryaev's camera were used to count living cells.

As a result of the development and growth of organisms in the aquatic environment, continuous biomass growth develops. This process is called biological productivity, and recycled biomass is called biological product. Biological productivity is formed by the appearance of primary and secondary products, i.e., due to the growth of biomass of autotrophs and heterotrophs. Biological productivity is the biomass produced by a population or community per unit of area per unit of time, which is divided into total or gross primary product, and productivity also includes energy and volatile substances.

The phenomenon of biological productivity itself is considered in two aspects: the nature of the population and the population in the aquatic environment, which considers the biological productivity of reservoirs. Biological productivity of a population is determined by its species characteristics and habitat conditions. The biological productivity of reservoirs determines their ability to provide a certain species in the aquatic environment. Therefore, the productivity of grain in the cultivation of certain species in agriculture depends not only on soil fertility, but also on the biological productivity of water. Thus, population and aquatic productivity are different aspects of the same phenomenon.

Photocolorimetry was used to measure biomass. Transfer the suspension from the control group flasks into a 1 cm thick photocolorimeter cuvette. To determine the concentration of chlorophyll is carried out by determining the optical density in the region of the red maximum absorption (663-665 nm). To determine the concentration of chlorophyll, take three dimensions in a photocolorimeter and use the arithmetic mean as the final result [11].

To determine the chlorophyll a pigment in the suspension, the relationship between its concentration in µg / ml and the optical density D₆₆₅, measured in a 1 cm thick cuvette at 665 nm, is used:

$$Chl_a = 1/1.9 * D_{665}$$

where Chl_a — concentration of chlorophyll a pigment corresponding to the wavelength of 665 nm, µg / ml; 11.9 — calculation coefficient; D₆₆₅ — optical density.

The photocolorimetry of the extract should also be measured at a wavelength of 750 nm. It is necessary to record non-specific absorption caused by the encounter of other parts in the extract. The amount of non-specific absorption must be measured before measuring at 665 nm.

We calculate the concentration of chlorophyll by the following formula:

$$Chl = 11.9 * (D_{665} - D_{750})$$

where Chl_a — concentration of chlorophyll a pigment corresponding to the wavelength of 665 nm, µg / ml; 11.9 — calculation coefficient; D₆₆₅, D₇₅₀ — optical density.

Based on the above chlorophyll a concentrations, it is possible to calculate the estimated amount of phytoplankton biomass (Tab. 2).

Table 2

A scale that determines the level of pollution of a natural reservoir by the amount of phytoplankton biomass

Indicator	Water purity classes				
	Clean in size	Clean	Less polluted	Polluted	Extremely polluted
Phytoplankton biomass mg/L	<0,1	0,1-1,0	1,5-5,0	5,1-50,0	<50

The concentration of chlorophyll takes up 2.5% of the dry biomass, or 6.75% of the organic carbon fraction. Thus, for the transition from the concentration of chlorophyll a to biomass, we can take the number 15 as a calculation factor. Thus, the following formula is used to measure the biomass of phytoplankton:

$$B_c = 15 * Chl_a$$

where B_c – phytoplankton biomass; 15 – calculation coefficient; Chl_a – the concentration of chlorophyll a pigment.

The amount of biomass can be used to determine water pollution by looking at the following 2 tables.

Determination of phytoplankton biomass is carried out by the method of aggregation of populations of individual species. To do this, it is necessary to determine the average mass of algae cells that make up the population of the sample. To determine the biomass, at least 30 specimens of each alga are taken from each sample, with an average value for the population of each species. Multiply the volume found in each volume (μm^3) by its quantity (thousand cells per liter) to obtain the value of water biomass in mg/L or g/m^3 [12].

Results and Discussion

The effect of paracetamol on the abundance and biomass of Chlorella sp algae

Paracetamol was administered in a culture medium inoculated with chlorella culture 04 dissolved in distilled water at the following concentrations: Group II — 2.5 mg/L; Group III — 5.0 mg/L; Group IV — 7.5 mg/L and group V — 10.0 mg/L (maximum MPC in the aquatic environment is 2.5 mg/L). The selected concentrations were used to determine the limit of resistance of microalgae to the active substance paracetamol. Paracetamol-free culture medium was used in the control group. On day 1 of the experiment, the number of chlorella cells in all groups was pre-measured and the number of cells was around 1 million/ml (Fig. 1).

On the fifth day the number of cells in the control group (group I) increased by about 2.14 million/L. The number of group II cells increased from 1 million/L on the first day of the study to 1.32 million/L on the fifth day. However, it is 39% less than the control group ($p < 0.01$). The number of chlorella cells in the flasks of group III was 1.1 million/mL ($p < 0.01$), while the number of cells in group IV was 1.02 million/ml ($p < 0.001$). Group V chlorella cells contained 1.14 million/ml ($p < 0.001$). That is, on the fifth day of the study, there was a significant change in the number of algae cells. In addition, the color of the culture medium in the paracetamol-containing flasks began to change to brown.

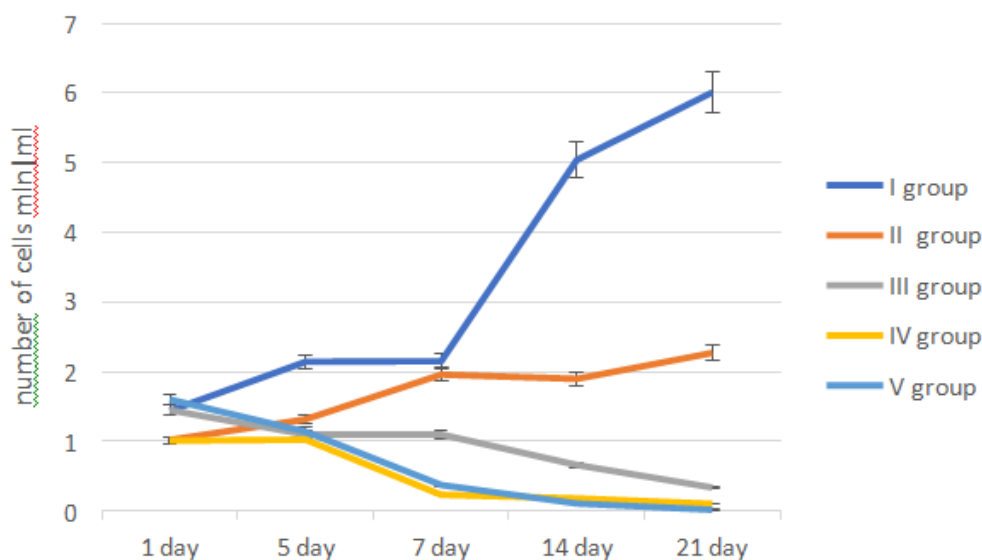


Figure 1. Effect of different concentrations of paracetamol on the number of cultures of microalgae *Chlorella sp*

On the seventh day of the study, the number of chlorella cells in the control group and the group with the maximum allowable concentration (group II) began to increase. In group I, the number of cells increased

from 2.15 million/ml, in group II — to 1.96 million/ml. In group III, the number of cells remained unchanged (1.1 million/ml). In group IV, the number of cells decreased sharply by 0.23 million/ml. In group V, the number of cells decreased by 0.38 million/ml ($p < 0.001$). On the 14th day of the study, the number of cells in the control group increased by an average of 5.04 million/ml, and the number of cells in group II reached 1.9 million/ml. Although the MPC volume remained in group II, it can be seen that the number of cells remained unchanged. The number of cells in group III decreased by 0.67 million/ml ($p < 0.01$). The number of group IV cells decreased to 0.18 million/ml. The number of cells in group V decreased to 0.1 million/ml ($p < 0.01$). Due to the high concentration of paracetamol in the groups, it can be seen that the number of chlorella cells in these groups is much lower than in the control group.

During the last 21 days of the experiment, the number of chlorella cells in the control group increased by 6 million/ml. Group II cells were 63 less than in the control group ($p < 0.001$). In group III a concentration of 2 times higher than the maximum allowable concentration decreased by 0.34 million/ml ($p < 0.001$). In group IV, the number of cells was 99% lower, in group V it was 100% destroyed ($p < 0.001$). In addition, as mentioned above, in groups other than paracetamol concentrations, the color of the culture medium changed to dark brown. From the discoloration of the medium, it can be seen that paracetamol is harmful to chlorella cells.

Thus, it can be seen that the concentration of paracetamol 5.0, 7.5, 10 mg/L is significantly more harmful than the concentration of the maximum allowable concentration. However, it can be observed that the concentration of paracetamol 2.5 mg/L slows down the growth of chlorella cells.

In addition, the effect of different concentrations of paracetamol on the growth of chlorella biomass was studied during the above scientific experiment (Fig. 2). On the first day of the experiment, the biomass of chlorella was calculated in all experimental groups before the introduction of paracetamol. First, the concentration of chlorophyll a pigment in the suspension was determined, and the amount of biomass was calculated using a special formula. That is, on the first day of the study, the biomass content of all groups was approximately 0.5355 mg/L. This indicates that the water is unpolluted.

On the fifth day of the study, the biomass of chlorella in the control group was 2.6375 mg/L, and the biomass of groups II and III was slightly lower than in the control group. That is, the biomass of group II chlorella was 1.785 mg/L, while the biomass of group III was 1.334 mg/L. In group IV, the amount of biomass increased slightly (4.1595 mg/L). No significant changes were observed in group V compared to the control group, the biomass was 2.365 mg/L ($p < 0.05$).

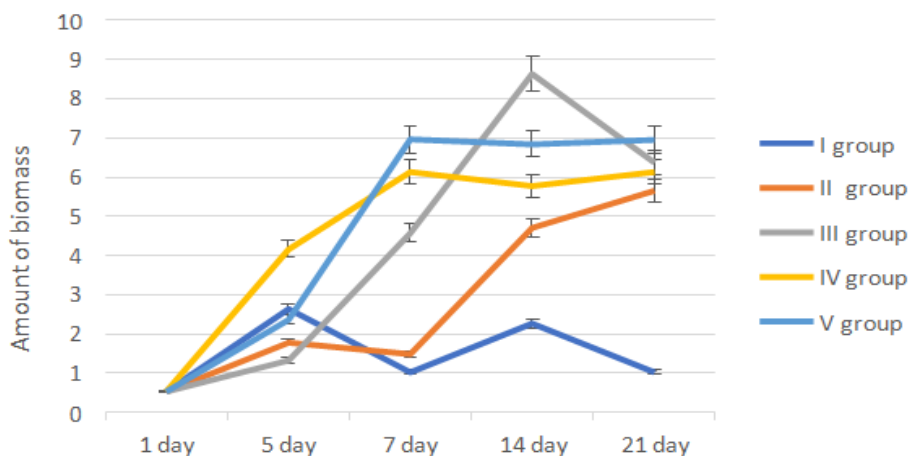


Figure 2. Effect of different concentrations of paracetamol on the biomass of *Chlorella* sp microalgae culture

Significant changes were observed on day 7 of the study of the effect of paracetamol on the biomass of chlorella algae. The biomass of chlorella in the control group (group I) is 1.0265 mg/L. However, no significant changes were observed in the group with the maximum allowable concentration, the biomass was 1.4875 mg/L. However, in group III, the amount of biomass is significantly increased, 4.5815 mg/L ($p < 0.001$), thus, the medium is less polluted on the scale of determining the purity of water by biomass. Therefore, even in the study of the seventh day, group III is moderately polluted. That is, in group IV the biomass is 6.1285 mg/L, in group V — 6.9615 mg/L ($p < 0.001$).

On the 14th day of the experiment, the control group showed a biomass content of 2.261 mg/L, and in group II — 4.7005 mg/L. In group II, the figure is higher than before. That is, the amount of biomass is 8.6275

mg/L. In the group, it was slightly lower, 5.7715 mg/L and 6.8425 mg/L ($p < 0.001$). However, in these groups, the biomass index indicates that the water is polluted.

On the last 21 days of the study, the biomass of chlorella in the control group was 1.0225 mg/L. In group II, the amount of biomass increased by 5.6525 mg/L, in group III the environment is dirty ($p < 0.001$), although the indicator is slightly lower (6.3665 mg / l). High concentrations of paracetamol were used at 6.1285 mg/L in group IV and 6.9615 mg/L in group V ($p < 0.001$).

Thus, as can be seen from Figure 2, paracetamol 2.5; 5; 7.5; at concentrations of 10 mg/L on the last day of the study, the amount of biomass increased and the environment became polluted.

The effect of azithromycin on the number and biomass of Chlorella sp algae

Azithromycin is a semi-synthetic antibiotic, the first member of the class of azalides, which differs slightly in structure from the classic macrolides.

Azithromycin was administered in a culture medium inoculated with chlorella culture 04 in a solution dissolved in distilled water at the following concentrations: Group II — 100 mg/L; Group III — 200 mg/L; Group IV — 300 mg/L and group V — 400 mg/L (EC in the aquatic environment — 100 mg/L). The selected concentrations were used to determine the limit of resistance of microalgae to the active substance azithromycin. Azithromycin was not used in the control group. On day 1 of the experiment, the number of chlorella cells in all groups was pre-measured and the number of cells was around 1.0-1.3 million/ml (Fig. 3).

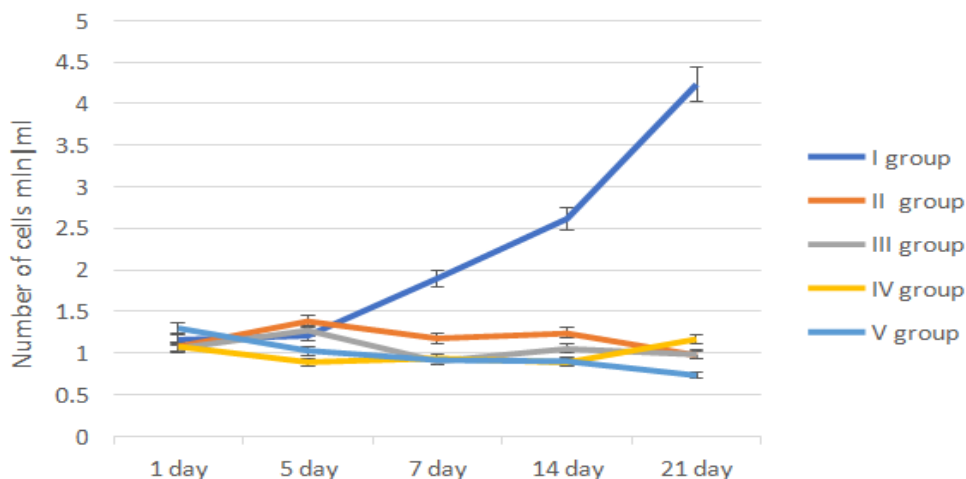


Figure 3. The effect of different concentrations of azithromycin on the number of cultures of microalgae *Chlorella sp*

On the fifth day of the experiment, the number of chlorella in all groups did not change significantly. In the control group it was 1.2 million/ml, in the second group — 1.3 million/ml, in the third group — 1.27 million/ml. In group IV, the number of chlorella cells was slightly reduced (0.8 million/ml). In group V, the number of cells was 1.02 million/ml ($p < 0.05$). In addition, the study revealed that parts of azithromycin in the culture medium began to develop in the medium, which developed in the form of its own bacterial colonies, displacing chlorella cells.

On the seventh day of the study, the number of cells in the control group began to increase gradually, reaching 1.9 million/ml. In group II, the number of cells decreased by 1.18 million/ml ($p < 0.01$). In group III, the number of algae cells was about 0.9 million / ml ($p < 0.001$).

When determining the effect of azithromycin on the number of chlorella algae, on the 14th day of the study, the number of cells in group I increased to 2.61 million/ml. In the remaining groups, a significant decrease in the number of chlorella cells can be observed. The number of cells in group II was 1.2 million/ml, in group III — 1.05 million/ml, in group IV — 0.8 million/ml, in group V — 0.9 million/ml ($p < 0.001$).

On the last day of the study, the number of group I cells increased to 4.02 million/ml. In other groups, the number of chlorella cells is significantly reduced, which reduces the chances of future development. In groups II and III the number of cells was 0.9 million/ml, in group IV — 1 million/ml, in group V the number of cells decreased by 0.7 million/ml ($p < 0.001$).

Thus, the effect of azithromycin on the number of chlorella cells was found to slow down cell growth in all groups except the control group. On day 21 of the study, the number of cells in group V decreased by 84% compared to the control group.

When assessing the effect of different concentrations of azithromycin on the biomass of *Chlorella* sp microalgae cultures, no high levels of water pollution were observed, but low levels of environmental pollution were recorded in all groups (Fig. 4). On the first day of control, the baseline biomass in all groups was 0.5355 mg/L.

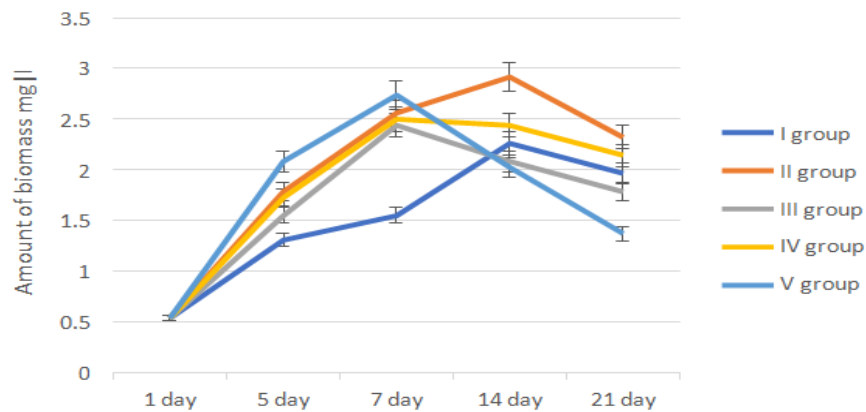


Figure 4. Effect of different concentrations of azithromycin on the biomass of *Chlorella* sp microalgae culture

On the fifth day of the study, the biomass level in group I was 1,309 mg/L, in group II — 1,785 mg/L; in group III — 1.547 mg/L, and in group IV — 1.7255 mg/L ($p < 0.01$). In group V, the change was significant, the biomass increased by 2.0825 mg/L ($p < 0.01$). This change indicates that the environment has a low level of pollution. On the seventh day of the experiment, the biomass of chlorella in the control group was 1.547 mg/L; in group II was 2.5585 mg/L; in group III was 2.4395 mg/L, in group IV was 2.499 mg/L, in group V was 2.7375 mg/L ($p < 0.05$). On the 14th day of the study, the biomass of the control group was 2.261 mg/L. There were no significant differences in groups using different concentrations of azithromycin. However, the amount of biomass indicates that the water is less polluted. The level of biomass in group II was 2.91 mg/L, in group III — 2.08 mg/L, in group IV — 2.43 mg/L, in group V 2.023 mg/L ($p < 0.05$). On the last 21 days of the experiment, the biomass level in the control group was 1.96 mg/L. The biomass of algae in group II was 2.32 mg/L, in group III — 1.785 mg/L, in group IV — 2.142 mg/L, in group V — 1.368 mg/L ($p < 0.05$).

Thus, the antibiotic azithromycin did not cause a sharp increase in the biomass of chlorella algae. However, the latest research shows a low level of pollution.

The effect of suprastin on the number and biomass of Chlorella sp algae

Chloropyramine (“Suprastin”) is an antihistamine drug that is a blocker of the histamine receptor H1. It is also a chemical aromatic compound and organochlorine compound. The maximum concentration of chemical compounds in this group in the aqueous medium is 2 mg/L. Suprastin was introduced into the culture medium inoculated with chlorella culture 04 dissolved in distilled water at the following concentrations: Group II — 2 mg/L; Group III — 2 mg/L; Group IV — 2 mg/L and group V — 2 mg/L. On the first day of the experiment, the number of chlorella cells in all groups was pre-measured and the number of cells was around 1.0-1.2 million/ml (Fig. 5).

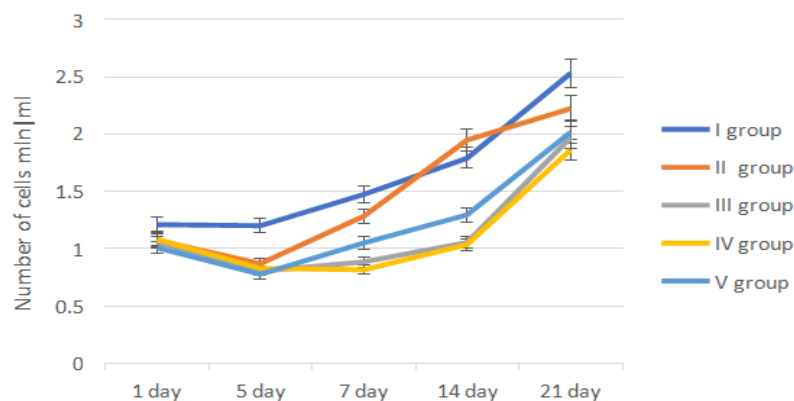


Figure 5. Effect of different concentrations of suprastin on the number of cultures of microalgae *Chlorella* sp

On the fifth day of the study, there were changes in the number of chlorella cells. The number of cells in the control group was 1.2 million / ml, while in group II the number of cells decreased to 0.87 million/ml ($p < 0.01$). The number of chlorella cells in group III was 0.8 million/ml, in group IV — 0.87 million/ml, in group V — 0.77 million/ml ($p < 0.001$). That is, any concentration of suprastin on the fifth day has a detrimental effect and inhibits the growth of chlorella cells.

On the seventh day of the study, the number of cells in the control group reached 1.47 ml/ml. In group II, the number of cells increased till 1.28 million/ml. There was no change in group III and group IV; and in group V there was an increase in the number of cells by 1 million/ml ($p < 0.05$).

On day 14 of the study, the number of chlorella cells in the control group increased by 1.79 million/ml. In group II, as in the control group, there is an increase in the number of cells — 1.28 million/ml. In groups III, IV, V, the number of cells increased by the same amount to 1 million/ml.

On the last day of the study, the growth groups in the study environment began to recover. The number of cells of chlorella algae in the control group was 2.53 million/ml, in group II — 2.2 million/ml, in group III — 1.97 million/ml, in group IV — 1.86 million/ml, in group V — 2 million/ml arrived.

In the study of the effect of the antihistamine suprastin on the growth of biomass of chlorella culture, a detrimental effect was observed on the last day in group V (Fig. 6). In the study, the initial amount of biomass in all groups was about 0.0238 mg/L.

On the fifth day of the study, there were no significant differences between all groups. That is, there is no evidence of environmental pollution. Biomass in all groups was approximately 1.01 mg/L ($p < 0.05$). On the seventh day of the census, the pollution was not observed. The amount of biomass in group I reached 1.039 mg/L, in group II — 0.85 mg/L, in group III — 1.3 mg/L, in group IV — 1.54 mg/L, in group V — 1.7 mg/L ($p < 0.05$).

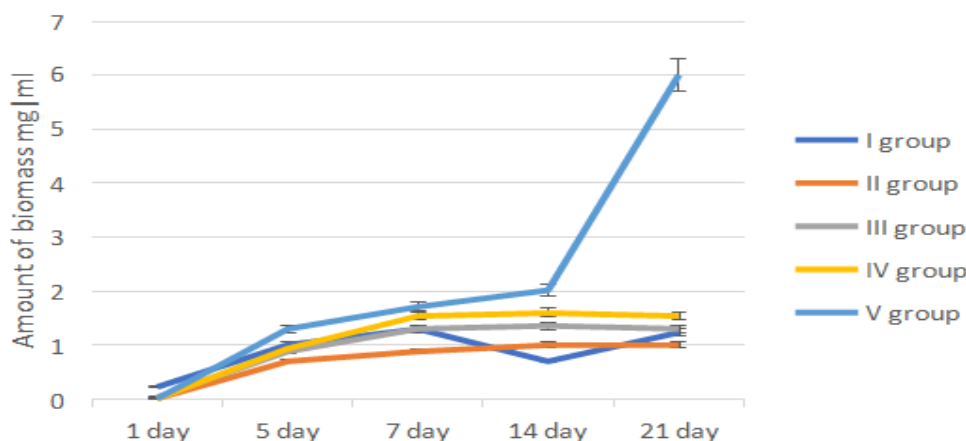


Figure 6. Effect of different concentrations of suprastin on the biomass of *Chlorella* sp microalgae culture

On the 14th day of the experiment, the biomass of chlorella in the control group was 0.71 mg/L, in group II — 1.01 mg/L, in group III — 1.3 mg/L. In group IV, the biomass content reached 1.6 mg/L, in group V — 2 mg/L ($p < 0.01$). The amount of biomass in group IV and group V indicates a low level of pollution.

On the last day of the study, except for group V, the biomass level was close to normal. In group V, the biomass level reached 6.0 mg/L ($p < 0.001$), so it can be seen that there is a level of water pollution.

Different concentrations of paracetamol, azithromycin, suprastin have been studied to determine the limits of resistance of algae to the active substances of these drugs. The study found that the minimum concentration of paracetamol harmful to chlorella was 5 mg/L, the minimum concentration of azithromycin harmful to chlorella was 200 mg/L, and the minimum concentration of suprastin harmful to chlorella was 8 mg/L.

Conclusions

Doses of paracetamol above 5.0 mg/L significantly reduced the number of *Chlorella* sp microalgae. Algae with a maximum concentration of 2.5 mg/L decreased growth compared to the control group. At a concentration of 10 mg/L, the number of algae approached 0. At concentrations of paracetamol 2.5 mg/L; 5 mg/L, 7.5 mg/L, 10 mg/L, chlorella biomass exceeds 5 mg/L and is considered moderately contaminated. Azithromycin is an antibiotic *Chlorella* sp had a high effect on the number of microalgae. At concentrations

of 100 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L, 400 mg/L, there is no increase in the number of algae compared to the control group. The effect of azithromycin on algae biomass was considered moderately polluted because the concentrations other than the control group were higher than the biomass above 1.5 mg/L. Suprastin, an anti-histamine, did not significantly affect the number of *Chlorella* sp microalgae. Concentrations other than the control group fell below 1 million/ml on the fifth day of the experiment. The concentration of suprastin 8 mg/L brought the biomass of chlorella to 6.0095 mg/L. It means that the environment is polluted. When comparing the effects of paracetamol, azithromycin, suprastin on the number of green algae *Chlorella* sp, it was observed that paracetamol had the highest effect. Concentration of paracetamol 10 mg/L brought the number of chlorella close to 0. High concentrations of paracetamol and suprastin in the biomass of chlorella showed contamination of the environment. The minimum concentration of paracetamol harmful to chlorella was 5 mg / l, the minimum concentration of azithromycin harmful to chlorella was 200 mg/L, the minimum concentration of suprastin harmful to chlorella was 8 mg/L.

Список литературы

- 1 Kummerer K. Pharmaceuticals in the Environment / K. Kummerer // Annu. Rev. Environ. Resour. — 2010. — Vol. 35. — P. 57-75.
- 2 Cooper E. Preliminary risk assessment database and risk ranking of pharmaceuticals in the environment / E. Cooper, T. Siewicki, K. Phillips // Sci. Total Environ. — 2008. — Vol. 398(1-3). — P. 26-33.
- 3 Sanderson H. Ranking and prioritization of environmental risks / H. Sanderson, D. Johnson, T. Reitsma, R. Brain, C. Wilson, K. Solomon // Regul. Toxicol. Pharm. — 2004. — Vol. 39. — P. 158-183.
- 4 Куриленко В.В. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования / В.В. Куриленко. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. — 448 с.
- 5 Ананьева Л.П. Справочник поликлинического врача. Комбинированные анальгетики в лечении болевых синдромов / Л.П. Ананьева. — М., 2005. — 224 с.
- 6 Bower W.A. Population-based surveillance for acute liver failure / W.A. Bower, M. Johns, H.S. Margolis, I.T. Williams, B.P. Bell // The American journal of gastroenterology. — 2007. — N 10. — P. 102.
- 7 PubChem Compound Summary for CID 1983, *Acetaminophen*. Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetaminophen>
- 8 Надинская М.Ю. Фульминантная печеночная недостаточность: современные представления о причинах, патогенезе и подходах к лечению / М.Ю. Надинская, В.Т. Ивашкин // Кафедра пропедевтики внутренних болезней ММА им. И.М.Сеченова. — 2004. — Т. 6. — С. 135.
- 9 Павлова И. Лекарственные средства: Новейший справочник. — М.: АСТ, 2012. — 545 с.
- 10 Крайнюкова А.Н. Методы биотестирования вод / А.Н. Крайнюкова. — Черногловка: Ин-т хим. физ. АН, 1988. — 345 с.
- 11 Пашков Е.В. Международные стандарты ИСО 14000. Основы экологического управления / Е.В. Пашков. — М.: Изд-во «Стандарты», 1997. — 462 с.
- 12 Федоров В.Д. Изменения в природных биологических системах / В.Д. Федоров. — М.: Спорт и культура, 2004. — 368 с.

А.М. Задағали, А.К. Жаманғара

Chlorella sp балдырын кейбір дәрілік препараттарға биотестілеу

Елімізде соңғы жылдары дәрілік препараттарды қоршаған ортаны ластаушы ретінде зерттеу жұмыстары қарқын алып келеді. Себебі елімізде фармацевтикалық препараттарды арнайы ақаба сулардан тазартатын құрылғылар қолданылмайды. Олар қоршаған ортаға әртүрлі жолмен енеді. Сондықтан дәрілік препараттарды тірі организмдерге биотестілеу зерттеулері жүріп жатыр. Мақалада парацетамол, азитромицин, супрастин дәрілерінің *Chlorella* sp балдырларының саны мен биомассасына әсерін бағалау үшін жүргізілген эксперименттердің нәтижелері берілген. *Chlorella* sp балдыры кең қолданылатын биотест ағза болып табылады. Зерттеу кезінде жоғарыда аталған препараттардың ішінде парацетамол балдырлардың саны мен биомассасына кері әсер етті. Хлореллаға парацетамолдың зиянды мінималды концентрациясы 5 мг/л, азитромициннің хлореллаға зиянды ең төменгі концентрациясы 200 мг/л, хлореллаға супрастиннің зиянды ең төменгі концентрациясы 8 мг/л болды. Парацетамол, азитромицин, супрастин препараттары *Chlorella* sp жасыл балдырларының санына әсерін салыстыру барысында парацетамол препараты ең жоғары әсер еткені байқалды. Парацетамолдың 10 мг/л концентрациясы хлорелла санын 0-ге жақындатты. Ал хлорелла биомассасына парацетамол мен супрастин препаратының жоғары концентрациясы ортаның ластанғандығын көрсетті.

Кілт сөздер: *Chlorella* sp, дәрілік препараттар, биотестілеу, биомасса.

А.М. Задагали, А.К. Жамангара

Биотестирование водорослей *Chlorella sp* на некоторые лекарственные препараты

В последние годы изучение лекарственных препаратов как загрязнителей в стране набирает обороты. Это связано с тем, что в стране не используются специальные устройства для очистки сточных вод для фармацевтических препаратов. Они попадают в окружающую среду разными путями. Поэтому ведутся исследования по биотестированию лекарств на живых организмах. В статье представлены результаты экспериментов, проведенных по оценке влияния парацетамола, азитромицина, супрастина на численность и биомассу водорослей *Chlorella sp*. Водоросли *Chlorella sp* являются широко используемыми организмами для биотестирования. Среди перечисленных выше препаратов в исследовании негативное влияние на численность и биомассу водорослей оказывал парацетамол. Минимальная вредная концентрация парацетамола для хлореллы составила 5 мг/л, минимальная вредная концентрация азитромицина для хлореллы — 200 мг/л, минимальная вредная концентрация супрастина — 8 мг/л. При сравнении действия парацетамола, азитромицина, супрастина на численность зеленых водорослей *Chlorella sp* отмечено, что наиболее высокий эффект оказывал парацетамол. Концентрация парацетамола 10 мг/л приблизила численность хлореллы к нулю. Высокие концентрации парацетамола и супрастина в биомассе хлорелл показали загрязнение окружающей среды.

Ключевые слова: *Chlorella sp*, лекарственные препараты, биотестирование, биомасса, вредная концентрация.

References

- 1 Kummerer, K. (2010). Pharmaceuticals in the Environment. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 35; 57–75.
- 2 Cooper, E., Siewicki, T., & Phillips, K. (2008). Preliminary risk assessment database and risk ranking of pharmaceuticals in the environment. *Sci. Total Environ.*, 398 (1-3); 26–33.
- 3 Sanderson, H., Johnson, D., Reitsma, T., Brain, R., Wilson, C., & Solomon, K. (2004). Ranking and prioritization of environmental risks. *Regul. Toxicol. Pharm.*, 39; 158–183.
- 4 Kurilenko, V.V. (2004). *Osnovy ekogeologii, bioindikatsii i biotestirovaniia [Base of ecology, bioindicating and biotesting]*. Saint Petersburg: Izdatelstvo Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta [in Russian].
- 5 Ananeva, L.P. (2005). *Spravochnik poliklinicheskogo vracha. Kombinirovannye analgetiki v lechenii bolevykh sindromov [Directory of the polyclinic doctor. Combined analgesics in the treatment of pain syndromes]*. Moscow [in Russian].
- 6 Bower, W.A., Johns, M., Margolis, H.S., Williams, I.T., & Bell, B.P. (2007). Population-based surveillance for acute liver failure. *The American journal of gastroenterology*, 10; 102.
- 7 National Center for Biotechnology Information (2022). PubChem Compound Summary for CID 1983, *Acetaminophen*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetaminophen>
- 8 Nadinskaia, M.Yu., & Ivashkin, V.T. (2004). Fulminantnaia pechenochnaia nedostatochnost: sovremennye predstavleniia o prichinakh, patogeneze i podkhodakh k lecheniiu [Fulminant hepatic failure: Current understanding of causes, pathogenesis and treatment approaches]. *Kafedra propedevtiki vnutrennikh boleznei MMA imeni I.M. Sechenova — Department of Propaedeutics of Internal Diseases of MMA named after I.M. Sechenov*, 6; 135 [in Russian].
- 9 Pavlova, I. (2012). *Lekarstvennye sredstva. Noveishii spravochnik [Medicinal products. The latest reference book]*. Moscow: AST [in Russian].
- 10 Krainiukova, A.N. (1988). *Metody biotestirovaniia vod [Methods of water biotesting]*. Chernogolovka: Institut khimicheskoi fiziki [in Russian].
- 11 Pashkov, E.V. (1997). *Mezhdunarodnye standarty ISO 1400. — Osnovy ekologicheskogo upravleniia [ISO 14000 International Standards. Fundamentals of Environmental Management]*. Moscow: Izdatelstvo «Standarty» [in Russian].
- 12 Fedorov, V.D. (2004). *Izmeneniia v prirodnykh biologicheskikh sistemakh [Changes in natural biological systems]*. Moscow: Sport i kultura [in Russian].

Б.В. Златанов*

Институт зоологии, Алматы, Казахстан
**Автор для корреспонденции: bor.zlat@mail.ru*

К фауне и экологии мух-журчалок (*Diptera, Syrphidae*) хребта Тарбагатай (Восточный Казахстан)

Представлены результаты исследований, проведенных в 2021 г. на некоторых участках южного макросклона хребта Тарбагатай, входящих в Тарбагатайский государственный национальный природный парк. Цель работы состоит в выявлении видового состава мух-журчалок Нацпарка и изучении их экологических особенностей. Исследования проводились по общепринятым в энтомологии методикам. Работа велась на 2 участках, находящихся в среднегорном высотном-ландшафтном поясе и 1 — в мелкосопочнике (южный отрог основного хребта). Выявлено 37 видов мух-журчалок, относящихся к 20 родам 10 триб 3 подсемейств. Локальная фауна журчалок очень неоднородна как внутри одного пояса (среднегорье), так и между поясами (среднегорье/мелкосопочник). Сходство фаун в первом случае составляет 21,4 %, во втором — 10,8. Журчалки отмечены на цветках растений 7 семейств: капустных, шиповниковых, сельдерейных, сложноцветных, мареновых, норичниковых и яснотковых. Наибольшее число видов мух встречено на сельдерейных — 73,1 %. Помимо цветущих растений значительное число видов мух (39,3 %) отмечено в других стадиях, таких как нецветущие растения и вегетативные части цветущих, на грунте, на водоеме и др. Прослежено распределение и соотношение видов сирфид в зависимости от пищевой специализации личиночной фазы. На всех участках доминируют энтомофаги, представленные в основном видами трибы Syrphini. Новизна настоящей работы обусловлена тем, что на хребте Тарбагатай до настоящего времени изучение мух-журчалок не проводилось. Результаты исследований значительно отличаются от данных, полученных автором ранее в Северном Тянь-Шане и в Джунгарском Алатау, так что можно говорить о большом своеобразии экологических особенностей локальной фауны сирфид региона.

Ключевые слова: мухи-журчалки, фауна, экология, Восточный Казахстан, Тарбагатай, растительность, среднегорье, мелкосопочник.

Введение

Мухи-журчалки — одно из наиболее обширных и заметных семейств двукрылых. Имаго питаются нектаром и пыльцой на цветках, наряду с пчелиными, имеют большое значение как опылители растений. Личинки журчалок наземные и водные. 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.

Семейство имеет давнюю историю изучения по всему миру и исследовано достаточно хорошо, однако новые виды выявляются постоянно. При этом фауна журчалок Казахстана изучена крайне слабо, в отличие от сопредельных стран [1–3].

Одной из наименее изученных территорий является Восточный Казахстан. К настоящему времени известна лишь одна публикация, посвященная сирфидофауне этого региона, представляющая собой сводку видов Маркакольского заповедника (Южный Алтай) [4].

Данная работа посвящена некоторым аспектам фауны и экологии сирфид Казахской части хребта Тарбагатай (Восточный Казахстан). Исследования здесь проведены впервые, поэтому список видов, приведенный в данной статье, не претендует на полноту.

Материал и методы

Работа проведена в мае и июле 2021 г. на территории Тарбагатайского государственного национального природного парка, расположенной на южном макросклоне хребта, в трех точках: **I.** ущелье р. Алет, 47°15'07.9»N 81°40'36.8»E, 989 м н.у.м.; **II.** ущелье р. Кельдымурат, 47°06'10.7»N 82°12'42.3»E, 737 м н.у.м.; **III.** южный отрог хребта — горы Карабас, 46°49'36.6»N 82°42'20.2»E, 749 м н.у.м. (рис. 1).



Рисунок 1. Точки проведения обследований в хр. Тарбагатай: I – ущелье р. Алет; II – ущелье р. Кельдымурат; III – горы Карабас. 2021 г.

Точки I и II расположены на крутом и изрезанном ущельями склоне основного хребта. Реки берут начало в верхней части хребта, имеют снеговое и дождевое питание, собирая массу притоков со склонов в виде ручьев. В теплое время года, особенно во второй половине лета, сильно мелеют и в Алакольской впадине иссякают, разобранные на полив. Древесный растительный покров здесь в основном представлен зарослями кустарников с тополевыми и осиновыми рощами, в ущельях тополевы и ивовые леса. Точка III находится в пустынно-степном мелкосопочнике с кустарниково-разнотравно-ковыльной растительностью [5], в пойме постоянного ручья, в нижнем течении уходящего в грунт.

Сбор материала проводился выкашиванием мух в травостое стандартным энтомологическим сачком, а также индивидуальным отловом с цветков и вегетативных органов растений сачком уменьшенного диаметра (20 см) с короткой рукояткой [6].

Результаты и обсуждение

В результате обследований в 2021 г. на южном макросклоне хребта Тарбагатай выявлены 37 видов мух-журчалок из 20 родов 10 триб 3 подсемейств:

Подсемейство Eristalinae

Триба Cerioidini

Род *Ceriana* Rafinesque, 1815

C. conopsoides (Linnaeus, 1758) — 24.05–09.07.2021, 7 ♀♀; ущелья Алет, Кельдымурат; на душице обыкновенной (*Origanum vulgare* L.)*, гулявнике Лёзеля (*Sisymbrium loeselii* L.), свербиге восточной (*Bunias orientalis* L.); на себе.

Триба Eristalini

Род *Eristalis* Latreille, 1804

E. (Eoseristalis) arbustorum (Linnaeus, 1758) — 07–11.07.2021, 6 ♂♂, 3 ♀♀; ущелье Алет, горы Карабас; на тысячелистнике обыкновенном (*Achillea millefolium* L.), болиголове пятнистом (*Coni-*

ummaculatum L.), икотник серо-зеленом (*Berteroaincana* (L.) DC.), коровяке джунгарском (*Verbascum-songaricum* Schrenk).

E. (Eoseristalis) interrupta (Poda, 1761) — 24.05–11.07.2021, 2 ♂♂, 1 ♀; ущелья Алет, Кельдымурат; парит, в «траве»**.

Род *Myathropa* Rondani, 1845

M. florea (Linnaeus, 1758) — 09–11.07.2021, 2 ♀♀; ущелья Алет, Кельдымурат; на жабрице бухтарминской (*Seselibuchtormense* (Fisch. ex Hornem.) W.D.J. Koch).

Триба Eumerini

Род *Eumerus* Meigen, 1822

E. tadzhiicum Stackelberg, 1949 — 22.05.2021, 1 ♂; горы Карабас; на грунте.

E. sp. — 22.05.2021, 1 ♂; горы Карабас; в паучьей сети.

Род *Merodon* Meigen, 1803

M. (Merodon) serrulatus (Wiedemann Meigen, 1822) — 23.05.2021, 1 ♂; горы Карабас; в траве.

Триба Milesiini

Род *Spilomyia* Meigen, 1803

S. diophthalma (Linnaeus, 1758) — 11.07.2021, 1 ♂; ущелье Алет; на сельдерейных.

Триба Rhingini

Род *Cheilosia* Meigen, 1822

Ch. (Cheilosia) gigantea (Zetterstedt, 1838) — 22–27.05.2021, 2 ♀♀; ущелье Алет, горы Карабас; на сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria* L.); в траве.

Ch. (Cheilosia) sp. aff. pagana (Meigen, 1822) — 11.07.2021, 1 ♀; ущелье Алет; на репешке азиатском (*Agrimonia asiatica* Juz.).

Ch. (Cheilosia) proxima (Zetterstedt, 1843) — 27, 28.05.2021, 1 ♂, 1 ♀; ущелье Алет; на свербиге восточной.

Ch. (Cheilosia) schnabli Becker, 1894 — 07.07.2021, 1 ♂, 1 ♀; горы Карабас; на болиголове пятнистом.

Ch. (Eucartosyrphus) scutellata (Fallén, 1817) — 11.07.2021, 1 ♂; ущелье Алет; на сельдерейных.

Ch. (Cheilosia) velutina Loew, 1840 — 11.07.2021, 1 ♀; ущелье Алет; на сельдерейных.

Триба Volucellini

Род *Volucella* Geoffroy, 1762

V. bombylans (Linnaeus, 1758) — 27.05.2021, 1 ♂; ущелье Алет; в траве.

V. pellucens (Linnaeus, 1758) — 09.07.2021, 1 ♂; ущелье Кельдымурат; парит.

Подсемейство Pipizinae

Триба Pipizini

Род *Pipiza* Fallén, 1810

P. sp. — 24.05.2021, 1 ♀; ущелье Кельдымурат; водопой.

Род *Pipizella* Rondani, 1856

P. mongolorum Stackelberg, 1952 — 27.05–10.07.2021, 2 ♂♂, 1 ♀; ущелья Алет, Кельдымурат; на жабрице бухтарминской, сныти обыкновенной; в траве.

P. virens Fabricius, 1805 — 11.07.2021, 1 ♂; ущелье Алет; на сельдерейных.

Подсемейство Syrphinae

Триба Paragini

Род *Paragus* Latreille, 1804

P. (Paragus) bicolor (Fabricius, 1794) — 07.07.2021, 2 ♂♂; горы Карабас; на подмареннике распростертом (*Galium humifusum* M. Vieb.); в траве.

P. (Pandasyophthalmus) sp. aff. expressus Sorokina et Cheng, 2007 — 07.07.2021, 1 ♂; горы Карабас; на болиголове пятнистом.

P. (Pandasyophthalmus) haemorrhous Meigen, 1822 — 24.05–09.07.2021, 5 ♂♂, 1 ♀; ущелье Кельдымурат; на подмареннике распростертом, володушке золотистой (*Vupleurum aureum* Fisch. ex Hoffm.),

лабазнике вязолистном (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), душице обыкновенной, лапчатке (*Potentilla* sp.).

P.(Paragus) otenicus Stănescu, 1977 — 09.07.2021, 1 ♀; ущелье Кельдымурат; в траве.

Триба Vacchini

Род *Platycheirus* Lepeletier et Serville, 1828

P.sp. — 24.05.2021, 1 ♀; ущелье Кельдымурат; на одуванчике (*Taraxacum* sp.).

Триба Syrphini

Род *Chrysotoxum* Meigen, 1803

Ch. festivum (Linnaeus, 1758) — 22.05–11.07.2021, 2 ♀♀; ущелья Алет, Карабас; на сердечнице крупковидной (*Cardaria draba* (L.) Desv.), феруле (*Ferula* sp.); в траве.

Ch. sp. aff. rubzovi Violovitsh, 1973 — 11.07.2021, 1 ♂; ущелье Алет; на сельдерейных.

Ch. vernale Loew, 1841 — 24.05.2021, 2 ♀♀; ущелье Кельдымурат; в траве.

Род *Dasysyrphus* Enderlein, 1938

D. albostrigatus (Fallén, 1817) — 10.07.2021, 1 ♂; Кельдымурат; на сельдерейных.

Род *Episyrphus* Matsumura et Adachi, 1917

E. balteatus (De Geer, 1776) — 10, 11.07.2021, 3 ♀♀; ущелья Алет, Кельдымурат; на коровяке джунгарском, на володушке золотистой; в траве.

Род *Eupeodes* Osten Sacken, 1877

E. corollae (Fabricius, 1794) — 07.07.2021, 1 ♀; горы Карабас; на коровяке джунгарском.

E. latifasciatus (Macquart, 1829) — 11.07.2021, 1 ♂; ущелье Алет; на сельдерейных.

Род *Scaeva* Fabricius, 1805

S. albomaculata (Macquart, 1842) — 23.05.2021, 1 ♂; горы Карабас; на сердечнице крупковидной.

S. pyrastris (Linnaeus, 1758) — 22.05.2021, 1 ♂, 3 ♀♀; горы Карабас; на феруле; в траве, на грунте, парит.

Род *Sphaerophoria* Lepeletier et Serville, 1828

Sph.(Sphaerophoria)scripta (Linnaeus, 1758) — 24.05–11.07.2021, 5 ♂♂; ущелья Алет, Кельдымурат, Карабас; на подмареннике распростертом, сельдерейных; в траве.

Род *Syrphus* Fabricius, 1775

S. ribesii (Linnaeus, 1758) — 11.07.2021, 1 ♀; ущелье Алет; на володушке золотистой.

S. vitripennis Meigen, 1822 — 28.05–11.07.2021, 2 ♀♀; ущелье Алет; на володушке золотистой, свербиге восточной.

Род *Xanthogramma* Schiner, 1860

X.pedissequum (Harris, 1776) — 27.05.2021, 1 ♂; ущелье Алет; в траве.

* при последующем упоминании в списке виды растений приведены без латинских названий.

**в траве — вид отмечен на вегетативных органах цветущих растений или на нецветущих растениях.

Видовой состав сирфид обследованных территорий крайне неоднороден. Сравнение локальных фаун ущелий Алет и Кельдымурат показало, что, несмотря на нахождение в одном высотнo-ландшафтном поясе (среднегорье) и относительно небольшое расстояние между ними (≈ 45 км), их сходство составляет всего 21,4 %, т.е. они обладают всего 6 общими видами (*Cerianaconopsoides*, *Episyrphus balteatus*, *Eristalis interrupta*, *Myathropa florea*, *Pipizella mongolorum* и *Sphaerophoria scripta*). Естественно еще большее различие между этими точками и горами Карабас (мелкосопочник): сходство фаун составляет 10,8 %, т.е. 4 общих вида (*Cheilosia gigantea*, *Chrysotoxum festivum*, *Eristalisar bustorum* и *Sph. scripta*). Причем эти виды разные для сравниваемых районов, за исключением *Sph. scripta*, присутствующего во всех точках. На уровне родов различие рассматриваемых районов несколько меньше, но все равнозначительное: сходство фаун Алет/Кельдымурат — 41,2 %, Алет+Кельдымурат/Карабас — 30,0 %. Роды *Spilomyia*, *Syrphus* и *Xanthogramma* отмечены только в ущелье Алет; *Pipiza*, *Platycheirus* и *Dasysyrphus* — в ущелье Кельдымурат; *Eumerus*, *Merodon* и *Scaeva* — в горах Карабас.

Количество видов мух-журчалок по семействам растений распределено следующим образом: на цветках капустных (Brassicaceae) отмечено 6, на мареновых (Rubiaceae) и норичниковых (Scrophulari-

aceae) — по 3, на шиповниковых (*Rosaceae*), сложноцветных (*Asteraceae*) и яснотковых (*Lamiaceae*) — по 2 вида. Максимальное число видов мух отмечено на сельдерейных (*Ariaceae*) — 19 (73,1 %) (рис. 2). Такая диспропорция связана, вероятно, с флористическими особенностями Тарбагатай во время сбора материала — качественным и количественным доминированием цветущих сельдерейных над прочими семействами травянистых растений. Кроме того, обращает на себя внимание резкое различие в числе видов мух, посетивших сельдерейные, капустные и сложноцветные. В соседнем хребте Джунгарский Алатау картина другая, последние два семейства растений лишь немногим уступают сельдерейным по этому показателю [7], по другим данным сложноцветные преобладают [8].

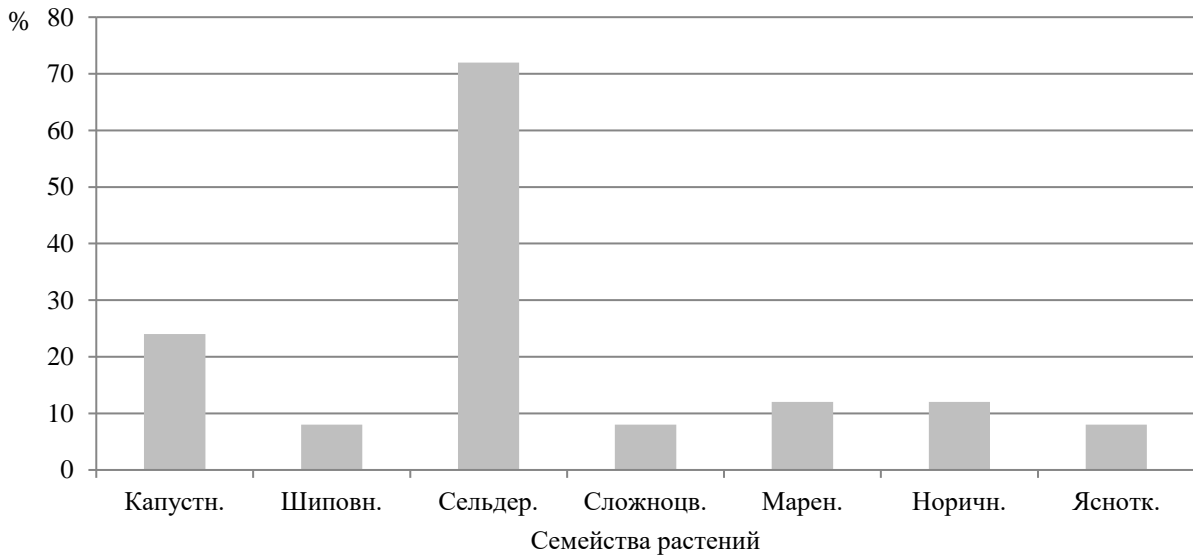


Рисунок 2. Соотношение количества видов мух-журчалок (%) на семействах растений. Хр. Тарбагатай, южный макросклон. 2021 г.

Значительное число видов сирфид в рассматриваемых точках отмечено не на цветках — 37,8 %, в основном на вегетативных частях растений или на не цветущих растениях (в траве) (*Eristalis interrupta*, *Merodon serrulatus*, *Paragus oltenicus*, *Chrysotoxum vernale*, *Volucella bombylans* и *Xanthogramma pedissequum*), а также на грунте (*Eumerus tadjicorum* и *Sphaerophoria scripta*), парящими в воздухе (*E. interrupta*, *Scaeva pyrastris* и *Volucella pellucens*), на водопое (*Pipiza* sp.) (рис. 3). Особи *Cerianaconopsoides* отловлены на себе, *Eumerus* sp. обнаружен в паучьей сети. На гистограмме две последние станции (паучья сеть отнесена к «станции» условно) объединены в «прочее».

На цветущих растениях отмечены 70,3 % видов сирфид, из которых подавляющее количество, или 59,5 % от общего числа видов, отловлены только на цветках. И на цветках, и в траве отмечены 10,8 %.

В то время как имаго мух питаются нектаром и пыльцой, их личинки, в зависимости от родовой принадлежности, имеют широкий спектр пищевой специализации:

- сапрофаги — *Eristalis* и *Myathropa* обитают в загрязненных разлагающейся органикой водоемах, питаются, вероятно, сапробиотическими бактериями, *Chrysotoxum* развиваются преимущественно в гниющей древесине, а также в прелых листьях, компосте; *Spilomyia* — во влажной трухе в дуплах лиственных деревьев;
- фитофаги — *Eumerus* и *Merodon* развиваются в корневищах и луковицах растений; *Cheilosia* — в стеблях травянистых растений, во вздутых корнях, в минах на листьях;
- энтомофаги — *Dasyrphus*, *Episyrphus*, *Eupeodes*, *Paragus*, *Pipiza*, *Pipizella*, *Platycheirus*, *Scaeva*, *Sphaerophoria*, *Syrphus*, *Xanthogramma* питаются тлей и другими мелкими насекомыми на растениях;
- фитоэксскретфаг — *Ceriana* обитает в пасоке;
- пищевая специализация *Volucella* не ясна, личинки развиваются в гнездах шмелей и ос.

Заметна большая диспропорция в соотношении видов с различной пищевой специализацией в изучаемых высотно-ландшафтных поясах, как в количественная, так и качественная (рис. 4). На гистограмме роды *Ceriana* и *Volucella* отнесены в «прочие».

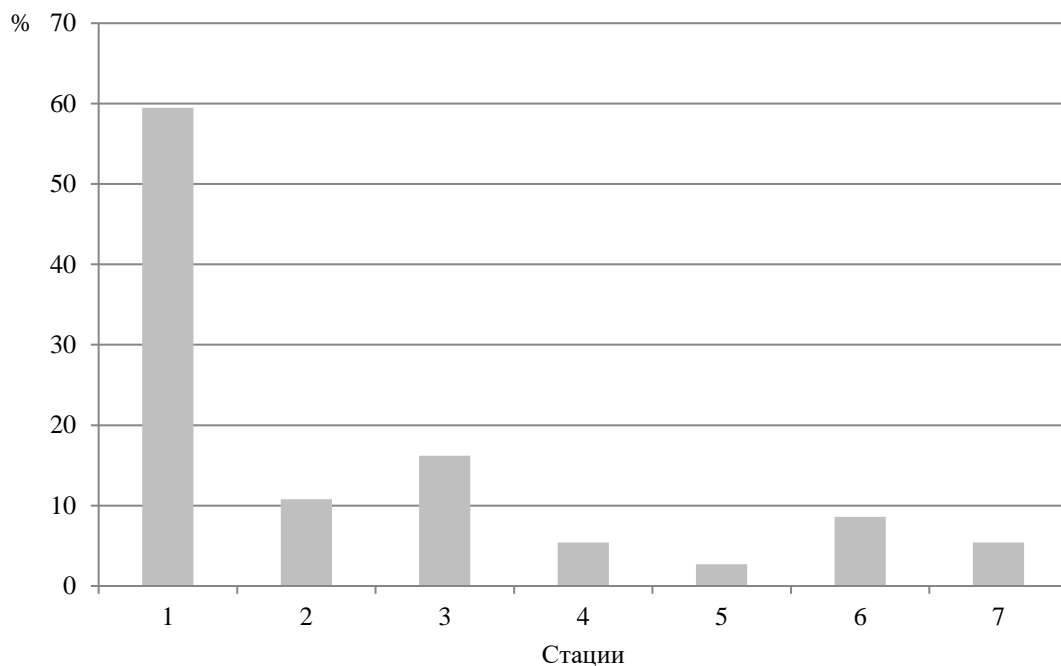


Рисунок 3. Распределение количества видов мух-журчалок (%) по станциям в рассматриваемых точках: 1 — цветки; 2 — цветки + трава; 3 — трава; 4 — грунт; 5 — водопой; 6 — парение; 7 — прочее. Хр. Тарбагатай, южный макросклон. 2021 г.

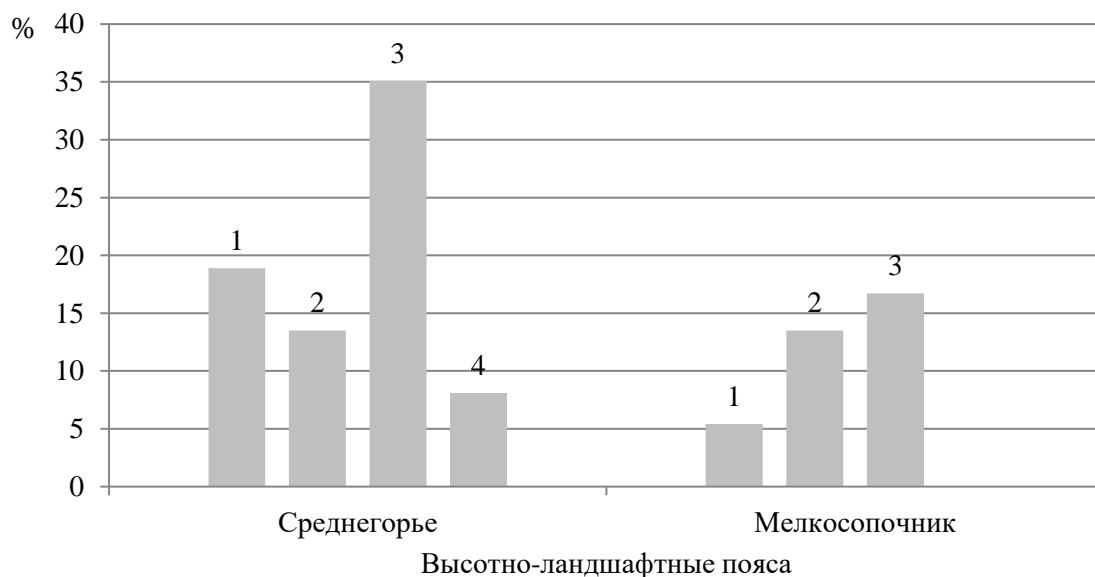


Рисунок 4. Соотношение количества видов мух-журчалок (%) с различной пищевой специализацией личинок в разных высотно-ландшафтных поясах: 1 — сапрофаги; 2 — фитофаги; 3 — энтомофаги; 4 — прочие. Хр. Тарбагатай, южный макросклон. 2021 г.

Количественная диспропорция естественна для районов с различным типом растительности: в мелкосопочнике с преобладанием ксерофитов видовое разнообразие антофильных двукрылых значительно ниже, чем в среднегорье с мезофильной растительностью. Наряду с этим, обращает на себя одинаковая численность фитофагов в обоих поясах, несмотря на полное их отсутствие в ущелье Кельдымурат (рис. 5). Их доля в мелкосопочнике относительно велика, приближается к энтомофагам, доминирующим во всех рассматриваемых точках.

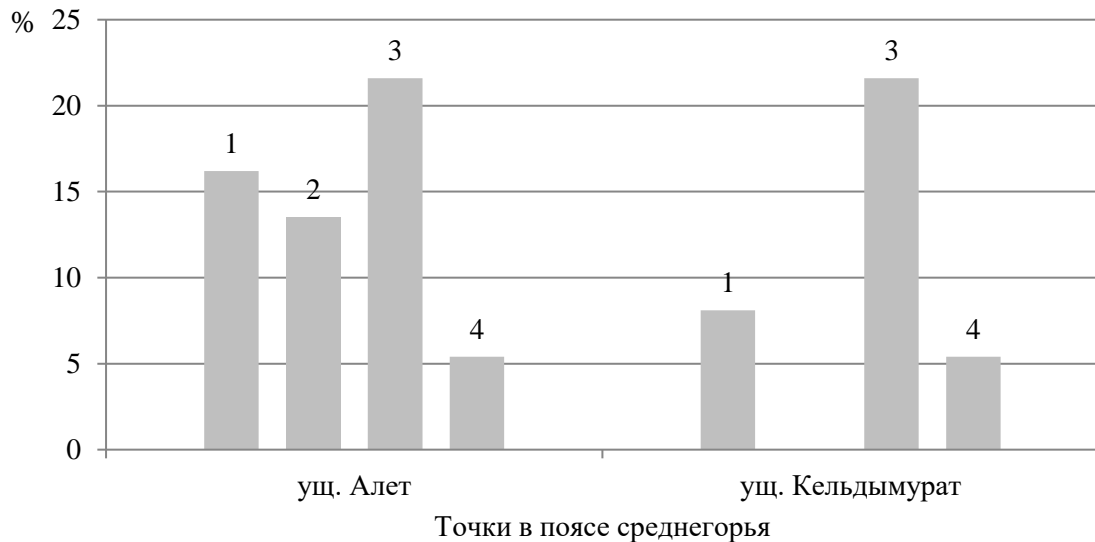


Рисунок 5. Соотношение количества видов мух-журчалок (%) с различной пищевой специализацией личинок в точках среднегорного пояса: 1 — сапрофаги; 2 — фитофаги; 3 — энтомофаги; 4 — прочие.
Хр. Тарбагатай, южный макросклон. 2021 г.

Заключение

По данным 2021 г., локальная фауна мух-журчалок южного макросклона хребта Тарбагатай насчитывает как минимум 37 видов. Для нее характерна крайняя разнородность: сходство сублокальных фаун составляет всего 21,4 % в среднегорном поясе и 10,8 % между среднегорьями и мелкосопочником.

Подавляющее большинство видов отмечено на цветках растений семейства сельдерейных. Бросается в глаза значительное превалирование по этому показателю сельдерейных над капустными (в 3 раза) и сложноцветными растениями (в 9 раз). Такой разрыв не характерен для этих семейств растений, обладающих сопоставимой привлекательностью для сирфид.

На всех участках доминируют виды, личинки которых являются энтомофагами.

Исследования проведены в рамках проекта АРО9259987 «Оценка разнообразия фауны насекомых Государственного национального природного парка «Тарбагатай», ее мониторинг, сохранение и устойчивое использование».

Список литературы

- 1 Пэк Л.В. Таксономический анализ фауны сирфид (*Diptera, Syrphidae*) Средней Азии / Л.В. Пэк // Энтомологические исследования в Киргизии. — 1988. — Вып. 19. — С. 73–82.
- 2 Huang C.-M. Fauna Sinica, Insecta. Volume 50, Diptera: Syrphidae / C.-M. Huang, X.-Y. Cheng. — Beijing: Science Press, 2012. — 852 p.
- 3 Barkalov A.V. Checklist of the hover-flies (*Diptera, Syrphidae*) of Russia / A.V. Barkalov, V.A. Mutin // Euroasian Entomological Journal. — 2018. — Vol. 17, No. 6. — P. 166–510.
- 4 Баркалов А.В. К фауне мух-журчалок (*Diptera, Syrphidae*) Маркакольского заповедника / А.В. Баркалов, В.К. Зинченко // Тр. Маркакольского ГПЗ. — 2009. — Т. 1, Ч. 1. — С. 208–211.
- 5 Степанова Е.Ф. Растительность и флора хребта Тарбагатай / Е.Ф. Степанова. — Изд. АН КазССР, 1962. — 435 с.
- 6 Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К.К. Фасулати. — М.: Высш. шк., 1971. — 424 с.
- 7 Златанов Б.В. К фауне и экологии мух-журчалок (*Diptera, Syrphidae*) хребта Джунгарский Алатау (Юго-Восточный Казахстан) / Б.В. Златанов // Selevinia. — 2019. — Т. 27. — С. 37–50.
- 8 Златанов Б.В. К фауне мух-журчалок (*Diptera, Syrphidae*) Жонгар-Алатауского государственного национального природного парка (Юго-Восточный Казахстан) / Б.В. Златанов // Тр. Мордовского ГПЗ. — 2018. — № 21. — С. 205–222.

Б.В. Златанов

Тарбағатай жотасындағы (Шығыс Қазақстан) ызындауық-шыбындардың (Diptera, Syrphidae) фаунасы мен экологиясы туралы

Мақалада Тарбағатай мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің құрамына кіретін Тарбағатай жотасының оңтүстік макробеткейлерінің кейбір бөліктерінде 2021 ж. жүргізілген зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Жұмыстың мақсаты, ұлттық парктегі ызындауық-шыбындардың (Diptera, Syrphidae) түр құрамын (фаунасы) және олардың экологиялық ерекшеліктерін зерттеу. Зерттеулер энтомологияда жалпыға бірдей қабылданған әдістермен жүргізілді. Жұмыс екі учаскеде жүрген, яғни ортаңғы таулы биіктік ландшафттық белдеуде және шағын шоқыларда (негізгі жотаның оңтүстік сілемі). Ызындауық-шыбындардың 3 туыстас тармағының 20 тұқымдасы мен 10 трибасына жататын 37 түрі анықталды. Ызындауық-шыбындардың бір белдеуліктегі (орташа таулардағы) және белдеуліктер (орташа таулар/ұсақ шоқылар) арасындағы жергілікті фаунасы бірдей еместігі айқындалды. Бірінші жағдайда ұқсастық 21,4%, екіншісі — 10,8 %. Ызындауықтар гүлді өсімдіктердің 7 туыстасынан белгілі болды. Олар: *Brassicaceae*, *Rosaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Rubiaceae*, *Scrophulariaceae* және *Lamiaceae*. Шыбындардың ең көп кездескені балдыркөктерде — 73,1 %. Гүлдеп тұрған өсімдіктерден басқа, шыбындар басқа стацияларда, гүлді өсімдіктердің вегетативті бөліктерінен, жер бетінен, суаттардан басқада жерлерден анықталды. Сирфидтердің дернәсіл сатысының қорекке мамандануына байланысты, түрлердің ара қатынасы мен бөлінуі бақыланды. Барлық учаскілерде Syrphini трибасына жататын энтомофаг түрлері басым болды. Бұл жұмыстың жаңалығы, осы кезге дейін Тарбағатай жотасындағы ызындауық шыбындардың зерттелмегендігі болып табылады. Зерттеу нәтижелері автордың бұрын Солтүстік Тянь-Шань мен Жоңғар Алатауында алған деректерінен айтарлықтай ерекшеленеді, сондықтан аймақтағы жергілікті сирфидтердің түр құрамының және өте үлкен өзіндік экологиялық ерекшелігі бар деп айтуға болады.

Кілт сөздер: ызындауық-шыбындар, түр құрамы, экология, Шығыс Қазақстан, Тарбағатай, өсімдіктер, орта таулар, ұсақ шоқылар.

B.V. Zlatanov

On the fauna and ecology of hoverflies (Diptera, Syrphidae) of the Tarbagatai Ridge (Eastern Kazakhstan)

The results of studies conducted in 2021 in some areas of the southern macroslope of the Tarbagatai Ridge, which are part of the Tarbagatai State National Natural Park, are presented. The purpose of the work is to identify the species composition of hoverflies in the national park and study their ecological characteristics. The studies were carried out according to generally accepted methods in entomology. The work was carried out on 2 sites located in the mid-mountain altitudinal landscape zone and 1 — in the small hills (the southern spur of the main ridge). 37 species of hoverflies belonging to 20 genera of 10 tribes of 3 subfamilies were identified. The local hoverfly fauna is heterogeneous both within one belt (middle mountains) and between belts (middle mountains/small hills). The similarity of faunas in the first case is 21.4%, in the second — 10.8%. Hoverflies were found on flowers of plants of 7 families: *Brassicaceae*, *Rosaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Rubiaceae*, *Scrophulariaceae*, and *Lamiaceae*. The largest number of fly species was found on the family *Apiaceae* — 73.1%. In addition to flowering plants, a significant number of fly species (39.3%) were noted in other habitats, such as non-flowering plants and vegetative parts of flowering plants, on the ground, at a watering place, etc. The distribution and ratio of syrphid species depending on the food specialization of the larval phase were traced. Entomophagous dominate in all areas, represented mainly by species of the tribe Syrphini. The novelty of this work is due to the fact that hoverflies have not been studied in the Tarbagatai Ridge so far. The research results are significantly different from the data obtained by the author earlier in the Northern Tien Shan and the Dzungarian Alatau. Thus, it points out the great peculiarity of the ecological features of the local fauna of the syrphidflies of the region.

Keywords: hover-flies, fauna, ecology, Eastern Kazakhstan, Tarbagatai, vegetation, middle mountains, small hills.

References

- 1 Peck, L.V. (1988). Taksonomicheskii analiz fauny sirfid (Diptera, Syrphidae) Srednei Azii [Taxonomic analysis of the fauna of Syrphids (Diptera, Syrphidae) of Central Asia]. *Entomologicheskii issledovaniia v Kirgizii — Entomological research in Kyrgyzstan*, 19, 73–82 [in Russian].

- 2 Huang, C.-M., & Cheng, X.-Y. (2012). *Fauna Sinica, Insecta. Volume 50, Diptera: Syrphidae*. Beijing: Science Press.
- 3 Barkalov, A.V., & Mutin, V.A. (2018). Checklist of the hover-flies (*Diptera, Syrphidae*) of Russia. *Euroasian Entomological Journal*, 17 (6); 166–510.
- 4 Barkalov, A.V., & Zinchenko, V.K. (2009). К фауне мух-журчалок (*Diptera, Syrphidae*) Маркаколского заповедника [To the fauna of hover-flies (*Diptera, Syrphidae*) of the Markakol Reserve]. *Trudy Markakolskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika — Proceedings of the Markakol State Natural Reserve*, 1 (1), 208–211 [in Russian].
- 5 Stepanova, E.F. (1962). *Rastitelnosti flora khrebtа Tarbagatai [Vegetation and flora of the Tarbagatai Ridge]*. Alma-Ata: Akademiia nauk Kazakhskoi SSR [in Russian].
- 6 Fasulati, K.K. (1971). *Polevoe izuchenie nazemnykh bespozvonochnykh [Field study of terrestrial invertebrates]*. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian].
- 7 Zlatanov, B.V. (2019). К фауне и экологии мух-журчалок (*Diptera, Syrphidae*) хребта Дзхунгарский Алатау (Yugo-Vostochnyi Kazakhstan) [To the fauna and ecology of the hover-flies (*Diptera, Syrphidae*) of the Dzungarian Alatau Range (South-Eastern Kazakhstan)]. *Selevinia*, 27, 37–50 [in Russian].
- 8 Zlatanov, B.V. (2018). К фауне мух-журчалок (*Diptera, Syrphidae*) Zhongar-Alatauskogo gosudarstvennogo natsionalnogo prirodnogo parka (Yugo-Vostochnyi Kazakhstan) [To the fauna of hover flies (*Diptera, Syrphidae*) of the Zhongar-Alatau State National Natural Park (South-Eastern Kazakhstan)]. *Trudy Mordovskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika — Proceedings of the Mordovia State Natural Reserve*, 21, 205–222 [in Russian].

M.S. Isabekova*, L.B. Umiraliyeva

Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: molia_07@mail.ru

Studying the physiological and biochemical properties of lactic bacteria cultures in the creation of sourdough for bread

The article presents the results of screening lactic acid bacteria cultures of the genus *Lactobacillus* and *Pediococcus* from the collection of Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry, previously isolated from wheat grain, flour, rye starter cultures, as well as kumis and shubat. For a comprehensive assessment of probiotic properties of the selected 7 strains of lactic acid bacteria, their physiological and biochemical properties were studied: acid-forming, antagonistic activity, saccharolytic profile, resistance to various concentrations of bile, sodium chloride, growth at different pH values, antibiotic resistance. As a result of strains screening 5 most active cultures of lactic acid bacteria were selected for inclusion in the sourdough for bread: *Limosilactobacillus pontis* 9K3, *Limosilactobacillus fermentum* 3III1, *Lb. paracasei* 82, *Lb. paracasei* 114, *Lacticaseibacillus paracasei* 126. The selection criteria were high enzymatic, acid-forming, proteolytic and antagonistic activity of the strains against opportunistic and pathogenic microflora (*B. subtilis* ATCC 6633, *Escherichia coli*-1257, *Staphylococcus sp.*209-P, *Salmonella Typhimurium*). We show that this result of the analysis indicates the prospects of using a consortium of these cultures to obtain a probiotic starter culture for bakery products. This, in turn, will increase production efficiency, ensure the quality and safety of food products in the baking industry.

Keywords: starter culture, lactic acid bacteria, bread, pure culture, *Limosilactobacillus*, *Pediococcus*, probiotic properties, antibiotic resistance.

Introduction

In modern conditions, bakery products in human life have a special place in nutrition. According to the Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan annually produces about 640 thousand tons of bread and bakery products. However, the microbiological quality of grain and flour is deteriorating more and more every year [1–6]. To prevent the spoilage of bread, physical, chemical, and biological methods of suppression of alien microflora are used. Biological methods are more attractive and widespread, in particular, the use of starter cultures with antimicrobial properties [7–9]. Sourdough is a semi-finished product made from water and flour, which contains lactic acid bacteria and yeast. Mankind has been using sourdough to make bread for over 4,000 years. Starter cultures containing pure cultures of yeast and lactic acid bacteria introduced in sufficient quantities provide fast, reliable stabilization of the dominant microflora, good fermentation, and guarantee production against accidents. With the help of pure cultures, it is possible to intelligently control the work of microbes and use their activity in a given direction [10–13]. The use of starter cultures for bread can reduce the risk of contamination of not only spoilage microorganisms, but also pathogenic microorganisms, and also reduce the risk of the formation of mycotoxins, which is important for obtaining microbiologically safe products [14–21].

However, for bread starters to bring significant benefits, it is necessary to correctly select species for one or another technological scheme, constant control over the purity and activity of the culture, strict adherence to technology, and, finally, proper microbiological control, which allows monitoring the development of introduced microorganisms. Bakeries are constantly in need of effective starter cultures that can fight the ever-changing spontaneous microflora of flour, as well as ensure the full quality of bread and bakery products.

The purpose of the work is to isolate new active domestic cultures of yeasts and lactic acid bacteria that have probiotic properties to create on their basis new consortia and starter cultures of domestic origin for the production of bakery products.

Experimental

The object of research was cultures of lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* and *Pediococcus* from the collection of Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (KazRIPFI), previously isolated from a grain of wheat, flour, rye sourdoughs, as well as kumis and shubat. LAB cultures were maintained on an MRS medium (cultivation was carried out at a temperature (of 37 ± 1 °C) for 48 hours.

The maintenance and study of industrially valuable cultures of microorganisms were carried out according to the standard research protocol [21] and generally accepted methods [23–25].

Determination of acid formation activity. The energy of acid formation was determined by the quantity of lactic acid which is accumulated by lactic acid bacteria with minimal contamination of skimmed milk (or whey) for 17 hours [21]. To determine the energy of acid formation in the studied cultures, they were sown in the amount of 0.1 ml in 10 ml of milk. The culture tubes were placed in a thermostat at a temperature of $37 \pm 1^\circ$. After 17 hours, the energy of acid formation was determined according to the Turner method. To do this, 10 ml of the sample was diluted with 20 ml of distilled water, followed by the addition of 1-2 drops of the phenolphthalein indicator. Titration was carried out with 0.1 N NaOH until a stable pink color was obtained. The results were expressed in Turner degrees according to the formula: $K = X \times 10$ (where K is the energy of acid formation, X is the amount of NaOH used for titration in ml, 10 is the conversion factor of ml to Turner degrees).

Determination of resistance to antibiotics. Resistance to antibacterial drugs was determined by the disc-diffusion method in accordance with the method specified in MUC 4.2.1890-04 “Determination of the sensitivity of microorganisms to antibacterial drugs”. MRS-agar was used as a nutrient medium, which was poured into sterile Petri dishes so that the layer thickness was $4 = 0.5$ mm. 1 cm³ inoculates of the studied strain were applied to the surface of MRS- agar and evenly distributed over the surface of the nutrient medium, then discs impregnated with standard solutions of rifampicin, kanamycin, oleandomycin, pefloxacin, lincomycin, furazolidone, ampicillin, benzylpenicillin, erythromycin, vancomycin, gentamicin, tetracycline were applied using sterile tweezers. After, the Petri dish was thermostated at $37 \pm 1^\circ\text{C}$ for 18–24 hours. Resistance to antibacterial drugs was assessed by growth retardation zones around the discs. All studies were carried out in 3-5-fold repetition.

Determination of lactic acid cultures' proteolytic activity was carried out on milk agar, which was inoculated with a culture of lactic acid bacteria to obtain isolated colonies. 1 ml of culture or appropriate dilution was pipetted into Petri dishes and poured into 10-15 ml of molten and cooled to 40–45 °C milk agar. The inoculum was thoroughly mixed with milk agar. After the agar solidified, the Petri dishes were turned upside down and kept in a thermostat at a temperature of 30 °C for 48 h. After incubation, colonies were counted, around which clearing zones formed by proteolytic microorganisms were observed, and the diameter of clearing zones was measured.

Determination of antagonistic activity. The use of cultures of lactic acid bacteria-antagonists to *B. subtilis* and mold fungi in the form of wheat sourdoughs in various methods of preparing wheat bread guarantees its microbiological safety and prevents potato disease. The primary study of antagonism in lactic acid bacteria was carried out using the method of perpendicular strokes, as well as the method of diffusion in agar concerning indicator cultures *B. subtilis* ATCC 6633 (test culture for determining antibiotic activity), *Escherichia coli*-1257, *Staphylococcus sp.*209-P, *Salmonella typhimurium* with slight modification. Nutrient Agar medium (Hi Media Laboratories Pvt. Ltd. Mumbai — 400086, India) was used for this. Test cultures in the form of a cell suspension in an amount of 1 billion/ml (according to the bacterial turbidity standard) were applied to the surface of a dense medium in Petri dishes, after which 5 mm wells were cut out in the medium with a sterile spout, 3 wells for each studied strain of lactic acid bacteria. 40 µl of supernatant was added to each well. LAB supernatants were obtained as follows: 1 mL of LAB culture was added to 20 ml of MRS liquid medium, incubated for 24 hours at 37 °C. The cells were then removed by centrifugation at 8000xg rpm for 5 min. The supernatant was added to the first well. To eliminate the inhibitory activity due to organic acids, the pH of the supernatant was adjusted to pH 6.0 by adding 1 MNaOH and then added in a volume of 35 µl to the second well. The supernatant with pH 6.0 was added to the third well, and, in addition, catalase at a final concentration of 1 mg per 1 ml was added to it to eliminate hydrogen peroxide. The cups were placed in a thermostat for a day. A positive result for the presence of bacteriocin in the supernatant was the presence of a zone of growth inhibition of test cultures around the third well.

Determination of bile resistance was carried out as follows: in the MRS medium containing bile at a concentration of 20, 30, 40 % (pH 6.8-7.0), the test culture was inoculated (one loop per 8-10 ml of the medium) and thermostated for 48 hours at a temperature of 37°C. Culture growth or its absence was noted after shaking the tube by the presence or absence of turbidity and by microscopy.

Definition of resistance to NaCl was carried out in an MRS medium containing various concentrations of NaCl (2, 4, 6 %). The studied culture was inoculated in the amount of 1 loop per 8-10 ml of hydrolyzed milk (pH 6.8-7.0). The inoculations were kept in a thermostat for 48 hours at a temperature 37°C. Culture

growth or its absence was noted visually by the presence or absence of turbidity after shaking. The tubes were also controlled by a microscopic preparation.

Determination of resistance to the alkaline reaction of the environment (pH 8.3; 9.2; 9.6) was carried out by seeding one loop of the studied culture per 10 ml of medium (meat-peptone broth with 2 % yeast autolysate) with different pH values. The crops were kept at 37°C for 48 hours. Growth was determined similarly to culture growth in a medium with bile [21].

Results and Discussion

For a comprehensive assessment of the probiotic properties of lactic acid bacteria cultures that are promising for inclusion in the composition of starter cultures for bread, we studied their physiological and biochemical properties: resistance to various concentrations of bile, sodium chloride, growth at various pH values, acid-forming, antagonistic activity, and antibiotic resistance.

Active growth at a bile concentration in the medium of 20 and 30 % was shown by all the studied strains. At a content of 40 % bile in the medium, strains grow *Limosilactobacillus pontis* 9K3, *Lb. fermentum* 3Sh1, *Lb. paracasei* 82, *Lb. paracasei* 114. These strains are considered to be highly resistant to bile and can be used for the production of probiotic preparations.

All 7 strains that were studied grew well in a nutrient medium containing 2 and 4 % NaCl. However, in the nutrient medium that had a concentration of 6 % NaCl, only two of the strains showed growth: *Limosilactobacillus pontis* 9K3 and *Lb. paracasei* 82, these strains grew well along the entire length of the culture liquid column.

Table 1 presents the results of determining the activity of acid formation, primary antagonistic, and proteolytic activity in 7 strains of lactic acid bacteria.

Table 1

Characterization of physiological and biochemical parameters of lactic acid bacteria cultures from the KazRIPFI collection of microorganisms

Strain	pH	Energy of acid formation	Antagonistic activity (to <i>Bacillus subtilis</i> ATCC-6633), zone diameter, mm	Proteolytic activity, zone diameter, mm
<i>Lactobacillus plantarum</i> Smg-1	4.3	164±5.1	10±0.2	8±0.3
<i>Lb. paracasei</i> 82	4.0	360.4±0.6	23±1.2	5±0.2
<i>Lacticaseibacillus paracasei</i> 126	4.1	310.2±2.7	26±2.0	9±0.3
<i>Lb. paracasei</i> 114	4.1	280.4±2.0	23±0.6	9±0.2
<i>Pediococcus acidilactici</i> P2-6	4.2	165±3.2	21±2.2	10±0.5
<i>Limosilactobacillus pontis</i> 9K3	4.1	103±1.2	16.0±1.5	9±0.2
<i>Lb. fermentum</i> 3SH1	4.0	120±2.1	13.1±0.2	10±0.5

As can be seen from Table 1, the energy of acid formation in the studied cultures had limits from 93°T to 360°T.

Table 2 demonstrates the results of determining the sensitivity of lactic acid bacteria to antibiotics.

Table 2

Sensitivity of lactic acid bacteria to antibiotics

Strain	Zone of stunting (mm)											
	tetracycline	rifampicin	kanamycin	oleandomycin	ampicillin	gentamicin	pefloxacin	vancomycin	lincomycin	furazolidone	benzylpenicillin	erythromycin
<i>Lactobacillus plantarum</i> Smg-1	14	29	11	16	30	7	29	0	36	8	31	29
<i>Lb. paracasei</i> 82	20	15	12	11	35	0	23	19	24	27	34	26
<i>Lacticaseibacillus paracasei</i> 126	22	19	17	0	19	21	17	21	18	18	18	20

Продолжение таблицы 2												
Strain	Zone of stunting (mm)											
	tetracycline	rifampicin	kanamycin	oleandomycin	ampicillin	gentamicin	pefloxacin	vancomycin	lincomycin	furazolidone	benzylpenicillin	erythromycin
<i>Lb. paracasei</i> 114	19	31	0	0	15	10	19	14	0	0	15	0
<i>Pediococcus acidilactici</i> P2-6	17	24	0	21	17	17	0	0	23	0	14	21
<i>Limosilactobacillus pontis</i> 9K3	28	32	14	33	31	26	20	19	37	28	33	30
<i>Lb. fermentum</i> 3SH1	24	26	10	20	35	19	15	7	39	20	15	28

Further, in all cultures, antagonistic activity against opportunistic and pathogenic microorganisms was more widely studied: *B. subtilis*, *Escherichiacoli*, *Staphylococcus sp.*, *Salmonellatyphimurium*. Antagonism data are presented in Table 3.

Table 3

Evaluation of the antagonistic activity of lactic acid bacteria (at pH 6.0 and in the presence of catalase in LAB supernatants)

Strain	Zones of inhibition of growth of indicator crops (mm)			
	<i>Escherichia coli</i> -1257	<i>Staphylococcus sp.</i> 209-P	<i>B. subtilis</i> ATCC 6633	<i>Salmonella typhimurium</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i> Smg-1	11+0.4	10+0.1	10±0.2	0
<i>Lb. paracasei</i> 82	11+0.5	14+0.6	24±1.2	10±0.1
<i>Lacticaseibacillus paracasei</i> 126	11+0.5	10±0.1	26±2.0	21+0.7
<i>Lb. paracasei</i> 114	13+0.5	12+0.4	23±0.6	18+0.6
<i>Pediococcus acidilactici</i> P2-6	18+0.6	14+0.5	21±2.2	12+0.6
<i>Limosilactobacillus pontis</i> 9K3	14+ 0.6	12+ 0.3	16.0±1.5	12+0.5
<i>Lb. fermentum</i> 3SH1	19+0.5	22+0.7	13.1±0.2	15+0.7

When comparing the acid formation energy of the studied cultures with their antagonistic activity against *Bacillus subtilis* ATCC 6633 (reference strain for determining antibiotic activity), shown in Table 1, we can establish that the antagonism of lactobacilli cultures, in this case, may be related not only with the formation of acids, but also with the synthesis of bacteriocins. Thus, the *Pediococcus acidilactici* P2-6 culture, accumulating less acid (up to 103°T), exhibits a rather high antagonistic activity comparable to the activity of *Lactobacillus paracasei* 114 and *Lactobacillus paracasei* 82 cultures, which are strong acid formers (respectively 280.4 ± 2.0 and $360, 4 \pm 0.6$ °T). In the resistance study of 7 of our lactic acid bacteria cultures to 12 antibiotics, we dedicated the presence among them of both strains, generally not possessing antibiotic resistance genes, and strains resistant to certain antibiotics (cultures of the genera *Lactobacillus* and *Pediococcus*) (Tab. 2).

Antagonistic relationships are widespread in the world of microorganisms and are one of the factors in the formation of microbial communities. They are characterized by the fact that one type of microorganisms somehow inhibits or delays the growth of others. Lactic acid bacteria can form antibiotic substances and thereby have a bacteriostatic and bactericidal effect on adverse microflora. This ability has found wide application in medicine, veterinary medicine, agriculture, and the food industry. The use of cultures of lactic acid bacteria-antagonists to *B. subtilis* and mold fungi in the form of wheat sourdough in various ways of making wheat bread guarantees its microbiological safety and prevents potato disease and mold.

Evaluation of the antagonistic activity of 7 mono-cultures of lactic acid bacteria by the method of delayed antagonism showed that most of our strains have a strong antimicrobial effect.

Almost all isolated strains, except for one, showed antagonistic activity against all indicator cultures. In strains *Lb. paracasei* 82, *Lacticaseibacillus paracasei* 126 and *Lb. paracasei* 114 and *Lb. pediococcus* antagonistic activity against all test cultures was the highest. The manifestation of antagonism by lactic acid

bacteria in the presence of catalase and the neutralization of acid exclude the action of hydrogen peroxide and organic acids but indicate the possible synthesis of bacteriocinogens by these cultures.

Conclusions

As a result of lactic acid bacteria strains screening included in the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry cultures collection, we selected the 5 most active lactic acid bacteria cultures with probiotic properties for inclusion in the consortium: *Limosilactobacillus pontis* 9K3, *Lb. fermentum* 3Sh1, *Lb. paracasei* 82, *Lb. paracasei* 114, *Lacticaseibacillus paracasei* 126. The selection criteria were resistance to high concentrations of salt, bile, high enzymatic, acid-forming, proteolytic, and antagonistic activity of strains against opportunistic and pathogenic microflora (*B. subtilis* ATCC 6633, *Escherichia coli*-1257, *Staphylococcus sp.* 209-P, *Salmonella typhimurium*). Antagonistic activity to the test culture *Bacillus subtilis* ATCC 6633 was stable in all strains, was not inhibited at pH 6.0, and in the presence of catalase, i.e., was due to the production and secretion of bacteriocins by the studied strains. This study was to create and characterize a new consortium of domestic strains of lactic acid bacteria for starter cultures and probiotics. The new consortium of microorganisms will serve as the basis for the creation of new competitive domestic biological products to protect the bread from microbiological spoilage. In the future, the biocompatibility of selected strains of lactobacilli in the consortium will be determined to be included in the sourdough for bread.

Acknowledgments

Materials were prepared within the framework of the project “Development of technology for bakery, flour confectionery and mixed fodders based on new domestic varieties of triticale” within the framework of the scientific and technical program BR10764977 “Development of modern technologies for the production of dietary supplements, enzymes, starter cultures, starch, oils, etc. to ensure the development of the food industry” of the budget program 267 “Improving the availability of knowledge and scientific research” sub-program 101 “Program-targeted financing of scientific research and activities” of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2021–2023.

Список литературы

- 1 Bernhoft A. Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway / A. Bernhoft, M. Torp, P.E. Clasen, A.K. Loes, A.B. Kristoffersen // Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. — 2012. — Vol. 29. — P. 1129–1140. <https://doi.org/10.1080/19440049.2012.672476>
- 2 Priyanka S.R. Occurrence and molecular detection of toxigenic *Aspergillus* species in food grain samples from India / S.R. Priyanka, M. Venkataramana, G.P. Kumar, V.K. Rao, H. C.S. Murali, H.V. Batra // J. Sci. Food Agric. — 2014. — Vol. 94. — P. 537–543. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6289>
- 3 Львова Л.С. Контаминация муки возбудителями картофельной болезни / Л.С. Львова, А.В. Яицких // Кондитерское и хлебопекарное производство. — 2014. — № 11, 12. — С. 58–61.
- 4 Dudikova G.N. Biological protection of food from microbial contamination, the Organic Agriculture in the Republic of Kazakhstan: Present and Future / G.N. Dudikova, A.V. Chizhayeva // Materials of the international science-practical conference on food microbiology. — Astana, 2016. — P. 96-99.
- 5 Дудикова Г.Н. Микробиологическая безопасность пшеничного хлеба / Г.Н. Дудикова, А.В. Чижаева // Вестн. «Верный хлеб». — 2017. — № 3 (6). — С. 28–31.
- 6 Regional Overview of Food Security and Nutrition in Europe and Central Asia 2019. Structural transformations of agriculture for improved food security, nutrition and environment. Nutrition and Food Systems, Sustainable Food and Agriculture. — 2019. Retrieved from <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/ru/c/1300328/>
- 7 Юодейкене Г. Влияние заквасок, приготовленных с использованием *Pediococcus acidilactici*, на качество пшеничных изделий и их плесневение / Г. Юодейкене, А. Дигайтене, В. Нарбутайте, Л. Башинскене, Д. Видмантене // Maisto Chemija Ir Technologija. — 2008. — Т. 42, № 2. — С. 42–54.
- 8 Афанасьева О.В. Биологическая хлебная закваска — путь к повышению конкурентоспособности хлебобулочных изделий с использованием ржаной муки / О.В. Афанасьева, Л.И. Кузнецова // Хлебопечение России. — 2009. — № 6. — С. 18, 19.
- 9 Кузнецова И.М. Разработка концентрата симбиотической закваски для хлебопекарного производства: автореф. дис. ... канд. техн. наук // И.М. Кузнецова. — Улан-Удэ, 2005. — 22 с.
- 10 Павловская Е.Н. Новые штаммы молочнокислых бактерий для борьбы с картофельной болезнью хлеба / Е.Н. Павловская, Л. И. Кузнецова, О.В. Афанасьева, Н.Д. Синявская, Ю.С. Оследкин, Л.В. Красникова // Хлебопечение России. — 2002. — № 1. — С. 14, 15.
- 11 Пучкова Л.И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. — Ч. I / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева. — СПб.: ГИОРД, 2005. — 559 с.

- 12 Чубенко Н.Т. Вкус и аромат хлеба — важные факторы воздействия на его потребление / Л.И. Чубенко, В.В. Черда // Хлебопечение России. — 2008. — № 4. — С. 24–27.
- 13 Shemshura O.N. Bread sourdough as biotechnological method of flour quality and safety improvement / O.N. Shemshura, A.V. Chizhayeva, E.A. Oleinikova, A.A. Amangeldi, A. Aitzhanova, M.G. Saubenova // Микробиология және вирусология. — 2020. — № 2. — С. 18–23.
- 14 Wang L. A new insight into the adsorption mechanism of patulin by the heat-inactive lactic acid bacteria cells / L. Wang, T. Yue, Y. Yuan, Z. Wang, M. Ye, R. Cai // Food Control. — 2015. — Vol. 50. — P. 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.041>
- 15 Fuchs S. Detoxification of patulin and ochratoxin A, two abundant mycotoxins, by lactic acid bacteria / S. Fuchs, G. Sontag, R. Still, V. Ehrlich, M. Kundi, S. Knasmüller // Food Chem. Toxicol. — 2008. — Vol. 46. — P. 1398–1407. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.10.008>
- 16 Mandala V. Detection, Isolation, and Partial Characterization of Antifungal Compound(s) Produced by *Pediococcus acidilactici* LAB / V. Mandala, S.K. Senb, N.C. Mandalb // Nat Prod Commun. — 2007. — Vol. 2 (6). — P. 671–674.
- 17 Muthulakshmi S. Antifungal and Zearalenone Inhibitory Activity of *Pediococcus pentosaceus* Isolated from Dairy Products on *Fusarium graminearum* / S. Muthulakshmi, K.K. Naveen, S. Chandranayaka, M. Venkataramana, K. Kadirvelu, N. Gopalan, L.R.P. Venkata // Frontiers in Microbiology. — 2016. — Vol. 7. — P. 890. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00890>
- 18 Дудикова Г.Н. Стандартный протокол исследования промышленных культур микроорганизмов / Г.Н. Дудикова, Е.С. Кузнецова. — Алматы: КазНИИППП, 2008. — 43 с.
- 19 Еремина И.А. Микробиология продуктов растительного происхождения / И.А. Еремина, Н.И. Лузина, О.В. Кригер. — Кемерово: Кемеров. технол. ин-т пищев. промышл., 2003. — 200 с.
- 20 Чижаева А.В. Подбор штаммов-антагонистов для обеспечения микробиологической безопасности зернопродуктов / А.В. Чижаева, Г.Н. Дудикова, А.А. Амангельды // Биотехнологии: состояние и перспективы развития. — 2017. — Т. 2. — С. 206–209.
- 21 Червинец Ю.В. Бактериоциногенные высокоантагонистические штаммы лактобацилл / Ю.В. Червинец, В.М. Бондаренко, Н.А. Шабанова // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 2006. — № 7. — С. 78–82.

М.С. Исабекова, Л.Б. Умираниева

Нанға ашытқы жасау кезінде сүт қышқылы бактериялары дақылдарының физиологиялық және биохимиялық қасиеттерін зерттеу

Мақалада бұрын бидай, ұн, кара бидай ашытқысынан, сондай-ақ қымыз және шұбат дәндерінен бөлінген Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институтының коллекциясынан *Lactobacillus* және *Pediococcus* тұқымдас сүт қышқылы бактериялары дақылдарының скрининг нәтижелері ұсынылған. Сүт қышқылы бактерияларының іріктелген 7 штамының пробиотикалық қасиеттерін кешенді бағалау үшін олардың физиологиялық және биохимиялық қасиеттері зерттелді: қышқыл түзуші, антагонистік белсенділігі, сахаролитикалық бейіні, әртүрлі өт концентрациясына, ас тұзына, түрлі рН көрсеткіштерінде өсуі, антибиотикке төзімділігі. Штамдарды скрининг нәтижесінде нанға арналған ұйытқы құрамына енгізу үшін сүт қышқылды бактериялардың белсенді 5 дақылдары іріктеліп таңдалды: *Limosilactobacillus pontis* 9K3, *Limosilactobacillus fermentum* 3Ш1, *Lb. paracasei* 82, *Lb. paracasei* 114, *Lactocaseibacillus paracasei* 126. Іріктеу критерийлеріне негіз болған, ол шартты патогенді және патогенді микрофлораға (*B. subtilis* ATCC 6633, *Escherichia coli*-1257, *Staphylococcus sp.* 209-P, *Salmonella typhimurum*) қатысты штамдардың жоғары ферментативтік, қышқыл түзуші, протеолитикалық және антагонистік белсенділік көрсетуі. Алынған талдаудың нәтижесіне қарап, іріктелген дақылдардың консорциумын пайдалану алдағы уақытта нан-тоқаш өнімдеріне арналған отандық пробиотикалық ашытқы алуда көптеген себебі бар. Бұл өз кезегінде өндірістің тиімділігін арттыруға, нан пісіру өнеркәсібінде тамақ өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: ашытқы, сүт қышқылы бактериялары, нан, таза дақыл, *Limosilactobacillus*, *Pediococcus*, пробиотикалық қасиеттері, антибиотикке төзімділігі.

М.С. Исабекова, Л.Б. Умираниева

Изучение физиолого-биохимических свойств культур молочнокислых бактерий при создании заквасок для хлеба

В статье представлены результаты скрининга культур молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus* и *Pediococcus* из коллекции Казахского научно-исследовательского института перерабатывающей и пищевой промышленности, выделенных ранее из зерна пшеницы, муки, ржаных заквасок, а также кумыса и шубата. Для всесторонней оценки пробиотических свойств отобранных 7 штаммов молочнокислых бактерий были изучены их физиолого-биохимические свойства: кислотообразующая, антагонистическая активность, сахаролитический профиль, устойчивость к различным концентрациям желчи, поваренной соли, рост при различных показателях pH, антибиотикорезистентность. В результате скрининга штаммов для включения в состав закваски для хлеба отобраны 5 наиболее активных культур молочнокислых бактерий: *Limosilactobacillus pontis* 9K3, *Limosilactobacillus fermentum* 3III, *Lb. paracasei* 82, *Lb. paracasei* 114, *Limosilactobacillus paracasei* 126. Критериями отбора служила высокая ферментативная, кислотообразующая, протеолитическая и антагонистическая активность штаммов в отношении условно-патогенной и патогенной микрофлоры (*B. subtilis* ATCC 6633, *Escherichia coli*-1257, *Staphylococcus sp.*209-P, *Salmonella typhimurum*). Нами показано что этот результат получения анализа свидетельствует о перспективности использования консорциума этих культур для получения пробиотической закваски для хлебобулочных изделий. Это, в свою очередь, позволит повысить эффективность производства, обеспечить качество и безопасность пищевых продуктов в хлебопекарной промышленности.

Ключевые слова: закваска, молочнокислые бактерии, хлеб, чистая культура, *Limosilactobacillus*, *Pediococcus*, пробиотические свойства, устойчивость к антибиотикам.

References

- Bernhoft, A., Torp, M., Clasen, P.E., Loes, A.K., & Kristoffersen, A.B. (2012). Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 29; 1129–1140. <https://doi.org/10.1080/19440049.2012.672476>
- Priyanka, S.R., Venkataramana, M., Kumar, G. P., Rao, V. K., Murali, H. C. S., & Batra, H. V. (2014). Occurrence and molecular detection of toxigenic *Aspergillus* species in food grain samples from India. *J. Sci. Food Agric.*, 94; 537–543. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6289>
- Lvova, L.S., & Yaitskikh, A.V. (2014). Kontaminatsiia muki vzbuditeliami kartofelnoi bolezni [Contamination of flour with the causative agents of potato disease]. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo — Confectionery and bakery production*, 11, 12; 58–61 [in Russian].
- Dudikova, G.N., & Chizhayeva, A.V. (2016). Biological protection of food from microbial contamination, the Organic Agriculture in the Republic of Kazakhstan: Present and Future. *Materials of the international science-practical conference on food microbiology*. Astana, 96–99.
- Dudikova, G.N., & Chizhaeva, A.V. (2017). Mikrobiologicheskaya bezopasnost pshenichnogo khleba [Microbiological safety of wheat bread]. *Vestnik «Vernyi khleb» — Bulletin “Faithful bread”*, 3 (6), 28–31 [in Russian].
- FAO (2019). *Regional Overview of Food Security and Nutrition in Europe and Central Asia 2019*. Structural transformations of agriculture for improved food security, nutrition and environment. *Nutrition and Food Systems, Sustainable Food and Agriculture*. <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/ru/c/1300328/>
- Yuodeikene, G., Digaitene, A., Narbutaite, V., Bashinskene, L., & Vidmantene, D. (2008). Vliianie zakvasok, prigotovlennykh s ispolzovaniem *Pediococcus acidilactici*, na kachestvo pshenichnykh izdelii i ikh plesnevenie [Effect of *Pediococcus acidilactici* sourdough on wheat quality and molding]. *Maisto Chemija Ir Technologija*, 42 (2); 42–54 [in Russian].
- Afanaseva, O.V., & Kuznetsova, L.I. (2009). Biologicheskaya khibnaia zakvaska — put k povysheniiu konkurentosposobnosti khlebobulochnykh izdelii s ispolzovaniem rzhanoi muki [Biological bread starter is a way to increase the competitiveness of bakery products using rye flour]. *Khlebopechenie Rossii — Bakery of Russia*, 6; 18, 19 [in Russian].
- Kuznetsova, I.M. (2005). Razrabotka konsentratov simbioticheskoi zakvaski dlia khlebopekarnogo proizvodstva [Development of a symbiotic starter concentrate for bakery production]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Ulan-Ude [in Russian].
- Pavlovskaya, E.N., Kuznetsova, L.I., Afanaseva, O.V., Siniavskaya, N.D., Osledkin, Yu.S., & Krasnikova, L.V. (2002). Nove shtammy molochnokislykh bakterii dlia borby s kartofelnoi bolezniiu khleba [New strains of lactic acid bacteria to fight potato bread disease]. *Khlebopechenie Rossii — Bakery of Russia*, 1; 14, 15 [in Russian].
- Puchkova, L.I., Polandova, R.D., & Matveeva, I.V. (2005). *Tekhnologiya khleba, konditerskikh i makaronnykh izdelii. Chast I [Bread, confectionery and pasta technology. Part 1]*. Saint Petersburg: GIORД [in Russian].

- 12 Chubenko, N.T., & Chereda, V.V. (2008). Vkus i aromat khleba — vazhnye faktory vozdeistviia na ego potreblenie [The taste and aroma of bread are important factors in influencing its consumption]. *Khlebopechenie Rossii — Bakery of Russia*, 4; 24–27 [in Russian].
- 13 Shemshura, O.N., Chizhayeva, A.V., Oleinikova, E.A., Amangeldi, A.A., Aitzhanova, A., & Saubenova, M.G. (2020). Bread sourdough as biotechnological method of flour quality and safety improvement. *Mikrobiologiya zhane virusologiya — Microbiology and Virology*, 2; 18–23.
- 14 Wang, L., Yue, T., Yuan, Y., Wang, Z., Ye, M., & Cai, R. (2015). A new insight into the adsorption mechanism of patulin by the heat-inactive lactic acid bacteria cells. *Food Control*, 50; 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.041>
- 15 Fuchs, S., Sontag, G., Still, R., Ehrlich, V., Kundi, V., & Knasmüller, S. (2008). Detoxification of patulin and ochratoxin A, two abundant mycotoxins, by lactic acid bacteria. *Food Chem. Toxicol.*, 46; 1398–1407. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.10.008>
- 16 Mandala, V., Senb, S.K., & Mandalb, N.C. (2007). Detection, Isolation, and Partial Characterization of Antifungal Compound(s) Produced by *Pediococcus acidilactici* LAB. *Nat Prod Commun.*, 2 (6); 671–674.
- 17 Muthulakshmi, S., Naveen, K. K., Chandranayaka, S., Venkataramana, M., Kadirvelu, K., Gopalan, N., & Venkata, L.R.P. (2016). Antifungal and Zearalenone Inhibitory Activity of *Pediococcus pentosaceus* Isolated from Dairy Products on *Fusarium graminearum*. *Frontiers in Microbiology*, 7; 890. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00890>
- 18 Dudikova, G.N., & Kuznetsova, E.S. (2008). *Standartnyi protokol issledovaniia promyshlennykh kultur mikroorganizmov* [Standard protocol for the study of industrial cultures of microorganisms]. Almaty: Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry [in Russian].
- 19 Eremina, I.A., Luzina, N.I., & Kriger, O.V. (2003). *Mikrobiologiya produktov rastitelnogo proiskhozhdeniia* [Microbiology of Plant Products]. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry [in Russian].
- 20 Chizhaeva, A.V., Dudikova, G.N., & Amangeldy, A.A. (2017). Podbor shtammov-antagonistov dlia obespecheniia mikrobiologicheskoi bezopasnosti zernoproduktov [Selection of antagonist strains to ensure microbiological safety of grain products]. *Biotehnologii: sostoianie i perspektivy razvitiia — Biotechnology: state and prospect of development*. Moscow, 2, 206–209 [in Russian].
- 21 Chervinets, Yu.V., Bondarenko, V.M., & Shabanova, N.A. (2006). Bakteriotsinogennye vysokoantagonisticheskie shtammy laktobatsill [Bacteriocinogenic highly antagonistic lactobacillus strains]. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii — Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunology*, 7, 78–82 [in Russian].

K. Karamendin^{1,2*}, A. Kydyrmanov^{1,2}, A. Seidalina¹, Zh. Kirkimbayeva², S. Ozgan³, S. Fereidouni⁴

¹Laboratory of Viral Ecology, SPC of Microbiology and Virology, Almaty, Kazakhstan;

²Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan;

³District Veterinary Station, Shetpe, Kazakhstan;

⁴Research Institute of Wildlife Ecology, University of Veterinary Medicine, Vienna, Austria

*Corresponding author: kobey.karamendin@gmail.com

Fatal outbreak among camels in Kazakhstan associated with *Paeniclostridium sordellii*

An outbreak of a bacterial disease with lethal cases was registered in camels in Kazakhstan in 2018. The disease was characterised by dry, harsh hacking cough and nasal discharge with frothy and bloody liquid. Camels died in a state of hyperexcitement and asphyxia. Investigation of the case has identified the pathogenic form of *Paeniclostridium sordellii* as the main cause of mortality in camels. The purpose of the study is to identify the cause of mortality among camels, bacteriological and molecular genetic characteristics of the pathogen. The methodological basis of the work is collection of biological samples from camels, isolating the pathogen on media, extracting nucleic acids, obtaining libraries for next generation sequencing, bioinformatic analysis of the obtained data, pathogenicity test on mice. This article describes the cultural, genetic and phenotypic characteristics of the isolated Shetpe PS18-01 strain. It was shown that the pathogenesis was mainly characterised by respiratory signs, in contrast to the most common gastrointestinal ones.

Keywords: camel, Kazakhstan, mortality, *Paeniclostridium sordellii*, next generation sequencing.

Introduction

Camel breeding plays a significant role in the life of nomadic peoples. Historically, camels in Kazakhstan served as an important source of food, clothing, and transport. The camel livestock size in Kazakhstan is 216,358 heads [1], being an important branch of animal husbandry in the west of Kazakhstan, characterised by semi-desert landscapes. Until now, the health status of the local camel population has been relatively well, but in recent years, due to drought and associated lack of feed and its poor quality, there has been an increase in the morbidity with necrobacteriosis [2] and camelpox [3].

In February 2018, an outbreak of the disease with a high death rate occurred among dromedary camels in the Mangystau region of Kazakhstan. Animals died on the second or third day and mortality among affected herds reached 90 %. Intensive antibiotic therapy has reduced mortality to some extent. Such cases have never been registered before in this region. The primary pathogen *Paeniclostridium sordellii* was identified by applying massive parallel sequencing. The pathogenicity of clostridial infections is based on the release of exotoxins that penetrate the bloodstream, affect the vascular endothelium, mucous and serous membranes, internal organs, cause multiple hemorrhages, destroy the parenchyma of the kidneys, liver, and other organs. Exacerbation of the disease and mortality were recorded primarily in autumn, winter and especially early spring, then enzootic subsides in summer [4].

Experimental

Ethical approval

All research components involving live animals were conducted according to regulations under the legislation “Rules for conducting biomedical experiments, preclinical (non-clinical) and clinical studies (No. 697, 12 November 2007, Republic of Kazakhstan)” and were approved by the SPC of Microbiology and Virology Local Ethics Committee (Approval number: 02-12-109).

A post-mortem examination and sample collection

The post-mortem examinations were carried out on three dead juvenile camels for 3–6 hours. Tissues for further analyses were taken from the liver, lungs, intestines, kidney, spleen, brain and lymph node and delivered to the laboratory.

Cultivation of bacteria in media

The swabs from organs were cultured anaerobically at 38 °C for 18 hr in Kitt-Tarozzi medium (BTN, Russia). The crude cultures were sub-cultured onto blood glucose agar containing 5 % sheep blood and 1 % glucose. After 18–20 hr at 38–40 °C the formation of large colonies with a “fern-leaf” edge and convex dark

centre was observed. The formation of a transparent hemolysis zone was registered. Gas formation was moderate. Colonies with typical growth characteristics were sub-cultured and proceeded with DNA extraction.

Nucleic acid extraction and library preparation for Next Generation Sequencing

Three kinds of libraries were prepared: for sequencing of cultured bacteria, virome analysis, and 16S rRNA analysis. Library preparation for sequencing of bacterial genome started with DNA extraction from bacterial media using the Purelink Microbiome DNA Extraction Kit (Invitrogen, USA) according to the manufacturer's manual. The extracted DNA was fragmented to a size of 400-500 bp using the DNA Fragmentation Kit (New England Biolabs (NEB), USA). Libraries were prepared using the NEBNext Ultra DNA Library Preparation Kit (NEB, USA) according to the manufacturer's protocol.

For virome analysis, pieces of organs were homogenised using Tissuelyser device (Qiagen, Germany) and centrifuged, the supernatants were filtered through a 0.45 µm filter (Membrane Solutions, USA) and treated with a mix of nucleases: Benzonase (Sigma-Aldrich, USA), Turbo DNase, DNase I, RNase A, and rRNase T1 (ThermoFisher, Lithuania) and further proceeded with Purelink Viral RNA/DNA Mini Kit (Invitrogen, USA) for nucleic acids extraction. Libraries were prepared using the NEBNext Ultra RNA Library Preparation Kit (NEB, USA) according to the manufacturer's protocol. Library size selection was performed using Ampure XP beads (Beckman Coulter, USA).

16S rRNA libraries were prepared from DNA extracted directly from organs, then proceeded with library preparation using Nextera XT Library Preparation Kit (Illumina, USA) with primers targeting the 16S rRNA gene fragment and containing specific Illumina adapters. The size of all prepared libraries was checked on a Bioanalyzer 2100 instrument (Agilent, Germany). The obtained libraries were subjected to paired-end sequencing on a MiSeq device using the reagent kit v3 (Illumina, USA).

Fermentation properties

Carbohydrates fermentation properties were determined using liquid media supplemented with galactose, glucose, arabinose, xylose, lactose, maltose, sucrose, raffinose, mannitol, dulcitol, sorbitol, and glycerin. The enzymatic activity was observed for ten days.

Injection of Guinea pigs

The Guinea pigs were intraperitoneally injected with 0.3 ml of diluted bacterial culture. The experimental animals were observed for ten days. The virulence of the isolated cultures was determined by calculating the 50 % lethal dose (LD50). The control group of Guinea pigs was injected with PBS.

Bioinformatic analyses

Quality analysis of obtained NGS output files was performed using FastQC [5] and the reads were bioinformatically analysed using Geneious Prime 2021 software (Biomatters, New Zealand) [6]. Default parameters were used for all software operations unless otherwise specified. Reads from bacterial sequencing libraries were assembled de Novo using Geneious Prime software applying the installed SPAdes 3.15.2 algorithm with default parameters.

Virome sequences were subjected to BLASTn and BLASTx search in the local viral reference database as described in Metavisitor pipeline [7]. Local BLAST hits with lengths ≥ 100 nucleotides (nt) were considered as significant at E value $\leq 10e-5$, and the potential viral sequences were subjected to aligning with respective viral sequences downloaded from Genbank. The Clustal W algorithm was used for the alignment of obtained sequences in MEGA X software [8].

Reads obtained from 16S rRNA sequencing were analysed on Geneious server (Biomatters, New Zealand), applying the installed algorithm with default parameters.

Results

Clinical signs

Signs of respiratory disease were observed: dry cough, frothy bleeding from the nostrils, and sometimes nosebleeds. Camels were breathing hard, and they stretched their necks to draw in air. Lesions from the gastrointestinal tract in the form of diarrhoea, colic and others were not observed. Faeces were of normal consistency and typical colour. The animals were emaciated, severely depressed.

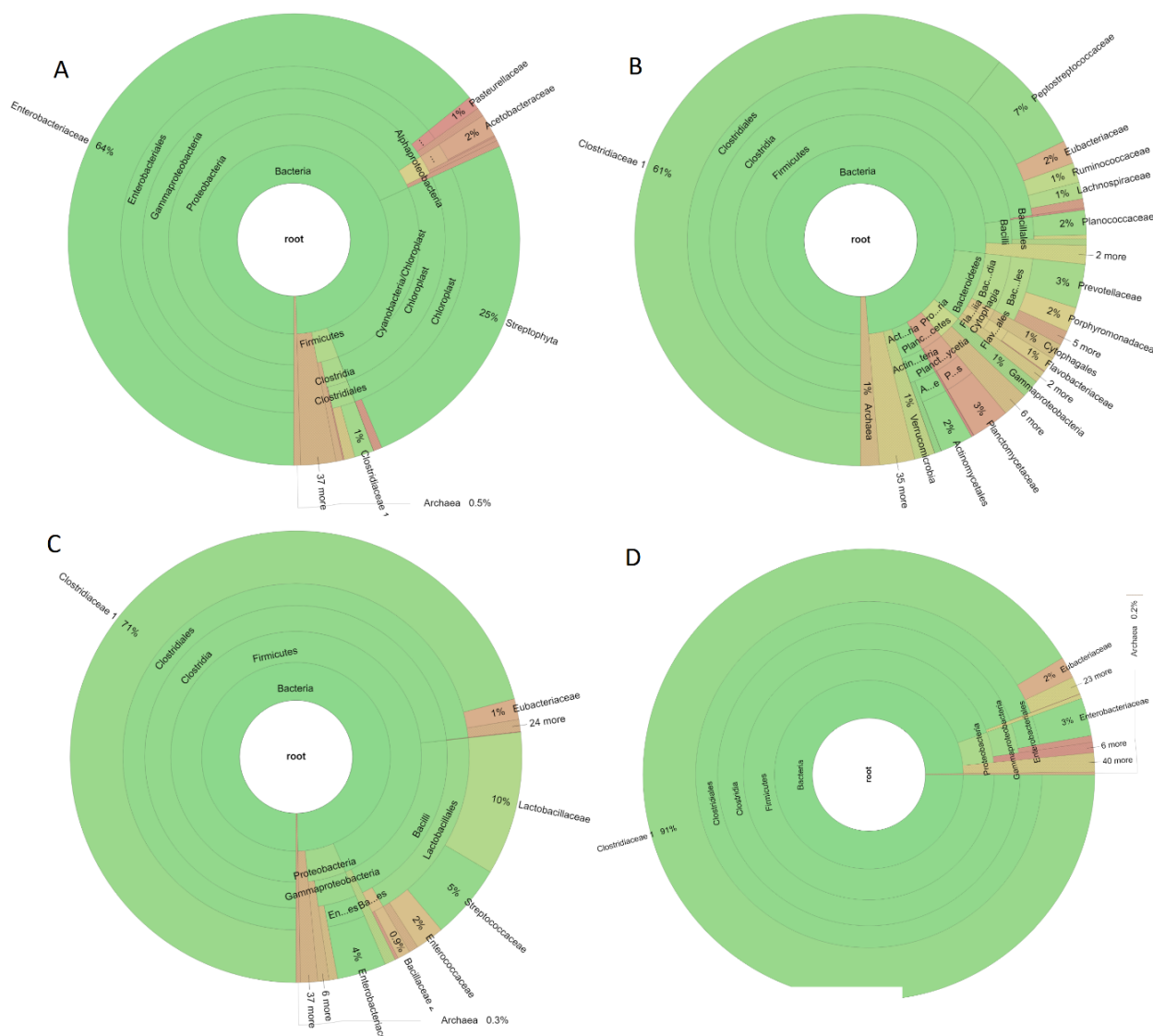
Postmortem examination

Three animals were necropsied, in which a similar pattern of the lesions was observed: lungs of dark brown colour, crepitus was audible when squeezed. At the site of the incision, an abundant foamy liquid mixed with blood flew down. The mucous membrane of the trachea was strongly hyperemic, filled with a frothy liquid. The liver retained sharp edges, flabby consistency, and crumbled when cut. The spleen was dark red, filled with blood, increased in volume.

Palpation of the kidneys revealed a flabby cortical layer, and the kidney capsule was easily released. When cut, the kidney crumbled. The intestines were swollen, the serous membrane was yellowish. In one case, the blood vessels in the intestine were filled with blood. The dura mater of the brain was hyperemic and swollen. The mediastinal lymph node was red and enlarged.

Next Generation Sequencing

The sequence data obtained were trimmed at the 3' and 5' ends with an error probability limit of 0.05. Firstly, the results of 16S rRNA sequencing were analysed (Figure 1). The study of the bacterial diversity in lungs, liver and spleen revealed a clear predominance of 61–91 % of bacteria of the *Clostridiaceae* family, which includes various species of the *Clostridiagenus*. Identification of the bacterial species in the intestine showed the predominance of *Enterobacteriaceae* (64 %), a large family of Gram-negative bacteria, most of which are normal members of the gut microbiota, and 25 % constituted Streptophyta that include all land plants.



A. Intestine; B. Lung; C. Liver; D. Spleen
Figure 1. Results of 16S rRNA sequencing of various organs

For the bacterial genome, 1,338,952 sequencing reads were de Novo assembled using Geneious Prime software applying the installed SPAdes3.15.2 algorithm to produce 2,771 contigs. 2,130 of obtained contigs were >500 nucleotides in size and were taken for further analyses. A BLAST search of the contigs using the

cutoff E value of $\leq 10e^{-5}$ in the non-redundant Genbank database has shown that 92.8 % of them represented *Paeniclostridium sordellii* species (Tab. 1).

Table 1

Characteristics of contigs obtained after de Novo assembling

Organism	Number of Contigs	Percent from all contigs
Paeniclostridium sordellii	1978	92.8
Enterococcus sp. (E. lactis, E. durans, E. faecalis, E. faecium)	69	3.2
Clostridium perfringens	39	1.8
Clostridium botulinum	19	0.8
TRA asm: Siphoviridae sp.	7	0.3
TRA asm: Myoviridae sp.	5	0.2
Streptococcus sp.	3	0.14
Clostridium chauvoei	2	0.09
Clostridium novyi	2	0.09
Paraclostridium bifermentans	2	0.09
Clostridium isatidis	1	0.04
Clostridium pasteurianum	1	0.04
Ramboutsia sp.	1	0.04
Sphingorhabdus sp.	1	0.04

The bioinformatics data for virome analysis have shown the absence of any viral reads responsible for the fatal disease (data not shown).

Molecular findings

To differentiate the representatives of the genus *Clostridium* in comparative genomic analyses, three conserved indels in three highly conserved proteins (a four aa insert in DNA gyrase A, a one aa deletion in ATP synthase beta subunit, and a one aa insert in ribosomal protein S2) were identified that are unique to this genus [9]. We comparatively analysed the amino acid sequences of the *Paeniclostridium sordellii* isolate with other representatives of the genus *Clostridium* for three above-mentioned highly conserved proteins (Tab. 2).

Table 2

Comparative genetic characteristics of Clostridium isolates for DNA gyrase A, ATP synthase beta subunit, and ribosomal protein S2 genes

Organism	Gyrase A	ATP Synthase beta subunit	Ribosomal Protein S2
Clostridium perfringens	D M T G D K R H A K A L D G I V D I	M A E Y F R D Q - G Q D V	K E L D A S N I G A M F V V D P R K E K N
Clostridium botulinum	. . . . . R L . S . .	. . . . . - . . . . .	. . . . . C D
Clostridium chauvoei	E S E A . I . .	. . . . . - . . . . .	R N
Clostridium beijerinckii	. . . . . A S . T . .	. . . . . K - . . . . .	. . . . . V I
Clostridium kluyveri	. . . A I P . S . .	. . . H . . . E -	A M N . E . V . . L
Clostridioides difficile	. L V K E I E G . L . L .	. . . H . . . E Q . . . . .	. D M P E . P - N I
Shetpe PS18-01	. L V K . . K - G . S . L	. . . . . E . . . . .	. D M P E L P - A . I N I
Clostridium sordelli	. L V K . . K - G . S . L	. . . . . E . . . . .	. D M P E L P - A . I N I
Moorella humiferrea	D L V R E . K - I D G . V . L	. . . . . A E . . . . .	. E M R Q L P - D . L Y R I

We can see four amino acids deletion in DNA gyrase A protein, an insertion of one amino acid (aa) in ATP synthase beta subunit and deletion of one aa in ribosomal protein S2 homologues in *C. sordellii*, *C. difficile* and *Moorellahumiferrea* species that differentiate them from the true representatives of the genus *Clostridium* (*Clostridium sensu stricto*). These findings confirm the previous observations about the genetic similarity of *Paeniclostridium sordellii* with *Clostridium defficile* [10].

As mentioned earlier, *C. perfringens* contigs were present in the analysed sample together with *Paeniclostridium sordellii* contigs. Two PCRs with primers to 16S rRNA [11] and the homolog of the alphatoxin of *C. Perfringens* [12] specific only to this species were carried out to rule out the possible presence of *C. perfringens* in the sample. Both PCRs revealed negative results (data not shown).

It is known that the large clostridial cytotoxins (LCC) tcsL and tcs H genes of *C. sordellii* are major virulence factors localised on plasmids. Many strains do not contain those genes as they probably lost plasmids

during laboratory subculture [13]. Genome analysis of our *P. sordellii* strain detected only a 475 nucleotide fragment of the plasmid, encoding LCC genes but, possibly, that was a fragment of the phage sequence located on the bacterial genome.

Four other exotoxins were previously suggested as a probable additional virulence factor in this species: a secreted collagenase colA, the cholesterol-dependent cytolysin (CDC) sordelliilysin (sdl), the neuraminidase nanS and phospholipase C [Ошибка! Закладка не определена.]. We identified all four genes in our *P. sordellii* strain: sequence of sdl was 97 % identical to sordelliilysine isolated from the closest ATCC9714 strain (Genbank accession No LN679998), 98 % similar to this isolate by colA, 99.8 % similar by nanS and 100 % similar by phospholipase C. Products of these genes are considered as possibly responsible for the lesions observed during the disease.

Fermentation properties

Studying the enzymatic activity of the isolated Shetpe PS18-01 strain has shown the ability to ferment glucose, fructose and maltose. The ability to produce lecithinase differentiates the Kazakh *Paeniclostridium sordellii* strain from similar *C. bifermentans* and *C. difficile* species.

Biological assay on mice for toxicity

The toxicity of the isolated Shetpe PS18-01 strain was assessed by observation of the clinical signs, the intensity of damage to internal organs and the timing of the death of infected animals after inoculation into guinea pigs. The isolate was highly toxic for them. The death of animals was registered 18–20 hours after infection while the control group survived.

Discussion

Clostridia can be found in the soil and the digestive tract of healthy animals without causing any signs of disease. Fatal outbreaks of clostridiosis in animals appear to be caused by predisposing factors such as high protein or carbohydrate diets, abrupt change of weather, handling of animals (e.g., transportation, weighing) and physiological condition (fattening). However, the actual reasons that trigger the severe bacterial infestations remain poorly understood [14]. In our investigation of the cause of the outbreak of clostridiosis in camels, no obvious predisposing factors were identified either. We can only assume a possible abrupt change in the diet in the autumn-winter period, which may serve as one of the reasons [15].

Paeniclostridium sordellii was isolated during this outbreak and this strain was recognised as responsible for mass mortality in this region. Major virulence factors tcsL and tcsH genes of *C. Sordellii* located in plasmids were not found during molecular analyses. Possibly they were lost during laboratory subculture. The other four genes colA, sdl, nanS and phospholipase C recognised as potential exotoxins responsible for additional lesions, were detected in our isolate. Biological assay on mice confirmed high toxicity to susceptible animals.

Molecular analyses to compare the Shetpe PS18-01 strain with representatives of other *Clostridium* species were used. Analyses of three conserved genes encoding DNA gyrase A protein, ATP synthase beta subunit and ribosomal protein S2 showed 100 % identity of the Kazakh isolate with the *Paeniclostridium sordellii* species. Together they turned out to be genetically closer to *C. difficile* and *Moorellahumiferrea* species distant from the true representatives of the genus *Clostridium* (*Clostridium sensu stricto*). Recent classification suggested a new Cluster XI distinct from the current *Clostridiaceae* family involving *P. sordellii*, *C. difficile*, *Filifactoralocis*, and *Peptostreptococcus anaerobius*[Ошибка! Закладка не определена.].

Historically, *Paeniclostridium sordellii* has been frequently associated with gas gangrene in humans [16] and gastrointestinal disease in animal species [17]. Literature on *Paeniclostridium sordellii* infection in camels is scarce and only one case of camel clostridiosis associated with this species has been described [18]. *Paeniclostridium sordellii* was often associated with pathology in the gastrointestinal tract of affected animals, but mostly respiratory signs were observed in our case. A study of the microbiome of various organs of camels was carried out to find out the reasons for this phenomenon. 16S rRNA sequencing data showed a very insignificant quantity of *Paeniclostridium sordellii* in the intestine of a camel, while this species was overwhelming in the lungs and other examined organs. This observation is consistent with earlier assumptions that while most *Clostridia* affects the host intestine, *C. sordellii* primarily causes soft tissue infection [Ошибка! Закладка не определена.].

Postmortem examination revealed destruction of the liver and kidney parenchymae, apparently caused by bacterial exotoxins. At the same time, there were no necrotic changes in the intestines, which can be found, for example, in horses affected by *Paeniclostridium sordellii* [19]. Now it is difficult to say whether

such a non-gastrointestinal course of the disease is typical only for camels or if this was a single case. Nevertheless, in any case, this fact should be taken into account in diagnostic studies in the future.

The results of this article show the great value of mass parallel sequencing technology, which is useful in such cases with investigating the causes of mass mortality in domestic animals. It is possible to simultaneously identify the genetic characteristics of the pathogen with the determination of its degree of pathogenicity and the involved exotoxins. 16S sequencing of different organs allows to obtain information about the approximate localisation of pathogens in the organism and also to determine the composition of the responsible bacteria in case of mixed infections.

Paeniclostridium sordellii poses a sufficient threat to camel farming worldwide and the study of new strains will make a significant contribution to understanding the mechanisms of disease outbreaks.

Funding

This study was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (grant AP08855617).

Acknowledgements

The authors would like to thank local veterinarian Sadir Otesinov for his help in sampling.

References

- 1 FAOSTAT. — Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- 2 Опасная болезнь поражает верблюдов в Кызылординской области [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://kazpravda.kz/n/infektsiya-porazhaet-verblyudov-v-kyzylordinskoy-oblasti>.
- 3 Bulatov E.A. Circulation of the Camel Pox Virus in Manghystauskaya Region, Republic of Kazakhstan, in the Latent Form / E.A. Bulatov, S.M. Mamadaliev, M. Mambetaliev, N.T. Bitov // Actual Questions of Veterinary Biology. — 2010. — No. 3 (7). — P. 10–13.
- 4 Dashdava M.A. Infectious enterotoxemia of camels caused by *C1. perfringens*, type C / M.A. Dashdava, N.G. Ipatenko // Veterinariia. — 1966. — Vol. 43. — P. 32–35.
- 5 Andrews S. FastQC: a quality control tool for high throughput sequence data / Science Open // S. Andrews. — 2010. Retrieved from <https://www.scienceopen.com/document?vid=de674375-ab83-4595-afa9-4c8aa9e4e736>
- 6 Kears M. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data / M. Kears, R. Moir, A. Wilson, S. Stones-Havas, M. Cheung, S. Sturrock, S. Buxton, A. Cooper, S. Markowitz, C. Duran, T. Thierer, B. Ashton, P. Meintjes, A. Drummond // Bioinformatics. — 2012. — Vol. 28. — P. 1647–1649. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts199>
- 7 Carissimo G. Metavisitor, a Suite of Galaxy Tools for Simple and Rapid Detection and Discovery of Viruses in Deep Sequence Data / G. Carissimo, M. van den Beek, K.D. Vernick, C. Antoniewski // PLoS One. — 2017. — Vol. 12. — e0168397. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168397>.
- 8 Kumar S. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms / S. Kumar, G. Stecher, M. Li, C. Knyaz, K. Tamura // Mol Biol Evol. — 2018. — Vol. 35. — P. 1547–1549.
- 9 Gupta R.S. Phylogenomic analyses of clostridia and identification of novel protein signatures that are specific to the genus *Clostridium sensu stricto* (cluster I) / R.S. Gupta, B. Gao // Int J Syst Evol Microbiol. — 2009. — Vol. 59. — P. 285–294. Retrieved from <https://doi.org/10.1099/ijs.0.001792-0>
- 10 Scaria J. Comparative genomic and phenomic analysis of *Clostridium difficile* and *Clostridium sordellii*, two related pathogens with differing host tissue preference / J. Scaria, H. Suzuki, C.P. Ptak, J.-W. Chen, Y. Zhu, X.-K. Guo, Y.-F. Chang // BMC Genomics. — 2015. — Vol. 16. — P. 448. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1663-5>
- 11 Yoo H.S. Molecular typing and epidemiological survey of prevalence of *Clostridium perfringens* types by multiplex PCR / H.S. Yoo, S.U. Lee, K.Y. Park, Y.H. Park // J Clin Microbiol. — 1997. — Vol. 35. — P. 228–232. Retrieved from <https://doi.org/10.1128/jcm.35.1.228-232.1997>
- 12 Møller K. Comparison of Toxicity Neutralization-, ELISA- and PCR Tests for Typing of *Clostridium perfringens* and Detection of the Enterotoxin Gene by PCR / K. Møller, P. Ahrens // Anaerobe. — 1996. — Vol. 2(2). — P. 103–110. Retrieved from <https://doi.org/10.1006/ANAE.1996.0013>
- 13 Couchman E.C. *Clostridium sordellii* genome analysis reveals plasmid localized toxin genes encoded within pathogenicity loci / E.C. Couchman, H.P. Browne, M. Dunn, T.D. Lawley, J.G. Songer, V. Hall, L. Petrovska, C. Vidor, M. Awad, D. Lyras, N.F. Fairweather // BMC Genomics. — 2015. — Vol. 16. — P. 392. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1613-2>
- 14 Blood D.C. Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses / D.C. Blood, O. Radostits. — London: Bailliere Tindall, 1989. — 1310 p.
- 15 Wernery U. Predisposing factors in enterotoxemias of camels (*Camelus dromedarius*) caused by *Clostridium perfringens* type A / U. Wernery, H.S. Seifert, A.M. Billah, M. Ali // Rev Elev Med Vet Pays Trop. — 1991. — Vol. 44. — P. 147–152.

16 Bitti A. A fatal postpartum *Clostridium sordellii* associated toxic shock syndrome / A. Bitti, P. Mastrantonio, P. Spigaglia, G. Urru, A.I. Spano, G. Moretti, G.B. Cherchi // J Clin Pathol. — 1997. — Vol. 50. — P. 259–260. Retrieved from <https://doi.org/10.1136/jcp.50.3.259>

17 Uzal F.A. Clostridial Diseases of Animals, 1st edition / F.A. Uzal, J.G. Songer, J.F. Prescott, M.R. Popoff. Iowa: Wiley-Blackwell, Ames, 2016. — 360 p.

18 Gameel A.A. Association of *Clostridium perfringens* type A, *Clostridium sordellii* and *Aeromonas hydrophilia* with haemorrhagic enteritis in camels (*Camelus dromedarius*) / A.A. Gameel, S.M. Sanousi, B. Mousa, E.E. Owni // Small Ruminant and Camel Research Group Document. — 1986. — Vol. 12. — P. 50–55.

19 Nyaoko A.C. Paeniclostridium (*Clostridium*) sordellii-associated enterocolitis in 7 horses / A.C. Nyaoko, M.A. Navarro, K. Fresneda, S.S. Diab, J. Moore, D. Lyras, M. Awad, F.A. Uzal // J Vet Diagn Invest. — 2020. — Vol. 32. — P. 239–245. <https://doi.org/10.1177/1040638720903738>

К. Қарамендин, А. Қыдырманов, Ә. Сейдалина, Ж. Кіркiмбаева, С. Озған, С. Ферейдуни

***Paeniclostridium sordellii*-мен байланысты Қазақстандағы түйелер арасындағы өлім**

2018 жылы Қазақстанда түйелерде өліммен аяқталатын бактериялық ауру тіркелді. Бұл ауру құрғақ, қатты жөтелмен бірге мұрыннан көбікпен қанаралас сұйықтық бөлінумен сипатталды. Түйелер қатты козу және тұншығу күйінде өлген. Зерттеудің мақсаты — түйелердің өлу себебін, қоздырғыштың бактериологиялық және молекулалық-генетикалық ерекшеліктерін анықтау. Әдістері: түйелерден биологиялық сынама алу, қоздырғышты қоректік орталарда бөліп алу, нуклеин қышқылдарын шығару, жаңа ұрпақты секвендеу үшін библиотеканы алу, алынған мәліметтерді биоинформатикалық талдау, тышқандарға биосынама жүргізу. Зерттеулер нәтижесінде түйелердің өлімінің негізгі себебі ретінде *Paeniclostridium sordellii* патогенді түрі анықталды. Мақалада бөлінген Шетпе PS18-01 штаммының өсу, генетикалық және фенотиптік сипаттамалары берілген. Асқазан-шек жолдарының жиі кездесетін белгілерінен айырмашылығы, патогенде тыныс алу белгілері басым екендігі көрсетілген.

Кілт сөздер: түйе, Қазақстан, өлім, *Paeniclostridium sordellii*, жаңа ұрпақты секвендеу.

К. Карамендин, А. Кыдырманов, А. Сейдалина, Ж. Киркимбаева, С. Озган, С. Ферейдуни

Вспышка инфекции с летальными исходами среди верблюдов в Казахстане, связанная с *Paeniclostridium sordellii*

Вспышка бактериальной инфекции с летальным исходом зарегистрирована у верблюдов в Казахстане в 2018 году. Заболевание характеризовалось сухим резким отрывистым кашлем и выделениями из носа пенистой и кровянистой жидкости. Верблюды погибли в состоянии гипервозбуждения и удушья. Цель исследования заключалась в выявлении причины смертности среди верблюдов, бактериологической и молекулярно-генетической характеристике возбудителя. Методы: взятие биологических образцов от верблюдов, выделение возбудителя на средах, экстракция нуклеиновых кислот, получение библиотек для секвенирования нового поколения, биоинформационный анализ полученных данных, биопроба на мышцах. Результаты: расследование случая выявило патогенную форму *Paeniclostridium sordellii* как основную причину смертности верблюдов. В данной статье описаны культуральные, генетические и фенотипические характеристики выделенного штамма Шетпе PS 18–01. Показано, что в патогенезе преобладают респираторные признаки, в отличие от наиболее частых желудочно-кишечных.

Ключевые слова: верблюд, Казахстан, смертность, *Paeniclostridium sordellii*, секвенирование следующего поколения.

References

- 1 FAOSTAT (n.d.). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- 2 (2021). Infektsiia porazhaet verbludov v Kyzylordinskoi oblasti [Infection affects camels in Kyzylorda region]. Kazakstan-skaia pravda – Kazakhstan Truth. [kazpravda.kz](https://kazpravda.kz/n/infektsiya-porazhaet-verblyudov-v-kyzylordinskoy-oblasti). Retrieved from <https://kazpravda.kz/n/infektsiya-porazhaet-verblyudov-v-kyzylordinskoy-oblasti> [in Russian].
- 3 Bulatov, E.A., Mamadaliev, S.M., Mambetaliev, M., & Bitov, N.T. (2010). Circulation of the Camel Pox Virus in Manghystauskaya Region, Republic of Kazakhstan, in the Latent Form. Actual Questions of Veterinary Biology, 3 (7), 10–13.

- 4 Dashdava, M.A., & Ipatenko, N.G. (1966). Infectious enterotoxemia of camels caused by *C. perfringens*, type C. *Veterinariia*, 43, 32–35.
- 5 Andrews, S. (2010). FastQC: a quality control tool for high throughput sequence data. *Science Open*. <https://www.scienceopen.com/document?vid=de674375-ab83-4595-afa9-4c8aa9e4e736>
- 6 Kearse, M., Moir, R., Wilson, A., Stones-Havas, S., Cheung, M., Sturrock, S., Buxton, S., Cooper, A., Markowitz, S., Duran, C., Thierer, T., Ashton, B., Meintjes, P., & Drummond, A. (2012). Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*, 28, 1647–1649. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts199>
- 7 Carissimo, G., van den Beek, M., Vernick, K.D., & Antoniewski, C. (2017). Metavisitor, a Suite of Galaxy Tools for Simple and Rapid Detection and Discovery of Viruses in Deep Sequence Data. *PLoS One*, 12, e0168397. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168397>
- 8 Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Nnyaz, C., & Tamura, K. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. *Mol Biol Evol.*, 35, 1547–1549.
- 9 Gupta, R. S., & Gao, B. (2009). Phylogenomic analyses of clostridia and identification of novel protein signatures that are specific to the genus *Clostridium sensu stricto* (cluster I). *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 59, 285–294. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.001792-0>
- 10 Scaria, J., Suzuki, H., Ptak, C. P., Chen, J. W., Zhu, Y., Guo, X. K., & Chang, Y. F. (2015). Comparative genomic and phenomic analysis of *Clostridium difficile* and *Clostridium sordellii*, two related pathogens with differing host tissue preference. *BMC genomics*, 16(1), 448. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1663-5>
- 11 Yoo, H. S., Lee, S. U., Park, K. Y., & Park, Y. H. (1997). Molecular typing and epidemiological survey of prevalence of *Clostridium perfringens* types by multiplex PCR. *Journal of clinical microbiology*, 35(1), 228–232. <https://doi.org/10.1128/jcm.35.1.228-232.1997>
- 12 Möller, K., & Ahrens, P. (1996). Comparison of toxicity neutralization-, ELISA- and PCR tests for typing of *Clostridium perfringens* and detection of the enterotoxin gene by PCR. *Anaerobe*, 2(2), 103–110. <https://doi.org/10.1006/anae.1996.0013>
- 13 Couchman, E.C., Browne, H.P., Dunn, M., Lawley, T.D., Songer, J.G., Hall, V., Petrovska, L., Vidor, C., Awad, M., Lyras, D., & Fairweather, N.F. (2015). *Clostridium sordellii* genome analysis reveals plasmid localized toxin genes encoded within pathogenicity loci. *BMC Genomics*, 16, 392. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1613-2>
- 14 Blood, D.C., & Radostits, O. (1989). *Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses*. London: Bailliere Tindall.
- 15 Wernery, U., Seifert, H.S., Billah, A.M., & Ali, M. (1991). Predisposing factors in enterotoxemias of camels (*Camelus dromedarius*) caused by *Clostridium perfringens* type A. *Rev Elev Med Vet Pays Trop.*, 44, 147–152.
- 16 Bitti, A., Mastrantonio, P., Spigaglia, P., Urru, G., Spano, A. I., Moretti, G., & Cherchi, G. B. (1997). A fatal postpartum *Clostridium sordellii* associated toxic shock syndrome. *Journal of clinical pathology*, 50(3), 259–260. <https://doi.org/10.1136/jcp.50.3.259>
- 17 Uzal, F.A., Songer, J.G., Prescott, J.F., & Popoff, M.R. (2016). *Clostridial Diseases of Animals*, 1st edition. Iowa: Wiley-Blackwell, Ames.
- 18 Gameel, A.A., Sanousi, S.M., Mousa, B., & Owni, E.E. (1986). Association of *Clostridium perfringens* type A, *Clostridium sordellii* and *Aeromonas hydrophila* with haemorrhagic enteritis in camels (*Camelus dromedarius*). *Small Ruminant and Camel Research Group Document*, 12, 50–55.
- 19 Nyaoke, A. C., Navarro, M. A., Fresneda, K., Diab, S. S., Moore, J., Lyras, D., Awad, M., & Uzal, F. A. (2020). *Paenibacillus (Clostridium) sordellii*-associated enterocolitis in 7 horses. *Journal of veterinary diagnostic investigation : official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc*, 32(2), 239–245. <https://doi.org/10.1177/1040638720903738>

Ж.І. Куанбай¹, Г.Б. Адманова², С.Ә. Әбиев³, Л.С. Кожамжарова⁴

^{1,2}Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан;

^{1,3}Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

⁴Халықаралық Тараз инновациялық институтының ғылыми жұмыстар және халықаралық байланыстар басқармасының басшысы, Қазақстан

*Хат-хабарларға арналған автор: zhenia_80@bk.ru

Доңызтау флорасындағы *Amaranthaceae* тұқымдасы

Мақалада Ақтөбе облысы Доңызтау кемеріндегі *Amaranthaceae* тұқымдасының таралуы қарастырылған. Доңызтау флорасында 25 туысты құрайтын 67 түр тіркелген. *Amaranthaceae* тұқымдасы Доңызтау кемері флорасында түр жағынан бірінші орын алады. Ол Доңызтау флорасының 20 % алып жатыр. Таксономиялық талдау тұқымдас ішінде доминантты туыстарға *Salsola*, *Anabasis*, *Suaeda*, *Climacoptera*, *Atriplex* жататындығын көрсетті. *Amaranthaceae* тұқымдасының түрлік құрамына, субстратқа байланысты, экобиоморфологиялық талдау жасалды. Тіршілік формалары И.Г. Серебряков бойынша, экологиялық талдау А.П. Шенников классификациясына сай жасалды. Тіршілік формаларының талдауы түрлердің біржылдық түрлерінің басымдығын байқатты. Тұқымдас ішінде барлық түрдің 70 % алады. Экологиялық талдау түрлердің басым көпшілігі ксерофилдерге тиесілі екендігін дәлелдеді. Олардың үлесі 80 % құрайды. Өсімдіктердің тіршілік формаларының арақатынасы аймақтың Қазақстанның шөлді аймағында сай шұғыл континенталды және құрғақ климатты екендігін көрсетеді. Мақалада тұқымдас түрлердің конспектісі берілді. Конспектіде түрлердің латын-қазақша атаулары, тіршілік формалары, экологиялық топтары, субстратқа байланысты, шаруашылықтағы маңызы және ареалы көрсетілді. Өсімдіктердің шаруашылық құнды топтары анықталды: жемдік, техникалық, дәрілік, улы, инсектицидтік, топырақ, орман және фитомелиоративті өсімдік түрлері. Біраз түр эдификатор ретінде маңызды роль атқарады.

Кілт сөздер: тұқымдас, туыс, доминанттар, тіршілік формасы, тұқымдас конспектісі.

Kipicne

Биоалуантүрлілікті сақтау — әлемдегі маңызды мәселелердің бірі, ал оны зерттеу биология ғылымының негізгі міндеті. Жеке территориялардың флористикалық зерттелуі осындай жұмыстардың ажырамас бөлігі және биоалуантүрлілікті бағалау, оларды қорғау шараларын ұйымдастыруда, флорогенетикалық үрдістердің заңдылықтарын танып білуде маңызды.

Сондай маңызды территориялардың бірі — Үстірттің солтүстік бөлігі, шөл зонасында, шұғыл континентті құрғақ климатты аймақта орналасқан Доңызтау кемері.

Доңызтау кемері Ақтөбе облысының оңтүстік-батыс бөлігінде 46°08' с. е. — 46°68' с.е. және 56°13' ш.б. — 57°60' ш.б. аралығында жатыр, ол Ақтөбе облысының шалғай орналасқан, кем дегенде 900 км² аумақты алып жатқан Үстірттің солтүстік бөлігі болып табылады. Шығысы Шағырай тауларымен оңтүстігі Үстірттің биік кертпелерімен, солтүстік батысында Зымыстан тауларымен шектесіп жатыр. Аумақ құрғақ дала мен жартылай шөл табиғи аймағындағы Үстірт үстіртінің шегіндегі аккумулятивті-денудациялық жазық аймағында орналасқан [1].

Таксономиялық талдау нәтижесі территорияның негізгі бөлігін *Amaranthaceae* тұқымдасы құрайтынын көрсетіп отыр [2]. *Amaranthaceae* тұқымдасы систематикалық жағынан күрделі өзгеріске ұшыраған тұқымдастардың бірі, олардың негізгі бөлігі шөлді аймақтарда таралған [3].

Доңызтау флорасының басым бөлігін (20 % астам) құрайды. Біраз түрі эдификатор ретінде территорияның өсімдік жамылғысының түзілуінде негізгі роль атқарады. Кейбір түрлері эндемик және реликт түрлер болып саналады.

Amaranthaceae тұқымдасы түрлік байлығын инвентаризациялау, оның аридті аймақтардың флорасындағы ролін анықтау, территорияны ботаника-географиялық аудандастыруда маңызы зор. Сондықтан зерттеу жұмысы *Amaranthaceae* тұқымдасының түрлік құрамын анықтап, жан-жақты талдау жасау мақсатын қойып отыр.

Зерттеу нысаны мен әдістері

Зерттеу мерзімінде (2017–2021 жж.) Доңызтау флорасындағы *Amaranthaceae* тұқымдасына жататын түрлер зерттелді. Зерттеу жұмысына авторлардың жеке гербарий жинақтары, сонымен бірге ҚР ЭГТРМ ОШЖДҚ «Ботаника және фитоинтродукция институты» ШЖҚ РМК гербарий фонды, Маңғыстау тәжірибелік ботаникалық бағының гербарий фонды, РҒА В.Л. Комаров атындағы Ботаникалық институтының гербарий фонды коллекцияларының талдау нәтижелері негіз болды. Өсімдік түрлерін анықтауда Қазақстан флорасы және аймақтық анықтағыштар қолданылды [4–8]. Материалдар унификациясы Plant List (2013) базасымен жасалды. Гүлді өсімдіктер тұқымдас ауқымы APG IV (Angiosperm Phylogeny Group) (2016) жүйесіне сәйкес қабылданды.

Нәтиже

Доңызтау территориясында *Amaranthaceae* тұқымдасының 25 туысына жататын 67 түр тіркелді. Бұл барлық өсімдіктің 20 % құрайды. Территориядағы тұқымдас құрамына Гүлтәжі, Бұйырғын, Құмаршық, Көкпек, Сексеуілше, Бозизен, Бинерция, Қараматау, Кароксилон, Ебелек, Алабұта, Климакоптера, Балқанбақ, Дисфания, Гиргенсония, Домалатпа, Сарсазан, Сексеуіл, Сорқанбақ, Изен, Крашенинниковия, Нанофитон, Сораңша, Сораң, Ақсора туыстары кездеседі.

Таксономиялық талдау тұқымдастың басым бөлігін *Suaeda*, *Salsola*, *Atriplex*, *Anabasis*, *Climacoptera* туыстары толықтыратынын көрсетті (кесте 1).

Кесте 1

Доңызтау территориясында *Amaranthaceae* тұқымдасының жетекші туыстары

№	Туыстар	Түр саны	
		Саны	% көрсеткіші
1	<i>Salsola</i>	10	15
2	<i>Suaeda</i>	7	11
3	<i>Anabasis</i>	7	11
4	<i>Climacoptera</i>	6	9
5	<i>Atriplex</i>	5	7
	Барлығы	35	54

Аталған 5 туыс тұқымдастың құрамының 50 % алатынын көруге болады. Территорияда монотипті туыстар қатарын 12 туыс: *Amaranthus*, *Agriophyllum*, *Arthrophytum*, *Bienertia*, *Camphorosma*, *Ceratocarpus*, *Corispermum*, *Dysphania*, *Girgensohnia*, *Halocnemum*, *Krascheninnikovia*, *Nanophyton* толықтырады. *Caroxylon*, *Chenopodium*, *Haloxylon*, *Kalidium*, *Kochia* туыстары 2 түрден, *Bassia*, *Petrosimonia* туыстарына 3 түр тиесілі. 4 түрдан тұратын бір ғана туыс *Halimocnemis* туысы.

И.Г. Серебряков бойынша тіршілік формаларына сай *Amaranthaceae* тұқымдасының басым бөлігін біржылдық өсімдіктерге тиесілі — 70 % [9, 10]. Олардың қатарынан *Amaranthus retroflexus* L. (Қызылша гүлтәжі), *Atriplex aucheri* Moq. (Ошә көкпегі), *Atriplex sphaeromorpha* Пјin. (Қаңбақ көкпек), *Bassia eriophora* (Schrud.) Asch. (*Kirilowia eriantha* Bunge.) (Түктігүл кириловия), *Bienertia kossinskyi* (Пјin) Tzvelev (Косинский биенерциясы), *Ceratocarpus arenarius* L. (Құм ебелек), *Chenopodium strictum* Roth. (Қылтиған алабұта), *Climacoptera brachiata* (Pall.) Botsch. (Тарбақ климакоптера), *Climacoptera crassa* (M. Vieb.) Botsch. (Торғайот климакоптера), *Halimocnemis karelinii* Moq. (Карелин домалатпасы) өсімдіктерін көруге болады. Бұталарға жалпы тұқымдастың 6 % -ы, 4 түр кіреді, олар: *Anabasis gypsicola* Пјin. (Гипс бұйырғын), *Haloxylon ammodendron* (C.A. Mey.) Bunge ex Fenzl. (Қара сексеуіл) (ағаш-бұта), *Haloxylon persicum* Bunge (Ақ сексеуіл) (ағаш-бұта), *Salsola arbuscula* Pall. (Баялыш тәрізді сораң). Бұташықтардың да пайыздық көрсеткіші 6 % көрсетті, олардың құрамына *Salsola arbusculiformis* Drobow. (Баялыш тәрізді сораң), *Kalidium foliatum* (Pall.) Moq. (Жапырақты сорқанбақ), *Nanophyton erinaceum* (Pall.) Bunge (Кірпі нанофитон), *Suaeda physophora* Pall. (Үрмежеміс ақсора) енеді. Жартылай бұта саны — 11, жалпы түрге шаққанда пайыздық мөлшері 16 %, жартылай бұташықтар қатары 7 түрмен толықтырылды. Жартылай бұталарға: *Anabasis aphylla* L. (Итсигек бұйырғын), *Anabasis turkestanica* Korovin ex Пјin. (Түркістан бұйырғыны), *Anabasis salsa* (C.A. Mey.) Benth. ex Volkens. (Сортаң бұйырғын), *Atriplex cana* Ledeb. (Боз көкпек), *Caroxylon orientalis* (S.G. Gmel.) Tzvel. (Шығыс кароксилон), *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Vieb. (Төмпек

сарсазан), *Kalidium caspicum* (L.) Ung.-Sternb. (Каспий сорқаңбағы), *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst. (Теріскен крашенинниковия), *Salsola orientalis* S.G. Gmel. (Шығыс сораңы), *Suaeda dendroides* (C.A. Mey.) Moq. (Қатты ақсора), *Suaeda microphylla* Pall. (Ұсақ жапырақты ақсора), жартылай бұташыққа *Salsola laricina* Pall. (Қараматау соран), *Salsola gemmascens* Pall. (Бүрткікті соран), *Camphorosma monspeliaca ssp. lessingii* (Litw.) Aellen (*Camphorosma lessingii* Litw.) (Лессинг қараматауы), *Bassia prostrata* (L.) Beck. (Жатаған бассия), *Arthrophytum lehmannianum* Bunge (Леман сексеуілшесі), *Anabasis truncata* (Schrenk) Bunge (Қырқылма бұйырғын), *Anabasis eriopoda* (Schrenk) Benth.ex Volkens. (Қырықбуын бұйырғын), *Anabasis cretaceae* Pall.ex Bunge (Жертезек бұйырғын) өсімдіктері жатады.

А.П. Шенников классификациясына сай экологиялық топтың басым бөлігі ксерофилдермен толыққан [11]. Олардың үлесі тұқымдастың 84 %: *Anabasis aphylla* L. (Итсигек бұйырғын), *Anabasis salsa* (C.A. Mey.) Benth. ex Volkens. (Сортаң бұйырғын), *Atriplex cana* Ledeb. (Боз көкпек), *Arthrophytum lehmannianum* Bunge (Леман сексеуілшесі), *Bassia hyssopifolia* (Pall.) Kuntze. (Иссоп жапырақты бозизен), *Chenopodium glaucum* L. (Көкшіл алабұта), *Climacoptera brachiata* (Pall.) Botsch. (Тарбақ климакоптера), мезоксерофиттер үлесіне 9 %, бұл топқа *Climacoptera aralensis* (Ијин) Botsch. (Арал климакоптерасы), *Kalidium caspicum* (L.) Ung.-Sternb. (Каспий сорқаңбағы), *Atriplex tatarica* L. (Алабұталы көкпек), *Atriplex aucheri* Moq.(Ошэ көкпегі), ксеромезофиттер қатарынан өсімдіктердің 7 % — 5 түрі: *Amaranthus retroflexus* L. (Қызылша гүлтәжі), *Atriplex sphaeromorpha* Ијин (Қаңбақ көкпек), *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb. (Төмпек сарсазан), *Salsola arbusculiformis* Drobow. (Баялыш тәрізді сораң) түрлерін көруге болады.

Доңызтау флорасындағы *Amaranthaceae* тұқымдасы түрлерінің ең көп саны галофитті флористикалық кешенге тән.

Amaranthaceae тұқымдасы — бұл құрғақ, шөлді аймақтарға тән тұқымдас өкілдерінің тіршілік формаларын талдай отырып, белгілі бір дәрежеде Доңызтау аумағында шөл өсімдіктерінің басым болуына баға бере аламыз.

Раункиердің жіктеуі бойынша, *Amaranthaceae* тұқымдасының тіршілік спектрі шөлді өсімдік түрі басым аридті аймақ флорасына жақын. Терофиттер 39 түрден, хамефиттер 24 түрден, фанерофиттер 4 түрден тұрады [12].

Тұқымдастың көптеген түрлерінің шаруашылықтың маңызы өте жоғары, олар жем-шөп, дәрілік, азықтық, инсектицид, сәндік өсімдіктер ретінде қолданылады [13–16].

Төменде *Amaranthaceae* тұқымдасының түрлерінің конспектісі беріліп отыр.

Amaranthus retroflexus L. — Қызылша гүлтәжі. Адвентивті. Біржылдық, терофит, ксеромезофил, гликогалофит, мал азықтық, тағамдық, дәрумен, дәрілік.

Anabasis aphylla L. — Итсигек бұйырғын. Иран-тұрандық. Хамеофит, ксерофил, галофит, псаммофит, дәрілік, техникалық, улы, дәрумен.

Anabasis cretaceae Pall.ex Bunge — Жертезек бұйырғын. Волга маңы-қазақстан-тұрандық. Хамеофит, ксерофил, кальцефит, петрофит.

Anabasis eriopoda (Schrenk) Benth.ex Volkens. — Қырықбуын бұйырғын. Солтүстік-тұрандық. Хамеофит, ксерофил, мал азықтық, дәрілік.

Anabasis gypsicola Ијин — Гипс бұйырғын. Тұрандық, фанерофит, ксерофил, галофит.

Anabasis truncata (Schrenk) Bunge — Қырқылма бұйырғын. Қазақстан-тұрандық. Хамеофит, ксерофил, кальцефит, мал азықтық.

Anabasis turkestanica Korovin ex Ијин — Түркістан бұйырғыны. Қаратеңіз маңы-қазақстан-тұрандық. Хамеофит, ксерофил.

Anabasis salsa (C.A. Mey.) Benth. ex Volkens. — Сортаң бұйырғын. Қазақстан-тұрандық. Біржылдық, хамеофит, ксерофил, галофит, мал азықтық, дәрілік.

Agriophyllum lateriflorum (Lam.) Moq. in DC. — Бүйіргүл құмаршық. Қазақстан-тұрандық. Ксерофил, гликогалофит, тағам, майлы, мал азықтық.

Atriplex cana Ledeb. — Боз көкпек. Қазақстан тұрандық. Біржылдық, хамеофит, ксерофил, галофит, псаммофит, мал азықтық, техникалық.

Atriplex aucheri Moq. — Ошэ көкпегі. Солтүстік-тұрандық. Біржылдық, терофит, мезоксерофил, галофит.

Atriplex tatarica L. — Алабұталы көкпек. Еуропа-шығыс ежелгіжерорта теңіздік. Біржылдық, терофит, мезоксерофил, галофит, псаммофит, мал азықтық, дәрілік.

Atriplex sibirica L. — Сібір көкпек. Орта-азиялық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Atriplex sphaeromorpha Пјин — Қаңбақ көкпек. Ежелгі жерортатеңіздік. Біржылдық, терофит, ксеромезофил, гликгалофит.

Arthrophytum lehmannianum Bunge — Леман сексеуілшесі. Тұрандық. Хамефит, ксерофил, галофит, петрофит, мал азықтық.

Bassia eriophora (Schrad.) Asch. (*Kirilowii eriantha* Bunge) — Түкті бассия (Түктігүл кириловия). Біржылдық. Терофит, ксерофил.

Bassia hyssopifolia (Pall.) Kuntze — Иссоп жапырақты бозизен. Еуропа-шығыс-ежелгі жерортатеңіздік. Біржылдық. Терофит, ксерофил, галофит, псаммофит, дәрілік.

Bassia prostrata (L.) Beck. (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) — Жатаган бассия (Жатаган изен). Еуропа-ежелгі жерортатеңіздік. Хамефит, ксерофил, галофит, петрофит, псаммофит, мал азықтық, дәрілік.

Bienertia kossinskyi (Пјин) Tzvelev — Косинский биенерциясы. Еуропа-ежелгі жерортатеңіздік. Біржылдық. Терофит, ксерофил.

Camphorosma monspeliacasp. lessingii (Litv.) Aellen (*Camphorosma lessingii* Litw.) — Лессинг қараматауы. Шығыс-ежелгі жерорта теңіздік, хамефит, ксерофил, галофит, мал азықтық, дәрілік.

Caroxylon incanescens (C.A. Mey) Akhani & E.H. Roalson — Сұр кароксилон. Иран-тұрандық. Біржылдық. Терофит, ксерофил, псаммофит.

Caroxylon orientalis (S.G. Gmel.) Tzvel — Шығыс кароксилон. Иран-тұрандық. Хамефит, ксерофил.

Ceratocarpus arenarius L. — Құм ебелек. Қаратеңіз маңы-қазақстан-тұрандық. Терофит, ксерофил, псаммофит, мал азықтық, дәрілік.

Chenopodium glaucum L. — Көкшіл алабұта. Плуорегионалдық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит, арамшөп.

Chenopodium strictum Roth. — Қылтиған алабұта. Шығыс еуропа-азиялық. Біржылдық, терофит, ксерофил, мал азықтық, дәрілік.

Climacoptera affinis (C.A. Mey.ex Schrenk.) Botsch. — Қызыл қоянжүн климакоптера. Тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Climacoptera aralensis (Пјин) Botsch. — Арал климакоптерасы. Тұрандық. Біржылдық, терофит, мезоксерофил, галофит.

Climacoptera brachiata (Pall.) Botsch. — Тарбақ климакоптера. Қазақстан-тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит, мал азықтық.

Climacoptera crassa (M. Bieb.) Botsch. — Торғай от климакоптера. Қазақстан-тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит, мал азықтық, техникалық.

Climacoptera lanata (Pall.) Botsch. — Түкті климакоптера. Еуропа-тұран-ирандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит, псаммофит.

Climacoptera turcomanica (Litv.) Botsch. — Түрікмен климакоптерасы. Еуропа-ежелгі жерорта теңіздік. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит, псаммофит.

Corispertum aralocaspicum Пјин — Арал-Каспий балқанбағы. Орта-азиялық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит, мал азықтық.

Dysphania botrys (L.) Mosyakin & Clemants (*Chenopodium botrys* sp.pl) — Қош иісті дисфания (Қош иісті алабұта). Адвентивті. Біржылдық, терофит, ксерофил, псаммофит, петрофит, дәрілік, техникалық, инсектицид.

Girgensohnia oppositiflora (Pall.) Fenzl. — Қарсыгүл гиргенсония. Иран-тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит, псаммофит, мал азықтық.

Halimocnemis karelinii Моq. — Карелин домалатпасы. Тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит, мал азықтық.

Halimocnemis sclerosperma (Pall.) C.A. Mey. — Қатты жеміс домалатпасы. Тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Halimocnemis smirnovii Bunge — Смирнов домалатпасы. Тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Halimocnemis villosa Kar. et Kir. — Үрпиген домалатпа. Тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит, мал азықтық.

Halocnemum strobilaceum (Pall.) M. Bieb. — Төмпек сарсазан. Ежелгі жерорта теңіздік. Хамефит, ксерофил, галофит, техникалық сабын, мал азықтық, инсектицид.

Haloxylon ammodendron (С.А. Мей.) Bunge ex Fenzl. — Қара сексеуіл. Иран-тұрандық, фанерофит, ксерофил, галофит, петрофит, отын.

Haloxylon persicum Bunge — Ақ сексеуіл. Иран-тұрандық. Фанерофит, ксерофил, псаммофит, отын, техникалық, мал азықтық.

Kalidium caspicum (L.) Ung.-Sternb. — Каспий сорқаңбағы, шытыр. Шығыс-ежелгі жерортатеңіздік. Хамефит, мезоксерофил, галофит, улы, инсектицид, техникалық.

Kalidium foliatum (Pall.) Моқ. — Жапырақты сорқаңбақ. Қаратеңіз маңы. Қазақстан тұрандық. хамефит, ксерофил, галофит, мал азықтық, техникалық.

Kochia iranica Bornm. — Иран изені. Иран-тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Kochia odontoptera Schrenk — Тішеқанат изен. Тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, псаммофит.

Krascheninnikovia ceratoides (L.) Gueldenst. — Теріскен крашенинниковия. Оңтүстік-палеарктикалық. Хамефит, ксерофил, галофит, мал азықтық, мелиоративті.

Nanophyton erinaceum (Pall.) Bunge — Кірпі нанофитон, тасбұйырғын. Қазақстан-тұрандық. Хамефит, ксерофил, галофит, петрофит, мал азықтық, дәрілік.

Petrosimonia brachiata (Pall.) Bunge — Шашыраңқы сораңша. Волга маңы-қазақстан-иран-тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Petrosimonia brachyphylla (Bunge) Пјин — Қысқа жапырақ сораңша. Волга маңы-қазақстан-тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Petrosimonia hirsutissima (Bunge) Пјин ex Pavlov. — Қаттытүк сораңша. Тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Salsola arbuscula Pall. — Баялыш сораң. Иран-тұрандық. Фанерофит, ксерофил, пертофит, псаммофит, отын, мелиоративті, мал азықтық.

Salsola arbusculiformis Drobow. — Баялыш тәрізді сораң. Солтүстік-тұрандық. Хамефит, ксеромезофил, галофит, петрофит.

Salsola foliosa (L.) Schrad. ex Schult. (*Neocaspi foliosa* (L.) Tzvel.) — Найзақара сораң. Кавказ-Волга маңы-қазақстан-тұрандық. Терофит, ксерофил, галофит, псаммофит, улы, техникалық.

Salsola gemmascens Pall. — Бүртікті сораң. Тұрандық. Хамефит, ксерофил, галофит, мал азықтық.

Salsola laricina Pall. — Қараматау сораң. Қазақстан-солтүстік-тұрандық. Хамефит, ксерофил, галофит, кальцефит, мал азықтық.

Salsola nitraria Pall. (*Caroxylon nitrarium* (Pall) Akhani & E.H. Roalson.) — Натронды сораң (Натронды сораңша). Тұрандық. Терофит, ксерофил, галофит, мал азықтық.

Salsola nodulosa (Моқ.) Пјин. (*Caroxylon nodulosum* Моқ.) — Түйінді сораң (Түйінді кароксилон). Тұрандық. Біржылдық, хамефит, ксерофил, псаммофит.

Salsola orientalis S.G. Gmel. — Шығыс сораңы. Иран-тұрандық. Біржылдық, хаметофит, ксерофил, галофит, мелиоративті, мал азықтық.

Salsola paulsenii Litv. — Паульсон сораңы. Тұрандық. Терофит, ксерофил, галофит, псаммофит.

Salsola tamariscina Pall. — Жыңғылтүс сораң. Қаратеңіз маңы-қазақстан-тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Suaeda acuminata (С.А. Мей.) Моқ. — Үшкір ақсора. Тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Suaeda altissima (L.) Pall. — Қара сора, ұзын ақсора. Ежелгі жерорта теңіздік. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит, техникалық, мал азықтық.

Suaeda aralocaspica (Bunge) Freitag&Schutze. (*Borszczowia aralocaspica* Bunge) — Арал-Каспий ақсорасы. Тұрандық. Біржылдық, терофит, ксерофил, галофит.

Suaeda dendroides (С.А. Мей.) Моқ. — Қатты ақсора. Иран-Тұрандық. Біржылдық, хамефит, ксерофил, галофит.

Suaeda linifolia Pall. — Көк жапырақты ақсора. Тұрандық. Біржылдық, терофит, мезоксерофил, галофит.

Suaeda microphylla Pall. — Ұсақ жапырақты ақсора. Тұрандық. Хамефит, мезоксерофил, галофит, мал азықтық, техникалық.

Suaeda physophora Pall. — Үрмежеміс ақсора. Қазақстан-тұрандық. Хамефит, ксеромезофил, галофит, мал азықтық, техникалық.

Қорытынды

Amaranthaceae тұқымдасы Доңызтау флорасының басым бөлігін алып жатыр. Таксономиялық талдау тұқымдастың негізін құрайтын *Salsola*, *Anabasis*, *Suaeda*, *Climacoptera*, *Atriplex* флораның туыстары 52 % құрап отыр. *Amaranthaceae* тұқымдасының Доңызтау флорасының көп бөлігін алуы зерттелу аймағының топырағының тұздылығы жоғары екендігін көрсетеді

Әдебиеттер тізімі

- 1 Kuanbay Zh.I. The analysis of the Dongyztai chink flora (Aktobe region) / Zh.I. Kuanbay, S.A. Abiyev, M.Yu. Ishmuratova, G.B. Admanova, Zh.Zh. Kukenov, G.T. Maksutbekova // EurAsian Journal of BioSciences. -2020. — Vol. 14. -P. 249–254.
- 2 KuanbayZh.I.Taxonomic analysis of the Dongyztai flora / Zh.I. Kuanbay, S.A. Abiyev, V.N. Tikhomirov, M.Yu. Ishmuratova, G.B. Admanova // Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Bioscience series. — 2019. — № 3(128). — P. 59–63.
- 3 Камелин Р.В. Древнексерофильное семейство *Chenopodiaceae* во флоре Турана и Центральной Азии / Р.В. Камелин // Ботан. журн. — 2011. — Т. 96, № 4. — С. 441–464.
- 4 Флора Казахстана. — Т. 1–9. — Алма-Ата, 1956–1966.
- 5 Определитель растений Средней Азии. — Т.1–10. — Ташкент: ФАН, 1968–1993.
- 6 Айпенсова С.А. Коспект флоры Актюбинского флористического округа / С.А. Айпеисова. — Ақтобе, 2012. — 178 с.
- 7 Иманбаева А.А. К изучению видового состава диких сородичей культурных растений Мангыстауской области / А.А. Иманбаева, М.Ю. Ишмуратова, М.И. Дуйсенова, А.Т. Туякова // Вестн. Караганд. гос. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2015. — № 3(79). — С. 44–52.
- 8 Аралбай Н.К. Государственный кадастр растений Мангыстауской области. Определитель высших сосудистых растений / Н.К. Аралбай, Г.М. Кудабасева, А.А. Иманбаева и др. — Ақтау, 2006. — 427с.
- 9 Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение / И.Г. Серебряков // Полевая геоботаника. — Т. 3. — М.–Л.: Наука, 1964. — С. 146–205.
- 10 Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений / И.Г. Серебряков. — М.: Высш. шк., 1962. — С. 5–27.
- 11 Шенников А.П. Экология растений / А.П. Шейнин. — М.: Сов. наука, 1950. — 376 с.
- 12 Raunkiaer C. Plant life forms / C. Raunkiaer. — Oxford: Clarendon press, 1937. — 65 p.
- 13 Абышева Л.Н. Дикорастущие полезные растения России / Л.Н. Абышева, Л.М. Беленовская, Н. Бобылева. — СПб.: Изд-во СПХФА, 2001. — 663 с.
- 14 Журба О.В. Лекарственные, ядовитые и вредные растения / О.В. Журба, М.Я. Дмитриев. — М.: Колос, 2008. — 512 с.
- 15 Кукунов М.К. Лекарства из растений / М.К. Кукунов, Л.М. Грудзинская, Н.Д. Беклемишев. — Алматы: Кітап, 2002. — 208 с.
- 16 Грудзинская Л.М. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана: справоч. изд. / Л.М. Грудзинская, Н.Г. Гемеджиева, Н.В. Нелина, Ж.Ж. Каржаубекова. — Алматы, 2014. — 200 с.

Ж.И. Куанбай, Г.Б. Адманова, С.А. Абиев, Л.С. Кожамжарова

Семейство *Amaranthaceae* во флоре Доңызтау

В статье рассмотрено распространение семейства *Amaranthaceae* чинка Доңызтау Актюбинской области. Во флоре Доңызтау зарегистрировано 25 родов, объединяющих 67 видов. Семейство *Amaranthaceae* занимает первое место в видовой флоре Доңызтау, составляет 20 % всей флоры. Таксономический анализ показал, к доминантным родам в семействе относятся *Salsola*, *Anabasis*, *Suaeda*, *Climacoptera*, *Atriplex*. Проведен экоморфологический анализ видового состава семейства *Amaranthaceae*, в зависимости от субстрата. Авторами дан конспект видов семейства. Проведен экоморфологический анализ видового состава семейства *Amaranthaceae*, в зависимости от субстрата. Анализ жизненной формы формы жизни разработаны по классификации И.Г. Серебрякова, а экологический анализ — по классификации А.П. Шенникова. Анализ жизненных форм выявил преобладание однолетних видов. Результаты экологического анализа показали, что подавляющее большинство видов принадлежат ксерофилам. Их доля составляет 80 %. В статье дан конспект видов рода. В нем отражены латино-казахские названия видов, жизненная форма, экологические группы, связанные с субстратом, хозяйственное значение и ареал. Некоторые виды играют важную роль в качестве эдификатора.

Ключевые слова: видовая флора, род, доминанты, жизненные формы, конспект видов, доминантный род, ареал.

Zh.I. Kuanbay, B.A. Gulnur, S.A. Abiyev, L.S. Kozhamzharova

The *Amaranthaceae* family in the flora of Donyztau

The article discusses the distribution of the *Amaranthaceae* family of the Donyztau chunk in the Aktobe region. In the Donyztau flora, 25 genera have been registered, which combine 67 species. The *Amaranthaceae* family occupies the first place in the species of the Donyztau flora, making up 20 % of the entire flora. Taxonomic analysis showed that *Salsola*, *Anabasis*, *Suaeda*, *Climacoptera*, and *Atriplex* belong to the dominant genera in the family. The article provides a summary of the species of the family. An ecobiomorphological analysis of the species composition of the *Amaranthaceae* family depending on the substrate, was carried out. Analysis of the life forms is developed according to the classification of I.G. Serebryakov, ecological analysis — according to the classification of A.P. Shennikov. The analysis of life forms displayed the predominance of annual species. Ecological analysis has proved that the vast majority of species belong to xerophiles. Their share is 80 %. The article provides a synopsis of the species of the genus. The summary reflected the Latin-Kazakh names of species, life forms, ecological groups associated with the substrate, economic significance and area. Some species play an important role as an edifier.

Keywords: species, genus, dominants, life forms, species conspectus.

References

- 1 Kuanbay, Zh.I., Abiyev, S.A., Ishmuratova, M.Yu., Admanova, G.B., Kukenov, Zh.Zh., & Maksutbekova, G.T. (2020). The analysis of the Donyztau chink flora (Aktobe region). *EurAsian Journal of BioSciences*, 14; 249–254.
- 2 Kuanbay, Zh.I., Abiyev, S.A., Tikhomirov, V.N., Ishmuratova, M.Yu., & Admanova, G.B. (2019). Taxonomic analysis of the Donyztau flora. *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Bioscience series*, 3 (128); 59–63.
- 3 Kamelin, R.V. (2011). Drevnekserofilnoe semeistvo *Chenopodiaceae* vo flore Turana i Tsentralnoi Azii [The ancient heterophilic family *Chenopodiaceae* in the flora of Turan and Central Asia]. *Botanicheskoi zhurnal — Botanical Journal*, 96 (4); 441–464 [in Russian].
- 4 (1956–1966). *Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]*. Alma-Ata, 1–9 [in Russian].
- 5 (1968–1993). *Opredelitel rastenii Srednei Azii [Determinant of plants of the Central Asia]*. Tashkent: Fan, 1–10 [in Russian].
- 6 Aipeisova, S.A. (2012). *Konspekt flory Aktiubinskogo floristicheskogo okruga [The conspectus of the flora of Aktobe floristic district]*. Aktobe [in Russian].
- 7 Imanbaeva, A.A., Ishmuratova, M.Yu., Duisenova, M.I., & Tuyakova, A.T. (2015). K izucheniiu vidovogo sostava dikikh sorodichei kulturnykh rastenii Mangystauskoi oblasti [To the study of species composition of wild relatives of cultivated plants grown in the Mangistau region]. *Vestnik Karagandinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Biologiya. Meditsina. Geografiya — Bulletin of the Karaganda University. Biology. Medicine. Geography Series*, 3 (79); 44–52 [in Russian].
- 8 Aralbai, N.K., Kudabaeva, G.M., Imanbayeva, A.A. et al. (2006). *Gosudarstvennyi kadastr rastenii Mangystauskoi oblasti. Opredelitel vysshikh sosudistykh rastenii [The state cadaster of plants of Mangistau region. Determinant of higher vascular plants]*. Aktau [in Russian].
- 9 Serebriakov, I.G. (1964). Zhiznennye formy vysshikh rastenii i ikh izuchenie [Life forms of higher plants and their study]. *Polevaia geobotanika — Field geobotany*, 3. Moscow–Leningrad: Nauka [in Russian].
- 10 Serebriakov, I.G. (1962). *Ekologicheskaya morfologiya rastenii [Ecological morphology of plants]*. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian].
- 11 Shennikov, A.P. (1950). *Ekologiya rastenii [Plant ecology]*. Moscow: Sovetskaya nauka [in Russian].
- 12 Raunkiaer, C. (1937). *Plant life forms*. Oxford: Clarendon press.
- 13 Abysheva, L.N., Belenovskaya, L.M., & Boblyeva, N.S. (2001). *Dikorastushchie poleznye rasteniya Rossii [Wild useful plants of Russia]*. Saint Petersburg: Izdatelstvo Sankt-Peterburgskogo khimiko-farmatsevticheskogo universiteta [in Russian].
- 14 Zhurba, O.V., & Dmitriev, M.Ya. (2008). *Lekarstvennye, yadovitye i vrednye rasteniya [Medicinal, poisonous and harmful plants]*. Moscow: Kolos [in Russian].
- 15 Kukenov, M.K., Grudzinskaya, L.M., & Beklemishev, N.D. (2002). *Lekarstva iz rastenii [Medical preparations from plants]*. Almaty: Kitap [in Russian].
- 16 Grudzinskaya, L.M., Gemedzhieva, N.G., Nelina, N.V., & Karzhaubekova, Zh.Zh. (2014). *Annotirovannyi spisok lekarstvennykh rastenii Kazakhstana: spravochnoe izdanie [Annotated list of medicinal plants in Kazakhstan: Reference edition]*. Almaty [in Russian].

К.Г. Мустафин¹, Н.А. Бисько², А.К. Калиева^{3*}, Ж.Б. Нармуратова¹,
А.С. Жакипбекова¹, Ж.К. Садуаева¹

¹«Антиген» Ғылыми-өндірістік кәсіпорны ЖШС, Алматы, Қазақстан;

²Украина ҰҒА Ботаника институтының Микология зертханасы, Киев, Украина;

³Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан

*Хат-хабарға арналған автор: aigul_03@mail.ru

***Ganoderma* және *Trametes* туысына жататын саңырауқұлақтарын терең өсіру жағдайындағы биомасса синтезі деңгейі бойынша скринингі**

Мақалада әртүрлі құрамдағы қоректік ортада биомассаның өсу және жинақталу жылдамдығы бойынша белсенді болып табылатын *Ganoderma* және *Trametes* туысы дәрілік саңырауқұлақтарының коллекциялық дақылдары арасында штамдарды іздеуге бағытталған зерттеулер келтірілген. Украина ҰҒА Н.Г. Холодный атындағы Ботаника институтының қалпақты саңырауқұлақтар коллекциясынан алынған әр түрлі географиялық шығу тегі *G. lucidum* туысының 27 штамы және *Trametes* (Fr) туысының 29 штамы зерттелді. Зерттелген штамдардың вегетативті мицелийінің радиалды өсу қарқыны және олардың әр түрлі қоректік ортадағы дақылды-морфологиялық өсу ерекшеліктері зерттелді. Зерттелген *G. lucidum* және *T. versicolor* штамдары арасында көміртекті мен азотты қоректендірудің әртүрлі көздері бар орталарда биомассаның жинақталу деңгейі бойынша белгілі бір айырмашылықтары анықталды. Барлық зерттелген дақылдар жұмыста қолданылған көміртегі мен азот көздерінде әртүрлі қарқындылықпен өсе алады. Екі факторлы тәжірибенің дисперсиялық талдауын қолдану штамдардың биологиялық ерекшеліктеріне немесе олардың өзара әрекеттесуі биомасса биосинтезіне және қоректендіру көздерінің әсерін толық нақтылауға мүмкіндік берді. Мицелиалды колониялардың дақылды-морфологиялық ерекшеліктерін, вегетативті мицелийдің радиалды өсу қарқынын, биомассаның жинақталу деңгейін *Trametes* (Fr) және *G. lucidum* туысы саңырауқұлақтарын әртүрлі құрамдағы сұйық қоректік заттардың алты түріне зерттеу негізінде биомассаның жинақталу деңгейі бойынша ең өнімді *T. versicolor* 353 және *G. lucidum* 1621 штамдары болды. Олар әрі қарай зерттеулер жүргізу үшін таңдалды.

Кілт сөздер: базидиальды саңырауқұлақтар, *G. lucidum*, *T. versicolor*, штамм, биомасса, скрининг, мицелий, азот, көміртегі.

Kipicne

Қазіргі уақытта биотехнология мен эксперименттік микологияның басым бағыттарының бірі емдеу-сауықтыру өнімдерін алудың жаңа бәсекегеқабілетті және импортты алмастыратын перспективалы көздерін іздеу және зерттеу болып табылады. Осыған байланысты құрамында биологиялық белсенді заттардың бірегей кешені бар базидиальды саңырауқұлақтар үлкен қызығушылық тудырады. Соңғы кездері негізінен оларды адам ағзасындағы физиологиялық функцияларды реттеу үшін қолдануға мүмкін болуына байланысты, жемісті денелерінен және дәрілік саңырауқұлақтардың мицелийінен тағамдық қоспалар мен емдік-сауықтыру препараттарды жасауға көбірек көңіл бөлінді. Атап айтқанда, олар ісікке қарсы және иммуномодуляциялық қасиеттері бар жаңа полисахаридтердің көзі болып табылады [1–3].

Жоғары базидиальды саңырауқұлақтар *Ganoderma lucidum* (рейши), *Trametes versicolor* (көп түсті трутовик), *Lentinus edodes* (шиитаке), *Inonotus obliquus* (чага) және басқалары жүздеген жылдар бойы Кореяда, Қытайда, Жапонияда және Шығыс Ресейде жиналып, қолданылды [4]. Ксилотрофты саңырауқұлақтардың ең перспективалы түрлерінің бірі *Ganoderma lucidum* (*G. lucidum*) және *Trametes versicolor* (*T. versicolor*). Қазіргі уақытта Оңтүстік–Шығыс Азия халықтары екі мың жылдан астам уақыт бойы дәрілік мақсатта пайдаланып келген базидиальды саңырауқұлақтардың ең танымал түрлерінің бірі *G. lucidum* (лакталған трутовик немесе рейши) базидиальды саңырауқұлағының биологиялық белсенді қосылыстарын белсенді іздестіру жүргізілуде. Соңғы онжылдықтардағы қарқынды зерттеулер бактерияға, зенге және вирусқа қарсы белсенділігі бар, сондай-ақ гипополипидемиялық, гипогликемиялық, иммуностимулдеуші ісікке қарсы және басқа да әсері бар биологиялық белсенді *G. lucidum* метаболиттерін анықтауға алып келді [5–9]. Нәтижесінде саңырауқұлақтың жемісті денелері-

не негізделген диеталық қоспалар, шай және тоник сусындарының көптеген патенттелген түрлері жасалды.

G. lucidum саңырауқұлағынан басқа, биологиялық белсенді заттардың тағы бір перспективалы өндірушісі базидиальды макромицет *Trametes versicolor* (көп түсті трутовик) — көптеген ауруларға қарсы дәрі ретінде қолдануда мыңжылдық тарихы бар саңырауқұлақ. *Trametes* туысына жататын базидиальды саңырауқұлақтары табиғатта кең таралған және Шығыс медицинасында бұрыннан бері қолданылып келе жатқан жеуге жарамайтын афилофоральды саңырауқұлақтарға жатады. *Trametes* туысының өкілдері дәрілік қасиеттердің кең спектріне ие, олардың арасында: вирусқа, бактерияға қарсы, гепатопротекторлық, иммуномодуляциялық және онкостатикалық, сонымен қатар олар жоғары өсу қарқынымен және уыттылықтың болмауымен сипатталады [10–15].

Алайда, мұндай препараттардың өнеркәсіптік шығарылымына шектеулер бар. Олардың ішіндегі ең маңыздылары шикізаттың табиғи көздерінің шектеулі болуы және қажетті биологиялық белсенді қосылыстар құрамындағы кең өзгергіштік. Жасанды плантацияларды құру арқылы осы мәселелерді шешуге тырысу үлкен шығындарды талап етеді және олар түпкілікті өнімді стандарттау мәселелерін шешпейді, нәтижесінде мәлімделген биологиялық белсенділікке кепілдік бермейді. Бұл жағдайлар осы саңырауқұлақтарды өнеркәсіптік жағдайда өсіру негізінде заманауи биотехнологиялық тәсілдерді жасау қажеттілігін көрсетеді.

Биотехнологиялық әдістердің көмегімен жоғары саңырауқұлақтардың биомассасын алудың маңызды артықшылығы дәрі-дәрмектерді өндірудің шексіз мүмкіндігі мен қалдықсыздығы, шикізат ресурстарының тапшылығы болып табылады. Дәрілік саңырауқұлақтарды өсірудің заманауи технологиялары олардың биологиялық қасиеттері туралы іргелі білімге негізделген. Бұл саңырауқұлақ денесінің маңызды функцияларын бақылауға, мицелийдің биомассасын және қажетті сападағы метаболизм өнімдерін қажетті мөлшерде алуға мүмкіндік береді. Осыған байланысты олардың биологиялық қасиеттерін одан әрі зерттеу мақсатында терең өсіру жағдайында *Ganoderma lucidum* және *Trametes versicolor* саңырауқұлақтарының биомассасын алуға бағытталған зерттеулер жүргізу өзекті болып табылады.

Зерттеу материалдарымен әдістері

Зерттеу нысандары ретінде Украина ҰҒА Н.Г. Холодный атындағы Ботаника институтының қалпақты саңырауқұлақтар коллекциясынан алынған әртүрлі географиялық шығу тегі *G. lucidum* 27 штамының және *Trametes* (Fr) туысының 5 түрінің 29 штамының таза дақылдары болды.

Дақылдардың радиалды өсу динамикасын зерттеу және *Trametes* туысының дақылдар колонияларының морфологиясын сипаттау сусло-агар ортасында (СА), картоп-глюкоза агарында (СГА) және Норкранс синтетикалық ортасында (СН) жүргізілді. Бұл орталар көбінесе базидиальды саңырауқұлақтарды өсіру үшін қолданылады. Ал көптеген отандық микологтар СА-ды дақылдардың морфологиялық қасиеттерін зерттеудің стандартты ортасы ретінде қолданылады. Колониялардың сипаттама-сы жалпы қабылданған талаптарға сәйкес жүргізілді.

Trametes туысына жататын саңырауқұлақ колонияларының өсу динамикасы екі агаризацияланған ортада зерттелді: Баллинг бойынша (СА) 8° сусло-агарда және 28±1 °С температурада картоп-глюкоза ортасында (КГА). Орталар жалпы қабылданған әдістерге сәйкес дайындалды.

Жақсы сандық деректерді алу үшін себінді материалы ретінде СА-да өсірілген 5–8 күндік белсенді өсіп келе жатқан дақылдар пайдаланылды. Диаметрі 7 мм мицелий дискілері белсенді өсіп келе жатқан колонияның шегінен 8–10 мм қашықтықта стерильді болат түтікпен кесілді. Содан кейін олардың мицелийі Петри табақшасының ортасына диаметрі 90 мм болатын әртүрлі агаризацияланған орталарға орналастырылды. Өсудің басталу уақытын дәл белгілей отырып (туыс дискісінен тыс мицелийдің пайда болуы), дақылдар термостатта 28±1 °С температурада инкубацияланды. Саңырауқұлақ дақылдары 20 күн бойы өсірілді.

Бір тәуліктен соң ортада толығымен өскеннен кейін колониялардың радиусы екі өзара перпендикуляр бағытта өлшенді. Радиалды өсудің орташа жылдамдығын (VR, ММ / тәулік) есептеу үшін мицелийалды колонияның радиусының өсіру уақытына тәуелділік қисықтары салынды және радиус өсуінің уақытқа сызықтық тәуелділік фазасында 8–12 параллель өлшеулер негізінде орташа өсу қарқыны формула бойынша анықталды: $VR = (a-b) / n$, мұндағы а — сызықтық өсу фазасының соңындағы колонияның радиусы, мм; В — сызықтық өсу фазасының басындағы колонияның радиусы, мм; n — сызықтық өсу фазасының ұзақтығы, тәулік.

Терең өсіру жағдайында биомассаның максималды мөлшерін тиімді жинауда *T. versicolor* саңырауқұлағына скрининг жасау үшін, табиғи орталар (Баллинг бойынша 8° сыра суслосы (СС)), кешенді (глюкоза-пептон ортасы (ГП)) және глюкоза-пептон-ашытқы ортасы (ГПА)), мочевиная қосылмаған глюкоза-аммоний (ГА), картоп-глюкоза (КГ), Норкранс (СН) синтетикалық ортасы қолданылды.

Стационарлық өсінді. Тәжірибелер колбадағы қоректік орта мөлшері — 50 мл болатын көлемі 100 мл конустық колбаларда жүргізілді. Инокулум ретінде 28°C температурада СА-да (агаризацияланған сыра суслосы) алдын-ала өсірілген әрбір штамның 7 тәуліктік дақылдың мицелийімен диаметрі 7 мм үш диск қолданылды. Стационарлық өсіру төмендегі құрамдағы сұйық ортада жүргізілді:

1) синтетикалық орта (А), г/л: глюкоза — 25,0; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ — 4,0; KH_2PO_4 — 1,0; K_2HPO_4 — 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ — 0,5; CaCl_2 — 0,1; $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ — 0,02; FeSO_4 — 0,02; $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ — 0,001; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ — 0,02; су — 1 л.

2) глюкозо-аспарагин ортасы (ГА), (г/л): глюкоза — 10,0; аспарагин — 0,4; KH_2PO_4 — 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ — 0,5; су — 1 л.

Терең өсіру. Тәжірибелер зертханалық шайқағыштарға (80 және 150 айн/мин) 50 мл сұйық ортасы бар 250 мл Эрленмейер колбаларына қойылды. Орталар белгілі бір штамның гомогенделген биомассасымен егілді (көлемі бойынша 10 %) және $28 \pm 2^\circ\text{C}$ температурада инкубацияланды [16]. Терең өсіру келесі құрамдағы сұйық ортада жүргізілді:

1) глюкозо-пептон-ашытқы ортасы (ГПА), г/л: глюкоза — 25,0; пептон — 3,0; ашытқы экстракты — 2,0; KH_2PO_4 — 1,0; K_2HPO_4 — 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ — 0,25; су — 1 л.

2) «Яготинск май зауыты» ААҚ өндірген отандық сүт сарысуы, массалық бөлігі (%): лактоза — 60; ақуыз — 10; майлар — 2; сүт қышқылы — 7,85; витаминдер — 0,15; күл — 7.

3) жергілікті крахмал жармасы («Кремний крахмал зауыты» ААҚ өндірісінің қалдығы) — 20,0 г; су — 1 л. Құрамы, массалық бөлігі (%): крахмал — 76,3; ақуыз — 15,6; майлар — 1,3; эндополисахаридтер — 5,2; күл — 1,6.

Стерилизациядан бұрын барлық ортаның қышқылдығы 1N КОН және 1N НСІ ерітінділерінің көмегімен белгілі бір рН мәндеріне жеткізілді. Алынған биомасса капрон сүзгілері арқылы сүзіліп, екі рет дистелденген сумен жуылды. 105°C -да тұрақты салмаққа жеткенше кептіру арқылы мицелийдің құрғақ салмағы анықталып, биомассаның массасына есептеу жүргізілді. Өсірудің соңында дақылдағы сұйықтықтың рН мәні өлшенді.

Нәтижелерді статистикалық өңдеу. Нақты және сенімді нәтижелер алу үшін тәжірибелер 3–5 қайтара жүргізілді. Штамдарды салыстырмалы зерттеу кезінде алынған нәтижелер статистикалық талдау әдістерімен өңделді, Microsoft office Excell компьютерлік пакеттері және StatSoft Statistika 6.0 көмегімен орташа квадраттық ауытқулардың, вариация коэффициенттерінің, сенімділік интервалдарының мәндері есептеледі. Кестелер мен суреттер 95 % ықтималдығы бар орташа статистикалық сенімді деректерді ұсынады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Trametes тектес саңырауқұлақтар бірінші кезеңде әртүрлі қоректік ортадағы мицелиалды колониялардың дақылды-морфологиялық ерекшеліктерін зерттеу қажет болды. Бұл тәсіл дамудың вегетативті кезеңінде саңырауқұлақ дақылдарын анықтауға, штамдарды тиісті физиологиялық күйде ұстауға және штамдардың бөгде микрофлорамен ығысуын болдырмауға мүмкіндік береді, мысалы, өндіріс процесінде, өсірудің қолайлы жағдайларын көрсетеді. Әртүрлі құрамдағы қоректік орталардағы *Trametes* туысы саңырауқұлағы колонияларының салыстырмалы дақылды-морфологиялық белгілері туралы мәліметтер 1-кестеде келтірілген.

Бірінші кестеде келтірілген мицелиалды колониялардың жоғарыда аталған сипаттамаларын талдау, өсіру барысында зерттелген орталарда колониялардың осындай негізгі морфологиялық түрлерінің пайда болғандығына қорытынды жасауға мүмкіндік береді: 1 — ұнтақты-киіз тәрізді, аймақтық; 2 — жібектей үлпілдек (1 сурет), уақыт өте келе киіз тәрізді; 3 — үлпек тәрізді, айқын сектормен агардан немесе ауа мицелийінен көтерілген кішкентай гифальды байламдарымен; 4 — үлпілдек, барқыт тәрізді, уақыт өте келе киіз тәрізді; 5 — былғары тәрізді. Әдетте, зерттелген түрлердің колониялары ақ түсті, дегенмен уақыт өте келе олардың көпшілігі басқа түске немесе реңкке ие болды. Әр түрлі штамдардың колонияларының түсіндегі өзгерістер келесі түрге ие болды: инокулумның айналасында кілегейдің пайда болуы, центрлік сары немесе ашық кілегейлі шеңберлер, біркелкі сары, ашық кілегей, кілегей немесе лимон сары реңктері. Тек синтетикалық Норкранс ортасында *T. zonatus*

2 штамы, *T. versicolor* 1 штамы, *T. hirsutus* 4 штамы, *T. villosa* 1 штамының колониялары ақ болып қалды.

К е с т е 1

Әртүрлі құрамдағы агаризацияланған қоректік ортадағы зерттелген саңырауқұлақ түрлерінің колонияларының морфологиялық сипаттамасы

Түр	Қоректік орта		
	СА	КГА	СН
<i>Trametes zonatus</i>	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, аймақтық, тығыз немесе орташа тығыздықта, жас кезінде ақ, уақыт өте келе ашық кілегей, жиегі тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін, 14 күн ішінде бетіндегі колониялар агардан оңай бөлінетін былғары тәрізді жұқа қабықты құрайды	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, тығыз, ортасында мицелийі көбірек жұқа, аймақтық, ақ, уақыт өте келе ашық кілегей, кілегей сары немесе лимон сары, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгеріссіз, 14 күн ішінде бетіндегі колониялар былғары тәрізді қабық түзеді, ол агардан оңай бөлінеді	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, мөлдір, аймақтық, ақ, кілегей түсінің ескіруімен, уақыт өте келе өзгермейтін былғары тәрізді жұқа қабықты қалыптастырады,
<i>T.versicolor</i>	колониялар жібектей үлпілдек, содан кейін киіз тәрізді, орташа тығыздықта, жас кезінде ақ, уақыт өте келе ашық кілегей түстес, шеті субстратқа тегіс басылған, өзгермейтін реверзум	колониялар киіз тәрізді, тығыз, ақ, уақыт өте келе кілегей немесе сары-кілегей, бетінде көптеген склеротиялар бар, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум	колониялар үлпілдек, аймақтық, орташа тығыздықтағы, ақ, уақыт өте келе кілегей тәрізді, шеті тегіс, субстратқа басылған. Колония бетінде эксудат тамшылары, қоңыр түсті реверзум
<i>T. hirsuta</i>	колониялар қабыршақ тәрізді, агардан немесе ауа мицелийінен көтерілген кішкентай гифальды байламдары бар, айқын секторы, орташа тығыздығы бар. Жас кезінде ақ, ескіру кезінде сары-кілегейлі, жиектері біркелкі емес, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум, 7 күн ішінде колония бетінде күшті былғары жұқа қабық түзеді	колониялар қабыршақ тәрізді, ортасында үлпілдек, аймақтық, әр түрлі тығыздықтағы сегменттері бар, радиалды гиф байламдарымен (сәулелер сияқты), ақ, уақыт өте келе кілегей немесе сары-кілегей тәрізді, шеті тегіс емес, субстратқа басылған, өзгермейтін, 7 күн ішінде колония бетінде күшті былғары жұқа қабық түзеді	колониялар киіз тәрізді, мөлдір, уақыт өте келе былғары жұқа қабық түзеді, ақ-сары-кілегей түсті, шеті тегіс емес, субстратқа басылған, реверзум өзгермейді
<i>T.pubescens</i>	колониялар үлпілдек, барқыт тәрізді, содан кейін концентрлік шенберлері бар киіз тәрізді, уақыт өте келе былғары қабық түзеді. Бетінде көптеген склеротиялар бар. Орташа тығыздықтағы колониялар. Жас кезінде ақ, қартаю барысында сарғыш немесе кілегей түстес, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум, уақыт өте келе ақ түске айналады	колониялар үлпілдек, барқыт тәрізді, содан кейін концентрлік шенберлері бар киіз тәрізді, уақыт өте келе былғары қабық түзеді. Колониялар жас кезінде тығыз, ақ түсті, уақыт өте келе кілегейлі, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум	колониялар үлпілдек, содан кейін киіз тәрізді, уақыт өте келе былғары қабық түзеді, ақ, кілегей тәрізді, тығыздығы орташа, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум
<i>T.villosa</i>	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, орташа тығыздықта, жас кезінде ақ, уақыт өте келе кілегей тәрізді, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, мөлдір, жас кезінде ақ, уақыт өте келе кілегей тәрізді, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, мөлдір, жас кезінде ақ, уақыт өте келе кілегей тәрізді, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум



Сурет 1. *Trametes versicolor* 353 штамының СА (1) және КГА (2) агаризацияланған орталарда дақылдық-морфологиялық қасиеттері

СА және КГА орталары *T. zonatus*, *T. pubescens* және *T. versicolor*-да жақсы дамыған ауа мицелийі бар ең тығыз колониялардың пайда болуына ықпал етті. Норкранстың синтетикалық ортасында *T. versicolor*-дан басқа барлық зерттелген түрлерде сирек колониялар пайда болды. Осылайша, барлық зерттелген түрлердің колониясы тығыздығының өзгеруі, *T. versicolor* колонияларының реверзумның қоңыр түске боялуы және колониялардың аралас түрлерінің пайда болуы, түрінде әр түрлі құрамдағы ортадағы колониялардың морфологиялық сипаттамаларының өзгергіштігі негізінен Норкранс ортасында көрінді.

Жоғары сатыдағы базидиомицеттердің дақылдарын зерттеу саласындағы көптеген зерттеушілер бір типтегі изоляттар колониялардың түсі мен құрылымында айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін деп санайды және бұл қасиеттер әрдайым штамдардың жеке сипаттамасының өлшемі бола бермейді, бұл алынған мәліметтермен расталады. Біздің ойымызша, тұрақты белгілер бұл өсу қарқыны, температураға қатынасы, гифальды жүйенің микроскопиялық ерекшеліктері. Вегетативті мицелийдің өсу қарқыны биомасса биосинтезіне және әртүрлі биологиялық белсенді метаболиттерге қабілетті. Сондықтан біз ең жаңа биотехнологияларды әзірлеу үшін штамдарды іріктеудің маңызды критерийлерінің бірі ретінде таңдадық. (T1-t0) кезеңіндегі колониялар радиусының (V_r) өсу жылдамдығы, мицелийалды гифтердің ұзындығының өсуі тұрақты мәнге ие болған кезде, яғни өсіру уақытына сызықтық байланысты болады. Ол белгілі бір өсіру жағдайында ағзаның өсу қарқынын объективті сипаттайды. Осыған байланысты біз *Trametes* туысының әртүрлі штамдарының мицелийінің радиалды өсу қарқынына салыстырмалы зерттеу жұмыстарын жүргіздік.

Жасанды дақыл жағдайында мицелийалды саңырауқұлақтардың радиалды өсуін зерттеу тығыз агаризацияланған ортада дұрыс жүргізіледі, өйткені өсірудің бұл әдісі табиғатта осы саңырауқұлақтардың өсу жағдайларына өте жақын болғандықтан. Қоректік ортаның құрамы мицелийдің өсу жылдамдығына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Сондықтан зерттеулер қоректік ортаның екі түрінде: сусло-агар (СА) және картоп-глюкоза агарында (КГА) жүргізілді. Зерттеудің нәтижелері 2-кестеде келтірілген (2-кесте).

К е с т е 2

***Trametes* туысы штамдары мицелийінің агаризацияланған қоректік орталарда радиалды өсу жылдамдығы, 28°C, мм/тәул**

Түр, штамм	Өсу жылдамдығы V_r , мм/тәул	
	Қоректік орта	
	СА	КГА
<i>T. zonatus</i>		
301	6,3±0,2	7,2±0,3
1525	6,3±0,4	8,3±0,3

1561	7,3±0,2	8,0±0,3
1570	7,5±0,2	9,5±0,4
5021	4,3±0,2	8,0±0,1
5022	8,0±0,4	6,0±0,1
5133	6,6±0,2	7,8±0,1
5134	7,0±0,2	7,3±0,4
5135	5,8±0,3	6,4±0,2
5300	3,9±0,2	8,0±0,3
5301	4,7±0,2	7,8±0,3
5302	7,1±0,2	8,0±0,3
5303	4,7±0,4	7,7±0,1
<i>T.versicolor</i>		
353	15,0 ±0,1	11,5±0,2
1689	9,0±0,3	9,8±0
5094	10,6±0,2	10,3±0,3
5095	11,0±0,2	10,5±0,2
5129	8,5±0,2	9,6±0
5131	11,5±0,2	11,0±0,2
5299	8,0±0,1	10±0,3
<i>T.hirsuta</i>		
338	6,4±0,3	6,0±0
358	6,5±0,3	5,8±0
359	3,3±0,2	7,2±0
1569	4,0±0,3	6,8±0,3
5018	5,8±0,4	6,1±0,2
5019	7,0±0,4	6,8±0,2
5137	8,0±0,4	5,2±0,3
<i>T.pubescens</i>		
322	2,7±0,3	3,9±0,2
<i>T.villosa</i>		
1009	5,4±0,2	6,7±0,3

Әрі қарай зерттеу үшін біз КГА қоректік ортасын таңдадық, өйткені ол, біріншіден, жоғары өсу қарқынын қамтамасыз етті, екіншіден, ең бастысы, КГА-дағы өсу қарқыны неғұрлым тұрақты болды. Осылайша, егер зерттелген базидиомицеттердің түрлері өсу қарқынының өсу ретімен баяу өсетіндерден тез өсетіндеріне қарай орналастырылса, онда біз келесі қатарды көреміз: *T. pubescens*($V_r = 3,9-5,5$ мм/тәул) $<T. hirsuta$ ($V_r = 5,2-7,4$ мм/тәул) $<T. zonatus$ ($V_r = 6,0-9,5$ мм/тәул) $<T. versicolor$ ($V_r = 9,6-11,5$ мм/тәул). Бұл бізге *Trametes* туысының әртүрлі түрлерінің дақылдары үшін өзгергіштіктің жалпы тенденциясы туралы түсінік береді. Қатты қоректік ортада вегетативті мицелийдің өсу қарқыны туралы алынған мәліметтерді талдай отырып, біз одан әрі жұмыс істеу үшін *T. versicolor* түрлерінің 353, 1689, 5094, 5095, 5129, 5131, 5299 штамдарын таңдадық.

Тәжірибенің келесі кезеңінде таңдалған *T. versicolor* штамдары әртүрлі қоректік орталарды қолдана отырып, терең өсіру жағдайында биомассаны синтездеу қабілетіне сыналды. Келесі қоректік орталар пайдаланылды: табиғи (Баллинг бойынша 8° сыра суслосы (СС)), кешенді (глюкоза-пептон ортасы (ГП)) және глюкоза-пептон-ашытқы ортасы (ГПА)), мочеина қосылмаған глюкоза-аммоний ортасы (ГА), картоп-глюкоза (КГ), Норкранс (СН) синтетикалық ортасы. Зерттелген бақылау зерттеуі штамдардың дақылды-морфологиялық қасиеттерін, олардың базидиомицеттерге тән белгілері бар екенін көрсетті.

Биомассаның жинақталу қабілеті бойынша іріктелген штамдардың сипаттамасы оларды терең жағдайда өсіру арқылы қоректік ортаның алты түрін қолдана отырып жүргізілді. Түпкілікті тиімділік мицелийдің құрғақ массасын салыстыру арқылы анықталды. Алынған нәтижелер 3-кестеде келтірілген.

T. versicolor штамдарын әртүрлі қоректік ортада терең жағдайында өсіру кезінде биомассаның жинақталуы

Орта	Биомассаның мөлшері, г / л						
	353	1689	5094	5095	5129	5131	5299
ПС	8,21±0,21	1,12±0,11	3,81±0,01	5,05±0,02	2,12±0,01	6,91±0,02	3,21±0,02
ГП	4,71±0,01	3,53±0,02	3,82±0,03	3,01±0,02	3,61±0,02	3,92±0,01	3,08±0,03
ГА	0,86±0,01	0,82±0	0,88±0,01	0,66±0,01	0,05±0,01	0,23±0	0,4±0,01
КГ	3,27±0,01	2,21±0,01	2,62±0,02	2,74±0,01	1,71±0,01	2,81±0,01	2,42±0,01
ГПД	9,27±0,21	5,2±0,02	6,51±0,01	7,31±0,03	4,61±0,01	8,21±0,12	7,11±0,21
СН	0,08±0	–	–	0,02±0	–	–	0,03±0

Кестеде келтірілген мәліметтерден көрініп тұрғандай, талданған штамдар биосинтетикалық белсенділігімен айтарлықтай ерекшеленді. Алайда, *T. versicolor* 353, 5095, 5131 штамдары сыналған ортаның барлық түрлеріндегі ең үлкен белсенділікті көрсетті. Терең өсіру жағдайында олар қоректік компоненттерді үнемді қолданумен және биомасса синтезінің жоғары деңгейімен ерекшеленетіні белгілі болды.

Ganoderma туысының саңырауқұлақтары Украина ҰҒА Н.Г. Холодный атындағы Ботаника институтының қалпақты саңырауқұлақтарының коллекциясынан алынған *G. lucidum* дақылдарына биомассаның едәуір мөлшерін синтездейтін штамдарды анықтау үшін скрининг жүргізілді. Біздің тәжірибелерімізде *G. lucidum* 27 штамының биосинтетикалық потенциалы зерттелді. Тәжірибелік үлгілер көміртек пен азоттың әртүрлі көздері бар қоректік ортада сыналды, бұл сыналған штамдарға жеткілікті объективті баға беруге мүмкіндік берді. Әр түрлі штамдардың биосинтетикалық белсенділігіне көміртектің әртүрлі көздерінің әсерін зерттеу бойынша тәжірибелердің нәтижелері 4-кестеде келтірілген.

Көміртегінің әртүрлі көздері бар орталарда *G. lucidum* штамдарының дақылдық сұйықтығының рН мәні және биомасса (г/л)

Штамм	Бақылау	Ортаның бас-тапқы рН мәні	Көміртегі көздері және дақылдық сұйықтықтың рН-ның соңғы мәні							
			Глюкоза	рН	Лактоза	рН	Сахароза	рН	Крахмал	рН
921	0,1±0,1	5,5	0,4±0,0	5,2	0,7±0,2	5,0	0,5±0,1	5,4	0,5±0,1	5,4
1670	0,2±0,1	5,5	3,3±0,3	3,4	2,6±0,1*	3,3	2,1±0,7*	4,2	2,9±0,1	3,6
1887	0,3±0,0	5,5	1,2±0,1	5,5	2,3±0,1*	4,3	1,7±0,3	4,7	1,7±0,1*	4,4
1888	0,2±0,1	5,5	1,9±0,2	3,8	3,3±0,1*	3,6	1,8±0,3	6,0	3,3±0,3*	3,4
1889	0,2±0,0	5,5	1,2±0,2	3,3	0,8±0,0*	3,3	0,9±0,1*	3,2	2,4±0,3*	3,4
1607	0,1±0,0	5,5	1,2±0,2	3,2	1,1±0,1	4,0	1,6±0,1*	3,6	1,7±0,1*	3,6
1608	0,1±0,2	5,5	0,6±0,1	4,3	2,1±0,2*	3,9	2,5±0,1*	4,1	1,8±0,3*	3,6
1787	0,2±0,1	5,5	1,6±0,4	3,2	1,0±0,0*	3,1	0,7±0,1*	3,2	2,1±0,0	3,2
1788	0,4±0,2	5,5	3,0±0,5	4,0	1,4±0,1*	4,0	0,6±0,0*	5,8	1,8±0,1*	4,0
1621	0,3±0,1	5,5	2,9±0,4	4,0	3,7±0,4	3,4	2,8±0,4	4,4	3,2±0,1	3,4
1900	0,2±0,1	5,5	2,1±0,4	3,6	2,2±0,2	3,4	1,7±0,3	3,2	2,3±0,2	3,4
1901	0,2±0,1	5,5	0,8±0,1	4,0	0,7±0,1	4,1	0,7±0,1	4,1	1,0±0,1	4,4
1902	0,3±0,1	5,5	2,2±0,1	3,6	2,5±0,5	3,6	1,8±0,1*	3,6	2,3±0,3	3,6
1903	0,3±0,2	5,5	1,4±0,1	3,6	0,9±0,1*	3,9	0,6±0,2*	5,6	1,0±0,1*	3,8
331	0,1±0,0	5,5	2,3±0,3	3,4	1,5±0,3*	3,4	1,5±0,3*	4,2	2,2±0,5	3,4
1683	0,1±0,0	5,5	1,1±0,2*	4,2	0,9±0,1	4,7	1,1±0,2	4,7	2,3±0,2*	3,4
1904	0,2±0,1	5,5	2,0±0,0	4,8	0,9±0,1*	3,9	0,6±0,2*	5,6	1,0±0,1*	3,8
1905	0,1±0,0	5,5	0,7±0,1	4,4	0,5±0,2	3,4	0,4±0,2*	3,5	1,3±0,2*	4,7
1906	0,2±0,0	5,5	1,5±0,3	3,6	2,1±0,1	3,8	0,9±0,2*	3,8	2,4±0,3*	3,8
1907	0,2±0,1	5,5	1,2±0,2	4,1	1,0±0,0	4,2	2,6±0,2*	4,2	1,5±0,3	4,1

1908	0,4±0,2	5,5	1,7±0,3	4,2	1,6±0,6	3,7	1,8±0,1	3,6	1,6±0,2	3,7
1909	0,2±0,1	5,5	1,1±0,1	4,5	1,8±0,6	4,6	0,7±0,1*	4,6	1,5±0,3	4,6
1910	0,1±0,0	5,5	0,6±0,0	4,0	1,0±0,4	3,7	0,6±0,2	3,7	0,7±0,1	3,7
1911	0,2±0,0	5,5	1,3±0,1	4,4	1,5±0,1	4,4	1,4±0,0	4,6	1,4±0,1	4,6
1912	0,3±0,1	5,5	1,3±0,1	4,2	1,5±0,5	4,4	1,2±0,0	6,3	1,1±0,3	4,6
1913	0,4±0,0	5,5	1,9±0,1	3,2	2,1±0,1	3,6	1,8±0,1	3,8	2,2±0,2	3,6
922	0,2±0,1	5,5	1,6±0,2	3,1	1,3±0,0	3,3	1,3±0,0	4,8	2,7±0,4*	2,9

G. lucidum 27 штамының 9-ы жұмыста қолданылатын барлық көміртегі көздері бар ортада биомассаның бірдей мөлшерін жинауға қабілетті екендігі анықталды. Сондай-ақ, зерттелген бірқатар штамдар тек белгілі бір көміртегі көзін таңдағаны анықталды. Сонымен, крахмал *G. lucidum* штамдарының 14,8 % өсуінің ең жақсы көзі болды. Қоректік ортада глюкозаның болуы *G. lucidum* үш штамының биомассасының максималды мөлшерін синтездеуге ықпал етті. *G. lucidum* 1608 және 1907 штамдарының өсуі үшін ең қолайлы сахароза болды. Белгілі бір дақылдар пайдаланылған төрт көміртегі көзінің үшеуі бар ортада жақсы өсті. Осылайша, *G. lucidum* штамдарының 14,8 %–ы глюкоза, лактоза және сахарозаны бірдей дәрежеде кәдеге жаратты. Кейбір штамдар қоректік ортада моно немесе полисахаридтер болған кезде бірдей биомассаны синтездейді. Бұл глюкозада да, крахмалда да жақсы өсетін *G. lucidum* үш штамына тән болды. Ди — немесе полисахаридтері бар қоректік ортадағы бірқатар штамдар үшін өсудің ұқсас сипаты анықталды.

G. lucidum 1607 штамының қарқынды өсуіне сахароза мен крахмал, ал *G. lucidum* 1888 және 1906 штамдарына лактоза мен крахмал ықпал етті. Жұмыста қолданылған дисахаридтер (лактоза және сахароза) белгілі бір дақылдар үшін бір-бірін алмастырды. Сонымен, 55,5 % *G. lucidum* штамдары үшін лактоза мен сахарозадағы синтезделген биомасса мөлшері ерекшеленбеді. Глюкоза-аспарт (ГА) ортасында дақылдардың жақсы өсуі аспарагиннің құрамында көміртегі мен азот атомдарының болуына байланысты болуы мүмкін деп болжауға болады.

Аспарагині бар қоректік ортада (глюкозаны енгізбестен) тек *G. lucidum* 1788 және 1904 штамдары жақсы өсетіні анықталды (сәйкесінше синтезделген биомассасы 0,6 г/л және 0,7 г/л құрады). Мұндай ортада басқа штамдар биомассаны тек 0,2–0,4 г/л жинады. Осылайша, біз зерттеген *G. lucidum* штамдарының көпшілігінде ГА ортада өсу процесінде аспарагин (оның енгізілуі 0,4 г/л құрады) көміртегі көзі ретінде іс жүзінде қолданылмайды.

Көптеген *G. lucidum* дақылдардың өсуіне қолайлы дәрежесі бойынша көміртектің әртүрлі көздерін келесі қатарға орналастыруға болады: крахмал > глюкоза > лактоза > сахароза. *G. lucidum* штамдарының әртүрлі көміртегі көздерін тиімді пайдалану қабілеті әртүрлі шығу тегі дақылдарындағы адаптивті ферменттік жүйелердің индукция ерекшелігіне байланысты. Азоттың әртүрлі көздерін әртүрлі штамдардың биосинтетикалық белсенділігіне әсерін зерттеу нәтижелері 5-кестеде келтірілген.

К е с т е 5

Азоттың әртүрлі көздері бар орталарда *G. lucidum* штамдарының дақылдық сұйықтығының рН мәні және биомасса (г/л)

Штамм	Бақылау	Ортаның бастапқы рН мәні	Азот көздері және дақылдық сұйықтықтың рН-ның соңғы мәні					
			пептон	рН	Аммоний сульфаты	рН	Натрий нитраты	рН
921	0,1±0,0	5,5	0,4±0,0	5,2	0,4±0,1	4,7	0,4±0,0	5,4
1670	0,2±0,1	5,5	3,3±0,3*	3,4	2,0±0,0	3,2	1,5±0,5	3,8
1887	0,3±0,0	5,5	1,2±0,1	5,5	1,3±0,1	3,9	1,6±0,0*	3,7
1888	0,2±0,1	5,5	1,9±0,2	3,8	1,7±0,1	3,2	1,8±0,1	4,2
1889	0,2±0,0	5,5	1,2±0,2	3,3	1,4±0,1	3,3	1,6±0,2	3,5
1607	0,1±0,0	5,5	1,2±0,2*	3,2	0,6±0,1	3,2	0,5±0,1	5,0
1608	0,1±0,2	5,5	0,6±0,1	4,3	0,6±0,2	3,5	0,6±0,1	4,8
1787	0,2±0,1	5,5	1,6±0,4*	3,2	0,7±0,1	2,9	1,3±0,3*	5,2
1788	0,4±0,2	5,5	3,0±0,5*	4,0	1,0±0,2	3,4	1,0±0,4	5,0
1621	0,3±0,1	5,5	2,9±0,4	4,0	2,3±0,4	3,3	1,1±0,5*	4,5
1900	0,2±0,1	5,5	2,1±0,4*	3,6	1,1±0,2	3,4	1,0±0,6	4,0
1901	0,2±0,1	5,5	0,8±0,1	4,0	1,0±0,1	3,7	1,1±0,3	5,2

1902	0,3±0,1	5,5	2,2±0,1	3,6	2,3±0,3	3,3	1,3±0,1*	4,0
1903	0,3±0,2	5,5	1,4±0,1*	3,6	2,1±0,3	3,2	1,2±0,1*	4,0
331	0,1±0,0	5,5	2,3±0,3*	3,4	1,3±0,1	3,1	0,6±0,0*	4,2
1683	0,1±0,0	5,5	1,1±0,2*	4,2	0,6±0,0	3,4	1,0±0,1*	4,3
1904	0,2±0,1	5,5	2,0±0,0*	4,8	1,0±0,2	3,6	1,2±0,2	5,2
1905	0,1±0,0	5,5	0,7±0,1	4,4	0,5±0,1	3,4	0,4±0,0	5,2
1906	0,2±0,0	5,5	1,5±0,3	3,6	1,1±0,1	3,6	0,7±0,3	3,8
1907	0,2±0,1	5,5	1,2±0,2	4,1	1,2±0,0	3,4	0,7±0,1*	4,1
1908	0,4±0,2	5,5	1,7±0,3	4,2	1,8±0,0	3,5	1,3±0,1*	4,2
1909	0,2±0,1	5,5	1,1±0,1	4,5	1,1±0,1	3,8	0,5±0,1*	5,5
1910	0,1±0,0	5,5	0,6±0,0	4,0	0,4±0,0	3,7	0,5±0,1	5,2
1911	0,2±0,0	5,5	1,3±0,1	4,4	1,3±0,1	3,8	0,8±0,1*	5,2
1912	0,3±0,1	5,5	1,3±0,1	4,2	2,1±0,9	3,2	0,9±0,1*	4,9
1913	0,4±0,0	5,5	1,9±0,1	3,2	2,0±0,0	2,8	1,4±0,2*	4,4
922	0,2±0,1	5,5	1,6±0,2*	3,1	1,1±0,1	3,1	1,6±0,3*	3,3

Әдеби мәліметтерден азот көздерінің биомасса биосинтезіне бір түрдің штамдарымен әртүрлі әсері туралы белгілі [17]. Біз алған мәліметтер сонымен қатар зерттелген *G. lucidum* штамдарының әртүрлі сипаттағы азот көздеріне тең емес қатынасы туралы екендігін көрсетеді.

G. lucidum 6 штамы органикалық (пептон) және минералды (аммоний және нитрат) азот көздері бар ортада бірдей өсті. *G. lucidum* штамдарының 70,4 %-ы органикалық және минералды азот көздерін қолдана отырып жақсы өсті. *G. lucidum* штамдарының 29,6 %-ы ортада пептон немесе аммоний сульфаты болған кезде биомассаның максималды мөлшерін жинады. Қоректік ортада пептонның немесе натрий нитратының болуы *G. lucidum* жеті штамының жақсы өсуін қамтамасыз етті.

Айта кету керек, пептонды аммоний тұзымен алмастыру биомассаның қарқынды биосинтезіне тек бір ғана *G. lucidum*–1903 штамына ықпал етті. Сонымен қатар, жоғары базидиальды саңырауқұлақтар азотты нитрат түрінде нашар сіңіретіндігіне қарамастан *G. lucidum*–1887 штамы нитратты азот бар ортада биомассаны жақсы жинады.

G. lucidum штамдарының көпшілігінің өсуіне қолайлы болу дәрежесі бойынша пайдаланылған азот көздерін келесі қатарға орналастыруға болады: пептон > аммоний сульфаты > натрий нитраты. Азот көздерін пайдалану критерийі бойынша *G. lucidum* штамдары екінші дәрежелі қатарға жатады, ол органикалық, аммиакты және нитратты азотты сіңіру мүмкіндігімен сипатталады [18].

Осылайша, зерттелген *G. lucidum* және *T. versicolor* штамдары арасында көміртегі мен азотпен қоректенудің әртүрлі көздері бар ортада биомассаның жинақталу критерийі бойынша белгілі бір айырмашылықтар анықталды. Барлық зерттелген дақылдар жұмыста қолданылатын көміртегі мен азот көздерінде әртүрлі қарқындылықпен өсе алады. Екі факторлы тәжірибенің дисперсиялық талдауын пайдалану қоректендіру көздерінің, штамдардың биологиялық ерекшеліктерінің әсерін немесе олардың биомасса биосинтезіне өзара әрекеттесуін нақтылауға мүмкіндік берді. Сонымен, *G. lucidum* үшін штамдардың биологиялық ерекшеліктерінің басым әсері анықталды, бұл 61 %-ды құрады.

Зерттелген дақылдардың әртүрлі азоттың көздерінде өсуіне қатысты жүргізілген тәжірибелерде *G. lucidum* биомассасының жиналуына 52,4 % деңгейінде штамдардың биологиялық ерекшеліктерінің тиісінше әсерінің басымдылығы анықталды.

Қорытынды

Украина ҰҒА Н.Г. Холодный атындағы Ботаника институтының қалпақты саңырауқұлақтар коллекциясынан алынған әртүрлі географиялық шығу тегі *G. lucidum* 27 штамы және *Trametes* (Fr) туысының 29 штамы зерттелді. Зерттелген штамдардың вегетативті мицелийінің радиалды өсу қарқыны және олардың әр түрлі қоректік ортадағы дақылдық-морфологиялық өсу ерекшеліктері зерттелді. Зерттеу барысында *G. lucidum* және *T. versicolor* штамдары арасында көміртегі мен азотпен қоректенудің әртүрлі көздері бар ортада биомассаның жинақталу деңгейі бойынша белгілі бір айырмашылықтар бар екендігі анықталды. Бұл тәжірибелер барлық зерттелген дақылдардың жұмыста қолданылатын көміртегі мен азот көздерінде әртүрлі қарқындылықпен өсуге қабілетті екенін көрсетті. Екі факторлы тәжірибенің дисперсиялық талдауын пайдалану қоректендіру көздерінің, штамдардың биологиялық ерекшеліктерінің әсерін немесе олардың биомасса биосинтезіне өзара әрекеттесуін нақтылауға мүмкіндік берді.

Мицелийалды колониялардың дақылдық-морфологиялық ерекшеліктерін, вегетативті мицелий-дің радиалды өсу қарқынын, *Trametes* (Fr) және *G. lucidum* туысы саңырауқұлақтарының әртүрлі құрамындағы сұйық коректік заттардың алты түріне биомассаның жинақталу деңгейін зерттеу негізінде биомассаның жинақталу деңгейі бойынша ең өнімді штамдар *T. versicolor* 353 және *G. lucidum* 1621 екендігі анықталды. Осылайша, көміртегі мен азоттың әртүрлі көздері бар ортада ең үлкен биомассаны синтездейтін, таңдалып алынған *T. versicolor* 353 және *G. lucidum* 1621 штамдарының перспективасы туралы қорытынды жасауға алынған нәтижелер толық мүмкіндік береді.

Қаржыландыру

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен жүргізілді (№ АР09258296 гранты).

Әдебиеттер тізімі

- 1 Liu Y. Polysaccharide prediction in *Ganoderma lucidum* fruiting body by hyperspectral imaging / Y. Liu, Y. Long, H. Liu // *Food Chemistry: X*. — 2022. — Vol. 13. — P. 1255–1262. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100199>.
- 2 Wen L. Structure of water-soluble polysaccharides in spore of *Ganoderma lucidum* and their anti-inflammatory activity / L. Wen, Zh. Sheng, J. Wang, Y. Jiang, B. Yang // *Food Chemistry*. — 2022. — Vol. 373. — P. 131–142. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131374>.
- 3 Kozarski M. Antioxidative activities and chemical characterization of polysaccharide extracts from the widely used mushrooms *Ganoderma applanatum*, *Ganoderma lucidum*, *Lentinus edodes* and *Trametes versicolor* / M. Kozarski, A. Klaus, M. Niksic, M. Vrvic, N. Todorovic, D. Jakovljevic // *Journal of Food Composition and Analysis*. — 2012. — Vol. 26. — P. 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.02.004>.
- 4 Ikekawa T. Antitumor polysaccharides of *Flammulina velutipes* 2. The structure of EA-3 and further purification of EA-5 / T. Ikekawa, Y. Ikeda, Y. Yoshioka, K. Nakanishi, Y. Yamazaki // *J. Pharmacobiol. Dyn.* — 1982. — Vol. 5. — P. 576–581.
- 5 Sharma C. Bioactive metabolites of *Ganoderma lucidum*: Factors, mechanism and broad spectrum therapeutic potential / C. Sharma, N. Bhardwaj, A. Sharma, H. Singh Tuli, P. Batra, V. Beniwal, G. Kumar Gupta, A.K. Sharma // *Journal of Herbal Medicine*. — 2019. — Vol. 17–18. — P. 812–823. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100268>.
- 6 Ahmad Md.F. *Ganoderma lucidum*: A potential pleiotropic approach of ganoderic acids in health reinforcement and factors influencing their production / Md. F. Ahmad, S. Wahab, F. Ali Ahmad, S.A. Ashraf, S.S. Abullais, H.H. Saad // *Fungal Biology Reviews*. — 2022. — Vol. 39. — P. 100–125. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.12.003>.
- 7 Boh B. *Ganoderma lucidum* and its pharmaceutically active compounds / B. Boh, M. Berovic, J. Zhang, L. Zhi-Bin // *Biotechnology Annual Review*. — 2007. — Vol. 13. — P. 265–301. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S1387-2656\(07\)13010-6](https://doi.org/10.1016/S1387-2656(07)13010-6).
- 8 Shi M. Antioxidant and immunoregulatory activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharide (GLP) / M. Shi, Z. Zhang, Y. Yang // *Carbohydrate Polymers*. — 2013. — Vol. 95, No. 1. — P. 200–206. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.081>.
- 9 Ren L. Immunomodulatory activities of polysaccharides from *Ganoderma* on immune effector cells / L. Ren, J. Zhang, T. Zhang // *Food Chemistry*. — 2021. — Vol. 340. — P. 127–139. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127933>.
- 10 Wasser S.P. Medicinal properties of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: current perspectives / S.P. Wasser, A.L. Weis // *Int. J. Med. Mushr.* — 1999. — Vol. 1, No. 1. — P. 31–62.
- 11 Wasser S.P. Therapeutic effects of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: a modern perspective / S.P. Wasser, A.L. Weis // *Crit. Rev. Immunol.* — 1999. — Vol. 19. — P. 65–96.
- 12 Jin M. Anti-inflammatory activities of the chemical constituents isolated from *Trametes versicolor* / M. Jin, W. Zhou, C. Jin, Z. Jiang, S. Diao, Z. Jin, G. Li // *Natural Product Research*. — 2019. — Vol. 33, No. 16. — P. 2422–2425. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1446011>.
- 13 Janjusevic L. *Trametes versicolor* ethanol extract, a promising candidate for health-promoting food supplement / L. Janjusevic, B. Pejin, S. Kaisarevic, S. Gorjanovic, F. Pastor, K. Tesanovic, M. Karaman // *Natural Product Research*. — 2018. — Vol. 32, No. 8. — P. 963–967. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1366484>.
- 14 Hyder Md S. Mushroom-derived polysaccharides as antitumor and anticancer agent: A concise review / Md S. Hyder, S. Dutta // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. — 2021. — Vol. 35. — P. 102–119. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102085>.
- 15 Kumar S.P. Medicinal mushrooms: Clinical perspective and challenges / S.P. Kumar, W. Luyten // *Drug Discovery Today*. — 2022. — Vol. 27, No. 2. — P. 636–651. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.11.017>.
- 16 Бухало А.С. Опыт глубинного выращивания *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. на комплексных средах / А.С. Бухало, Е.Ф. Соломко, Л.П. Пархоменко // *Производство высших съедобных грибов СССР*. — Киев: Наук. думка, 1978. — С. 29–32.
- 17 Elisashvili V. Extra cellular polysaccharide production by culinary-medicinal Shiitake mushroom *Lentinusedodes* (Berk.) Singer and *Pleurotus* (Fr.) P. Karst. species. Depending of Carbon and Nitrogen Source / V. Elisashvili, S. Wasser, K.K. Tan // *Int. J. Med. Mushr.* — 2004. — Vol. 6, No. 2. — P. 165–172.
- 18 Chang S.T. Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact / S.T. Chang, P.G. Miles. — London: CRC Press, 2004. — 450 p.

К.Г. Мустафин, Н.А. Бисько, А.К. Калиева,
Ж.Б. Нармуратова, А.С. Жакипбекова, Ж.К. Садуаева

Скрининг грибов рода *Ganoderma* и *Trametes* по уровню синтеза биомассы в условиях глубинного культивирования

В статье приведены исследования, направленные на поиск среди коллекционных культур лечебных грибов рода *Ganoderma* и *Trametes* штаммов, являющихся наиболее активными по скорости роста и накопления биомассы на питательных средах различного состава. Были исследованы 27 штаммов рода *G. lucidum* разного географического происхождения и 29 штаммов рода *Trametes* (Fr.) из коллекции шляпочных грибов Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины. Изучена радиальная скорость роста вегетативного мицелия исследуемых штаммов и их культурально-морфологические особенности роста на разных питательных средах. Установлены определенные отличия между исследуемыми штаммами *G. lucidum* и *Trametes versicolor* по уровню накопления биомассы на средах с разными источниками углеродного и азотного питания. Все исследованные культуры способны расти с разной интенсивностью на использованных в работе источниках углерода и азота. Использование дисперсионного анализа двухфакторного опыта позволило детализировать влияние источников питания, биологических особенностей штаммов или их взаимодействие на биосинтез биомассы. На основании изучения культурально-морфологических особенностей мицелиальных колоний, радиальной скорости роста вегетативного мицелия, уровня накопления биомассы на шести типах жидких питательных средах различного состава грибов рода *Trametes* (Fr) и *G. Lucidum* было установлено, что наиболее продуктивными по уровню накопления биомассы штаммами были *T. versicolor* 353 и *G. lucidum* 1621, которые были отобраны для проведения дальнейших исследований.

Ключевые слова: базидиальные грибы, *G. lucidum*, *T. versicolor*, штамм, биомасса, скрининг, мицелий, азот, углерод.

K.G. Mustafin, N.A. Bisko, A.K. Kalieva,
Zh.B. Narmuratova, A.S. Zhakipbekova, J.K. Sadueva

Screening of fungi of the genus *Ganoderma* and *Trametes* by the level of biomass synthesis under conditions of deep cultivation

This article presents studies aimed at searching among the collection cultures of medicinal *Ganoderma* and *Trametes* fungal strains that are the most active in terms of growth rate and accumulation of biomass on nutrient media of various compositions. 27 strains of the genus *G. lucidum* of different geographical origins and 29 strains of the genus *Trametes* (Fr.) from the collection of mushrooms of the N.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine were studied. The radial growth rate of vegetative mycelium of the studied strains and their cultural and morphological features of growth on different nutrient media were examined. Certain differences were established between *G. lucidum* and *T. versicolor* fungal strains in terms of the level of biomass accumulation on media with different carbon and nitrogen sources. All the studied strains are able to grow at different carbon and nitrogen sources. The use of variance analysis of two-factor experience made it possible to detail the influence of nutrient sources, biological characteristics of strains, or their interaction on biomass biosynthesis. Based on the study of the cultural and morphological features of mycelial colonies, the radial growth rate of vegetative mycelium, the level of biomass accumulation on six types of liquid nutrient media it was found that the most productive strains in terms of biomass accumulation were *T. versicolor* 353 and *G. lucidum* 1621, which were selected for further research.

Keywords: basidial fungi, *G. lucidum*, *T. versicolor*, strain, biomass, screening, mycelium, nitrogen, carbon.

References

- 1 Liu, Y., Long, Y., & Liu, H. (2022). Polysaccharide prediction in *Ganoderma lucidum* fruiting body by hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 13; 1255–1262. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100199>
- 2 Wen, L., Sheng, Zh., Wang, J., Jiang, Y., & Yang, B. (2022). Structure of water-soluble polysaccharides in spore of *Ganoderma lucidum* and their anti-inflammatory activity. *Food Chemistry*, 373; 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131374>
- 3 Kozarski, M., Klaus, A., Niksic, M., Vrvic, M., Todorovic, N., & Jakovljevic, D. (2012). Antioxidative activities and chemical characterization of polysaccharide extracts from the widely used mushrooms *Ganoderma applanatum*, *Ganoderma lucidum*, *Lentinus edodes* and *Trametes versicolor*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 26; 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.02.004>
- 4 Ikekawa, T., Ikeda, Y., Yoshioka, Y., Nakanishi, K., & Yamazaki, Y. (1982). Antitumor polysaccharides of *Flammulina velutipes* 2. The structure of EA-3 and further purification of EA-5. *J. Pharmacobiol. Dyn.*, 5; 576–581.

- 5 Sharma, C., Bhardwaj, N., Sharma, A., Singh Tuli, H., Batra, P., Beniwal, V., Kumar Gupta, G., & Sharma, A.K. (2019). Bioactive metabolites of *Ganoderma lucidum*: Factors, mechanism and broad spectrum therapeutic potential. *Journal of Herbal Medicine*, 17–18; 812–823. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100268>
- 6 Ahmad, Md.F., Wahab, S., Ali Ahmad, F., Ashraf, S.A., Abullais, S.S., & Saad, H.H. (2022). *Ganoderma lucidum*: A potential pleiotropic approach of ganoderic acids in health reinforcement and factors influencing their production. *Fungal Biology Reviews*, 39; 100–125. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.12.003>
- 7 Boh, B., Berovic, M., Zhang, J., & Zhi-Bin, L. (2007). *Ganoderma lucidum* and its pharmaceutically active compounds. *Biotechnology Annual Review*, 13; 265–301. [https://doi.org/10.1016/S1387-2656\(07\)13010-6](https://doi.org/10.1016/S1387-2656(07)13010-6)
- 8 Shi, M., Zhang, Z., & Yang, Y. (2013). Antioxidant and immunoregulatory activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharide (GLP). *Carbohydrate Polymers*, 95(1); 200–206. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.081>
- 9 Ren, L., Zhang, J., & Zhang, T. (2021). Immunomodulatory activities of polysaccharides from *Ganoderma* on immune effector cells. *Food Chemistry*, 340; 127–139. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127933>
- 10 Wasser, S.P., & Weis, A.L. (1999a). Medicinal properties of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: current perspectives. *Int. J. Med. Mushr*, 1(1); 31–62.
- 11 Wasser, S.P., & Weis, A.L. (1999b). Therapeutic effects of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: a modern perspective. *Crit. Rev. Immunol.*, 19; 65–96.
- 12 Jin, M., Zhou, W., Jin, C., Jiang, Z., Diao, S., Jin, Z., & Li, G. (2019). Anti-inflammatory activities of the chemical constituents isolated from *Trametes versicolor*. *Natural Product Research*, 33(16); 2422–2425. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1446011>
- 13 Janjusevic, L., Pejcin, B., Kaisarevic, S., Gorjanovic, S., Pastor, F., Tesanovic, K., & Karaman, M. (2018). *Trametes versicolor* ethanol extract, a promising candidate for health-promoting food supplement. *Natural Product Research*, 32 (8); 963–967. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1366484>
- 14 Hyder, Md. S., & Dutta, S. (2021). Mushroom-derived polysaccharides as antitumor and anticancer agent: A concise review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35; 102–119. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102085>
- 15 Kumar, S.P., & Luyten, W. (2022). Medicinal mushrooms: Clinical perspective and challenges. *Drug Discovery Today*, 27 (2); 636–651. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.11.017>
- 16 Bukhalo, A.S., Solomko, E.F., & Parkhomenko, L.P. (1978). Opyt glubinnogo vyrashchivaniia *Pleurotusostrestus* (Fr.) Kumm. na kompleksnykh sredakh [Deep cultivation experience of *Pleurotusostrestus* (Fr.) Kumm. on complex environments]. Proizvodstvo vysshikh siedobnykh gribov SSSR — Production of higher edible mushrooms of the USSR. Kiev: Naukova Dumka [in Russian].
- 17 Elisashvili, V., Wasser, S., & Tan, K.K. (2004). Extra cellular polysaccharide production by culinary-medicinal Shiitake mushroom *Lentinusedodes* (Berk.) Singer and *Pleurotus* (Fr.) P. Karst. species. Depending of Carbon and Nitrogen Source. *Int. J. Med. Mushr*, 6 (2); 165–172.
- 18 Chang, S.T., & Miles, P.G. (2004). *Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact*. London: CRC Press.

А.Б. Мырзабаев^{1*}, Д.Л. Голованов², Я. Урбаняк³, С.А. Кушербаев¹, М.Т. Бодеев¹

¹Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қазақстан

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

³Жаратылыстану және қоршаған орта университеттері, Вроцлав, Польша

*Хат-хабарларға арналған автор: mba_57@mail.ru

Техногендік зиянды қалдықтарының топыраққа әсерін рентгенофлуоресценттік әдіспен талдау

Техногенді жүктеменің жоғарылауына қарай жылдан-жылға топырақ өсімдіктерді әртүрлі коректі заттармен, ауамен, сумен, жылумен, биологиялық және физикалық-химиялық ортамен қамтамасыз ететін қабілеттілігінен айырылуда. Мұның себебі топырақ құрамындағы ауыр металл қосылыстарының деңгейі артып, топырақтың тозуына алып келді. Экожүйеде Pb, Cr, As сияқты ауыр металдардың болуы, тіпті өте төмен тұтыну деңгейінде де адамдар мен биожүйелер үшін улы болып табылады. Қоршаған ортаның ауыр металдармен антропогендік ластануы (өнеркәсіп, кен орындарын игеру мен кен балқыту, көлік, ауыл шаруашылығы қалдығы) уақыт өте келе артып жатыр. Қазіргі кезде топырақ жамылғысының ауыр металдармен ластануының биосфераға әсері жиі зерттелуде. Бұл табиғатта ыдырамайтын және ұзақ сақталатын қауіпті қалдықтардың көп жиналуы әсіресе ірі өнеркәсіптік-урбанизацияланған аймақтарда байқалуда. Ауыр металдарға жататын химиялық элементтерді үш топқа бөліп қарастыруға болады. Қоршаған ортаның ауыр металдармен антропогендік ластануын анықтау мақсатында Жезқазған қаласы және оған іргелес аймақтардың топырағының әр-түрлі горизонттарынан топырақ сынама-сы алынды. Алынған сынамалардың химиялық құрамын анықтау үшін рентгенофлуоресценттік әдіспен (XRF) зерттеу жасалған. Талдау жұмыстары Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университетінің ландшафт геохимиясы және топырақ географиясы кафедрасының зертханасында жүргізілді. Жезқазған қаласы және оған іргелес аймақтардың топырақ құрамындағы I (As, Zn, Cd, Pb, Hg, Se), II (Co, Ni, Mo, Cu, Cr), III (Ba, V, W, Mn, Sr), қауіптілік деңгейіндегі химиялық элементтердің сандық құрамы, мг/кг бойынша талдау жасалды.

Кілт сөздер: топырақ, рентгенофлуоресценттік талдау (РФТ), ауыр металдар, эрозия, қауіптілік дәрежесі, құнарлылық.

Kіpіcне

Қазақстанның қазіргі таңдағы топырақ жүйесінің жоғары қарқындылықпен тозуы топырақтағы биологиялық, физикалық-химиялық және өсімдіктерде жүретін биохимиялық үдерістерді басқаруға болатын биологиялық жағынан қауіпсіз технологияларды жасауды талап етеді.

Биосфераның басқа нысандарымен салыстырғанда топырақ қабаты өндірістік, ауылшаруашылық қалдықтары мен әртүрлі ластағыш заттардың ағынын өзіне қабылдайтын орта. Техногендік қысымның қарқынды өсуіне байланысты, топырақ жүйесі өзінің байланыстырушы және залалсыздандырушы сынды ең маңызды қасиеттерін жоғалта бастады. Бұлай айтудың негізгі себебі — топырақ жүйесіндегі биологиялық өнімділікке қарағанда, ластаушы үдерістердің басым болуы.

Осының әсерінен топырақ эрозияға ұшырап, жыл өткен сайын түрлі дақылдардың өнімділігі әлемдік деңгейде күрт төмендеуде, осыған орай коректік элементтердің басты көзі болып саналатын гумусты қосылыстардың қоры кемуде. Тұтас алғанда, қазіргі кезде табиғатты қорғау шараларының іске аспауынан жердің тозуы мен топырақтың табиғи құнарлылығының төмендеуі қарқынды жоғары болуда [1].

Топырақтың ең басты қасиеті мен құнды қызметі — оның құнарлылығы. Сәйкесінше, антропогенді әсер ету жағдайларында топырақтың өз құнарлылығын қамтамасыз ететін физикалық, химиялық, биологиялық қасиеттерінің сақталуын бақылау — топырақтың экологиялық мониторингісінің ең маңызды өзіндік ерекше міндеттерінің бірі.

Топырақтың агрохимиялық қасиеттеріне оның құрамындағы қара шірік, коректік заттардың жалпы (N, P₂O₅, K₂O) және жылжымалы түрінің мөлшері, топырақ ерітіндісінің реакциясы (рН), сіңіру сыйымдылығы, негізбен қанығу дәрежесі, механикалық құрамы жатады [2].

Қазіргі кезеңде антропогендік факторлардың әсерінен қоршаған ортаға ауырметалдардың түсуі ерекше қауіп төндіруде. Топырақтың белгілі катиондық сіңіру қабілетіне байланысты ауыр метал-

дардың ұзақ уақыт бойы аз мөлшерде тұрақты түсуі олардың айтарлықтай ластануына әкелуі мүмкін. Топырақтың ауыр металдармен ластану жолдары әртүрлі, бірақ олардың ішіндегі ең бастысы — техногендік қалдықтардың атмосфера арқылы таралуы.

Атмосфера мен қоршаған ортаның техногендік ластануына негізінен жылу электр станциялары (27 %), қара және түсті металлургия кәсіпорындары (24,3–10,5 % аралығында), мұнай-газ саласы (15,5 % өндіру мен қайта өңдеу кезеңінде), көлік (13,1 %), құрылыс материалдары мен өндірістік кәсіпорындар (8,1 %), сонымен қатар химиялық өндіріс кәсіпорындары (1,3 %) құрайды. Ауыр металдардың көп бөлігі техногендік қалдық заттардан салыстырмалы түрде аз радиуста шаң түрінде топырақ жамылғысына түседі, құрғақ шаң-тозаң ретінде 75–95 %; 15–20 % атмосфералық жауын-шашын арқылы түседі.

Топыраққа атмосферадан түсетін ауыр металдардың антропогендік көздерінен басқа, урбанизацияланған аудандардағы ағынды сулардан, өндірістік қалдықтар мен тұрмыстық қалдықтардан келуі мүмкін [3].

Топырақ жамылғысы табиғатты қалыптастыруда негізгі рөлді атқарады. Топырақтың әртүрлі ластаушы заттарды сіңіру және ұстап тұруы, оларды химиялық және физикалық жолдармен байланыстыру қабілеті бұл қосылыстардың табиғи суларда, өсімдіктерде және одан әрі жануарлар мен адам организмінде қоректік тізбектерде шоғырлануына жол бермейді.

Қоршаған ортаның ауыр металдармен антропогендік ластануы (өнеркәсіп, кен орындарын игеру мен кен балқыту, көлік, ауыл шаруашылығы өнімдері) уақыт өте келе артып жатыр [4]. Қазіргі кезде топырақ жамылғысының қауіпті ластануы және соның салдарынан адам денсаулығына әсері жиі тіркелуде. Бұл табиғатта бұзылмайтын және ұзақ сақталатын қауіпті қалдықтардың әсіресе ірі өнеркәсіптік-урбанизацияланған аумақтарда көп жиналуы байқалуда. Экожүйеде Pb, Cr, As сияқты ауыр металдардың болуы, тіпті өте төмен тұтыну деңгейінде де адамдар мен биожүйелер үшін улы болып табылады. Топырақ ландшафтқа техногендік жүктеменің дәрежесі мен сипатын бағалау үшін ең басты ақпараттық нысан болып табылады, бұл оларды зерттеуге басымдылық береді. Ландшафттың техногендік жүктемесінің дәрежесі мен сипатын бағалауда топырақтың маңызы зор, сондықтан топырақтың құрамын зерттеу көп мүмкіндіктерге жол ашады (1 кесте).

1 - кесте

Қауіптілік деңгейіне байланысты ауыр металдардың жіктелуі

Қауіптілік деңгейі	Химиялық зат
I	Қорғасын, мышьяк, кадмий, сынап, селен, мырыш
II	Мыс, кобальт, никель, молибден, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций

Ауыр металдар арқылы антропогендік ластану жолдары көп және әртүрлі. Олардың жергілікті ластануы аймақтардың токсиканттардың жоғары концентрациясы қалыптасуымен анықталады. Ауыр металдардың қоршаған ортаға түсуі біркелкі болмайды, көбінесе жаппай қалдықтар түрінде кездеседі және тиісті антропогендік нысанның жұмыс істеуі аяқталғаннан кейін тоқтатылады. Ауыр металдардың неғұрлым ірі көздері автокөлік, ЖЭО, қазандықтар және отын жағумен жұмыс істейтін басқа да энергетикалық объектілер болып табылады (1-кесте). Көмір, мазут, дизель отыны, бензин құрамында ауыр металдардың (қорғасын, бериллий, ванадий, никель, сынап, мышьяк және т.б.) көп мөлшері бар, олар отынды жағудың жоғары температуралық жағдайында газ тәрізді қосылыста ал аз дәрежеде қатты аэрозольдер түзеді. Осының әсерінен атмосферада, содан кейін жер бетінде ластанудың кең өрістері пайда болады [5].

Ауыр металдардың жалпы антропогендік эмиссиясындағы энергияның үлесі өте маңызды. Металлургиялық зауыттарының айналасында әртүрлі табиғи ортада ауыр металдардың көп мөлшері бар кең аномалды аймақтар пайда болады. Атмосфераның жоғары қабаттарына ауыр металдардың көп мөлшерін шығарғанда трансшекаралық ауысуларға байланысты көрші аймақтар үшін қауіп төндіреді.

Материалдар мен әдістер

Қоршаған ортаның ауыр металдармен антропогендік ластануын анықтау мақсатында Жезқазған қаласы және оған іргелес аймақтардың топырағының әртүрлі горизонттынан топырақ сынамалары

алынды. Алынған сынамалардың химиялық құрамын анықтау үшін рентгенофлуоресценттік әдіспен талдау жасадық. Талдау жұмыстары Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университетінің ландшафттар геохимиясы және топырақ географиясы кафедрасының зертханасында жүргізілді. Топырақтың элементтік құрамын анықтау үшін көптеген аналитикалық әдістер, соның ішінде AAS, ISP-MS, химиялық талдау әдістері қолданылады. Бірақ XRF сияқты спектроскопиялық әдістер басқа әдістермен салыстырғанда үлкен артықшылықтарға ие [6].

Топырақ сынамалары арнайы герметикалық полиэтилен қалталарына салынды. Әрбір сынамаға арнайы қайдан алынғандығы, күні мен уақыты жазылған белгілер жапсырылды. Алынған топырақ сынамалары зертханада толық кептірілді. Кептіру үшін үлкен қағазға жұқа етіп жаямыз, арасындағы тамырлар мен өсімдік қалдықтарын, ұсақ тастар мен қоқыстарды алып тастаймыз. Күн сәулесі тікелей түспейтін, құрғақ қышқылдар мен газдардың иісі жоқ бөлмеде үш күн қалдырамыз. Негізінен сынамаларды арнайы кептіру камералары мен термостатта $t = 40-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада кептіруге болады. Кептірілген топырақты рентгенофлуоресцентті талдау жасау үшін арнайы хром ыдыста майдалап, 1мм електен өткіземіз. Електен өтпеген ірі топырақты қайта майдалап өткізуге болады [7]. Дайын болған сынамаларды арнайы АҚШ-та шығарылған Olympus Innov-X Delta Professional — рентгенофлуоресцентті анализатор құрылғысы арқылы талдаймыз.

Нәтижелер

РФА әдісі арқылы Жезқазған қаласы және оған іргелес аймақтардың топырақ құрамындағы химиялық элементтердің қауіптілік деңгейін анықтадық. Алынған нәтижелерді 2, 3 және 4 кестелерден көруге болады.

2 - кесте

Жезқазған қаласы және оған іргелес аймақтардың топырақ құрамындағы I ші қауіптілік деңгейіндегі химиялық элементтердің сандық құрамы, мг/кг

Сынама алынған аймақтар	Химиялық элементтер					
	As	Zn	Cd	Pb	Hg	Se
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 0–2 см	18,6	170	-	243	-	167
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 2–8 см	21,7	142	-	305	-	210
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 10–40 см	15,9	114	-	196	-	182
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 50–80 см	19,1	138	-	214	-	146
Пиритті қосылыстардың қалдықтары, 0–10 см	35,6	501	-	138	-	286
Пиритті қосылыстардың қалдықтары, 10–20 см	19,4	295	-	140	-	240
Ботаникалық бақ (Суарылған аймақ)	21,7	224	-	80	-	288
Ботаникалық бақ (Суарылмаған аймақ)	16,2	952	-	15	-	166

3 - кесте

Жезқазған қаласы және оған іргелес аймақтардың топырақ құрамындағы II қауіптілік деңгейіндегі химиялық элементтердің сандық құрамы, мг/кг

Сынамалар алынған аймақтар	Химиялық элементтер				
	Co	Ni	Mo	Cu	Cr
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 0–2 см	-	31	-	1016	31
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 2–8 см	-	30	-	1546	30
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 10–40 см	10	21	-	1877	21
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 50–80 см	-	32	-	1331	32
Пиритті қосылыстардың қалдықтары, 0–10см	20	19	-	302	19
Пиритті қосылыстардың қалдықтары, 10–20 см	18	37	-	470	37
Ботаникалық бақ (Суарылған аймақ)	10	45	-	174	45
Ботаникалық бақ (Суарылмаған аймақ)	12,6	34	-	30	34

**Жезқазған қаласы және оған іргелес аймақтардың топырақ құрамындағы
III қауіптілік деңгейіндегі химиялық элементтердің сандық құрамы, мг/кг**

Сынама алынған аймақтар	Химиялық элементтер				
	Va	V	W	Mn	Sr
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 0–2 см	-	62	15	1016	170
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 2–8 см	-	65	14	1546	142
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 10–40 см	-	55	11	1877	114
Техногендік қалдықтардың үйіндісі, 50–80 см	-	71	8	1331	138
Пиритті қосылыстардың қалдықтары, 0–10 см	-	98	-	302	501
Пиритті қосылыстардың қалдықтары, 10–20 см	-	66	12	470	295
Ботаникалық бақ (Суарылған аймақ)	-	76	16	174	224
Ботаникалық бақ (Суарылмаған аймақ)	-	39	17	30	952

Екінші кестеде алынған мәліметтерден көрініп тұрғандай I-ші дәрежелі қауіптілік деңгейі жоғары химиялық элементтер (As, Zn, Pb, Se) сынама алған аймақтың барлығында байқалды. Мырыштың қалыптан тыс жоғары көрсеткіші ботаникалық бақтың суармалы топырағында 952 мг/кг (100 мг/кг ШРҚ) кездесті. Осындай қалыптан тыс жоғары болу себебі өнеркәсіп орындарының қалдық суларымен суғарғанда су арқылы да келуі мүмкін. Техногендік қалдықтардың үйіндісінде қорғасынның (Pb) мөлшері ішекті рұқсаттық қанықпадан 10 еседен артық жоғары (ШРҚ 20 мг/кг). As көрсеткіштері де мөлшері шекті рұқсаттық қанықпадан 10 еседен артық жоғары (ШРҚ 2 мг / кг). Сынама алынған аймақтардың барлығында осы көрсеткіштер жоғары [8–9].

Үшінші кестеде қауіптілік деңгейінің жоғарылығы бойынша екінші дәрежелі химиялық элементтердің ішінде Мо-нен басқалары сынамалар алынған барлық аймақта кездесті. Sr-ның ең жоғарғы көрсеткіші ботаникалық бақтың суарылмаған топырағында 45 мг/кг кездесті (ШРҚ 6 мг/кг). Мыстың ең жоғары көрсеткіштері техногендік қалдықтар үйіндісінің барлық қабаттарында өте жоғары деңгейде болды (ШРҚ 72 мг/кг). Ni (ШРҚ 7–14 мг/кг) қалыпты жағдайдағы көрсеткіштерден 1,5–2 есе жоғары.

Ал төртінші кестеде техногендік қалдықтар үйіндісінің топырақ құрамында марганецтің кездесуі қалыпты жағдайдан аспады (ПДК-1500 мг/кг). Бірақ Mn-тің кездесуінің ең төменгі көрсеткіші ботаникалық бақтың суармалы топырағында кездесті. Барлық зерттелген аймақтар бойынша V элементінің (Ванадий) кездесуі шектік рұқсаттық қанықпадан аспағандығы байқалады.

Осы анықталғандар негізінде өндіріс орындарының қалдықтарының салдарынан суға, топыраққа техногендік қысымның артқандығын атап кеткен жөн.

Қорытынды

Рентгенофлуоресценттік талдау әдісі арқылы топырақта кездесетін зиянды заттарын, мысалы — мышьяк, кадмий, сынап, қорғасын, селен, мырыш, кобальт, никель, молибден, мыс, хром, барий, ванадий, вольфрам, марганец сияқты қауіптілік деңгейі әртүрлі химиялық элементтердің қанықпасының мөлшерін тез арада анықтауға мүмкіндік береді.

Жезқазған қаласы және оның іргелес аймақтарынан алынған топырақ сынамаларының құрамындағы зиянды заттардың қауіптілік дәрежесіне байланысты химиялық элементтердің біраз түрлері айтарлықтай жоғары деңгейді көрсетті. Олар: I қауіптілік деңгейіндегі химиялық элементтер мырыш пен қорғасынның қалыпты жағдайымен салыстырғанда 10 есеге артып кеткен. II қауіптілік деңгейіндегі химиялық элементтер мыс пен хром қалыпты жағдайдағы көрсеткіштен әлде қайда жоғары. III қауіптілік деңгейіндегі химиялық элементтер марганец пен ванадийдің рентгенофлуоресценттік талдау әдісі арқылы алған көрсеткіштері қалыпты жағдайда.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Байхамурова М.О. Түркістан өңірінің топырағына мониторинг / М.О. Байхамурова, Г.Д. Нурбекова // Қазақстан-Британ техникалық университетінің хабаршысы — 2020. — № 3 (54). — Б. 34.

- 2 Мотузова Г.В. Топырақтың экологиялық мониторингі: оқулық / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова, А.Т. Нұркенова, А.Қ. Әуелбекова. — Алматы: Экономика, 2013. — 252 б.
- 3 Рязанов С.С. Пространственно-статистический анализ содержания и подвижности тяжелых металлов в гумусовых горизонтах почв Республики Татарстан / С.С. Рязанов. — Казань, 2019. — 12 с.
- 4 Лосева Л.П. Перспектива применения метода рентгенофлуоресцентного анализа для оценки загрязнения почв химическими элементами различного класса опасности (на примере г. Гродно и прилегающих территорий) / Л.П. Лосева, С.Н. Анучин, Т.К. Крупская, С.С. Ануфрик // Вестн. Гроднен. гос. ун-та им. Я. Купалы. Сер. 5. Экономика, социология, биология. — 2018. — Т. 8, № 1. — С. 154–162.
- 5 Экологические проблемы западного региона Беларуси: сб. науч. ст. — Гродно: Гроднен. гос. ун-т им. Я. Купалы, 2007. — 374 с.
- 6 Состояние природной среды Беларуси // Экологический бюллетень. — 2008. — Минск: Минсктиппроект, 2008. — 376 с.
- 7 Комиссаренков А.А. Рентгенофлуоресцентный метод анализа: метод. указ. к лабораторным работам / А.А. Комиссаренков, С.Б. Андреев. — СПб.: ГОУВПО СПбГТУРП, 2008. — 36 с.
- 8 Нормативы предельно допустимых концентраций валового содержания ртути и мышьяка в землях (включая почвы), расположенных в границах населенных пунктов, для различных видов территориальных зон по преимущественному функциональному использованию территорий населенных пунктов. — Минск, 2017. — 36 с.
- 9 Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю.Н. Водяницкий // Почвоведение. — 2012. — № 3. — С. 368–375.

А.Б. Мырзабаев, Д.Л. Голованов, Я. Урбаняк, С.А. Күшербаев, М.Т. Бодеев

Анализ влияния техногенных вредных отходов на почву рентгенофлуоресцентным методом

По мере увеличения техногенной нагрузки из года в год почва утрачивает способность обеспечивать растения различными питательными веществами, воздухом, водой, теплом, биологической и физико-химической средой. Причиной служит увеличение в почве соединений тяжелых металлов, что приводит к ее деградации. Наличие в экосистеме тяжелых металлов, таких как Pb, Cr, As, является токсичным для человека и биосистем даже при низкой концентрации. Антропогенное загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (промышленность, разработка месторождений и выплавка руд, транспорт, сельское хозяйство) со временем увеличивается. В настоящее время все чаще изучается загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и его влияние на биосферу. Особенно это наблюдается в крупных промышленно-урбанизированных регионах, где есть большое скопление опасных отходов, которые в природе не разлагаются и долго хранятся. С целью выявления антропогенного загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами были взяты пробы с различных горизонтов почв города Жезказгана и прилегающих к нему регионов. Методом рентгенофлуоресценции были определены химические составы взятых проб (XRF). Аналитические работы проводились в лаборатории кафедры ландшафтной геохимии и географии почв МГУ им.М.В. Ломоносова. Нами был проведен анализ количественного содержания химических элементов в почвах г. Жезказгана и прилегающих к нему зон I (As, Zn, Cd, Pb, Hg, Se), II (Co, Ni, Mo, Cu, Cr), III (Ba, V, W, Mn, Sr) уровней опасности.

Ключевые слова: почвы, рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), тяжелые металлы, эрозия, степень опасности, плодородие.

A.B. Myrzabaev, D.L. Golovanov, Ya. Urbanyak, S.A. Kusherbayev, M.T. Bodeev

Analysis of the impact of man-made harmful waste on the soil by X-ray fluorescence method

As the technogenic load increases from year to year, the soil loses its ability to provide plants with various nutrients, air, water, heat, biological and physico-chemical environment. The reason is an increase in heavy metal compounds in the soil, which leads to its degradation. The presence of heavy metals in the ecosystem, such as Pb, Cr, As, is toxic to humans and biosystems even at low concentrations. Anthropogenic pollution of the environment by heavy metals (industry, mining and smelting of ores, transport, agriculture) increases over time. Currently, soil contamination with heavy metals and its impact on the biosphere are increasingly being studied. This is especially observed in large industrially urbanized regions, where there is a large accumulation of hazardous waste that does not decompose in nature and is stored for a long time. To identify anthropogenic pollution of the environment with heavy metals, samples were taken from various soil horizons of the city of Zhezkazgan and adjacent regions. The chemical compositions of the taken samples were determined by X-ray fluorescence. Analytical work was carried out in the laboratory of the Department of

Landscape Geochemistry and Soil Geography of Lomonosov Moscow State University. We analyzed the quantitative content of chemical elements in the soils of Zhezkazgan and adjacent zones I (As, Zn, Cd, Pb, Hg, Se), II (Co, Ni, Mo, Cu, Cr), III (Ba, V, W, Mn, Sr) hazard levels.

Keywords: soils, X-ray fluorescence analysis (XFA), heavy metals, erosion, degree of danger, fertility.

References

- 1 Baikhamurova, M.O., & Nurbekova, G.D. (2020). Turkistan oniriyin topyragyna monitoring [Soil monitoring of the Turkestan region]. *Qazaqstan–Britan tekhnikalыq universitetinin khabarshysy — Herald of the Kazakh-British University*, 3 (54); 34 [in Kazakh].
- 2 Motuzova, G.V., Bezuglova, O.S., Nurkenova, A.T., & Auelbekova, A.K. (2013). *Topyraqtin ekologialыq monitoringi: oqulyq [Environmental monitoring of soils: textbook]*. Akmaty: Economics [in Kazakh].
- 3 Riazanov, S.S. (2019). Prostranstvenno-statisticheskii analiz sodержaniia i podvizhnosti tiazhelykh metallov v gumusovykh gorizontakh pochv Respubliki Tatarstan [Spatial and statistical analysis of heavy metals content and mobility in humus horizons of soils of the Republic of Tatarstan]. Kazan [in Russian].
- 4 Loseva, L.P., Anuchin, S.N., Krupskaya, T.K., & Anufrik, S.S. (2018). Perspektiva primeneniia metoda rentgenofluorestsennogo analiza dlia otsenki zagriazneniia pochv khimicheskimi elementami razlichnogo klassa opasnosti (na primere g. Grodno i priliegaiushchikh territorii) [The prospect of using the X-ray fluorescence analysis method to assess soil contamination with chemical elements of different hazard classes (on the example of Grodno and adjacent territories)] // *Vestnik Grodnenskogo gosudarstvennogo universisteta imeni Ya. Kupaly. Seriya 5. Ekonomika, sotsiologiya, biologiya — Bulletin of Grodno State University named after Ia. Kupala. Series 5. Economics, sociology, biology*, 8 (1); 154–162 [in Russian].
- 5 (2007). Ekologicheskie problemy zapadnogo regiona Belarusi: sbornik nauchnykh statei [Environmental problems of western region of Belorussia. Book of articles]. Grodno: *Grodnenskii gosudarstvennyi universistet imeni Ya. Kupaly* [in Russian].
- 6 (2008). Sostoianie prirodnoi sredy Belarusi. Ekologicheskii biulleten [State of the natural environment of Belarus. Environmental Bulletin 2008]. Minsk: Minskipproekt [in Russian].
- 7 Komissarenkov, A.A., & Andreev, S.B. (2008). Rentgenofluorestsenni metod analiza: metodichskie ukazaniia k laboratornym rabotam [X-ray fluorescence analysis method: method. instructions for laboratory work]. Saint Petersburg: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet rastitelnykh polimerov [in Russian].
- 8 (2017). Normativy predelno dopustimyykh kontsentratsii valovogo sodержaniia rtuti i myshiaka v zemliakh (vkluchaia pochvy), raspolozhennykh v granitsakh naseleennykh punktov, dlia razlichnykh vidov territorialnykh zon po preimushchestvennomu funktsionalnomu ispolzovaniiu territorii naseleennykh punktov [Standards of maximum permissible concentrations of gross mercury and arsenic content in lands (including soils) located within the boundaries of settlements, for various types of territorial zones according to the predominant functional use of territories of settlements]. Minsk [in Russian].
- 9 Vodianskii, Yu.N. (2012). Tiazhelye metally i metalloidy v pochvakh [Heavy metals and metalloids in soils]. *Pochvovedenie — Soil Science*, 3; 368–375 [in Russian].

К.А. Нурлыбаева*, Г.Ж. Мукашева, А.Ш. Сарсембаева, Р.Т. Бодеева

Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қазақстан

**Хат-хабарларға арналған автор: kunduz09@mail.ru*

Балқаш қаласының атмосфералық ауасының ауыр металдармен ластануы

Мақалада Балқаш қаласының атмосфералық ауасының химиялық элементтермен ластану жағдайы талқыланды. Қалқыма бөлшектердің мөлшері РМ-10 стационарлық бақылау нәтижелері бойынша сынамалар 99,6% шаң бөлшектерінің шоғырлануы (құрамы бойынша сараланбаған шаң/аэрозоль) кезінде — 0,8 РШК о.т құрады, РШК о.т. нормасы 0,05 мг/м³, Балқаш қаласының атмосфералық ауасында қатты бөлшектердің бір реттік концентрациясының ең жоғары мөлшері 0,2 РШК болды. Қалқыма бөлшектердің концентрациясының мөлшері РМ-2.5. Нормалар бойынша РМ 2.5 орташа тәуліктік деңгейі 0,25 мг/м³ аспауы керек. Мәліметтер бойынша РМ 2.5 орташа тәуліктік деңгейінің асу еселігі 0,7 мг/м³ қатты бөлшектердің бір реттік шоғырлануының ең жоғары РМ-2,5-0,2 РШК болды. Жалпы қала бойынша озонның орташа концентрациясы 1,5 РШК о.т. құрады; күкірт диоксиді-5,4 РШК м.бр.ш.; көміртегі оксиді-2,2 РШК м.бр.ш.; азот диоксиді — 2,0 РШК м.бр.ш.; күкіртсутегі-20,1 РШК м.бр.ш. рұқсат етілген ең жоғары бір реттік шоғырлану 0,5 мг/м³ кезінде қолайсыз метеорологиялық жағдайлар кезеңінде күкіртті ангидридтің нақты концентрациясы тиісті РШК-дан 23,7 есе асып түскендігі анықталды.

Кілт сөздер: атмосфера, ауа, РШК, азот диоксиді, көміртегі диоксиді, күкіртсутегі, күкіртті ангидрид, қалқыма бөлшектер, шаң, фенол, аммиак, озон, формальдегид, ластанушы бөлшектер.

Kipicne

Атмосфераның ластану дәрежесі зиянды заттардың шығарындыларының мөлшері мен көлеміне және химиялық құрамына, шығарындылар көтерілетін биіктікке және шығарылатын заттардың тасымалдануын, шашырауын және айналымын анықтайтын метеорологиялық жағдайларға байланысты екені дәлелденді [1, 2]. Шығарындылардың тұрақты көрсеткіштері кезінде атмосфераның ластану деңгейі климаттық жағдайларға: атмосферадағы қоспалардың бағытына, атмосферадағы қоспалардың тасымалдануына және таралуына, фотохимиялық түрлендірулер мен ауаның қайталама ластану өнімдерінің пайда болуын анықтайтын күн радиациясының қарқындылығына байланысты [3, 4]. Қалыпты өмір сүру ортасын экологиялық-гигиеналық тұрғыдан қамтамасыз ету ұйымдастырушылық, ғылыми және инженерлік шараларды үнемі жетілдіріп отыруды, сондай-ақ оларды жүзеге асырудың икемді басқару жүйесін қажет етеді [5].

Ластағыштардың әрқайсысының халық денсаулығына әсері тұрғысынан өзіндік ерекшелігі бар екенін атап өткен жөн. Шаң тыныс алу жүйесіне әсер етеді, өкпе тінінің прогрессивті фиброзын тудырады, бауырға әсер етеді, қан көрсеткіштеріне әсер етуі мүмкін (эритроциттер тұну жылдамдығының жоғарылауы, лейкоцитоз), физикалық әлсіздік, шаршау дамуы мүмкін [6]. Жоғары концентрациядағы көміртегі тотығы жүйке жүйесінің бұзылуын тудырады, бұл бас ауруы, есте сақтау қабілетінің төмендеуі, шаршаудың жоғарылауы, ұйқының бұзылуы [7]. Күкіртсутегі жоғарғы тыныс жолдарының катаральды ауруын, бронхитті, бас ауруын, көз ауруларын, ас қорыту бұзылыстарын, тамырлы-вегетативті бұзылуларды, терінің инфекцияларға төзімділігін төмендетуі мүмкін.

Жарияланымдарға сәйкес [8, 9], бенз (а)пирен, полиароматикалық көмірсутектер және басқа химиялық қосылыстар негізінен диаметрі 0,5–1,2 мкм бөлшектердің фракциясына шоғырланған, сонымен қатар қыста бұл химиялық қосылыстар 98% -ке дейін адсорбцияланады, ал жазда 80-90% дейін. Оларды тасымалдау жылдамдығы мен диапазоны метеорологиялық көрсеткіштерге байланысты: ауа температурасы, желдің жылдамдығы мен бағыты, атмосфераның инверсиялық сипаттамалары т.с.с. Осы көрсеткіштердің барлығы Қарағанды облысының климаттық-географиялық жағдайында ерекше маңызға ие. Аталған факторларды ескере отырып, әдеби деректерді талдағаннан кейін [10, 11] және бүгінгі күні урбанизацияланған аумақтардың жер үсті атмосферасының халықтың өмір сүру жағдайларына ластануы сияқты экологиялық фактордың әсерінің мүмкін болатын өзгерістерін бағалауға бағытталған зерттеулер өзекті болып қала береді.

74 000-ға жуық халқы бар Балқаш қаласы Қазақтың ұсақ шоқысының оңтүстік, жазық шетінде, Балқаш көлінің солтүстік жағалауында орналасқан. Қала аумағы жоспарланған, қала ішіндегі рельеф — бұл көлге қарай сәл көлбеу болатын сәл толқынды бет. Балқаш көлі — жер бетіндегі ең ірі ағынсыз көлдердің бірі, адамдардың өмір сүруіне қолайлы климатты қалыптастырады. Желдің солтүстік-шығыс бағыты бар, орташа жылдық жылдамдығы 4,7 м/с құрайды. Желдің жылдамдығы 4-тен 5 м/с-қа дейін 31,5%; желдің жылдамдығы 2-ден 3 м/с-қа дейін (25,9%). 6...7 м/с желдерінің өте жоғары қайталануы 19,8%. Желдің максималды жылдамдығы 14...15 м/с өте сирек – 0,2%. Жыл ішінде шығыс (23%) және солтүстік-шығыс (17%) желдер басым, бұл бағыттың басым бөлігі қысқы кезеңде байқалады. Солтүстік-шығыс бағыттағы желдер қала үшін ең қолайлы. Бұл аймақтағы климат күрт континенталды, қыста кішкентай аяздар (8-110 с) көбінесе еруге бейім. Суық қыста — 30 С дейін аяз қар жамылғысы аздау, желтоқсаннан наурызға дейін созылады. Жазы ашық ауа-райымен ыстық, басым температурасы +350С, жекелеген күндері + 45 С жетеді. Мұндай климаттық жағдайлар шығарындылардың таралуына қолайлы [12]. Желдің жағымсыз бағыттары кезінде Балқаш мыс балқыту зауытына (БМЗ), ЖЭО-ға және қалдық қоймасының қуатты шығарындылар көздеріне жақын аумақтарда ауадағы SO₂ мен шаңның айтарлықтай өсуі байқалады.

Материалдар мен зерттеу әдістері

Атмосфералық ауасының ластану деңгейін талдау нәтижелері Қарағанды облысының атмосфералық ауасының ластануын талдау зертханалық-аналитикалық бақылау бөлімімен (ЗАББ) бірлесіп жұмыс істеу барысында алынды.

Қоршаған орта нысандарында халық денсаулығына жағымсыз әсер етуге қабілетті ықтимал зиянды заттардың тізбесі анықталды, бұл олардың саны көрсетілген атмосфераға шығарылатын зиянды заттардың тізімі. Балқаш қаласының атмосфералық ауасының жағдайын бағалау біздің зерттеулеріміздің басым бағыттарының бірі болып табылады, өйткені қала құрылысы кезінде алдын ала санитарлық қадағалау мәселелері назардан тыс қалған жоқ, сондықтан қоныстану аймағы Балқаш металлургия комбинатының «Балқаштүстіметал» өнеркәсіптік аймағының маңында орналасқан. Бұл «лас» аймақта бірқатар шағын аудандардың орналасуы туралы айтуға мүмкіндік береді [13]. Балқаштың атмосфералық ауасының ластаушы бөлшектер шоғырлануы әкімшілік шекарасына қарамастан қала шегінде орналасқан 4 стационарлық бекетте анықталды.

Әрбір ингредиент екі немесе үш көрсеткішпен сипатталды: ШРК асып кетуінің орташа, ең жоғары еселігі және ластану индексінің шамасы (индексі асып кетудің орташа еселігінен ерекшеленетін қауіптіліктің 1, 2, 4-классындағы заттар үшін) [14].

Заттардың зияндылық дәрежесінің өсу жылдамдығындағы айырмашылықты ескеретін атмосфераның ластану деңгейінің сандық сипаттамасы атмосфераның ластану индексі (АЛИ) болып табылады. Ауаның сапасын сипаттау үшін бірнеше қоспаларды ескеретін және орташа жылдық концентрация мәндері бойынша есептелетін (ауаның созылмалы ластану деңгейін сипаттайтын) кешенді индекс ретінде АЛИ пайдаланылды [15-16], концентрацияны ғана емес, сонымен қатар ластағыштардың денсаулыққа әсер ету дәрежесін де ескереді. Атмосфераның ластану индексі есептеу формуласы:

$$I_n = \sum = \sum (X_i / ПДК_i) C_i,$$

мұндағы X_i — заттың орташа жылдық концентрациясы i ;

C_i — күкірт диоксидімен салыстырғанда i — заттың қауіптілік дәрежесін көрсететін коэффициент;

Нәтижелер және оларды талдау

Балқаш қаласының атмосфералық ауасының ластану сипаттамасы 1 кестеде келтірілген. Елді мекендердің ауасындағы ластаушы бөлшектердің рұқсат етілген максималды бір реттік концентрациясы, бұл 20-30 минут ішінде деммен жұту кезіндегі концентрация адам ағзасында рефлекторлық реакциялар тудырмауы керек. Қалқыма бөлшектердің (шаң) РШК м.бр.ш. 2,4 құрады. Бұл өз кезегінде 4 есеге шаңның асу еселігін көрсетті. Қалқымалы РМ 10 бөлшектерінің РМ 2.5-тен негізгі айырмашылығы олардың жіктелуінен шығады. РМ 10 бөлшектері неғұрлым ірі және ауыр. Тиісінше олардың ауады таралу қасиеттері РМ 2.5 разрядты бөлшектерге қарағанда аздау. Бұдан басқа, біздің ағзамыздың шырышты қабығы, сондай-ақ тыныс алу мүшелерінде қорғаныш түктері болады, олар РМ 10 бөлшектерін ұстайды. Неғұрлым ұсақ және жеңіл РМ 2.5 бөлшектері ұзақ уақыт бойы қалқыған күйде болады және іс жүзінде төмен түспейді. Олар адам денсаулығына үлкен қауіп төндіреді (1 кесте).

Балқаш қаласының атмосфералық ауасының ластану сипаттамасы

Қоспа	Норматив (мг/м ³)		Орташа тәуліктік		Максималды бір реттік шоғырлану	
	РШК орт.тәу.	РШК максималды бір рет шоғырлану	мг/м ³	А.е. РШК	мг/м ³	А.е. РШК
Шаң	0,05	0,2	0,3	0,9	0,5	2,4
Қб. РМ-2,5	0,35	0,16	0,025	0,7	2,5	0,2
Қб. РМ-10	0,06	0,3	0,04	0,8	0,3	0,2
Күкірт диоксиді	0,05	0,5	0,055	0,06	0,246	5,4
Сульфаттар	-	-	0,012	0,080	0,02	-
Көміртек оксиді	3	5	1,2	-	73	2,2
Озон	0,03	0,16	0,033	1,5	0,165	0,532
Күкірт сутегі	-	0,008	0,004	1,8	0,5	20,1
Фенол	0,006	0,01	0,007	-	0,017	-
Аммиак	0,04	0,02	0,061	0,25	0,08	0,23
Күкіртті ангидрид	-	-	0,158	3,2	0,024	23,7
Формальдегид	0,01	0,05	-	-	0,43	-
Азот диоксиді	0,04	0,2	0,03	0,4	0,33	2,0
Азот оксиді	0,06	0,4	0,004	0,49	0,5	0,44

*Ескерту: орташа тәуліктік (о.т.); максималды бір реттік шоғырлану (м.бр.ш.);
А.е. – асып кету еселігі*

Қалқыма бөлшектердің мөлшері РМ-10 стационарлық бақылау нәтижелері бойынша сынамалар 99,6% шаң бөлшектерінің шоғырлануы (құрамы бойынша сараланбаған шаң/аэрозоль) кезінде орташа тәуліктік көрсеткіші — 0,8 РШК құрады, РШК орташа тәуліктік нормасы 0,05 мг/м³, Балқаш қаласының атмосфералық ауасында қатты бөлшектердің бір реттік концентрациясының ең жоғары мөлшері 0,2 РШК құрады.

Мөлшері РМ-2.5 қалқыма бөлшектердің концентрациясы нормалар бойынша РМ 2.5 орташа тәуліктік деңгей 0,25 мг/м³ аспауы керек. Біздің мәліметтеріміз бойынша РМ 2.5 орташа тәуліктік деңгейі асу еселігі 0,7 мг/м³ қатты бөлшектердің бір реттік шоғырлануының ең жоғары РМ-2,5- 0,2 РШК құрады.

Жалпы қала бойынша озонның орташа концентрациясы орташа тәуліктік көрсеткіші 1,5 РШК құрады; күкірт диоксидінің максималды бір реттік шоғырлануы — 5,4 РШК; көміртегі оксидінің максималды бір реттік шоғырлануы — 2,2 РШК; азот диоксидінің максималды бір реттік шоғырлануы — 2,0 РШК; күкіртсутегінің максималды бір реттік шоғырлануы — 20,1 РШК рұқсат етілген ең жоғары бір реттік шоғырлану 0,5 мг/м³ кезінде қолайсыз метеорологиялық жағдайлар кезеңінде күкіртті ангидридтің нақты концентрациясы тиісті РШК-дан 23,7 есе асып түсті. Ауадағы күкірт ангидридін нақты концентрациясы динамикалық және метеорологиялық факторларға байланысты екеніне ерекше назар аудару керек. Қалдықтар ретінде көп мөлшерде пайда болуына байланысты күкірт диоксиді Балқаш қаласының атмосферасын ластайтын негізгі газдардың бірі болып табылады. Ең үлкен қауіп — бұл металдарды балқыту және күкірт қышқылын өндіру кезінде атмосфераға шығарылатын күкірт қосылыстары. Реакцияның соңғы өнімі ауадағы күкірт қышқылының аэрозоли болып табылады, ол жауын-шашынмен бірге топырақты қышқылдандырады, тыныс алу жолдарының ауруларын күшейтеді, адам денсаулығына жасырын түрде әсер етеді. «Балқаштүстіметалл» кәсіпорындарының түтін алауларынан күкірт қышқылы аэрозолинің түсуі жақын маңдағы Балқаш көлінің есебінен төмен бұлттылық пен ауаның ылғалдылығы кезінде жиі байқалады.

Қаланың ауа бассейнінде күкіртсутегі, күкірт көміртегі, күкірт және күкірт ангидридтері, күкірт шаңы сияқты зиянды заттар бір уақытта көп немесе аз концентрацияда болады. Олардың қала тұрғындарының ағзасында жинақталуы жүйелі созылмалы интоксикацияға алып келеді, бұл ағзаның жасушаішілік деңгейде сыртқы қолайсыз факторларға бейімделуіне әкеледі. Жасушадағы бұл өзгерістер сыртқы ортадан енетін заттардың мүшелер мен жүйелерге кері әсерін тигізетіндігін куәландырады.

дырады. Бір сағатта жасушаішілік деңгейдегі өзгерістер мүшенің функционалдық өзгерістеріне ауысады.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Суржиков Д.В. Загрязнение окружающей среды промышленного центра металлургии как фактор риска для здоровья: дис. ... д-ра биол. наук / Д.В. Суржиков. — Новокузнецк, 2007. — 364 с.
- 2 Суржиков В.Д. Загрязнение атмосферного воздуха промышленного города как фактор неканцерогенного риска для здоровья населения / В.Д. Суржиков, Д.В. Суржиков, Р.А. Голиков // Гигиена и санитария. — 2013. — № 1. — С. 47–49.
- 3 Абдуллаев Н.А. Научно-методические основы создания инновационной системы в природоохранной сфере (контрольно-надзорная деятельность) / Н.А. Абдуллаев, Г.А. Фоменко. — М.: Наука, 2010. — 175 с.
- 4 Гурвич В.Б. Управление риском для здоровья населения при технологическом и санитарно-техническом перевооружении промышленных предприятий / В.Б. Гурвич, Э.Г. Плотно, С.В. Ярушин // Гигиена и санитария. — 2007. — № 3. — С. 18–20.
- 5 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920–04. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.
- 6 Ляпкало А.А. Влияние качества атмосферного воздуха на заболеваемость детского населения города / А.А. Ляпкало, А.А. Дементьев, А.М. Цурган // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 3. — С. 75–81.
- 7 Рахманин Ю.А. Актуальные проблемы комплексной гигиенической характеристики факторов городской среды и их воздействия на здоровье населения / Ю.А. Рахманин, С.И. Иванов, С.М. Новиков // Гигиена и санитария. — 2007. — № 5. — С. 5–7.
- 8 Сетко Н.П. Оценка риска развития аутоиммунных заболеваний кожи у населения, проживающего в условиях воздействия различного уровня антропогенной нагрузки / Н.П. Сетко, Т.В. Николаева, В.С. Полякова // Современные проблемы науки и образования. — 2016. — № 6. — С. 64–71.
- 9 Боев В.М. Химические канцерогены среды обитания и злокачественные новообразования / В.М. Боев, В.Ф. Куксанов, В.В. Быстрых. — М.: Медицина, 2002. — 343 с.
- 10 Морева В.В. Проблемы экологической устойчивости регионов / В.В. Морева // В кн. Экологические проблемы. Евразийское пространство. — М.: МГУ, 2015. — С. 340–349.
- 11 Пивняк Г.Г. Горнодобывающие предприятия и регионы Украины: от экологической и социально-экономической депрессии к устойчивому развитию / Г.Г. Пивняк, М.С. Пашкевич, Д.А. Шашенко // В кн. Экологические проблемы. Евразийское пространство. — М.: МГУ, 2015. — С. 228–245.
- 12 Географическое расположение Карагандинской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.tripadvisor.ru/Attractions-g2350623-Activities-c47-Karagandy_Province.html
- 13 Акпамбетова К.М. Физическая география Центрального Казахстана: учеб. пос. / К.М. Акпамбетова. — Караганда, 2005. — 75 с.
- 14 Отчет об охране атмосферного воздуха // Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан (Карагандинская область) за 2015–2017 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyu-informacionnyu-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushey-sredy>
- 15 Голубничий А.А. Нормирование стандартов качества атмосферного воздуха (европейский и российский опыт) [Электронный ресурс]. / А.А. Голубничий, М.В. Замулина // Политика, государство и право. — 2015. — № 1. Режим доступа: <http://politika.snauka.ru/2015/01/2276>.
- 16 Газизова А.О. Заболеваемость органов дыхательной системы населения Приаралья / А.О. Газизова, Л.К. Ибраева, А.У. Аманбекова // Медицина и экология. — 2017. — № 3 (84). — С. 50–57.

К.А. Нурлыбаева, Г.Ж. Мукашева, А.Ш. Сарсембаева, Р.Т. Бодеева

Загрязнение атмосферного воздуха города Балхаша тяжелыми металлами

В статье обсуждалась ситуация загрязнения атмосферного воздуха города Балхаша химическими элементами. Размер взвешенных частиц, по результатам стационарного наблюдения РМ–10 пробы, составили 0,8 ПДК с.с. при концентрации частиц пыли (пыли/аэрозоля, не дифференцированных по составу) 99,6 %, норма от 0,05 мг/м³. Максимальная разовая концентрация твердых частиц в атмосферном воздухе города Балхаша составила 0,2 ПДК. Размер РМ–2,5 концентрация взвешенных частиц. По нормам среднесуточный уровень РМ–2,5 не должен превышать 0,25 мг/м³. По нашим данным, среднесуточный уровень РМ–2,5 составил максимальный РМ–2,5 – 0,2 ПДК однократной концентрации твердых частиц, кратностью превышения 0,7 мг/м³. Средняя концентрация озона, в целом, по городу 1,5 ПДК с.с., диоксид серы — 5,4 РШК м.р. к.; оксид углерода — 2,2 ПДК м.р.к.; диоксид азота — 2,0 ПДК м.р.к.; сероводород — 20,1 ПДК м.р.к. Установлено, что при максимально допустимой разовой

концентрации 0,5 мг/м³ фактическая концентрация сернистого ангидрида в период неблагоприятных метеорологических условий превышала соответствующую ПДК в 23,7 раза.

Ключевые слова: атмосфера, воздух, РШК, диоксид азота, диоксид углерода, сероводород, сернистый ангидрид, взвешенные частицы, пыль, фенол, аммиак, озон, формальдегид, загрязняющие частицы.

K.A. Nurlybayeva, G.Zh. Mukasheva, A.Sh. Sarsembayeva, R.T. Bodeeva

Pollution of the atmospheric air of the city of Balkhash with heavy metals

The article discussed the situation of atmospheric air pollution in the city of Balkhash with chemical elements. The size of suspended particles according to the results of stationary observation of the RM-10 sample was 0.8 MPC with a concentration of dust particles (dust/aerosol, not differentiated by composition) of 99.6%. The norm is 0.05 mg/m³, the maximum single concentration of solid particles in the atmospheric air of the city of Balkhash was 0.2 MPC. The size of RM is 2.5 concentration of suspended particles. According to the norms, the average daily level of RM 2.5 should not exceed 0.25 mg/m³. Based on our data, the average daily level of RM 2.5 was the maximum RM-2.5 - 0.2 MPC of a single concentration of solid particles with a multiplicity exceeding 0.7 mg/m³. The average concentration of ozone in the whole city is 1.5 MPC s.s. sulfur dioxide -5.4 MPC m.r.k.; carbon monoxide-2.2 MPC m.r.k; nitrogen dioxide -2.0 MPC m.r.k.; hydrogen sulfide - 20.1 mpc.R.K. It was found that at the maximum permissible single concentration of 0.5 mg/m³, the actual concentration of sulfur dioxide during adverse meteorological conditions exceeded the corresponding MPC by 23.7 times.

Keywords: atmosphere, air, RSC, nitrogen dioxide, carbon dioxide, hydrogen sulfide, sulfur dioxide, suspended particles, dust, phenol, ammonia, ozone, formaldehyde, polluting particles.

References

- 1 Surzhikov, D.V. (2007). Zagriaznenie okruzhaiushchei sredy promyshlennogo tsentra metallurgii kak faktor riska dlia zdorovia [Environmental pollution of the metallurgy industrial centre as a health risk factor]. *Doctor's thesis*. Novokuznetsk [in Russian].
- 2 Surzhikov, V.D., Surzhikov, D.V., & Golikov, R.A. (2013). Zagriaznenie atmosfernogo vozdukha promyshlennogo goroda kak faktor nekantserogenogo riska dlia zdorovia naseleniia [Air pollution of an industrial city as a non-carcinogenic risk factor for public health]. *Gigiena i sanitariia — Hygiene and sanitation, 1*; 47–49 [in Russian].
- 3 Abdullaev, N.A., & Fomenko, G.A. (2010). *Nauchno-metodicheskie osnovy sozdaniia innovatsionnoi sistemy v prirodokhrannoi sfere (kontrolno-nadzornaia deiatelnost)* [Scientific and methodological basis for the creation of an innovative system in the environmental sphere (control and supervision activities)]. Moscow: Nauka [in Russian].
- 4 Gurvich, V.B. Plotko, E.G., & Yarushin, S.V. (2007). Upravlenie riskom dlia zdorovia naseleniia pri tekhnologicheskome i sanitarno-tekhnicheskome perevooruzhenii promyshlennykh predpriatii [Management of risk to public health during technological and sanitary-technical re-equipment of industrial enterprises]. *Gigiena i sanitariia — Hygiene and sanitation, 3*; 18–20 [in Russian].
- 5 (2004). Rukovodstvo po otsenke riska dlia zdorovia naseleniia pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zagriazniaiushchikh okruzhaiushchuiu sredu: P 2.1.10.1920–04 [Guidance for assessing the risk to public health from exposure to environmental pollutants: P 2.1.10.1920-04]. Moscow: Federalnyi tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii [in Russian].
- 6 Liapkalo, A.A., Dementev, A.A., & Tsurgan, A.M. (2014). Vliianie kachestva atmosfernogo vozdukha na zabolevaemost detskogo naseleniia goroda [Impact of atmospheric air quality on the incidence of children in the city]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia — Modern problems of science and education, 3*, 75–81 [in Russian].
- 7 Rakhmanin, Yu.A., Ivanov, S.I., & Novikov, S.M. (2007). Aktualnye problemy kompleksnoi gigienicheskoi kharakteristiki faktorov gorodskoi sredy i ikh vozdeistviia na zdorove naseleniia [Current problems of integrated hygienic characterization of urban environment factors and their impact on public health]. *Gigiena i sanitariia — Hygiene and sanitation, 5*, 5–7 [in Russian].
- 8 Setko, N.P., Nikolaeva, T.V., & Poliakova, V.S. (2016). Otsenka riska razvitiia autoimmunnykh zabolevaniy kozhi u naseleniia, prozhivaiushchego v usloviakh vozdeistviia razlichnogo urovnia antropogennoi nagruzki [Assessment of the risk of developing autoimmune skin diseases in a population living under the influence of various levels of anthropogenic load]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia — Modern problems of science and education, 6*, 64–71 [in Russian].
- 9 Boev, V.M., Kuksanov, V.F., & Bystrykh V.V. (2002). *Khimicheskie kantserogeny sredy obitaniia i zlokachestvennye novobrazovaniia* [Habitat chemical carcinogens and malignancies]. Moscow: Meditsina [in Russian].
- 10 Moreva, V.V. (2015). Problemy ekologicheskoi ustoichivosti regionov [Problems of environmental sustainability of regions]. V knige: *Ekologicheskie problemy. Evraziiskoe prostranstvo — In the book: Environmental Issues. Eurasian space*. Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet, 340–349 [in Russian].
- 11 Pivniak, G.G., Pashkevich, M.S., & Shashenko, D.A. (2015). Gornodobyvaiushchie predpriatii i regiony Ukrainy: ot ekologicheskoi i sotsialno-ekonomicheskoi depressii k ustoichivomu razvitiu [Mining enterprises and regions of Ukraine: from environmental and social and economic depression to sustainable development]. V knige: *Ekologicheskie problemy. Evraziiskoe pros-*

transtvo — In the book: *Environmental Issues. Eurasian space*. Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet, 228–245 [in Russian].

12 *Geograficheskoe raspolozhenie Karagandinskoi oblasti* [Geographical location of Karaganda region]. Retrieved from https://www.tripadvisor.ru/Attractions-g2350623-Activities-c47-Karagandy_Province.html [in Russian].

13 Akpambetova, K.M. (2005). *Fizicheskaia geografiia Tsentralnogo Kazakhstana* [Physical geography of Central Kazakhstan]. Karaganda [in Russian].

14 *Otchet ob okhrane atmosfernogo vozdukha // Informatsionnyi biulleten o sostoianii okruzhaiushchei sredy Respubliki Kazakhstan (Karagandinskaia oblast) za 2015–2017 gg.* [Report on the protection of atmospheric air, newsletter on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan (Karaganda region) for 2015-2017]. Retrieved from <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushey-sredy> [in Russian].

15 Golubnichii, A.A., & Zamulina, M.V. (2015). Normirovanie standartov kachestva atmosfernogo vozdukha (evropeiskii i rossiiskii opyt) [Normalization of air quality standards (European and Russian experience)]. *Politika, gosudarstvo i pravo - Politics, State and Law, 1*. Retrieved from <http://politika.snauka.ru/2015/01/2276> [in Russian].

16 Gazizova, A.O., Ibraeva, L.K., & Amanbekova, A.U. (2017). Zabolevaemost organov dykhatelnoi sistemy naseleniia Priaralia [Incidence of respiratory organs in the population of Aral Sea]. *Meditcina i ekologiya – Medicine and ecology, 3 (84)*, 50–57 [in Russian].

Т.С. Пономарева¹, Е.Н. Поливкина^{2*}, Р.А. Кенжебаев², Л.А. Немытова²,
Е.С. Сысоева², А.Р. Иванова²

¹ТОО «ЭКОЭКСПЕРТ», Караганда, Казахстан;

²Филиал ИРБЭ РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

*Автор для корреспонденции: polivkina@nnc.kz

Накопление Cs–137 и Sr–90 культурой салата на почвах основных радиоактивно-загрязненных участков бывшего Семипалатинского испытательного полигона

В условиях модельного вегетационного эксперимента установлены коэффициенты накопления (Кн) радионуклидов Cs–137 и Sr–90 для культуры салата (*Lactuca sativa*) для почв радиоактивно-загрязненных площадок Семипалатинского испытательного полигона (СИП). Диапазон варьирования полученных значений Кн на почвенных образцах с различных участков СИП для Cs–137 составил 2 порядка, для Sr–90 — 1 порядок. Методами непараметрического статистического анализа идентифицированы факторы, определяющие миграцию радионуклидов Cs–137 и Sr–90 в системе «почва–растения» для почв СИП с различным характером радиоактивного загрязнения. Установлено, что значения Кн Cs–137 и Sr–90 напрямую зависят от содержания биодоступных форм изотопов, которое обусловлено характером проведенных испытаний. Полученные значения коэффициентов корреляции Кендалла показали полную функциональную зависимость ($r=1$, $n=4$, $p<0,05$) между параметрами накопления и содержанием биологически доступных форм радионуклидов Cs–137 и Sr–90 в почве с радиоактивно-загрязненных территорий полигона. Применение метода частной корреляции позволило установить факторы, определяющие в почве содержание доступных форм Cs–137 и Sr–90: для Cs–137 валовое содержание К ($r_{xy-z} = -0,81$); для Sr–90 — валовое содержание Са ($r_{xy-z} = -0,64$). Полученные результаты раскрывают основные механизмы миграции радионуклидов Cs–137 и Sr–90 в системе «почва–растение», что имеет огромное практическое значение при проведении радиоэкологического мониторинга и планировании реабилитационных мероприятий на радиоактивно-загрязненных территориях СИП, а также на импактных территориях предприятий ядерно-топливного цикла, расположенных в аналогичных почвенно-климатических условиях.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон, стронций, цезий, салат (*Lactuca sativa*), коэффициент накопления, формы нахождения радионуклидов, биологическая доступность, почвенные факторы.

Введение

В результате проведения ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) значительная часть самого полигона (18,5 тыс. км²) и прилегающих к нему территорий (более 300 тыс. км²) подверглась радиоактивному загрязнению. За 40 лет функционирования СИП было проведено 456 ядерных испытаний [1]. Радиоактивное загрязнение почвенного покрова СИП имеет неоднородный характер в связи с различными видами проведенных испытаний (атмосферные, наземные, подземные, экскавационные, радиологическое оружие). Так, почва испытательной площадки «Опытное поле» содержит преимущественно искусственные радионуклиды в труднодоступных формах вследствие плавления силикатных компонентов грунта во время наземных взрывов [2]. Испытательные площадки «4» и «4а», на которых испытывали боевые радиоактивные вещества (БРВ), отличаются высокой удельной активностью биодоступного Sr–90 ($n \cdot 10^6 \text{ Бккг}^{-1}$) в почвенном покрове, удельная активность которого достигает нескольких миллионов [3]. Особый характер радионуклидного загрязнения сформировался на территории объекта «Атомное» озеро в результате экскавационного взрыва. На данном участке искусственные радионуклиды характеризуются низкой биологической доступностью [4], обусловленной спецификой образования радиоактивных частиц при подземных испытаниях [2]. Особый интерес представляет бывшая испытательная площадка «Дегелен», расположенная в одноименном горном массиве Дегелен, где подземные ядерные испытания в горизонтальных горных выработках (штольнях) привели к значительному радиоактивному загрязнению почвенного покрова вблизи порталов штолен [5]. Несмотря на проведение работ по закрытию штолен

бетонными пробками, вынос радионуклидов с водотоками из полостей штолен продолжается [6], что оказывает существенное влияние на миграцию радионуклидов в системе «почва–растения».

К настоящему времени радиоэкологами накоплен значительный материал о механизмах миграции радионуклидов в системе «почва–растения», которая является важным каналом, по которому техногенные радионуклиды включаются в трофические цепи [7–11]. Однако в случае СИП в процессах миграции радионуклидов необходимо учитывать не только специфику радиоактивного загрязнения. Так, использование данных МАГАТЭ о накоплении радионуклидов растениями [12] при оценке радиологической ситуации на определенных участках СИП может привести к завышенным результатам, так как физико-химические формы радионуклидов в конденсационных выпадениях (глобальные выпадения) значительно отличаются от форм радионуклидов, образованных при ядерных испытаниях (локальные выпадения) [13]. Условия образования радиоактивных выпадений в результате аварий на ПО «Маяк» в 1957 г. [14], в Чернобыле [11, 15–17] и на Фукусиме в 2011 г. [18] также существенно отличаются от условий образования радиоактивных частиц на СИП. Помимо характера радиоактивного загрязнения почвенного покрова, на миграцию радионуклидов в системе «почва–растения» определенное влияние могут оказывать почвенно-климатические условия СИП.

Для территории СИП получены Кн искусственных радионуклидов для наиболее распространенных представителей степной флоры [19]. Кроме того, в условиях натурального вегетационного эксперимента, проведенного непосредственно на территории СИП, получены Кн для сельскохозяйственных растений массового производства [20]. Однако во всех предыдущих работах Кн замечен высокий размах варьирования, что затрудняет их использование для прогнозирования миграции искусственных изотопов в системе «почва–растение» и выявления факторов данного процесса. Цель данной работы заключалась в получении Кн Cs–137 и Sr–90 и идентификации факторов миграции данных радионуклидов в системе «почва–растение» с использованием радиоактивно-загрязненных почвенных образцов СИП на примере культуры салата (*Lactuca sativa*) в условиях модельного эксперимента, применение которого позволяет исключить влияние неравномерного загрязнения почвы в зоне корней, а также влияние абиотических факторов, определяющих рост и развитие растений.

Материалы и методы

Почвенные образцы для проведения модельного эксперимента отбирали на территории бывших испытательных площадок СИП (см. рис.). Выбранные для эксперимента площадки характеризуются различной биологической доступностью радионуклидов Cs–137 и Sr–90 в почве вследствие различных видов испытаний. Отбора почвы производили на глубину 25 см от поверхности (корнеобитаемый слой). Масса каждого почвенного образца составила в среднем 250–300 кг.

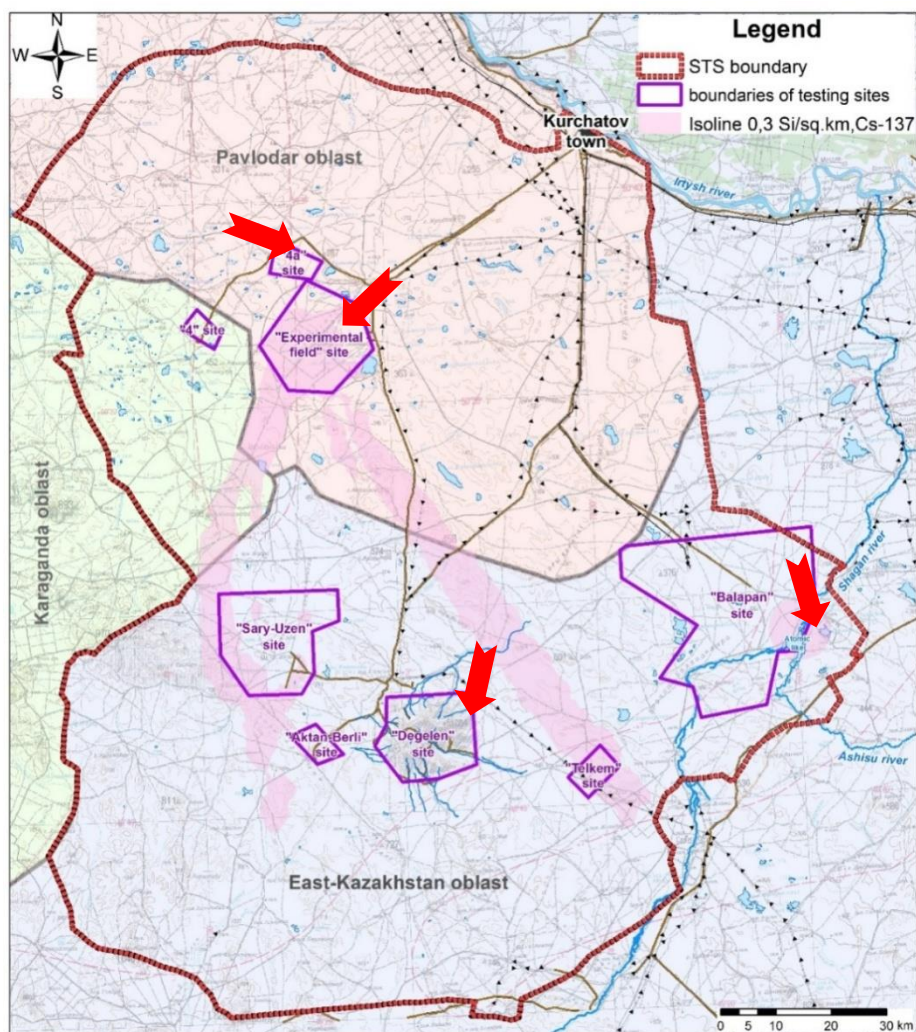
В качестве объекта исследования использовали культуру салата (*Lactuca sativa*), так как данный вид характеризуется коротким вегетационным периодом и возможностью получения урожая на небольшом объеме почвы, что немаловажно в лабораторных условиях.

Почву с каждого участка тщательно гомогенизировали и просеивали через сито для исключения неравномерности распределения радионуклидов. Далее подготовленную почву помещали в пластиковые сосуды объемом 12 л и производили посев салата сухими семенами.

Перед набивкой вегетационных сосудов из подготовленной гомогенизированной почвы производили отбор проб для радионуклидного анализа и определения физико-химических свойств.

Для полива растений использовали дистиллированную воду. Влажность почвы в ходе всего эксперимента поддерживали на уровне 60 % (от полной влагоемкости). Оптимальное количество ФАР нормального вегетационного развития и формирования биомассы салата в лабораторных условиях обеспечивали с помощью фитосветильников мощностью 10 000 люкс. Температурный режим обеспечивали за счет системы терморегулирования. Контроль освещения, влажности почвы и температуры воздуха осуществляли ежедневно. В ходе эксперимента дополнительную макро- и микроэлементную подкормку растений не использовали, так как внесение удобрений может оказать значительное влияние на миграцию радионуклидов. Длительность эксперимента соответствовала вегетационному циклу салата и составила 60 дней.

Отбор проб растений для радионуклидного анализа производили рандомизированно в конце вегетационного цикла. Для предотвращения загрязнения срезали надземную часть растений на высоте до 3 см над поверхностью почвы. Масса каждого сырого растительного образца составляла в среднем 600–700 г.



Стрелки указывают на испытательные площадки, где отобраны почвенные образцы

Рисунок. Обзорная карта Семипалатинского полигона

Растительные образцы тщательно промывали проточной водой, затем ополаскивали дистиллированной. Сушку растительных проб производили в сушильном шкафу (BINDERED-53) при 80–100 °С (до постоянной массы). Высушенные пробы измельчали с использованием лабораторной мельницы (GRINDOMIXGM 200). Измельчённую пробу обугливали в муфельной печи (NABERTHERM 30/3000) при начальной температуре 200–250 °С, с постепенным повышением температуры до 350–400 °С, после чего взвешивали и передавали на γ -спектрометрическое измерение удельной активности (УА). Из обугленного образца, прошедшего γ -спектрометрическое измерение, отбирали навеску, которую дополнительно озоляли при температуре 550 °С в муфельной печи и подвергали радиохимическому разложению для проведения β -спектрометрического измерения УА Sr-90.

Почвенные образцы высушивали при 60–70 °С до постоянной массы в сушильных шкафах (BINDERED-53), затем истирали и просеивали с использованием сита с диаметром ячейки 1 мм. Навески для проведения спектрометрических измерений УА Cs-137 и Sr-90 из подготовленного образца отбирали методом квартования.

Определение УА радионуклида Cs-137 проводили на гамма-спектрометре CanberraGX-2020 [21].

Определение УА радионуклида Sr-90 производили с предварительным радиохимическим разложением почвенного образца с последующим измерением на бета-спектрометре TRI-CARB [22]. Чувствительность спектрометрического измерения для радионуклида Cs-137 составила для образцов растительного происхождения 1 Бккг⁻¹ (сухого вещества), для почвенных проб — 4 Бккг⁻¹, Sr-90 – 1–

20 Бккг⁻¹. Погрешность гамма-спектрометрического анализа не превышала 10–20 %, бета-спектрометрического — 15–25 %.

С целью контроля качества аналитических работ в анализируемые выборки включали холостые пробы и дублирующие аликвоты проб.

Количество органического вещества определяли с использованием метода Тюрина в модификации ЦИНАО [23]. Определение рН почвенного раствора производили потенциометрическим методом [24]. Количество поглощенных оснований определяли трилометрическим методом, а водорастворимых солей и карбонатов — объемным методом [25]. Для определения гранулометрического состава почвенных образцов использовали пипет-метод [26].

Формы нахождения радионуклидов Cs-137 и Sr-90 производили методом последовательной экстракции. Для извлечения водорастворимой формы использовали дистиллированную воду, обменной –1М СН₃СООНН₄ раствор, для подвижной — раствор 1н НСl. Радиоизотопы в составе прочносвязанной формы определяли в почве после экстрагирования. Время контакта воздействия выщелачивающих реагентов составляло 12 ч, соотношение почвы и реагента — 1:5.

Количественную оценку миграции Cs-137 и Sr-90 в растения осуществляли с использованием коэффициента накопления (Кн) [8]:

$$K_n = \frac{C_p}{C_s}, \quad (1)$$

где C_p — концентрация изотопа в растении (Бккг⁻¹); C_s — концентрация изотопа в почве (Бккг⁻¹).

Репрезентативность полученных Кн обеспечивали с помощью выбраковки недостоверных данных путем исключения значений, погрешность которых составляет 50 % и более, и выходящих за границы $\pm 1,5$ стандартных отклонений (SD) вокруг выборочного среднего (AM).

Идентификацию факторов, влияющих на интенсивность миграции радионуклидов в системе «почва–растение», проводили методом непараметрического корреляционного анализа с использованием пакета программ Statistica 12 (Statsoft, США).

Результаты и обсуждение

Физико-химические показатели исследуемых почвенных образцов

В целом, на территории СИП распространены каштановые и светло-каштановые почвы степных экосистем, а также встречаются лугово-каштановые и луговые почвы в сочетании с солонцами и солончаками.

Физико-химические показатели почв, на которых выращивали салат, представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Химический и механический состав почвенных образцов

Показатели	Место отбора почвы (испытательная площадка СИП)				«4 а»
	П-2	«Атомное» озеро	Штольни		
			176	177	
Гумус, %	8,8	9,6	23	39	3,2
рН _{вод}	6,8	7,7	6,9	6,7	6,9
Σ солей (ммоль/100 г)	0,7	0,7	0,8	3,2	2,7
Са ²⁺ _{обмен} (ммоль/100 г)	4,5	11,2	6,7	17,5	3,0
Мg ²⁺ _{обмен} (ммоль/100 г)	1,3	1,5	1,0	3,0	1,0
Физ. глина (<0,01 мм), %	16,3	20,6	20,1	27,2	25,2
Ил (<0,001 мм), %	2,4	5,0	3,9	6,6	6,3
C _{Свал} , мгкг ⁻¹	0,7 ± 0,1	0,5 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,6 ± 0,2	0,4 ± 0,1

Показатели	Место отбора почвы (испытательная площадка СИП)				
	П-2	«Атомное» озеро	Штольни		«4 а»
			176	177	
S _{вал} , мгкг ⁻¹	30 ± 4	64 ± 8	15 ± 2	27 ± 3	25 ± 3
K _{вал} , мгкг ⁻¹	(2,9±0,04)*10 ⁻³	(2,5±0,03)*10 ⁻³	(2,1±0,05)*10 ⁻³	(2,7±0,02)*10 ⁻³	(1,8±0,2)*10 ⁻³
Ca _{вал} , мгкг ⁻¹	(2,4±0,09)*10 ⁻³	(4,7±0,6)*10 ⁻³	(2,3±0,08)*10 ⁻³	(3,8±0,05)*10 ⁻³	(2,0±0,03)*10 ⁻³
Mg _{вал} , мгкг ⁻¹	(2,1±0,05)*10 ⁻³	(4,6±0,05)*10 ⁻³	(1,6±0,2)*10 ⁻³	(1,9±0,03)*10 ⁻³	(1,4±0,07)*10 ⁻³

Как видно из таблицы 1, по механическому составу (содержание физической глины в пределах 20–27 %) все почвы, использованные в эксперименте, относятся к легкосуглинистым, за исключением почвы с П–2, которая является супесчаной (содержание глины 16 %).

По реакции почвенного раствора все экспериментальные почвы являются слабокислыми, так как рН_{вод} варьирует от 6,7 до 6,9. Исключение составила почва с навала «Атомного» озера, водный раствор которого имеет слабощелочную реакцию (рН_{вод} 7,7).

Максимальное количество гумуса отмечено в почве штолен 176 и 177 (23 и 39 % соответственно), в почве остальных испытательных площадок содержание гумуса значительно ниже (менее 10 %).

Все модельные почвенные образцы относятся к незасоленным, так как установлено абсолютное преобладание Ca²⁺ над Mg²⁺ среди поглощенных оснований, а сумма легкорастворимых солей — менее 0,1 %.

Формы нахождения Cs–37 и Sr–90 в экспериментальных почвенных образцах

Формы нахождения радионуклидов в почве определяют их подвижность и биологическую доступность для растений. Относительное содержание основных форм нахождения Cs–137 и Sr–90 представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Относительное содержание форм нахождения Cs–137 и Sr–90 в почве

Техническая площадка	Формы нахождения, % (от валового содержания)				Валовое содержание, Бккг ⁻¹
	водорастворимая	обменная	подвижная	прочно-связанная	
Cs–137					
Р–2	<0,1	<0,1	0,2	99,6	2600 ± 500
«Атомное» озеро	<0,01	0,2	1,9	98,0	15000 ± 3000
Штольня 176	<0,02	5,8	5,1	89,1	8100 ± 1600
Штольня 177	0,8	0,4	0,3	98,5	3000 ± 600
«4а»	1,1	2,2	2,7	94,0	16000 ± 3000
Sr–90					
Р–2	0,1	1,5	0,4	98,0	3600 ± 600
«Атомное» озеро	1,9	29,6	5,8	62,6	12000 ± 2000
Штольня 176	11,9	36,5	48,4	3,1	7800 ± 1100
Штольня 177	<0,2	43,1	48,5	8,3	75000 ± 8000
«4а»	2,7	60	26,7	10,7	550000 ± 60000
<i>Примечание.</i> «<» — оценочные данные, так как УА радионуклида ниже предела обнаружения используемого оборудования.					

Формирование различных физико-химических форм радионуклидов связано с определенными условиями образования радиоактивных частиц при проведении различных видов испытаний.

Согласно полученным результатам последовательной экстракции (табл. 2), почвенные образцы характеризуются различным содержанием форм нахождения Cs–137 и Sr–90. Так, наименьшая биологическая доступность радионуклидов отмечена в почве с площадки П–2, поскольку основная доля радионуклидов прочно связана с твердой фазой. Содержание доступных форм Sr–90 здесь минималь-

но, а для Cs-137 получены лишь оценочные значения. Такое соотношение форм нахождения Cs-137 и Sr-90 в почве, согласно литературным данным [2, 13], обусловлено быстрой конденсацией и затвердеванием расплавленных частиц грунта, подвергшихся высокой температуре и давлению при проведении наземных взрывов.

В почве с навала «Атомного» озера содержание прочносвязанной формы радионуклидов, в целом, ниже, чем на площадке П-2. При этом основная часть Cs-137 прочно связана с твердой фазой почвы (98 %), а радионуклид Sr-90 является наиболее биологически доступным для растений, так как содержание его водорастворимой и обменной форм составляет третью часть от валового. Данные различия, вероятно, обусловлены особенностями образования радиоактивных частиц в результате относительно длительного воздействия высоких температур и давления на почвенную среду в зоне подземного взрыва [2].

В почвенных образцах штолен 176 и 177 большая часть Cs-137 также прочно связана твердой фазой, но ее содержание незначительно уступает образцам с П-2 и навала «Атомного» озера (98 и 89 % соответственно). Однако доля прочно-связанного Sr-90 не достигает даже 10 %.

Более низкое содержание прочносвязанной формы Cs-37 и Sr-90 в них может объясняться протекающими процессами сорбции радионуклидов высокодисперсными частицами почвы [7, 8] в условиях продолжающегося выноса радионуклидов из полости штолен.

Содержание подвижной и обменной формы Cs-137 в почвенных образцах штольни 176 выше в среднем в 14 раз, по сравнению со штольной 177. Более прочная сорбция радионуклидов в почвенных образцах штольни 177 может быть обусловлена относительно высоким содержанием глинистых и илистых частиц, гумуса и обменных катионов. При этом содержание водорастворимой формы Cs-137 в почве штольни 176 ниже пределов обнаружения используемого оборудования, в почве 177 штольни — незначительное.

Радионуклид Sr-90 в почвенных образцах обеих штолен по сравнению с Cs-137 характеризуется значительной подвижностью и биологической доступностью (от 36 до 48 %). Существенная разница между Cs-137 и Sr-90 по содержанию доступных форм в почвенном горизонте, в основном, обусловлена механизмами закрепления радиоизотопов в почве: для Cs-137 — необменное поглощение; для Sr-90 — ионный обмен [8].

В почве с площадки «4а» основное содержание радионуклида Cs-137 (94 %) также находится в прочносвязанной форме, тогда как для Sr-90 оно составляет всего около 10 %. В целом, большей биологической доступностью для растений в почве с «4а» характеризуется Sr-90.

Удельная активность Cs-137 и Sr-90 в салате и параметры накопления (Кн) радионуклидов

Результаты измерения УА радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в надземной части салата представлены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Удельная активность Cs-137 и Sr-90 в салате и Кн радионуклидов

Техническая площадка	n	УА радионуклидов, Бк/кг		Кн	
		Mean±Er	Range	Mean±Er	Range
Cs-137					
Р-2	1	2,4*	2,4	0,0008*	—
«Атомное» озеро	4	40±6	(15±2)-(70±14)	0,0019±0,0007	0,001-0,0026
Штольня 176	1	73*	—	0,024*	—
Штольня 177	5	480±65	(110±20)-(700±70)	0,037±0,009	0,021-0,047
«4а»	1	100*	—	0,006*	—
Sr-90					
Р-2	1	750*	—	0,2*	—
«Атомное» озеро	4	2500±290	(1700±110)-(3600±320)	0,21±0,09	0,14-0,3
Штольня 176	1	15000*	—	1,9*	—
Штольня 177	4	49000±4200	(40000±3600)-(71000±5200)	0,65±0,17	0,53-0,95
«4а»	1	1700000*	—	3,1*	—

Примечание. «*» — получено единственное значение.

Как видно из таблицы 3, на некоторых почвенных образцах удалось получить лишь по одному значению УА радионуклидов в салате. Максимальные значения УА радионуклида Cs-137 зафиксированы в растениях, выращенных на почве со штольни 177, минимальные — на почве с площадки П-2. Максимальная концентрация радионуклида Sr-90 в биомассе отмечена для растений, полученных на почве с площадки «4а», минимальная — на почве с площадки П-2.

Для количественной оценки миграции Cs-137 и Sr-90 в системе «почва–растения» рассчитаны Кн радионуклидов для салата. Минимальное значение Кн Cs-137 установлено на почвенных образцах площадки П-2 (0,0008), максимальное — на почвенных образцах штольни 177 (0,047), то есть выше в среднем в 59 раз. На почвенных образцах с навала «Атомного» озера Кн Cs-137 выше минимального в среднем в 2 раза, на площадке «4а» — в 7 раз, на почвенных образцах штольни 176 — в 30 раз. Установленные различия в накоплении Cs-137 культурой салата, возможно, обусловлены различиями физико-химических форм данных радионуклидов в радиоактивных выпадениях при проведении разных видов ядерных испытаний, а также, безусловно, влиянием свойств почв. Так, низкие значения Кн Cs-137 на почвенных образцах площадки П-2 и навала «Атомного» озера, прежде всего, обусловлены фиксированным состоянием радионуклида в радиоактивных частицах при проведении наземных и подземных испытаний. Незначительная разница между Кн Cs-137 на почвах штолен (в среднем в 1,5 раза) объясняется тем, что доступный корням радионуклид в почве штольни 176 преимущественно находится в обменной форме, а в почве штольни 177 — как в обменной, так и в водорастворимой форме.

Несколько иначе в системе «почва–растение» ведет себя Sr-90. Наименьшее накопление радионуклида отмечено на почве площадки П-2 и навала «Атомного» озера. Аналогичный показатель превышает минимальное значение в среднем в 3 и 10 раз на почве штольни 177 и 176 соответственно. Максимальных значений Кн достигает на почве площадки «4а» (выше минимального в 15 раз).

Также необходимо отметить, что значения Кн Sr-90 на почве штольни 176 и площадки «4а» превышают единицу, что обусловлено высоким содержанием обменной формы в первом случае и обменной и водорастворимой — во втором случае.

В целом, значения Кн Sr-90 значительно выше аналогичных показателей для Cs-137, следовательно, в большей степени в растениях накапливается именно Sr-90.

Факторы, определяющие миграцию Cs-137 и Sr-90 в системе «почва–растение»

Для выявления факторов миграции радионуклидов в системе «почва–растение» радиоактивно-загрязненных территорий СИП выполнена статистическая обработка экспериментально полученных данных методами непараметрической статистики с использованием коэффициента корреляции Кендалла и частного коэффициента корреляции.

Так как в системе «почва–растения» доля радионуклида, находящаяся в водорастворимой и обменной форме, является основным источником поступления в растения, корреляционный анализ проводили, используя Кн Cs-137 и Sr-90 и содержание их биодоступных форм. Установленные значения коэффициентов корреляции Кендалла показали полную функциональную зависимость ($r=1$, $n=4$, $p<0,05$) между параметрами накопления и содержанием биологически доступных форм радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в почве с радиоактивно-загрязненных территорий полигона.

Однако необходимо отметить, что, на биологическую доступность радионуклидов, в свою очередь, оказывает влияние одновременно множество различных почвенных факторов. Для установления наиболее значимого почвенного фактора, определяющего биодоступность Cs-137 и Sr-90, рассчитали значения частных корреляций. Данный метод позволяет определить наиболее значимый фактор, влияющий на результирующий признак (в данном случае — это содержание биодоступных форм радионуклидов) из множества одновременно воздействующих факторов (в данном случае — это физико-химические показатели почвы). Полученные значения частных коэффициентов корреляции показали, что наиболее важным фактором, определяющим содержание доступных форм Cs-137 и Sr-90 в почвах СИП, а, соответственно, и накопление данных радионуклидов растениями являются их неизотопные аналоги: для Cs-137 — это валовое содержание К ($r_{xy-z} = -0,81$; $n=4$, $p<0,2$); для Sr-90 — валовое содержание Са ($r_{xy-z} = -0,64$; $n=4$, $p<0,2$).

В целом, установленные корреляционные зависимости подтверждают имеющиеся в литературе данные [7, 8, 27–29].

Заключение

Дана количественная оценка аккумуляции Cs-137 и Sr-90 растениями из почвы радиоактивно-загрязненных участков СИП на примере салата (*Lactuca sativa*). Сравнительный анализ Кн Cs-137 и Sr-90 для культуры салата, выращенного на почвенных образцах СИП, выявил некоторые особенности. Установлено, что наименьшей биологической доступностью радионуклидов Cs-137 и Sr-90 для растений характеризуется почва с площадки П-2 и навала «Атомного» озера, что обусловлено особыми условиями и сопутствующими механизмам образования радиоактивных частиц при проведении ядерных испытаний.

Разница в накоплении радионуклидов салатом на почве штолен 176 и 177 очевидно обусловлена продолжающимися процессами трансформации форм нахождения Cs-137 и Sr-90 в почве.

Радиоизотоп Sr-90 характеризуется значительным содержанием биологически доступных форм во всех почвенных образцах, за исключением П-2. При этом наибольшая опасность с точки зрения поступления в растения данного радионуклида представляет почва площадки «4а».

На основании полученных экспериментальным путем параметров накопления Cs-137 и Sr-90 и содержанием данных радионуклидов в почвенных образцах с различным радиоактивным характером загрязнения и физико-химическими характеристиками установлено влияние двух основных факторов, определяющих переход радионуклидов в системе «почва–растение» на радиоактивно-загрязненных участках территории СИП: содержание биологически доступных форм нахождения радионуклидов и содержание их неизотопных аналогов.

Полученные результаты имеют большое практическое значение для проведения радиоэкологического мониторинга и оценки радиационно-опасных объектов СИП, а также могут быть экстраполированы на импактные территории предприятий ЯТЦ, расположенные в аналогичных почвенно-климатических условиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках научного гранта AP08856481 «Оценка радиационного состояния растительного покрова с точки зрения его сельскохозяйственного назначения».

Список литературы

- 1 Ядерные испытания СССР: Семипалатинский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. Факты, свидетельства, воспоминания. — М.: Медбиоэкстрем, 1997. — 347 с.
- 2 Lukashenko S.N. Radioactive particles released from different sources in the Semipalatinsk Test Site / S.N. Lukashenko, A.M. Kabdyrakova, O.C. Lind, I. Gorlochev, A. Kunduzbaeva, T. Kvochkina, K. Janssens, W. De. Nolf, Yu.Yu. Yakovenko, B. Salbu // J. Environ. Radioact. — 2020. — Vol. 216. — P. 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106160>
- 3 Larionova N.V. Accumulation of radionuclides by plants in the area for testing radiological warfare substances at the Semipalatinsk test site / N.V. Larionova, S.N. Lukashenko, N.I. Sanzharova / Radiation and Risk. — 2013. — Vol. 22. — P. 60–65.
- 4 Кундузбаева А.Е. Формы нахождения искусственных радионуклидов в почвах объекта «Атомное» озеро Семипалатинского испытательного полигона / А.Е. Кундузбаева, А.М. Кабдыракова, Н.В. Ларионова, С.Н. Лукашенко // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2017. — Т. 57, № 4. — С. 399–413. <https://doi.org/10.7868/S0869803117040063>
- 5 Subbotin S.B. Radioactive contamination of water of the Degelen mountain massif / S.B. Subbotin, Yu.V. Dubasov // Radiochemistry. — 2013. — Vol. 55 — P. 647–654. <https://doi.org/10.1134/S1066362213060155>
- 6 Panitsky A.V. Nature of radioactive contamination of components of ecosystems of stream flows from tunnels of Degelen massif / A.V. Panitsky, S.N. Lukashenko // J. Environ. Radioact. 2015. — Vol. 144. — P. 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.02.021>
- 7 Гулякин И.В. Сельскохозяйственная радиобиология / И.В. Гулякин, Е.В. Юдинцева. — М.: Колос, 1973. — 271 с.
- 8 Алексахин Р.М. Сельскохозяйственная радиоэкология / Р.М. Алексахин, В.Г. Васильев, В.А. Дикарев, В.А. Егорова и др. — М.: Экология, 1992. — 400 с.
- 9 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of Soil Systems on the Basis of Transfer Factors of Radionuclides from Soil to Reference Plants, IAEA — TECDOC-1497, IAEA, Vienna, 2006. — 250 p.
- 10 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments, IAEA — TECDOC-1616, IAEA, Vienna, 2009. — 163 p.
- 11 Пристер Б.С. Миграция радионуклидов в почве и переход их в растения в зоне аварии Чернобыльской АЭС / Б.С. Пристер, Н.П. Омеляненко, Л.В. Перепелятникова // Почвоведение. — 1990. — № 10. — С. 51–60.
- 12 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments, IAEA — Technical reports- 472, IAEA, Vienna, 2010. — 194 p.

- 13 Израэль Ю.А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий / Ю.А. Израэль. — СПб.: Прогресс-погода, 1996. — 355 с.
- 14 Avramenko M.I. Radiation accident of 1957 and Eastern-Urals radioactive trace: analysis of measurement data and laboratory experiments / M.I. Avramenko, A.N. Averin, E.G. Drozhko, Yu.V. Glagolenko, V.P. Filin, B.G. Loboiko, Yu.G. Mokrov, G.N. Romanov // J. Environ. Radioact. 2000 — Vol.34. — P. 1215–1223. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00303-9](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00303-9)
- 15 Fesenko S.V. Dynamics of ¹³⁷Cs bioavailability in a soil-plant system in areas of the Chernobyl nuclear power plant accident zone with a different physico-chemical composition of radioactive fallout / S.V. Fesenko, S.I. Spiridonov, N.I. Sanzharova, R.M. Alexakhin // J. Environ. Radioact. 1997. — Vol. 34. — P. 287–313. [https://doi.org/10.1016/0265-931X\(96\)00044-6](https://doi.org/10.1016/0265-931X(96)00044-6).
- 16 Kashparov V.A. Kinetics of dissolution of Chernobyl fuel particles in soil in natural conditions / V.A. Kashparov, N. Ahamdach, S.I. Zvarich, V.I. Yoschenko, I.M. Maloshtan, L. Dewiere // J. Environ. Radioact. 2004. — Vol.72. — P. 335 — 353. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2003.08.002>
- 17 Beresford N.A. Thirty years after the Chernobyl accident: What lessons have we learnt? / N.A. Beresford, S. Fesenko, A. Konoplev, L. Skuterud, J.T. Smith, G. Voigt // J. Environ. Radioact. 2016. — Vol.157. — P. 77 — 89. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.003>.
- 18 Endo S. Paddy-field contamination with ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs due to Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident and soil-to-rice transfer coefficients / S. Endo, T. Kajimoto, K. Shizuma // J. Environ. Radioact. — 2013. — Vol. 116. — P. 59–64. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2012.08.018>
- 19 Larionova N.V. Transfer of radionuclides to plants of natural ecosystems at the Semipalatinsk Test Site / N.V. Larionova, S.N. Lukashenko, A.M. Kabdyrakova, A.Y. Kunduzbayeva, A.V. Panitskiy, A.R. Ivanova // J. Environ. Radioact. — 2018. — Vol.186. — P. 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.09.006>
- 20 Kozhakhyanov T.E. Accumulation of artificial radionuclides in agricultural plants in the area used for surface nuclear tests / T.E. Kozhakhyanov, S.N. Lukashenko, N.V. Larionova // J. Environ. Radioact. — 2014. — Vol.137. — P. 217–226. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.06.026>
- 21 Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре МИ 2143–91: МИ 5.06.001.98 РК. — Алматы, 1998. — 18 с.
- 22 Методика определения содержания искусственных радионуклидов плутония– 239–240), стронция–90 в объектах окружающей среды (почвах, грунтах, донных отложениях и растениях). — Алматы, 2010. — 25 с.
- 23 ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества. Взамен ГОСТ 26213–84. Введен 1991–12–29. — М.: Изд-во стандартов, 1992. — 6 с.
- 24 ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения катионно-анионного состава водной вытяжки. Введен 1985–02–18. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 10 с.
- 25 ГОСТ 17.5.4.01–84. Методы определения pH водной вытяжки вскрышных и вмещающих пород. — Введен 1985–07.01. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 3 с.
- 26 ГОСТ 12536–2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. — Взамен ГОСТ 12536–1979. Введен 2016–09–01. — М.: Стандартинформ, 2015. — 18 с.
- 27 Bulgakov A.A. Modeling of ¹³⁷Cs fixation in soils / A.A. Bulgakov // Eurasian Soil Science. — 2009. — Vol. 42. — P. 675–681. <https://doi.org/10.1134/S1064229309060131>
- 28 Comans R. Kinetics of cesium sorption on illite / R. Comans, D. Hockley // Geochim. Cosmochim. Acta. — 1992. — Vol. 56. — P. 1157–1164. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(92\)90053-L](https://doi.org/10.1016/0016-7037(92)90053-L)
- 29 Absalom J.P. Radiocaesium fixation dynamics: measurement in six Cumbrian soils / J.P. Absalom, S.D. Young, N. M.J. Crout // Eur. J. Soil Sci. — 1995. — Vol. 46. — P. 461–469. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1995.tb01342.x>.

Т.С. Пономарева, Е.Н. Поливкина, Р.А. Кенжебаев, Л.А. Немытова,
Е.С. Сысоева, А.Р. Иванова

Бұрынғы Семей сынақ полигонының негізгі радиоактивті-ластанған учаскелерінің топырағындағы салат дақылында Cs-137 мен Sr-90 жинақталуы

Модельдік вегетациялық эксперимент жағдайында Семей сынақ полигонының (ССП) радиоактивті-ластанған алаңдарының топырағында салат дақылы үшін (*Lactuca sativa*) Cs-137 және Sr-90 радионуклидтерінің жинақталу коэффициенттері (Кп) анықталған. Өртүрлі ССП учаскелеріндегі топырақ үлгілерінен алынған Кп мәндерінің түрлену диапазоны Cs-137 үшін 2 қатарды, Sr-90 үшін — 1 қатарды құрады. Параметрлік емес статистикалық талдау әдістері өртүрлі радиоактивті ластануы бар ССП топырақтары үшін «топырақ-өсімдік» жүйесінде Cs-137 және Sr-90 радионуклидтерінің жылыстауын айқындайтын факторларды анықтады. Cs-137 және Sr-90 Кп мәндері изотоптардың биожегімді формаларының құрамына тікелей тәуелді екені анықталды, бұл сынақтардың сипатына байланысты. Кендалл корреляция коэффициенттерінің алынған мәндері полигонның радиоактивті ластанған аумақтарынан топырақтағы Cs-137 және Sr-90 радионуклидтерінің жинақталу параметрлері мен биологиялық қолжетімді формаларының құрамы арасындағы толық функционалдық тәуелділікті ($r=1$, $n=4$, $p<0,05$)

көрсетті. Жеке корреляциялық әдісті қолдану топырақтағы Cs-137 және Sr-90 қолжетімді формаларының құрамын анықтайтын факторларды анықтауға мүмкіндік берді: Cs-137 үшін жалпы мөлшері K ($r_{xy-z} = -0,81$); Sr-90 үшін — жалпы мөлшері Ca ($r_{xy-z} = -0,64$) болды. Алынған нәтижелер «топырақ-өсімдік» жүйесінде Cs-137 және Sr-90 радионуклидтері жылыстауының негізгі механизмдерін ашады, бұл ССП радиоактивті-ластанған аумақтарында, сондай-ақ ұқсас топырақ-климаттық жағдайларда орналасқан ядролық-отын циклі (ЯОЦ) кәсіпорындарының импакт аумақтарында радиоэкологиялық мониторинг жүргізу және реабилитациялау іс-шараларын жоспарлау кезінде үлкен практикалық маңызы бар.

Кілт сөздер: Семей сынақ полигоны (ССП), радиоактивті ластану, стронций, цезий, салат (*Lactuca sativa*), жинақталу коэффициенті (K_n), радионуклидтерді анықтау формалары, биологиялық қолжетімділік, топырақ факторлары.

T.S. Ponomaryova, Ye.N. Polivkina, R.A. Kenzhebaev, L.A. Nemytova, Ye.S. Sysoeva, A.R. Ivanova

Accumulation of Cs-137 and Sr-90 by lettuce culture from radioactively contaminated soils of the former Semipalatinsk test site

Under conditions of a simulated pot experiment in the case of salad (*Lactuca sativa*), quantitative parameters of Cs-137 and Sr-90 (Tf) accumulation by plants on soils from the former Semipalatinsk Test Site territory were obtained. The variation range of Tf values derived for soil samples from different STS areas was 2 orders of magnitude for Cs-137 and 1 order of magnitude for Sr-90. Using nonparametric statistical analytical techniques, determinants of the transfer of Cs-137 and Sr-90 from soil to plants for STS soils with various natures of radioactive contamination were identified. The content of biologically available species of radionuclides has a significant effect on the accumulation of Cs-137 and Sr-90 by salad. Values derived for Kendall correlation coefficients showed a complete functional dependence ($r=1$, $n=4$, $p<0,05$) between accumulation parameters and the content of biologically available species of Cs-137 and Sr-90 in soil from radioactively contaminated test site areas. The use of partial correlation coefficients allowed identification of key soil contributors to the content of available speciation and, respectively, the accumulation of Cs-137 and Sr-90 by the experimental crop: for ^{137}Cs , the common content of K ($r_{xy-z} = -0,81$); for Sr-90 — the common content of Ca ($r_{xy-z} = -0,64$). Findings reveal the main mechanisms of Cs-137 and Sr-90 transfer from soil to plants, which are of great practical importance in the radio ecological monitoring and planning of rehabilitation measures taken in radioactively contaminated STS areas as well as in areas impacted by nuclear fuel cycle facilities (NFC) located under similar soil and climatic conditions.

Keywords: Semipalatinsk Test Site (STS), radioactive contamination, strontium, cesium, salad (*Lactuca sativa*), transfer factor (Tf), species of radionuclides, biological availability, soil factors.

References

- 1 (1997). Yadernye ispytaniia SSSR: Semipalatinskii poligon: obespechenie obshchei i radiatsionnoi bezopasnosti yadernykh ispytaniia. Fakty, svidetelstva, vospominaniia [Nuclear tests of the USSR: Semipalatinsk test site: ensuring general and radiation safety-news of nuclear tests. Facts, testimonies, memories]. Moscow: Medbioekstrem [in Russian].
- 2 Lukashenko, S.N., Kabdyrakova, A.M., Lind, O.C., Gorlochev, I., Kunduzbaeva, A., Kvochkina, T., Janssens, K., Nolf, W. De., Yakovenko, Yu. Yu., & Salbu B. (2020). Radioactive particles released from different sources in the Semipalatinsk Test Site. *J. Environ. Radioact.*, 216; 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106160>
- 3 Larionova, N.V., Lukashenko, S.N., & Sanzharova, N.I. (2013). Accumulation of radionuclides by plants in the area for testing radiological warfare substances at the Semipalatinsk test site. *Radiation and Risk*, 22 (4); 60–65.
- 4 Kunduzbaeva, A.E., Kabdyrakova, A.M., Larionova, N.V., & Lukashenko, S.N. (2017). Formy nakhozhdeniia iskusstvennykh radionuklidov v pochvakh obiekta «Atomnoe» ozero Semipalatinskogo ispytatelnogo poligona [Speciation of artificial radionuclides in soils of the “Atomic” lake site at the Semipalatinsk test site]. *Radiatsionnaia biologii. Radioekologiya — Radiation Biology. Radioecology*, 4; 399–413 [in Russian]. <https://doi.org/10.7868/S0869803117040063>
- 5 Subbotin, S.B., & Dubasov, Yu.V. (2013). Radioactive contamination of water of the Degelen mountain massif. *Radiochemistry*, 55, 647–654. <https://doi.org/10.1134/S1066362213060155>
- 6 Panitsky, A.V., & Lukashenko, S.N. (2015). Nature of radioactive contamination of components of ecosystems of streamflows from tunnels of Degelen massif. *J. Environ. Radioact.*, 144; 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.02.021>
- 7 Guliakin, I.V., & Yudinseva, E.V. (1973). Selskokhoziaistvennaia radiobiologiya [Agricultural Radioecology]. Moscow: Kolos [in Russian].
- 8 Aleksaxin, R.M., Vasilev, V.G., Dikarev, V.A., Egorova, V.A. et al. (1992). Selskokhoziaistvennaia radioekologiya [Agricultural Radioecology]. Moscow: Ekologiya [in Russian].

- 9 IAEA (2006). Classification of Soil Systems on the Basis of Transfer Factors of Radionuclides from Soil to Reference Plants. IAEA-TECDOC-1497. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- 10 IAEA (2009). Quantification of Radionuclide Transfers in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments. IAEA-TECDOC-1616. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- 11 Prister, B.S., Omelianenko, N.P., & Perepeliatnikova, L.V. (1990) Migratsiia radionuklidov v pochve i perekhod ikh v rasteniia v zone avarii Chernobyl'skoi AES [Migration of radionuclides in the soil and their transfer to plants in the Chernobyl NPP accident zone]. *Pochvovedenie — Soil Study*, 10; 51–60 [in Russian].
- 12 IAEA (2010). Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Technical reports series no. 472. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- 13 Izrael, Yu.A. (1996). Radioaktivnye vypadeniia posle yaderykh vzryvov i avarii [Radioactive fallout after nuclear explosions and accidents]. Saint Petersburg: Progress-pogoda [in Russian].
- 14 Avramenko, M.I., Averin, A.N., Drozhko, E.G., Glagolenko, Yu.V., Filin, V.P., Loboiko, B.G., Mokrov, Yu.G., & Romanov, G.N. (2000). Radiation accident of 1957 and Eastern-Urals radioactive trace: analysis of measurement data and laboratory experiments. *J. Environ. Radioact.* 34; 1215–1223. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00303-9](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00303-9)
- 15 Fesenko, S.V., Spiridonov, S.I., Sanzharova, N.I., & Alexakhin, R.M. (1997). Dynamics of ¹³⁷Cs bioavailability in a soil-plant system in areas of the Chernobyl nuclear power plant accident zone with a different physico-chemical composition of radioactive fallout. *J. Environ. Radioact.* 34; 287–313. [https://doi.org/10.1016/0265-931X\(96\)00044-6](https://doi.org/10.1016/0265-931X(96)00044-6)
- 16 Kashparov, V.A., Ahamdach, N., Zvarich, S.I., Yoschenko, V.I., Maloshtan, I.M., & Dewiere, L. (2004). Kinetics of dissolution of Chernobyl fuel particles in soil in natural conditions. *J. Environ. Radioact.*, 72; 335–353. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2003.08.002>
- 17 Beresford, N.A., Fesenko, S., Konoplev, A., Skuterud, L., Smith, J.T., & Voigt, G. (2016). Thirty years after the Chernobyl accident: What lessons have we learnt? *J. Environ. Radioact.*, 157; 77–89. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.003>
- 18 Endo, S., Kajimoto, T., & Shizuma, K. (2013). Paddy-field contamination with ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs due to Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident and soil-to-rice transfer coefficients. *J. Environ. Radioact.*, 116; 59–64. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2012.08.018>
- 19 Larionova, N.V., Lukashenko, S.N., Kabdyrakova, A.M., Kunduzbayeva, A.Y., Panitskiy, A.V., & Ivanova, A.R. (2018). Transfer of radionuclides to plants of natural ecosystems at the Semipalatinsk Test Site. *J. Environ. Radioact.*, 186; 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.09.006>
- 20 Kozhakhyanov, T.E., Lukashenko, S.N., & Larionova, N.V. (2014). Accumulation of artificial radionuclides in agricultural plants in the area used for surface nuclear tests. *J. Environ. Radioact.*, 137; 217–226. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.06.026>
- 21 (1998). Aktivnost radionuklidov v obiemnykh obraztsakh. Metodika vypolneniia izmerenii na gamma-spektrometre MI 2143–91: MI 5.06.001.98 RK [The method of performing measurements on a gamma spectrometer. MI 2143–91: MI 5.06.001.98 RK]. Almaty [in Russian].
- 22 (2010). Metodika opredeleniia sodержaniia isskustvennykh radionuklidov plutoniia–(239–240), strontsiia–90 v ob'ektakh okruzhaiushchei sredy (pochvakh, gruntakh, donnykh otlozheniiakh i rasteniiakh) [Methods for determining the content of artificial radionuclides of plutonium–(239–240), strontium-90 in environmental objects (soils, soils, sediments and plants)]. Almaty [in Russian].
- 23 (1992). GOST 26213–91. Pochvy. Metody opredeleniia organicheskogo veshchestva. Vzamen GOST 26213–84. Vveden 1991–12–29. [Soils. Methods for the determination of organic matter. Instead GOST 26213–84; introduced 1991–12–29]. Moscow: Izdatelstvo standartov [in Russian].
- 24 (1985). GOST 26423–85. Pochvy. Metody opredeleniia kationno-anionnogo sostava vodnoi vytiashki. Vveden 1985–02–18 [Soils. Methods for determining the cationic-anionic composition of an aqueous extract. Instead 1985–02–18]. Moscow: Izdatelstvo standartov [in Russian].
- 25 (1985). GOST 17.5.4.01–84. Metody opredeleniia pH vodnoi vytiashki vskryshnykh i vmeshchaiushchikh porod. — Vveden 1985–07.01 [Methods for determining the pH of water extraction of overburden and host rocks. Instead 1985–07.01]. Moscow: Izdatelstvo standartov [in Russian].
- 26 (2015). GOST 12536–2014 Grunty. Metody laboratornogo opredeleniia granulometricheskogo (zernovogo) i mikroagregatnogo sostava. — Vzamen GOST 12536–1979; vveden 2016–09–01 [Methods of Laboratory Granulometric (Grain-size) and Microaggregate Distribution. Instead GOST 12536–1979; introduced 2016–09–01]. Moscow: Izdatelstvo standartov [in Russian].
- 27 Bulgakov, A.A. (2009). Modeling of ¹³⁷Cs fixation in soils. *Eurasian Soil Science*, 42; 675–681. <https://doi.org/10.1134/S1064229309060131>
- 28 Comans, R., & Hockley, D. (1992). Kinetics of caesium sorption on illite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56; 1157–1164. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(92\)90053-L](https://doi.org/10.1016/0016-7037(92)90053-L)
- 29 Absalom, J.P., Young, S.D., & Crout, N.M.J. (1995). Radiocaesium fixation dynamics: measurement in six Cumbrian soils. *Eur. J. Soil Sci.*, 46, 461–469. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1995.tb01342.x>

М.С. Сагындыкова, А.А. Иманбаева*, Г.Г. Гасанова

Мангышлакский экспериментальный ботанический сад, Актау, Казахстан

*Автор для корреспонденции: imangarden@mail.ru

К изучению ресурсов лекарственных растений Атырауской области

Изучение ресурсов лекарственных растений имеет важное прикладное значение для организации системы рационального природопользования и мониторинга окружающей среды. Для определения потенциала заготовки лекарственного сырья были проведены ресурсные обследования природных территорий Атырауской области. Были выявлены заросли, пригодные для заготовки, для 10 видов лекарственных растений. Определены места локализации зарослей, урожайность растительного сырья (на воздушно-сухой вес), обилие и эксплуатационные запасы. Установлены следующие площади зарослей и объемы потенциального сбора сырья: *Peganum harmala* — 22,5 га и 116,95 т; *Alhagi pseudoalhagi* — 228,0 га и 196,05 т; *Alhagi persarum* — 12,3 га и 13,21 т; *Scabiosa isetensis* — 12,3 га и 4,2 т; *Artemisia terrae-albae* — 40,2 га и 13,43 т; *Tanacetum santolina* — 2,3 га и 0,9 т; *Helichrysum arenarium* — 15,4 га и 2,1 т; *Anabasis aphylla* — 126,0 га и 24,89 т; *Glycyrrhiza glabra* — 36,2 га и 20,48 т; *Althaea officinalis* — 88,0 га и 14,24 т. Полученные сведения по растительным ресурсам можно использовать при планировании и организации заготовок сырья для нужд фармацевтической промышленности Казахстана.

Ключевые слова: Атырауская область, лекарственные растения, площадь зарослей, урожайность, эксплуатационный запас, объем возможного сбора сырья.

Введение

Развитие современных отраслей промышленности и стремительный рост населения в ближайшие 50 лет ставит перед учеными задачи поиска новых возобновляемых ресурсов: источников питания, биотоплива, медицинских препаратов, косметических средств и средств гигиены, что, несомненно, приведет к усилению интереса к растительным ресурсам. Всемирная организация здравоохранения отмечает в последние десятилетия рост использования препаратов растительного происхождения и увеличение доли лекарственных растений населением земли [1].

Развитие собственной фармацевтической, медицинской и пищевой промышленности в Казахстане должно базироваться на устойчивой сырьевой базе, то есть не зависеть от импортируемого исходного сырья.

Изучение ресурсов лекарственных растений имеет важную задачу для полной оценки потенциала практического использования сырья при производстве фитопрепаратов [2]. В Казахстане произрастает более 1000 видов лекарственных растений [3], из которых около 160 таксонов внедрены в официальное применение [4]. Однако стоит отметить, что не все регионы Казахстана достаточно хорошо изучены. Так, наиболее исследована дикорастущая лекарственная флора в Юго-Восточном, Южном, Восточном и Центральном Казахстане [5, 6], тогда как территории Северного и Западного Казахстана остаются мало исследованными.

Цель настоящего исследования — изучить сырьевые запасы наиболее распространенных лекарственных растений на территории Атырауской области (Западный Казахстан).

Материалы и методы

Исследования были проведены в течение 2021–2022 гг. на территории Атырауской области. Атырауская область расположена в крайне западной части Казахстана в пределах координат 47°05'–56°45' в.д. и 41°20'–49°15' с.ш., простираясь с запада на восток на 720 км и с юга на север на 880 км [7]. Климат области формируется под преобладающим влиянием арктических, иранских и туранских воздушных масс. В холодный период года здесь господствуют массы воздуха, поступающие из западного отрога сибирского антициклона («Ось Воейкова»), в теплый период года они сменяются континентальными туранскими и иранскими воздушными массами. Под влиянием этих воздушных масс формируется резко континентальный, засушливый пустынно-степной и пустынный тип климата, проявляющийся во всем комплексе метеорологических показателей.

Объектами исследования являются дикорастущие природные популяции лекарственных растений флоры Атырауской области. Координаты мест проведения ресурсных обследований представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Координаты точек проведения обследований на территории Атырауской области при экспедиционных выездах в 2021–2022 гг.

№	Место обследования	GPS-координаты		
		северной широты	восточной долготы	высота над уровнем моря, м
1	Равнина между горами Коленкили и Жельтау	46,13513	55,27517	132,0
2	Начало чинка Жельтау	46,17539	55,24045	156,0
3	Склон чинка Жельтау	46,20236	55,24016	153,0
4	Горы Жельтау, родник	46,22514	55,44040	156,0
5	Горы Жельтау, плато	46,28352	55,32235	201,0
6	Горы Жельтау, склоны сопок	46,28550	55,30424	210,0
7	Горы Жельтау, ущелье Сары-Булак	46,31950	55,29415	214,0
8	Горы Жельтау	46,32063	55,30483	210,0
9	Горы Жельтау, трещины скал	46,32021	55,35007	209,0
10	Родник в ущелье Шергекулата	46,30301	55,42318	181,0
11	Равнина между горами Жельтау и Донгызтау	46,32094	55,53540	56,0
12	Чинк Донгызтау	46,19477	56,19092	174,0
13	Чинк Донгызтау	46,16077	56,13461	155,0
14	Пески Нарын, селитрянковые заросли	46,53179	50,19287	130,0
15	Пойма р. Жангыр	46,40052	49,23501	-28,1
16	Пойма р. Коней	46,38681	49,21374	-24,5
17	Пойма реки в окр.с. Приморье	46,33226	49,12512	-29,3
18	Пойма р. Красный Ярик	46,33081	49,06334	-30,1
19	Пойма р. Актолкын	46,32189	49,04089	-27,8

Выявление видового состава лекарственных растений проводили по литературным данным [8–10], на основе анализа гербарного материала и материалов ранее проведенных полевых обследований по различным географическим точкам и флористическим районам области (Прикаспийский, Эмбинский, Букеевский). Наименование растений приводили в соответствии со сводкой С.К. Черепанова [11].

Ранжирование лекарственных растений флоры Атырауской области проводили по степени их распространенности. На выделенных зарослях лекарственных растений отмечали площадь зарослей, оценивали урожайность, эксплуатационный запас [12], на основании которого высчитывали объем возможного сбора сырья в пересчете на воздушно-сухой вес. На каждом сообществе закладывали 10–15 учетных площадок, на которых оценивали проективное покрытие, габитус видов, плотность запаса сырья. Название сообществ с участием лекарственных растений приводили в соответствии с доминантами и содоминантами растительного покрова [13]. Полученные данные сводили в инвентаризационные ведомости.

Результаты и их обсуждение

По итогам анализа гербарных материалов, литературных данных и собственных полевых сборов было установлено, что на территории Атырауской области произрастает 177 видов лекарственных растений, отнесенных к 118 родам и 46 семействам [14].

По степени распространенности лекарственных растений на территории Атырауской области выделены 4 группы:

1) широко распространенные, но растущие спорадично, не образующие зарослей (128 видов). Среди них такие виды, как *Alisma plantago-aquatica*, *Asparagus officinalis*, *Populus tremula*, *Polygonum aviculare*, *Gypsophila paniculata*, *Thalictrum collinum*, *Thlaspi arvensis* и другие;

2) редкие и исчезающие виды, которые не подлежат заготовке на сырье (11 видов), включающие *Juniperus sabina*, *Acorus calamus*, *Nuphar luteum*, *Pulsatilla patens*, *Fritillaria meleagroides*, *F.ruthenica*, *Adonis vernalis*, *Amygdalus nana* и другие;

3) виды, образующие небольшие заросли (23 вида): *Sanguisorba officinalis*, *Ephedra distachya*, *Iris tenuifolia*, *Syrenia sessiliflora*, *Helichrysum arenarium*, *Rubus caesius*, *Melilotus officinalis*, *Peganum harmala*, *Polygala comosa* и другие;

4) виды, образующие значительные заросли, пригодные для промышленной заготовки (15 видов). Это *Limonium gmelinii*, *Rheum tataricum*, *Althaea officinalis*, *Anabasis salsa*, *Artemisia terrae-albae*, *Salvia stepposa*, *Scabiosa isetensis*, *Achillea nobilis* и другие.

Виды из последних двух категорий были использованы для оценки сырьевых запасов лекарственных растений.

Гармала обыкновенная (*Peganum harmala* L., сем. *Peganaceae*) — перспективное лекарственное растение, используемое в народной медицине как успокоительное, антикоагулянтное, гипотензивное, антидиабетическое, антибактериальное, противовоспалительное и противопаразитарное средство; применяется для лечения астмы, одышки, ревматизма, снижения кровяного давления [15]. На территории Атырауской области гармала широко произрастает вдоль дорог, в окрестностях населенных пунктов, по выгонам, местах выпаса домашнего скота. Образует чистые гармаловые заросли. Общее проективное покрытие сообществ с участием гармалы обыкновенной составляет от 35 до 40 %, на долю исследуемого вида приходится до 25–30 %. Аспект растительного покрова — серо-зеленый.

Площадь зарослей на равнине между поселками Мукур и Кульсары составила 22,5 га, урожайность сырья оценена в 8663 кг/га, эксплуатационный состав определен в 194,92 т, объем возможного сбора сырья — 116,95 т (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Площади зарослей, урожайность и сырьевые запасы некоторых лекарственных растений Атырауской области (в пересчете на воздушно-сухой вес)

№	Вид	Заготавливаемый орган	Место произрастания	Площадь, га	Урожайность, кг/га	Эксплуатационный запас, т	Объем возможной заготовки, т
1	<i>Peganum harmala</i>	Трава	Равнина между пос. Мукур и Кульсары	22,5	8663 ± 73	194,92	116,95
2	<i>Alhagi pseudoalghi</i>	Надземные органы	Окрестности горы Иманкара	96,0	2847 ± 180	273,30	136,65
			Пойма р. Жангыр	52,0	976 ± 42	50,76	25,38
			Пойма р. Коней	80,0	850 ± 94	68,04	34,02
	Итого			228,0		392,1	196,05
3	<i>Alhagi persarum</i>	Надземные органы	Пески Тайсойган	12,3	2148 ± 122	26,42	13,21
4	<i>Scabiosa isetensis</i>	Трава	Гора Иманкара	6,4	1100 ± 98	7,04	4,2
5	<i>Artemisia terraealbae</i>	Трава	Равнина в окр. горы Иманкара	40,2	5567 ± 240	22,38	13,43
6	<i>Tanacetum santolina</i>	Трава	Горы Жельтау	2,3	797 ± 26	1,8	0,9
7	<i>Helichrysum arenarium</i>	Цветочные корзинки	Пески Тайсойган в окр. пос. Карабау	15,4	189 ± 16	2,9	2,1
8	<i>Anabasis aphylla</i>	Надземные органы	Горы Жельтау, урочище Сары-Булак	126,0	395 ± 32	49,77	24,89
9	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Корни и корневища	Пески Тайсойган	36,2	5657 ± 230	204,8	20,48
10	<i>Althaea officinalis</i>	Корни корневища	Пойма р. Актолкын	28,0	1400 ± 210	39,2	7,84
			Пойма р. Кигаш	60,0	532 ± 89	31,9	6,4
	Итого			88,0		71,1	14,24

В долине р. Кигаш определены сырьевые запасы алтея лекарственного. Площадь зарослей составила 600 га при плотности произрастания 3,5 шт/м², урожайность на сухой вес составила 53,2 г/ м², или 532 кг/га. Эксплуатационный запас оценен в 3192 ц.

Сообщества с участием *верблюжьей колючки обыкновенной* (*Alhagi pseudoalhagi* (M. Vieb.) Desv.ex Wangerin, сем. *Fabaceae*) обнаружены в поймах рек Жангыр и Конеу, по понижениям в окрестностях горы Иманкара. Данное растение обладает противовоспалительной, противоязвенной, антиоксидантной, антибактериальной активностью, используется для изготовления препаратов слабительного, диуретического и отхаркивающего действия [16].

Верблюжья колючка обыкновенная выступает в качестве доминанта, образует верблюжьеколючково-разнотравные сообщества. Общее проективное покрытие составляет 60–70 %, из них на долю *Alhagi pseudoalhagi* приходится 35–40 %. Аспект растительности — зеленый, пестро-зеленый. Совокупная площадь выявленных зарослей составила 80,0 га, урожайность изменялась от 850 до 2847 кг/га. Эксплуатационный запас рассчитан на уровне 273 т, объем ежегодного возможного сбора сырья — 136,65 т.

В песках Тайсойган выявлены промышленно-ценные заросли *верблюжьей колючки персидской* (*Alhagi persarum* (Boiss. & Buhse) Takht., сем. *Fabaceae*). Трава данного вида обладает антиоксидантной и антигипотоксической активностью [17]. Вид образует разнотравно-верблюжьеколючковые сообщества на песчаных массивах, вдоль временных водотоков и рек, в понижениях между барханами. Общее проективное покрытие в сообществах составляет 30–40 %, из них верблюжьей колючки персидской — 15–18 %. Аспект — серый или серо-зеленый.

Площадь зарослей составила 12,3 га при урожайности 2148 кг/га, эксплуатационный запас и объем возможного сбора сырья оценены в 26,42 и 13,21 т соответственно.

Скабиоза исетская (*Scabiosa isetensis* L., сем. *Dipsacaceae*) — ценное лекарственное растение, обладающее противовоспалительной, антимикробной и антиоксидантной активностью [18]. Трава произрастает по каменистым осыпям и склонам горы Иманкара. Скабиоза произрастает в составе полынно-скабиозово-разнотравного сообщества. Общее проективное покрытие — 40 %, в том числе скабиозы исетской — 12–15 %. Аспект растительности — пестрый.

Площадь зарослей скабиозы исетской по склонам гор Иманкара оценена в 6,4 га, урожайность надземных органов — 1100 кг/га. Эксплуатационный запас рассчитан на уровне 7,04 т, объем возможного сбора сырья — 4,2 т.

Полынь белоземельная (*Artemisia terrae-albae* Krasch., сем. *Asteraceae*) — ценное лекарственное и эфирномасличное растение, используемое в народной медицине для лечения малярии, лихорадки, как противопаразитарное и кровоостанавливающее средство [19]. Образует белоземельно-полынные и полынно-злаково-разнотравные сообщества на глинистых равнинах в окрестностях горы Иманкара. Выступает в качестве доминанта и субдоминанта. Аспект растительного покрова — серый, общее проективное покрытие 35–40 %, из них на долю полыни белоземельной приходится 20–22 %.

Площадь зарослей с участием полыни оценена в 40,2 га, урожайность надземных частей составила 5567 кг/га. Эксплуатационный запас и объем возможного сбора сырья оценены в 22,38 и 13,43 т соответственно.

Пижма сантолиновидная (*Tanacetum santolina* C. Winkl., сем. *Asteraceae*) является лекарственным и ароматическим растением, обладает противомикробной, противопаразитарной и противовоспалительной активностью [3, 8]. Широко встречается по территории Атырауской области по каменистым и щебнистым осыпям, на глинистых понижениях, вдоль речек и временных водотоков, на песках. Описаны разнотравно-полынно-пижмовые сообщества по склонам гор Жельтау. Общее проективное покрытие 50–60 %, из них на долю пижмы приходится около 18–25 %. Выступает в качестве содоминанта. Аспект растительного покрова — серо-зеленый с желтыми пятнами.

В горах Жельтау площадь зарослей пижмы оценена в 2,3 га, урожайность надземных органов — 797 кг/га. Объем возможного сбора сырья составил 0,9 тонн при эксплуатационном запасе в 1,8 т.

Бессмертник песчаный (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench, сем. *Asteraceae*) — ценное фармакопейное лекарственное растение, соцветия которого используются как желчегонное, холекинетиическое, противовоспалительное и спазмолитическое средство [3–5]. Вид растет на песках и по щебнистым склонам гор, образуя небольшие бессмертничково-разнотравные сообщества. Общее проективное покрытие оценено в 40–45 %, из них цмина — 10–15 %. Аспект растительного покрова — пестрый. Общая площадь зарослей бессмертника песчаного в горах Жельтау составила 126,0 га, урожай-

ность в среднем — 395 кг сухих соцветий на 1 га. Эксплуатационный запас составил 49,77 т, объем потенциального сбора — 24,89 т.

Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L., сем. *Fabaceae*) — ценное фармакопейное лекарственное растение с широким спектром биологической активности: адаптогенное, антимикробное, антибактериальное, бронхолитическое, отхаркивающее, противовирусное, противовоспалительное, противоязвенное и другие [20]. Вид образует сплошные солодковые заросли на песках Тайсойган, являясь доминантом. Общее проективное покрытие солодки голой составляет 30–38 %. Аспект растительного покрова — светло-зеленый.

Площадь участков зарослей солодки голой составляет 36,2 га при урожайности корней и корневищ 5657 кг/га. Эксплуатационный запас составил 204,8 т, объем возможного сбора — 20,48 т.

Алтей лекарственный (*Althaea officinalis* L., сем. *Malvaceae*) — ценное фармакопейное растение, корни и корневища которого применяются при изготовлении препаратов, обладающих отхаркивающим, смягчительным, обволакивающим и противовоспалительным действием [21]. Алтей лекарственный образует сплошные алтейные и алтейно-дурнишниковые заросли по поймам рек Букеевского флористического района. Выступает в качестве доминанта. Общее проективное покрытие в сообществах составляет 100 %, причем на долю алтея приходится не менее 90–95 %. Аспект — серозеленый.

Общая площадь зарослей алтея лекарственного в пойме рек Актолкын и Кигаш составили 88,0 га, урожайность подземных органов колебалась от 532 до 1400 кг/га. Эксплуатационный запас оценен в 71,1 т, объем возможного сбора — 14,24 т.

Ежовник безлистный (*Anabasis aphylla* L., сем. *Chenopodiaceae*) — ценное лекарственное растение, обладающее антимикробной, антиоксидантной и анестезирующей активностью [22]. Образует ежовниковые, ежовниково-солянковые и ежовниково-полынные сообщества, в которых выступает в качестве доминанта. Общее проективное покрытие от 20 до 50 %, доля ежовника безлистного — 15–20 %. Аспект — зеленый.

Выявлены заросли ежовника по глинистым склонам и по равнинным понижениям гор Жельтау на площади 126,0 га. Урожайность надземных органов составила 395 кг/га, эксплуатационный запас оценен в 49,77 т, объем возможного сбора сырья — 24,89 т.

Заключение

Таким образом, обследование природных территорий Атырауской области позволило провести ранжирование лекарственных растений на 4 группы по степени распространенности. Для наиболее широко распространенных 10 видов лекарственных растений определены площади зарослей и сырьевые запасы надземных и подземных органов. Для всех видов установлены эксплуатационные запасы и объемы возможного ежегодного сбора сырья.

Результаты исследований могут стать основой для организации промышленных и полупромышленных заготовок местного лекарственного растительного сырья.

Исследования выполнены в рамках грантового проекта Комитета науки Министерства науки и высшего образования (ИРН AP08856698).

Список литературы

- 1 Стратегия ВОЗ в области народной медицины на 2014–2023 гг. [Электронный ресурс]. — Гонконг: ВОЗ, 2013. — 72 с. Режим доступа: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/92455/9789244506097_rus.pdf?sequence=11.
- 2 Nature's pharmacy, our treasure chest: why we must conserve our natural heritage. A native plant conservation campaign report. — New-York, 2008. — 19 p.
- 3 Грудзинская Л.М. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана / Л.М. Грудзинская, Н.Г. Гемеджиева, Н.В. Нелина, Ж.Ж. Каржаубекова. — Алматы, 2014. — 200 с.
- 4 Государственная фармакопея Республики Казахстан. — Т. 1. — Астана, 2008. — 592 с.
- 5 Кукунов М.К. Лекарства из растений / М.К. Кукунов, Л.М. Грудзинская, Н.Д. Беклемишев и др. — Алматы: Кітап, 2002. — 208 с.
- 6 Кукунов М.К. Ботаническое ресурсосведение Казахстана / М.К. Кукунов. — Алматы: Ғылым, 1999. — 160 с.
- 7 Джаналиева К.М. Физическая география Республики Казахстан / К.М. Джаналиева, Т.И. Будникова, Е.Н. Веселов и др. — Алматы: Қазақ университеті, 1998. — 266 с.

- 8 Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. — Т. 1–5. СПб.–М.: Изд-во КМК, 2008–2012.
- 9 Compendium of Medicinal and Aromatic Plants. Vol. II. Asia. — Trieste, 2006. — 295 p.
- 10 Анищенко Л.В. Энциклопедия лекарственных растений / Л.В. Анищенко, Е.Н. Подольская. — М.: Изд-во АСТ, 2017. — 208 с.
- 11 Czerepanov S.K. Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR) / S.K. Czerepanov. — Cambridge: University Press, 1995. — 516 p.
- 12 Пупыкина К.А. Ресурсоведение и стандартизация лекарственного растительного сырья: учеб. пос. / К.А. Пупыкина, С.Р. Хасанова, Н.В. Кудашкина, Э.Х. Галияхметова, Р.Р. Шакирова. — Уфа: ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, 2019. — 116 с.
- 13 Щербаков А.В. Полевое изучение флоры и гербаризация растений / А.В. Щербаков, А.В. Майоров. — М.: Изд-во МГУ, 2006. — 84 с.
- 14 Sagyndykova M.S. Analysis of flora of the medicinal plants of the Atyrau region / M.S. Sagyndykova, A.A. Imanbayeva, M.Yu. Ishmuratova, G.G. Gassanova // Bulletin of the Karaganda University. Series biology, medicine, geography. — 2021. — No. 1 (101). — P. 67–73. <https://doi.org/10.31489/2021BMG1/67-73>
- 15 Кароматов И.Д. Гармала обыкновенная — перспективное лекарственное растение / И.Д. Кароматов, М.З. Исмоилова // Биология и интегративная медицина. — 2018. — № 7. — С. 27–50.
- 16 Нишанбаев С.З. Химический состав и биологическая активность метаболитов рода *Alhagi* (обзор) / С.З. Нишанбаев, И.Д. Шамьянов, Х.М. Бобакулов, Ш.Ш. Сагдуллаев // Химия растительного сырья. — 2019. — № 4. — С. 5–28. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019045117>.
- 17 Nishanbaev S.N. Flavonoids from the aerial part of *Alhagi persarum* of the flora of Uzbekistan and their biological activity / S.N. Nishanbaev, K. Bobakulov, D.A. Narbutaeva, S.F. Aripova, Z.A. Khushbaktova, N. Abdullaev // Chemistry of Natural Compounds. — 2020. — Vol. 56 (4). — P. 729–731. <https://doi.org/10.1007/s10600-020-03132-w>
- 18 Жунусова М.А. Фармацевтическая разработка лекарственных средств из растительного сырья *Scabiosa ochroleuca* L. и *Scabiosa isetensis* L.: дис. ... д-ра филос. (PhD) / М.А. Жунусова. — Караганда, 2019. — 173 с.
- 19 Атамуратов Р.А. Биоэкологическое значение полыни (*Artemisia* L.), растущей на территории Каракалпакстана / Р.А. Атамуратов, А.И. Оразбаев // Наука, техника и образование. — 2019. — № 2 (55). — С. 5–9.
- 20 Дадаев Х.А. Лекарственное растение солодка голая / Х.А. Дадаев, М.А. Садырова, Д.Х. Акилов // Биология и интегративная медицина. — 2021. — № 1 (47). — С. 250–263.
- 21 Самылина И.А. Алтей лекарственный (*Althaea officinalis* L.) / И.А. Самылина, А.А. Сорокина, Н.В. Пятигорская // Фарматека. — 2010. — № 4. — С. 78, 79.
- 22 Shakeri A. Phytochemical screening, antimicrobial and antioxidant activities of *Anabasis aphylla* L. extract / A. Shakeri, N. Hazeri, J. Vlizadeh, A. Ghasemi, F. Zaker // KraguievacJ Sci. — 2012. — Vol. 34 (2012). — P. 71–78.

М.С. Сагындыкова, А.А. Иманбаева, Г.Г. Гасанова

Атырау облысының дәрілік өсімдіктер ресурстарын зерттеу

Дәрілік өсімдіктердің ресурстарын зерттеу табиғатты ұтымды пайдалану және қоршаған ортаны бақылау жүйесін ұйымдастыру үшін маңызды қолданбалы мәнге ие. Дәрілік шикізатты дайындау әлеуетін анықтау үшін Атырау облысының табиғи аумақтарына ресурстық зерттеулер жүргізілді. Дәрілік өсімдіктердің 10 түрі үшін жинауға жарамды қопалар анықталды. Қопалардың өскен ортасы, өсімдік шикізатының өнімділігі (ауада-құрғақ салмаққа), молдылығы мен пайдалану қорлары анықталды. Қопалардың келесі аудандары және шикізатты жинаудың ықтимал көлемі белгіленді: *Peganum harmala* — 22,5 га және 116,95 тонна; *Alhagi pseudoalhagi* — 228,0 га және 196,05 тонна; *Alhagi persarum* — 12,3 га және 13,21 тонна; *Scabiosa isetensis* — 12,3 га және 4,2 тонна; *Artemisia terrae-albae* — 40,2 га және 13,43 тонна; *Tanacetum santolina* — 2,3 га және 0,9 тонна; *Helichrysum arenarium* — 15,4 га және 2,1 тонна; *Anabasis aphylla* — 126,0 га және 24,89 тонна; *Glycyrrhiza glabra* — 36,2 га және 20,48 тонна; *Althaea officinalis* — 88,0 га және 14,24 тонна. Өсімдік ресурстары бойынша алынған мәліметтерді Қазақстанның фармацевтика өнеркәсібінің қажеттіліктері үшін шикізатты дайындауды жоспарлау және ұйымдастыру кезінде пайдалануға болады.

Кілт сөздер: Атырау облысы, дәрілік өсімдіктер, қопалардың ауданы, өнімділігі, пайдалану қоры, шикізатты жинаудың ықтимал көлемі.

M.S. Sagyndykova, A.A. Imanbayeva, G.G. Gassanova

To the study of resources of the medicinal plants of the Atyrau region

The study of medicinal plant resources is important for the organization of a system of rational environmental management and environmental monitoring. Resource surveys of the natural territories of the Atyrau region were carried out to determine the potential for procurement of medicinal raw materials. Thickets suitable for harvesting were identified for 10 species of medicinal plants. The localization sites of thickets, the yield of plant raw materials (for air-dry weight), abundance and operational reserves were determined. The following areas of thickets and volumes of potential collection of raw materials were established: *Peganum harmala* — 22.5 hectares and 116.95 tons; *Alhagi pseudoalhagi* — 228.0 hectares and 196.05 tons; *Alhagi persarum* — 12.3 hectares and 13.21 tons; *Scabiosa isetensis* — 12.3 hectares and 4.2 tons; *Artemisia terrae-albae* — 40.2 hectares and 13.43 tons; *Tanacetum santolina* — 2.3 hectares and 0.9 tons; *Helichrysum arenarium* — 15.4 hectares and 2.1 tons; *Anabasis aphylla* — 126.0 hectares and 24.89 tons; *Glycyrrhiza glabra* — 36.2 hectares and 20.48 tons; *Althaea officinalis* — 88.0 hectares and 14.24 tons. The obtained information on plant resources can be used in planning and organizing raw materials for the needs of the pharmaceutical industry of Kazakhstan.

Keywords: Atyrau region, medicinal plants, area of thickets, yield, operating reserve, volume of possible collection of raw materials.

References

- 1 (2013). *Strategiia VOZ v oblasti narodnoi meditsiny na 2014–2023 gg. [WHO Traditional Medicine Strategy 2014–2023]*. Hong Kong: WHO. Retrieved from https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/92455/9789244506097_rus.pdf?sequence=11 [in Russian].
- 2 (2008). *Nature's pharmacy, our treasure chest: why we must conserve our natural heritage. A native plant conservation campaign report*. New-York.
- 3 Grudzinskaia, L.N., Gemedjjeva, N.G., Nelina, N.V., & Karzhaubekova, Zh.Zh. (2014). *Annotirovannyi spisok lekarstvennykh rastenii Kazakhstana: spravocnoe izdanie [Annotated list of medicinal plants of Kazakhstan. Reference book]*. Almaty [in Russian].
- 4 (2008). *Gosudarstvennaia farmakopeia Respubliki Kazakhstan [The State Pharmacopeia of Republic of Kazakhstan]*, 1. Astana [in Russian].
- 5 Kukenov, M.S., Grudzinskaia, L.N., & Beklemishev, N.D. (2002). *Lekarstva iz rastenii [Medicines from plants]*. Almaty: Kitap [in Russian].
- 6 Kukenov, M.K. (1999). *Botanicheskoe resursovedenie Kazakhstana [Botanical Resource Council of Kazakhstan]*. Almaty: Gylm [in Russian].
- 7 Dzhanelieva, K.M., Budnikova, T.I., Veselov, E.N. & et al. (1998). *Fizicheskaia geografiia Respubliki Kazakhstan [Physical geography of Republic of Kazakhstan]*. Almaty: Qazaq University [in Russian].
- 8 (2008–2012). *Rastitelnye resursy Rossii. Dikorastushchie tsvetkovye rasteniia, ikh komponentnyi sostav i biologicheskaiia aktivnost [Plant resources of Russia. Wild flower plants, their component compositions and biological activity]*. Saint Petersburg–Moscow: Izdatelstvo KMK, 1–5 [in Russian].
- 9 (2006). *Compendium of Medicinal and Aromatic Plants*. Vol. II. Asia. Trieste.
- 10 Anishchenko, L.V., & Podolskaia, E. N. (2017). *Entsiklopediia lekarstvennykh rastenii [Encyclopedia of Medicinal Plants]*. Moscow: Izdatelstvo «AST» [in Russian].
- 11 Czerepanov, S.K. (1995). *Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR)*. Cambridge: University Press.
- 12 Pupykina, K.A., Khasanova, S.R., Kudashkina, N.V., Galiakhmetova, E.Kh., & Shakirova, P.P. (2019). *Resursovedenie i standartizatsiia lekarstvennogo rastitelnogo syria [Resource science and standardization of medicinal herbal raw materials: a textbook]*. Ufa: FGBOU VO BGMU Minzdrava Rossii [in Russian].
- 13 Shcherbakov, A.V., & Maiorov, A.V. (2006). *Polevoe izuchenie flory i gerbarizatsiia rastenii [Field study of flora and herbarization of plants]*. Moscow: Moscow State University [in Russian].
- 14 Sagyndykova, M.S., Imanbayeva, A.A., Ishmuratova, M.Yu., & Gassanova, G.G. (2021). Analysis of flora of the medicinal plants of the Atyrau region. *Bulletin of the Karaganda University. Biology. Medicine. Geography Series*, 1 (101); 67–73. <https://doi.org/10.31489/2021BMG1/67-73>
- 15 Karomatov, I.D., & Ismoilova, M.Z. (2018). Garmala obyknovennaia — perspektivnoe lekarstvennoe rastenie [Peganum harmala is a prospect medicinal plant]. *Biologiia i integrativnaia meditsina — Biology and integrative medicine*, 7; 27–50 [in Russian].
- 16 Nishanbaev, S.Z., Shamianov, I.D., Bobakulov, Kh.M., & Sagdullaev, Sh.Sh. (2019). Khimicheskii sostav i biologicheskaiia aktivnost metabolitov roda *Alhagi* (obzor) [Chemical composition and biological activities of metabolites of genus *Alhagi* (a re-

view)]. *Khimiia rastitelnogo syria — Chemistry of plant raw material*, 4; 5–28. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019045117> [in Russian].

17 Nishanbaev, S.N., Bobakulov, K., Narbutaeva, D.A., Aripova, S.F., Khushbaktova, Z. A., & Abdullaev, N. (2020). Flavonoids from the aerial part of *Alhagi persarum* of the flora of Uzbekistan and their biological activity. *Chemistry of Natural Compounds*, 56 (4); 729–731. <https://doi.org/10.1007/s10600-020-03132-w>

18 Zhunusova, M.A. (2019). *Farmatsevticheskaia razrabotka lekarstvennykh sredstv iz rastitelnogo syria Scabiosa ochroleuca L. i Scabiosa isetensis L.* [Pharmaceutical development of herbal medicinal products *Scabiosa ochroleuca L.* and *Scabiosa isetensis L.*]. Doctor's thesis. Karaganda [in Russian].

19 Atamuratov, R.A., & Orazbaev, A. I. (2019). Bioekologicheskoe znachenie polyni (*Artemisia L.*), rastushchei na territorii Karakalpakstana [Bioecological significance of wormwood (*Artemisia L.*) growing in the territory of Karakalpakstan]. *Nauka, tekhnika i obrazovanie — Science, Technology and Education*, 2 (55), 5–9 [in Russian].

20 Dadaev, Kh.A., Sadyrova, M.A., & Akilov, D.Kh. (2021). Lekarstvennoe rastenie solodka golaia [Medicinal plant *Glycyrrhiza glabra*]. *Biologiya i integrativnaia meditsina — Biology and integrative medicine*, 1 (47), 250–263 [in Russian].

21 Samylina, I.A., Sorokina, A.A. & Piatigorskaia, N.V. (2010). Altei lekarstvennyi (*Althaea officinalis L.*) [Altey medicinal (*Althaea officinalis L.*)]. *Farmateka — Farmateka*, 4; 78–79 [in Russian].

22 Shakeri, A., Hazeri, N., Vlizabeth, J., Ghasemi, A., & Zaker, F. (2012). Phytochemical screening, antimicrobial and antioxidant activities of *Anabasis aphylla L.* extract. *Kraguievac J Sci.*, 34 (2012); 71–78.

Н.Х. Сергалиев^{1*}, М.Г. Какишев¹, Е.С. Султанов¹, А.Е. Сарманов¹, С.С. Бакиев²

¹Западно-Казахстанский университет имени Махамбета Утемисова, Уральск, Казахстан;

²Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Автор для корреспонденции: nurlan-sergaliev@yandex.ru

Мониторинг естественного воспроизводства популяций рыб озера Едильсор

В статье представлены результаты мониторинга промысловых популяций рыб озера Едильсор. Едильсор является одним из крупных озер Западно-Казахстанской области (ЗКО), имеющий рыбохозяйственное значение, поэтому мониторинг естественной численности популяций аборигенных промысловых видов рыб в нем является актуальным. Для анализа состояния естественных популяций рыб использовали контрольные уловы. В качестве орудий лова биологических объектов — промысловых рыб использовали озерные вставные сети с размерами ячей 30–70 мм. Контрольные уловы аборигенных промысловых рыб проводились в период полевых исследований. Отловленные биологические объекты подвергались анализу таких биологических показателей, как видовая принадлежность, возрастной состав, соотношение самок и самцов в улове, масса, длина всего тела рыб, согласно полученным результатам, определялись средние значения. В результате контрольных уловов видовой состав ихтиофауны озера Едильсор включал следующие виды аборигенных промысловых рыб: сазан — 7,1 %, лещ — 16,7, синец — 7,1, карась — 4,8, окунь — 64,3 %. Наибольшей популяцией обладал окунь (27 особей), реже встречался лещ (7), сазан и синец по 3 особи, наименьшая численность наблюдалась у популяции карася, которая составила, — 2 особи. По весовому соотношению виды рыб расположились следующим образом: окунь — 40 %, сазан — 32,5, лещ — 15,8, карась — 8,5, синец — 3,2 %. Наибольшая биомасса приходится на представителей окуня — 6,94 кг, затем следует сазан — 5,6, лещ — 2,73, карась — 1,47, синец — 0,56 кг.

Ключевые слова: Западно-Казахстанская область, озеро Едильсор, мониторинг, ихтиофауна, аборигенные промысловые рыбы, естественная популяция, контрольный улов, возрастной состав.

Введение

Мониторинг состояния ихтиофауны является одним из показателей, позволяющим определить общее состояние естественной воспроизводимости водоема. Численность популяций рыб в естественном водоеме является не постоянной величиной и подвержена колебаниям. Изменения численности естественных популяций водоема во многом зависит от различных факторов, в число которых входят как сезонные изменения, наличие корма, гидрохимические показатели, так и влияние антропогенного фактора — промысловый улов и браконьерство. Именно для сохранения и восполнения численности аборигенных рыб существует необходимость мониторинга водоемов [1–3].

В Западно-Казахстанской области насчитывается порядка 25 крупных озер, имеющих рыбохозяйственное значение. В озерах, в отличие от рек, гидрохимический режим более устойчивый. Это обусловлено тем, что проточность озер не высокая, а в некоторых водоемах и вовсе отсутствует. Постоянство внутренних режимов озер оказывает влияние и на стабильность видового состава ихтиофауны, поэтому доля аборигенных видов является доминирующей. В зависимости от водного баланса и типа минерализации озер количество видов рыб может меняться. Основными видами рыб, обитающими в водоемах Западно-Казахстанской области, являются сазан, щука, сом, жерех, карась, окунь, красноперка и линь [4–6].

Озеро Едильсор является одним из крупных озер Западно-Казахстанской области, располагается в Жангалинском районе в 6 км восточнее от села Ушкempiр. Площадь озера составляет 915 га [6]. Гидрохимические показатели озера Едильсор находятся в пределах предельно-допустимых концентраций, что является оптимальным условием для ведения и развития товарного рыбоводства [7].

Методы и материалы

Для оценки состояния промысловых видов рыб озера Едильсор проводили сбор биологического материала на исследованном водоеме в период полевых выездов на территории Западно-Казахстанской области. При сборе биологического материала учитывалась информативность в плане значимости их роли в продуктивности водоема.

В качестве орудий лова биологических объектов — промысловых рыб использовались озерные вставные сети с размерами ячеей от 30 до 70 мм и соответствующей длине 25 и высоте 2 м. Контрольные обловы промысловых рыб проводились в период полевых исследований. Отловленные объекты исследований подвергались анализу таких биологических показателей, как видовая принадлежность, возрастной состав, соотношение самок и самцов в улове, масса, длина всего тела рыб, согласно полученным результатам, определялись средние значения [8–11].

Анализ видового состава ихтиофауны исследуемых водоемов, сбор и обработка материалов проводились согласно общепринятой методике по изучению рыб [12]. Определение численности видового разнообразия рыб проводилось методом прямого учета пассивными орудиями лова с использованием биостатистических методов.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований видовой состав ихтиофауны озера Едильсор был определен как разнообразный. В контрольных уловах, проведенных на озере Едильсор, обнаружены следующие представители промысловой ихтиофауны водоема: сазан, карась, лещ, окунь, синец (см. рис.).



Рисунок. Промысловая часть контрольного улова рыб озера Едильсор

В контрольных уловах видовой состав ихтиофауны расположился следующим образом: сазан — 7,1 %, лещ — 16,7, синец — 7,1, карась — 4,8, окунь — 64,3 %. Наибольшей популяцией характеризовался окунь — 27 особей (64,3 %), реже встречался лещ — 7 особей (16,7 %), сазан и синец по 3 особи (7,1 %), наименьшая численность наблюдалась у популяции карася, которая составила 2 особи (4,8 %) (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Видовой состав ихтиофауны озера Едильсор

№	Название вида			Статус вида	
	латинское	казахское	русское	(промысловый, непромысловый, редкий, исчезающий)	аборигенный, интродуцированный
1	<i>Cyprinus carpio</i>	Сазан	Сазан	Промысловый	Аборигенный
2	<i>Abramis brama</i>	Табан	Лещ	Промысловый	Аборигенный
3	<i>Ballerus ballerus</i>	Көкше	Синец	Промысловый	Аборигенный
4	<i>Carasius auratus</i>	Мөңке	Карась	Промысловый	Аборигенный
5	<i>Perca fluviatilis</i>	Алабұға	Окунь	Промысловый	Аборигенный

Наибольшее количество экземпляров рыб пришлось на сети с размером ячеи 60 мм. Так, общее количество рыб составило 19 особей (окунь — 15, лещ — 3, карась — 1). В сетях с размером ячеи 50 мм обнаружено 12 особей (окунь — 8, лещ — 2, карась — 1, синец — 1), в сетях с размером ячеи 40 мм — 6 (окунь — 3, синец — 2, лещ — 1). Наименьшее количество отловленных рыб пришлось на сети с размером ячеи 70 мм — 5 особей (сазан — 3, лещ — 1, окунь — 1). В сетях размером ячей 30 мм улов не обнаружен (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Количественное соотношение рыб озера Едильсор в различных орудиях лова

Вид рыбы	Характеристика орудий лова, мм										Итого	
	30		40		50		60		70			
	экз.	%	экз.	%	экз.	%	экз.	%	экз.	%	экз.	%
Сазан	-	-	-	-	-	-	-	-	3	60	3	7,1
Лещ	-	-	1	16,7	2	16,7	3	15,8	1	20	7	16,7
Синец	-	-	2	33,3	1	8,3	-	-	-	-	3	7,1
Карась	-	-	-	-	1	8,3	1	5,3	-	-	2	4,8
Окунь	-	-	3	50,0	8	66,7	15	78,9	1	20	27	64,3
Итого			6	100	12	100	19	100	5	100	42	100

Общая масса контрольного улова составила 17,33 кг. По весовому соотношению виды рыб расположились следующим образом: окунь — 40 %, сазан — 32,5 %, лещ — 15,8 %, карась — 8,5 %, синец — 3,2 %. Наибольшая масса приходится на представителей окуня — 6,94 кг (40 %), затем следует сазан — 5,63 (32,5 %), лещ — 2,73 кг (15,8 %), карась — 1,47 кг (8,5 %), синец — 0,56 кг (3,2 %) (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Весовое соотношение рыб озера Едильсор в различных орудиях лова

Вид рыбы	Характеристика орудий лова, мм										Итого	
	30		40		50		60		70			
	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
Сазан	-	-	-	-	-	-	-	-	5,63	79,5	5,63	32,5
Лещ	-	-	0,18	17,7	0,4	15	1,35	20,6	0,8	11,3	2,73	15,8
Синец	-	-	0,35	34,3	0,21	7,9	-	-	-	-	0,56	3,2
Карась	-	-	-	-	0,55	20,7	0,92	14	-	-	1,47	8,5
Окунь	-	-	0,49	48	1,5	56,4	4,3	65,4	0,65	9,2	6,94	40
Итого			1,02	100	2,66	100	6,57	100	7,08	100	17,33	100

В результате анализа весового соотношения улова и размера ячей сетей определено, что наибольшая масса приходится на сети с размером ячей 70 мм — 7,08 кг (сазан — 5,63 кг, лещ — 0,8, окунь — 0,65 кг), далее следуют сети с размером ячей 60 мм — 6,57 кг (окунь — 4,3 кг, лещ — 1,35, карась — 0,92 кг), сети с размером ячей 50 мм — 2,66 кг (окунь — 1,5 кг, карась — 0,55, лещ — 0,4, синец — 0,21 кг), сети с размером ячей 40 мм — 1,02 (окунь — 0,49 кг, синец — 0,35, лещ — 0,18 кг).

Сазан в контрольном улове составил 3 особи (7,1 %). Средняя масса составила 1,87 кг, средняя промысловая длина — 403 мм. Популяция представлена особями в возрасте 5 и 4 лет. Половой состав популяции сазана в контрольном улове составил 2 самки, 1 самец.

Лещ в улове составил 7 особей (16,7 %). Средняя масса по сетям составила: 70 мм — 0,8 кг, 60 мм — 0,45, 50 мм — 0,2, 40 мм — 0,18 кг. Средняя длина особей леща по сетям составила: 70 мм —

330 мм, 60 мм — 243 мм, 50 мм — 215 мм, 40 мм — 180 мм. В популяции особи представлены возрастом 2 и 3 года. Половой состав популяции леща: 3 самки, 4 самца.

Синец в улове составил 3 особи (7,1 %). Средняя масса по сетям составила: 50 мм — 0,21 кг, 40 мм — 0,175 кг. Средняя длина особей леща составила: 50 мм — 230 мм, 40 мм — 170 мм. Особи представлены возрастом 2 года. По половому соотношению доминируют самцы 2:1.

Карась в контрольном улове составил 2 особи (4,8 %). Средняя масса особей карася по сетям составила: 60 мм — 0,92 кг, 50 мм — 0,55 кг. Средняя длина особей по сетям составила: 60 мм — 240 мм, 50 мм — 180 мм. Особи представлены возрастом 2 и 3 года. Половое соотношение особей 1:1.

Окунь в контрольном улове составил 27 особей (64,3 %). Средняя масса особей по сетям составила: 70 мм — 0,65 кг, 60 мм — 0,286 кг, 50 мм — 0,187 кг, 40 мм — 0,163 кг. Средняя длина особей по сетям составила: 70 мм — 270 мм, 60 мм — 215 мм, 50 мм — 193 мм, 40 мм — 153 мм. Особи окуня представлены возрастом 2 и 3 года. По половому соотношению доминируют самки 19 особей против 8 самцов.

Заключение

Таким образом, мониторинг состояния ихтиофауны позволяет определить не только видовой состав рыб, но и общее экологическое состояние исследуемого водоема. Результаты контрольных уловов в ходе проведения мониторинга предоставляют возможность определить перспективы рыбопродуктивности водоема, выявить соотношение видового, полового и возрастного состава популяций рыб.

В исследуемый период в результате проведенных контрольных уловов определен состав ихтиофауны озера Едильсор, включающий 5 видов аборигенных промысловых рыб: сазан, лещ, окунь, карась и синец. В контрольном улове виды рыб расположились следующим образом, наибольшей популяцией характеризовался окунь, реже встречались лещ, сазан и синец, наименьшая численность наблюдалась у популяции карася. Возрастной состав рыб находился в пределах от 2 до 5 лет. Половой состав рыб весьма сбалансирован. У таких видов, как сазан и окунь, доминируют самки. Для леща и синца заметно доминирование самцов. Половое соотношение 1:1 выявлено у особей карася.

Исследования проводились в рамках программы грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме AP08856374 «Оценка состояния гидробионтов и микробиома водоемов Западного Казахстана и прогноз их изменений».

Список литературы

- 1 Фрумин Г.Т. Трофический статус озер Казахстана / Г.Т. Фрумин, Ю.В. Крашановская // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). — 2014. — № 3 (32). — С. 176–178.
- 2 Куликов Е.В. Разработка нормативов промыслового усилия для регулирования рыболовства в водоемах Казахстана / Е.В. Куликов, К.Б. Исабеков, С.Ж. Асылбекова // Вопросы рыболовства. — 2019. — № 20 (2). — С. 206–215.
- 3 Шуткараев А.В. Состояние ихтиофауны и факторы воздействия на популяции рыб озер Коргалжинского государственного природного заповедника / А.В. Шуткараев, В.Н. Крайнюк, Г.К. Баринаева, А.С. Асылбекова // Кронос: естественные и технические науки. — 2021. — № 4 (37). — С. 10–15.
- 4 Приказ и.о. Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 12 августа 2009 г. № 454 «О введении ограничений и запретов на пользование рыбными ресурсами и другими водными животными». Глава 14. Водоемы Урало-Каспийского бассейна в пределах Западно-Казахстанской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V090005756_.
- 5 Туменов А.Н. Результаты весеннего мониторинга ихтиофауны и рыбопродуктивности Донгелекского водохранилища / А.Н. Туменов, Б.Т. Сариев, С.С. Бакиев // Наука и образование. — 2019. — № 3 (56). — С. 193–198.
- 6 Постановление акимата Западно-Казахстанской области от 22 декабря 2014 г. № 325. «Об утверждении перечня рыбохозяйственных водоемов и (или) участков местного значения» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14Z0003781>.
- 7 Мурзашев Т.К. Оценка условий для развития товарного рыбоводства на природных водоемах Западно-Казахстанской области / Т.К. Мурзашев, А.И. Ким // Наука и образование. — 2010. — № 4 (21). — С. 140–143.
- 8 Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. — Т. 1 / Л.С. Берг. — М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1948. — 468 с.
- 9 Веселов Е.А. Определитель пресноводных рыб фауны СССР / Е.А. Веселов. — М.: Просвещение, 1977. — 238 с.
- 10 Жуков П.И. Справочник по экологии пресноводных рыб / П.И. Жуков. — Минск: Наука и техника, 1988. — 310 с.

11 Завьялов Е.В. Рыбы севера Нижнего Поволжья. Кн. 1. Состав ихтиофауны, методы изучения. / Е.В. Завьялов, А.Б. Ручин, Г.В. Шляхтин и др. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007. — 208 с.

12 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. — М.: Пищевая промышленность, 1966. — 306 с.

Н.Х. Серғалиев, М.Г. Какишев, Е.С. Султанов, А.Е. Сарманов, С.С. Бакиев

Еділсор көлі балықтарының табиғи өсімін молайту мониторингі

Мақалада Еділсор көлінің кәсіптік балық популяциясының мониторингінің нәтижелері берілген. Еділсор — Батыс Қазақстан облысының балық шаруашылығы маңызы бар ірі көлдерінің бірі, осыған байланысты зерттелетін су қоймасының аборигендік кәсіптік балық түрлерінің популяцияларының табиғи санына мониторинг жүргізу өзекті болып табылады. Табиғи балық популяциясының жағдайын талдау үшін бақылау аулаулары пайдаланылды. Биологиялық объектілерді — кәсіптік балықтарды аулауға арналған құралдар ретінде торларының өлшемдері 30–70 мм болатын көлдік торлар пайдаланылды. Далалық зерттеулер кезеңінде аборигендік кәсіптік балықтарды бақылау жүргізілді. Ауланған биологиялық объектілер түр, жас құрамы, балық аулаудағы аналық және аталық арақатынасы, салмағы, бүкіл денесінің ұзындығы сияқты биологиялық көрсеткіштерге талдау жасалды, алынған нәтижелер бойынша орташа мәндер анықталды. Бақылау аулау нәтижесінде Еділсор көлінің ихтиофаунасының түрлік құрамына аборигендік кәсіптік балықтардың келесі түрлері кірді: сазан — 7,1 %, табан — 16,7 %, көкше — 7,1 %, мөңке — 4,8 %, алабұға — 64,3 %. Ең көп популяция алабұға популяциясымен сипатталды, ол 27 бас болды, табан азырақ — 7 бас, сазан мен көкше — 3 бас, ең азы 2 бас мөңке популяцияда байқалды. Салмақ қатынасы бойынша балық түрлері келесідей орналасады: алабұға — 40 %, сазан — 32,5 %, табан — 15,8 %, мөңке — 8,5 %, көкше — 3,2 %. Ең үлкен масса алабұға өкілдеріне келеді — 6,94 кг, одан кейін сазан — 5,63 кг, табан — 2,73 кг, мөңке — 1,47 кг, көкше — 0,56 кг.

Кілт сөздер: Батыс Қазақстан облысы, Еділсор көлі, мониторинг, ихтиофауна, аборигендік кәсіптік балықтар, табиғи популяция, бақылау аулау, жас құрамы.

N.H. Sergaliyev, M.G. Kakishev, E.S. Sultanov, A.E. Sarmanov, S.S. Bakiyev

Monitoring of natural reproduction of fish populations of Edilsor Lake

The article presents the results of monitoring the commercial fish populations of Edilsor Lake. Edilsor is one of the large lakes of the West Kazakhstan region of fishery importance, in connection with which the monitoring of the natural numbers of populations of aboriginal commercial fish species of the studied reservoir is relevant. Control catches were used to analyze the state of natural fish populations. As tools for catching biological objects, commercial fish, lake plug-in nets with mesh sizes of 30–70 mm were used. Control catches of aboriginal commercial fish were carried out during the period of field studies. The captured biological objects were subjected to the analysis of such biological indicators as species, age composition, ratio of females and males in the catch, weight, length of the whole body of fish, according to the results obtained, the average values were determined. As a result of control catches, the species composition of the ichthyofauna of Lake Edilsor included the following species of aboriginal commercial fish: carp — 7.1 %, bream — 16.7 %, blue bream — 7.1 %, crucian carp — 4.8 %, perch — 64.3 %. The largest population was characterized by the perch population, which amounted to 27 individuals, the bream was less common — 7 individuals, the carp and blue bream — 3 individuals, the smallest number was observed in the population of crucian carp, which amounted to 2 individuals. According to the weight ratio, fish species are located as follows: perch — 40 %, carp — 32.5 %, bream — 15.8 %, crucian carp — 8.5 %, blue bream — 3.2 %. The largest mass falls on representatives of perch — 6.94 kg, followed by carp — 5.63 kg, bream — 2.73 kg, crucian carp — 1.47 kg, blue bream — 0.56 kg.

Keywords: West Kazakhstan region, Lake Edilsor, monitoring, ichthyofauna, aboriginal commercial fish, natural population, control catch, age composition.

References

- 1 Frumin, G.T., & Krashanovskaia, Yu.V. (2014). Troficheskiy status ozer Kazakhstana [Trophic status of lakes in Kazakhstan]. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie (Terra Humana) — Society. Wednesday. Development (Terra Humana)*, 3 (32); 176–178 [in Russian].

- 2 Kulikov, E.V., Isabekov, K.B., & Asylbekova, S.Zh. (2019). Razrabotka normativov promyslovogo usiliia dlia regulirovaniia rybolovstva v vodoemakh Kazakhstana [Development of fishing effort standards for regulation of fishing in reservoirs of Kazakhstan]. *Voprosy rybolovstva — Fishing Issues*, 20 (2); 206–215 [in Russian].
- 3 Shutkaraev, A.V., Krainiuk, V.N., Barinova, G.K., & Asylbekova, A.S. (2021). Sostoianie ikhtiofauny i faktory vozdeistviia na populiatsii ryb ozer Korgalzhynskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika [The state of the fish fauna and factors affecting the fish populations of the lakes of the Korgalzhyn State Nature Reserve]. *Kronos: estestvennye i tekhnicheskie nauki — Kronos: natural and technical sciences*, 4 (37); 10–15 [in Russian].
- 4 (2009). *Prikaz i.o. Ministra selskogo khoziaistva Respubliki Kazakhstan ot 12 avgusta 2009 goda No. 454 «O vvedenii ogranichenii i zapretov na polzovanie rybnymi resursami i drugimi vodnymi zivotnymi». Glava 14. Vodoemy Uralo-Kaspiiskogo basseina v predelakh Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti [Order acting Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan of August 12, 2009 No. 454 “On the introduction of restrictions and prohibitions on the use of fish resources and other aquatic animals”. Chapter 14. Reservoirs of the Ural-Caspian basin within the West Kazakhstan region]. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V090005756> [in Russian].*
- 5 Tumenov, A.N., Sariev, B.T., & Bakiev, S.S. (2019). Rezultaty vesennego monitoringa ikhtiofauny i ryboproduktivnosti Dongelekskogo vodokhranilishcha [The results of spring monitoring of the ichthyofauna and fish productivity of the Dongelek reservoir]. *Nauka i obrazovanie — Education and Science*, 3 (56); 197–202 [in Russian].
- 6 (2014). *Postanovlenie akimata Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti ot 22 dekabria 2014 goda No. 325. «Ob utverzhdenii perechnia rybokhoziaistvennykh vodoemov i (ili) uchastkov mestnogo znachenii» [Decree of the Akimat of the West Kazakhstan region of December 22, 2014 No. 325. “On approval of the list of fishery reservoirs and (or) sites of local importance”]. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14Z0003781> [in Russian].*
- 7 Murzashev, T.K., & Kim, A.I. (2010). Otsenka uslovii dlia razvitiia tovarnogo rybovodstva na prirodnnykh vodoemakh Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti [Assessment of conditions for the development of commercial fish farming in natural reservoirs of the West Kazakhstan region]. *Nauka i obrazovanie — Education and Science*, 4 (21); 140–143 [in Russian].
- 8 Berg, L.S. (1948). *Ryby presnykh vod SSSR i sopedelnykh stran. Tom 1 [Freshwater fishes of the USSR and neighboring countries. Vol. 1]. Moscow–Leningrad: Izdatelstvo Akademii nauk SSSR [in Russian].*
- 9 Veselov, E.A. (1977). *Opredelitel presnovodnykh ryb fauny SSSR [Key to freshwater fish fauna of the USSR]. Moscow: Prosveshchenie [in Russian].*
- 10 Zhukov, P.I. (1988). *Spravochnik po ekologii presnovodnykh ryb [Background on the ecology of freshwater fish]. Minsk: Nauka i tekhnika [in Russian].*
- 11 Zavialov, E.V., Ruchin A.B., & Shliakhtin, G.V. et al. (2007). *Ryby severa Nizhnego Povolzhia. Kniga 1. Sostav ikhtiofauny, metody izucheniia [Fishes of the north of the Lower Volga region. Book 1. The composition of the fish fauna, methods of study]. Saratov: Izdatelstvo Saratovskogo universiteta [in Russian].*
- 12 Pravdin, I.F. (1966). *Rukovodstvo po izucheniiu ryb [Guide to the study of fish]. Moscow: Pishchevaia promyshlennost [in Russian].*

С.У. Тлеукунова^{1*}, Е.А. Гаврилькова¹, А.Н. Мадиева¹, А.Н. Матвеев², А.К. Айтимов¹

¹Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;

²Жезказганский ботанический сад — филиал Института ботаники и фитоинтродукции, Жезказган, Казахстан

*Автор для корреспонденции: damir—6@mail.ru

Исследование водоудерживающей способности *Catalpa speciosa* в условиях городов Караганды и Жезказгана

Изучение оводненности и водоудерживающей способности листьев растений имеет важное значение для оценки возможности их культивирования и массового применения в зеленом строительстве в аридных условиях Казахстана. В статье исследованы вопросы оводненности и водоудерживающей способности листьев ценной декоративной культуры *Catalpa speciosa* в условиях городов Караганды и Жезказгана. Изучены показатели оводненности и потери массы при высушивании в течение 1, 3 и 6 ч листьями растений 1-, 2- и 3-го годов вегетации с мая по август. Установлено, что листья *Catalpa speciosa* в условиях г. Караганды имели более высокие показатели оводненности и водоудерживающей способности, чем в г. Жезказгане. Максимальные значения потери влаги при высушивании отмечены для растений 1-го года вегетации, минимальные — для 3-их особей. По месяцам вегетационного периода листья максимально теряют свободную воду в условиях г. Караганды в июне, для г. Жезказгана — в июне и июле; минимальные потери влаги отмечены для обоих городов — в августе. Таким образом, критические точки напряженности водного обмена определены в июне и июле, что требует интенсификации полива в данные месяцы. Более активный полив необходимо организовывать для растений 1-го года развития. В целом, установлены хорошие показатели водоудерживающей способности листьев *Catalpa speciosa*, что свидетельствует о возможности активного применения данной культуры в зеленом строительстве аридных территорий Центрального Казахстана.

Ключевые слова: *Catalpa speciosa*, оводненность, водоудерживающая способность, лист, интродукция древесных растений, Караганда, Жезказган.

Введение

Интродукция новых высокодекоративных таксонов растений в аридные условия Центрального Казахстана играет важное прикладное значение. Этот аспект необходим для реализации национального проекта «Зеленый Казахстан» [1], в рамках которого планируется увеличение площади зеленых насаждений на 50 % до 2025 года. Концепция современной городской среды предполагает обязательное размещение зеленых насаждений [2] в формате скверов, парков, линейных и групповых посадок. В городской среде древесно-кустарниковые насаждения выполняют ряд важных функций: эстетическую, защитную, санитарно-гигиеническую и рекреационную. То есть они позволяют создавать благоприятный микроклимат, снизить концентрацию вредных газов и пыли [3], защищают от шума, пыли, уменьшают концентрацию патогенных микроорганизмов [4, 5].

Естественные почвенно-климатические условия Центрального Казахстана неблагоприятны для роста древесных и кустарниковых пород [6]; их создание становится возможным только при условиях мелиорации почвы и искусственного орошения.

Существующий ассортимент древесно-кустарниковых растений для Центрального Казахстана [7–9] является устаревшим, требует обновления, в том числе с включением новых, высокодекоративных и устойчивых к местным условиям и промышленному загрязнению растений.

Одним из перспективных объектов для внедрения в практику зеленого строительства является катальпа прекрасная (*Catalpa speciosa* (Warder ex Batney) Warder ex Engelm., сем. *Bignoniaceae*). Данный вид нашел широкое применение в озеленении многих населенных пунктов мира [10–14], является высокодекоративной культурой, устойчивой к неблагоприятным условиям, выдерживает низкие температуры, засуху [15] и загрязнение воздуха, быстро размножается и восстанавливается при повреждении кроны. Определены перспективы применения катальпы в озеленении населенных пунктов степной зоны [16], а также при восстановлении промышленных территорий [17]. Широкая листовая масса позволяет обеспечивать не только декоративный эффект и защиту от солнца, но и от шума [15, 18].

В Центральном Казахстане катальпа прекрасная используется в зеленом строительстве Жезказганского промышленного региона с 2010 года [19], в городе Караганде начаты испытания в культуре с 2018 года.

Одним из факторов устойчивости древесных растений к климатическим условиям является способность переносить дефицит влаги, что связано с физиологией водного обмена. Оценка водоудерживающей способности листьев растений позволяет определить устойчивость к засухе и высоким летним температурам [20, 21].

Цель настоящего исследования — провести сравнительный анализ водоудерживающей способности листьев молодых особей катальпы прекрасной в условиях гг. Караганды и Жезказгана.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись живые растения катальпы прекрасной в возрасте от 1 до 3 лет. В Жезказгане анализ проводили для растений, произрастающих на питомнике Жезказганского ботанического сада, в Караганде 1-летние растения использовали с питомника биолого-географического факультета Карагандинского университета им. академика Е.А. Букетова; 2–3-летние — с питомника Станции юных натуралистов (рис. 1).



Рисунок 1. Внешний вид катальпы прекрасной: *A* — 3-летние особи в Жезказганском ботаническом саду; *B* — Питомник биолого-географического факультета; *B* — 2-летние растения Станции юных натуралистов

Катальпа прекрасная — листопадное дерево до 10–12 м высотой, имеет прямой сероватый ствол с пластинчатой корой; крона раскидистая; листья крупные, сердцевидной формы, темно-зеленые, на длинных черешках. Цветет обильно в мае–начале июня, цветы бело-голубые или сиреневые. Плоды узкие висячие стручки; семена крылатые и опушенные. Созревание семян приходится на октябрь, хотя сбор лучше осуществлять в зимний период после естественной стратификации. Морозоустойчивая культура, гелиофит, на начальных этапах развития требует защиту от ветра.

Изучение содержания воды в листьях и водоудерживающей способности проводили в 2022 г. мае и в периоды наибольшей напряженности стрессовых факторов (июнь, июль, август), согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [22]. Водоудерживающая способность листьев определялась через 1, 3 и 6 ч, в % от начальной сырой массы. Для анализа использовали по 10 листьев, взятых с нижней части кроны с южной стороны.

Полученные данные обрабатывали статистически при помощи программы Statistica 7.0, средние значения опытов, отклонения, достоверность между вариантами опытов оценивали при помощи критерия Стьюдента при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

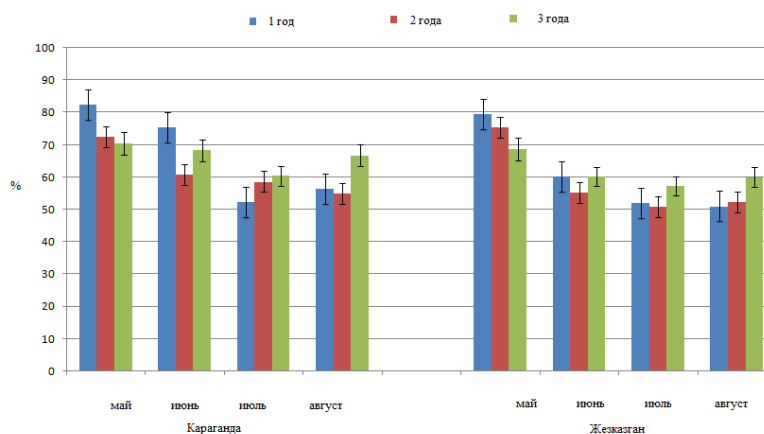
Изучение динамики оводненности растений и водоудерживающей способности в течение вегетационного сезона позволило определить, что максимальные значения оводненности листьев отмечены для растений первого года вегетации, минимальные — для 3-го года (табл. 1).

Оводненность и водоудерживающая способность листьев разновозрастных растений *Catalpa speciosa* в гг. Караганде и Жезказгане

Населенный пункт	Возраст, лет	Месяц наблюдений	Оводненность, %	Потеря влаги при высушивании, %		
				Через 1 час	Через 3 часа	Через 6 часов
Караганда	1	Май	82,4±4,2	18,6±0,4	31,2±0,9	41,2±1,1
		Июнь	75,4±3,6	20,3±0,5*	26,8±0,6*	44,5±1,0*
		Июль	52,4±2,2*	19,6±0,5	25,4±0,2*	40,8±0,9
		Август	56,4±2,2*	17,0±0,6*	24,0±0,9*	28,6±1,0*
	2	Май	72,4±3,3	17,0±0,5	19,3±0,7	28,9±0,5
		Июнь	60,8±2,8*	14,6±0,3*	18,4±0,8	26,5±0,7*
		Июль	58,6±2,6*	15,6±0,2*	20,8±0,6	28,4±1,3
		Август	55,0±2,0*	14,2±0,5*	22,8±1,6	27,1±0,8
	3	Май	70,4±5,6	18,3±0,5	18,6±0,3	24,6±0,8
		Июнь	68,3±4,6	22,3±0,4*	20,3±0,4*	26,4±0,7
		Июль	60,4±3,0	19,4±0,5	22,4±0,5*	25,5±0,9
		Август	66,8±3,2	15,8±0,2*	16,0±0,2*	18,9±0,4*
Жезказган	1	Май	79,4±5,0	19,3±0,2	24,2±0,2	35,0±0,6
		Июнь	60,2±3,1*	25,0±0,2*	29,1±0,4*	38,0±1,1*
		Июль	52,0±2,2*	20,0±0,6*	30,4±1,3*	36,5±0,8*
		Август	51,0±1,4*	12,8±0,6*	25,4±0,7	31,8±1,0*
	2	Май	75,4±3,2	18,5±0,3	24,6±0,8	35,5±1,0
		Июнь	55,3±2,1*	16,5±0,5*	22,6±0,8	32,5±1,2
		Июль	50,8±1,6*	19,6±0,8	29,4±0,6*	33,5±1,4
		Август	52,4±1,5*	16,5±0,4*	26,7±0,8	30,0±1,1*
	3	Май	68,7±2,9	16,5±0,5	20,1±0,2	28,6±0,4
		Июнь	60,2±3,0	18,9±0,2*	21,2±0,9	29,0±1,0
		Июль	57,2±2,5*	21,3±0,5*	28,6±0,4*	30,4±0,8
		Август	60,0±2,2*	15,0±0,2*	19,4±0,6	25,0±0,4*

*Примечание. Достоверность различий между вариантами наблюдений при $p \leq 0,05$.

Сложившаяся ситуация может быть объяснена тем, что в молодых растениях содержание воды выше, чем у более старых [23]. Поэтому растения катальпы, произрастающие в обоих городах, имели оводненность от 52,4 до 82,4 %. Растения 2-го и 3-го годов развития имели достоверно более низкий уровень оводненности. Отмечено различие между населенными пунктами. Так, в г. Караганде оводненность растений по возрастным группам была выше, чем у растений из г. Жезказгана (рис. 2). Это связано с разницей в климатических условиях между степной и пустынной зонами. Так как средний диапазон температур в г. Жезказгане выше [6], чем в г. Караганде, соответственно, выше испарение растений, как следствие, более низкое накопление воды в листьях.

Рисунок 2. Оводненность листьев *Catalpa speciosa* в зависимости от места произрастания и возраста растения

Максимальное накопление воды в листьях связано с низкими температурами и весенними осадками. В последующие летние месяцы наблюдаются более высокие температуры и дефицит осадков, что приводит к снижению оводненности на 10–15 %. Происходят изменение водоудерживающей способности и потеря влаги при высушивании по месяцам наблюдений и у растений в разных возрастах (рис. 3, 4).

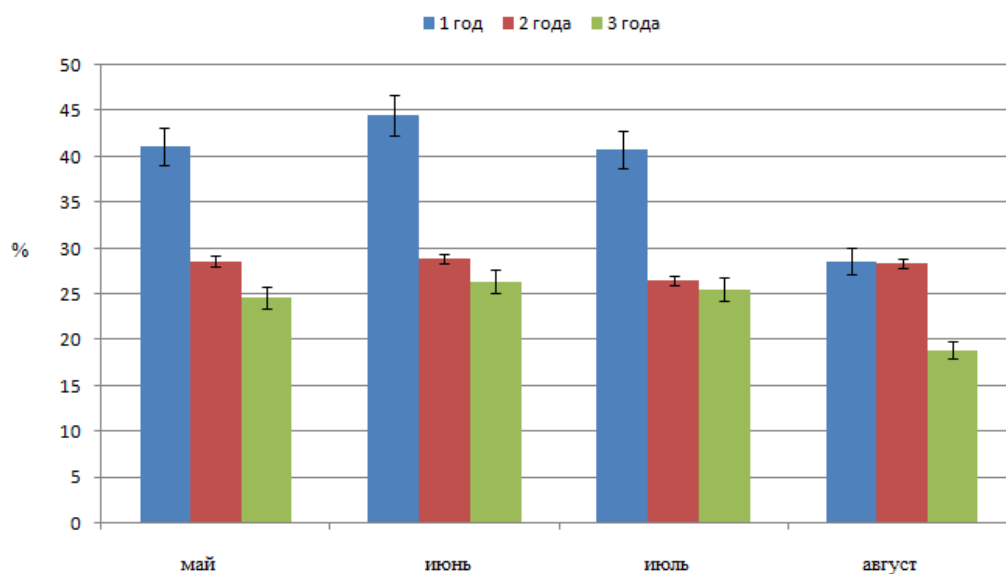


Рисунок 3. Потеря влаги при высушивании листьев *Catalpa speciosa* после 6 ч завядания в г. Караганде в зависимости от возраста и месяца наблюдения

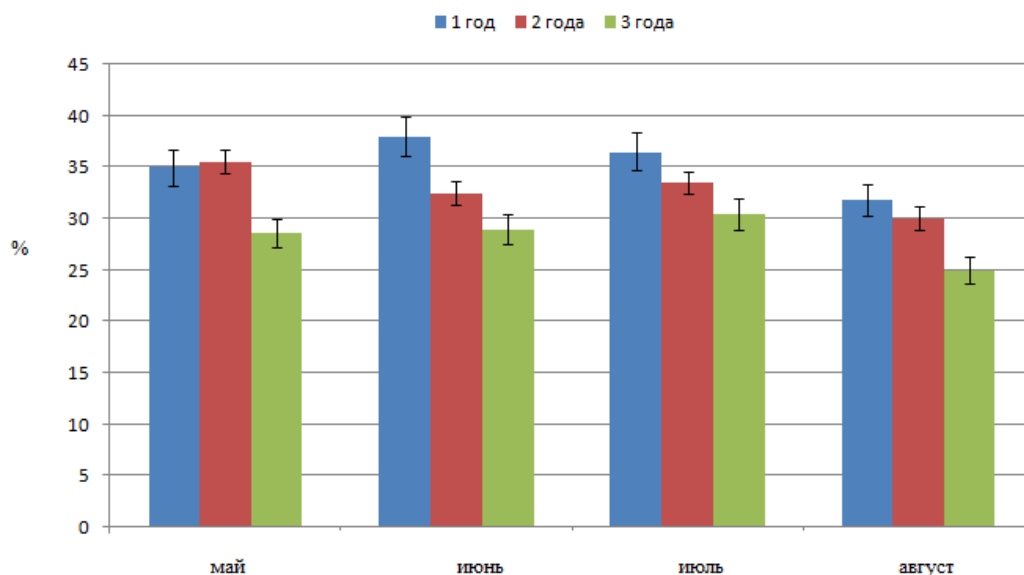


Рисунок 4. Потеря влаги при высушивании листьев *Catalpa speciosa* после 6 ч завядания в г. Жезказгане в зависимости от возраста и месяца наблюдения

Так, листья молодых растений (1 год вегетации), как в г. Жезказгане, так и в г. Караганде, теряли воду достоверно более интенсивно, чем 2- и 3-летние особи. Например, листья однолетних растений катальпы после 6 ч теряли от 28,6 до 44,5 % свободной воды; 2-го года вегетации — от 26,5 до 35,5 %, а 3-го года — от 18,9 до 30,4 %. Сравнение данных из разных населенных пунктов показало, что растения в г. Жезказгане более интенсивно теряли воду, чем в г. Караганде.

Самые высокие значения потери влаги листьями наблюдаются в г. Караганде в июне, самые низкие в августе, тогда как в г. Жезказгане максимальные потери — в июне и июле, минимальные — в августе. По мере старения листья становятся более устойчивыми к действию высоких температур и понижению влажности воздуха, что приводит к снижению потери влаги к концу летнего периода по сравнению с серединой лета.

Для г. Караганды не наблюдается достоверных отличий по водоудерживающей способности по месяцам между растениями 2- и 3-го года вегетации, тогда как для г. Жезказгана такие различия более выражены.

Динамика потери влаги при высушивании также зависит от места произрастания, возраста и месяцев наблюдений. В г. Караганде в первой половине вегетационного периода листья теряют воду интенсивнее, чем во 2-ой половине. Так, для 1-летних растений в мае потеря влаги составила через час 18,6 %, через 3 ч — 31,2 %, через 5 ч — 41,2 %; в июне — 20,3 %, 26,8 и 44,5 % соответственно. В июле интенсивность снижается — 19,6 %, 25,4 и 40,8 %. В августе наблюдаются минимальные показатели — 17,0 %, 24,0 и 28,6 % соответственно. Листья растений 2-го года вегетации по месяцам через 1 час высушивания теряют от 14,2 до 15,6 %, через 3 ч — от 18,4 до 22,8 %, через 6 ч — от 26,5 до 28,4 %. Для третьего года вегетации потеря в массе при высушивании составила после 1 ч — 18,3–22,3 %, после 3 ч — 18,6–22,4 %, после 6 ч — 24,6–26,47 %.

В г. Жезказгане ситуация отличается, наблюдается более интенсивная потеря влаги при высушивании. Так, листья однолетних растений теряют 12,8–25,0 % влаги после 1-го ч высушивания, 24,2–30,4 % после 3-х ч и 35,0–38,0 % после 6 ч. Листья растений 2-го года вегетации теряют после 1-го ч — от 16,5 до 19,6 %, после 3-х ч — от 22,6 до 29,4 %, а после 6 ч — от 32,5 до 35,5 %. У растений 3-го года вегетации потеря влаги при высушивании листьев составила после 1-го ч определена в 15,0–21,3 %, после 3-х ч — 19,4–28,6 %, после 6 ч — 25,0–30,4 %.

Таким образом, катальпа прекрасная показала хорошую водоудерживающую способность при выращивании в гг. Караганде и Жезказгане, что свидетельствует о перспективе их активного применения в озеленении обоих населенных пунктов.

Заключение

По итогам оценки оводненности, потери влаги при высушивании листьев катальпы прекрасной определена хорошая водоудерживающая способность данной культуры в условиях гг. Караганды и Жезказгана. Критические точки напряженности водного обмена отмечены для г. Караганды в июле, для г. Жезказгана — в июне и июле, минимальные для обоих городов — в августе. Данный факт свидетельствует о необходимости активизации полива растений катальпы в указанные периоды с последующим сокращением в конце летнего периода.

Растения 1-го года вегетации в обеих точках произрастания отличались более высокими значениями потери влаги и низкими значениями водоудерживающей способности, чем особи 2-го и 3-го годов развития. Это свидетельствует в пользу более интенсивного полива особей в 1-ый год развития.

По итогам исследований можно рекомендовать применение катальпы прекрасной в массовом зеленом строительстве Центрального Казахстана.

Исследования выполнены в рамках внутреннего грантового проекта НАО «Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова»: «Разработка обоснования и методики оценки состояния и аварийности зеленых насаждений города Караганды и городов спутников».

Список литературы

- 1 Национальный проект «Зеленый Казахстан» на 2021–2025 гг. Утвержден Постановлением Правительства РК от 12.10.2021 № 731. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000731>.
- 2 Wolch J.R. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough' / J.R. Wolch, J. Byrne, J.P. Newell // Landscape and Urban Planning. — 2014. — Vol. 125. — P. 234–244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>
- 3 Giyasov A. System of greening of urban spaces and its role in optimization of the micro- and bio climate environment / A. Giyasov // Web of Conferences. — 2019. — Vol. 135. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913503060>
- 4 Good practice for urban greening. — Washington, 1997. — 88 p.

- 5 Sturiale L. The role of green infrastructures in urban planning for climate change adaptation / L. Sturiale, A. Scuderi // *Climate*. — 2019. — Vol. 7, Issue 10. — P. 119–123. <http://dx.doi.org/10.3390/cli7100119>.
- 6 Вилесов Е.Н. Физическая география Казахстана: учеб. пос. / Е.Н. Вилесов, А.А. Науменко, Л.К. Веселова, Б.Ж. Аубекеров. — Алматы: Қазақ университеті, 2009. — 362 с.
- 7 Ассортимент декоративных растений для озеленения промышленных центров Карагандинской области. — Алма-Ата, 1978. — 45 с.
- 8 Ассортимент декоративных растений для озеленения Джекказганского промышленного района. — Алма-Ата, 1981. — 40 с.
- 9 Шаталина В.Ф. Интродукция древесных растений в Центральном Казахстане / В.Ф. Шаталина. — Алма-Ата: Наука, 1981. — 136 с.
- 10 Kurbaniyazov B. Importance of catalpa groups in cultural city of greening in the case of Uzbekistan / B. Kurbaniyazov, G. Berdimuratov, S.H. Kholova, A. Safarov, K. Safarov // *Web of Conferences*. — 2021. — Vol. 258. — Article ID 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125803026>
- 11 Мурзабулатова Ф.К. Опыт интродукции видов рода *Catalpa* Scop. в Ботаническом саду г. Уфы / Ф.К. Мурзабулатова, Н.П. Поляков // *Изв. Самар. науч. центра РАН*. — 2015. — Т. 17, № 4. — С. 245–247.
- 12 Серекеева Г.А. Некоторые биологические особенности интродуцированных видов *Catalpa speciosa* в условиях города Нукуса / Г.А. Серекеева, Г. Досжанова // *Экономика и социум*. — 2019. — № 5 (6). — С. 1–5.
- 13 Арестова Е.А. *Catalpa* Scop. в зеленых насаждениях города Саратова / Е.А. Арестова // *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География, геоэкология*. — 2011. — № 2. — С. 124, 125.
- 14 Каталог культивируемых древесных растений России. — Сочи–Петрозаводск, 1999. — 173 с.
- 15 Wu J. A morphophysiological analysis of the effects of drought and shade on *Catalpa bungei* plantlets / J. Wu, Y. Su, Q. He, Q. Qiu, J. Wang, J. Ma // *Acta Physiologiae Plantarum*. — 2017. — Vol. 39, No. 3. — P. 80. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2380-2>
- 16 Наталухина В.А. О перспективности использования *Catalpa bignonioides* L. в городских условиях степной зоны / В.А. Наталухина, Л.В. Куринская // В сб. *Проблемы и мониторинг природных экосистем*. — Пенза, 2018. — С. 110–114.
- 17 Zhang J. Soil Improvement and Vegetation Construction Technology in Abandoned Land of Copper Mining Area / J. Zhang // In: *Study of Ecological Engineering of Human Settlements*. — Springer, Singapore, 2020. — P. 145–195. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1373-2_6
- 18 Наталухина В.А. Шумозащитная функция *Catalpa bignonioides* в городских условиях / В.А. Наталухина, Л.В. Куринская // В сб. *Научные достижения и открытия*. — Пенза, 2019. — С. 27–31.
- 19 Сутемгенова А.Ж. Интродукция катальпы прекрасной (*Catalpa speciosa* Ward.) в условиях Жезказгана / А.Ж. Сутемгенова // *Вестн. Жезказган. ун-та*. — 2004. — № 1 (7). — С. 87–89.
- 20 Ishmuratova M.Yu. Study of water-holding indicators of various environmental groups of trees and shrubs under Zhezkazgan region conditions / M. Yu. Ishmuratova, S.U. Tleukenova, A.S. Dodonova, H.A. Gavrilkova // *European Researcher, series biological science*. — 2013. — Vol. 49 (5–2). — P. 1298–1303.
- 21 Wu J.W. Erratum to: morphological and physiological acclimation of *Catalpa bungei* plantlets to different light conditions / J.W. Wu, J.H. Wang, Q. He, Q. Qiu, J.W. Ma, J.Y. Li // *Phytosynthetica*. — 2017. — Vol. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0721-4>.
- 22 Седов Е.Н. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Е.Н. Седов, Т.П. Огольдова и др. — Орел: ВНИИСПК, 1999. — 607 с.
- 23 Кузнецов В.В. Физиология растений / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. — М.: Высш. шк., 2006. — 742 с.

С.У. Тлеукунова, Е.А. Гаврилькова, А.Н. Мадиева, А.Н. Матвеев, А.К. Айтимов

Қарағанды және Жезқазған қалалары жағдайында *Catalpa speciosa* су ұстау қабілетін зерттеу

Өсімдік жапырақтарының сулануы мен суды ұстап тұру қабілетін зерттеу оларды өсіру мүмкіндігін және Қазақстанның құрғақ жағдайында жасыл құрылыста жаппай қолдану мүмкіндігін бағалау үшін маңызды мәнге ие. Мақалада Қарағанды және Жезқазған қалалары жағдайындағы *Catalpa speciosa* бағалы сәндік дақылдары жапырақтарының сулануы мен су ұстау қабілеті мәселелері қарастырылған. Мамырдан тамызға дейін вегетацияның 1-ші, 2-ші және 3-ші жылдарының өсімдік жапырақтарымен 1, 3 және 6 сағат бойы кептіру кезінде сулану және массаның жоғалу көрсеткіштері зерттелді. *Catalpa speciosa* жапырақтары Жезқазған қаласына қарағанда, Қарағанды қ. жағдайында суландыру және су ұстау қабілетінің жоғары көрсеткіштері болғандығы анықталды. Кептіру кезінде ылғалдың жоғалуының максималды мәні вегетациялық кезеңнің 1-ші жылындағы өсімдіктер үшін, ең азы — олардың 3-і жылындағы дарактарына белгіленді. Осылайша, су алмасуының шиеленісуінің маңызды нүктелері маусым мен шілдеде анықталады, бұл осы айларда суаруды күшейтуді талап етеді. Дамудың 1-ші жылындағы өсімдіктер үшін белсенді суаруды ұйымдастыру қажет. Жалпы, *Catalpa speciosa* жапырақта-

рының су ұстау қабілетінің жақсы көрсеткіштері белгіленді, бұл Орталық Қазақстанның құрғақ аумақтарының жасыл құрылысында осы дақылды белсенді қолдану мүмкіндігін көрсетеді.

Кілт сөздер: *Catalpa speciosa*, сулану, суды ұстау қабілеті, жапырақ, ағаш өсімдіктерін енгізу, Қарағанды, Жезқазған.

S.U. Tleukenova, H.A. Gavrilkova, A.N. Madieva, A.N. Matveev, A.K. Aitymov

Catalpa speciosa water-holding capacity study in Karaganda and Zhezkazgan

The study of the hydration and water-retaining capacity of plant leaves is important for assessing the possibility of their cultivation and mass use in green construction in the arid conditions of Kazakhstan. This article examines the issues of hydration and water-retaining capacity of the leaves of the valuable ornamental culture *Catalpa speciosa* in the conditions of the cities of Karaganda and Zhezkazgan. The indicators of hydration and weight loss during drying for 1, 3 and 6 hours were studied by leaves of plants of the 1st, 2nd and 3rd years of vegetation from May to August. It was found that the leaves of *Catalpa speciosa* in the conditions of the city of Karaganda had higher indicators of hydration and water-holding capacity than in the city of Zhezkazgan. The maximum values of moisture loss during drying were noted for plants of the 1st year of vegetation, the minimum values for individuals of the 3rd year. By the months of the vegetative season, the leaves lose free water as much as possible in the conditions of Karaganda in June, for Zhezkazgan in June and July; minimal moisture losses were noted for both cities — in August. Thus, critical points of water exchange intensity were identified in June and July, which require intensification of irrigation in these months. More active watering must be organized for plants in the 1st year of development. In general, good indicators of the water-holding capacity of *Catalpa speciosa* leaves have been established, which indicates the possibility of active use of this crop in the green construction of arid territories of Central Kazakhstan.

Keywords: *Catalpa speciosa*, hydration, water holding capacity, leaf, introduction of woody plants, Karaganda, Zhezkazgan.

References

- 1 (2021). Natsionalnyi proekt «Zelenyi Kazakhstan» na 2021–2025 gg. Utverzhden Postanovleniem Pravitelstva RK ot 12.10.2021 goda № 731 [The national project “Green Kazakhstan” for 2021–2025 was approved by the Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan of 12.10.2021 No. 731]. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000731> [in Russian].
- 2 Wolch, J.R., Byrne, J., & Newell, J.P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough’. *Landscape and Urban Planning*, 125; 234–244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>.
- 3 Giyasov, A. (2019). System of greening of urban spaces and its role in optimization of the micro- and bio climate environment. *Web of Conferences*, 135. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913503060>
- 4 (1997). Good practice for urban greening. Washington.
- 5 Sturiale, L., & Scuderi, A. (2019). The role of green infrastructures in urban planning for climate change adaptation. *Climate*, 7 (10); 119–123. <http://dx.doi.org/10.3390/cli7100119>
- 6 Vilesov, E.N., Naumenko, A.A., Veselova, L.K., & Aubekero, B.Zh. (2009). Fizicheskaia geografiia Kazakhstana: Uchebnoe posobie [Physical geography of Kazakhstan. Manual]. Almaty: Qazaq universiteti [in Russian].
- 7 (1978). Assortiment dekorativnykh rastenii dlia ozeleneniia promyshlennykh tsentrov Karagandinskoi oblasti [Assortment of decorative plants for green building of industrial centers of Karaganda region]. Alma-Ata [in Russian].
- 8 (1981). Assortiment dekorativnykh rastenii dlia ozeleneniia Dzhezkazganskogo promyshlennogo raiona [Assortment of decorative plants for green building of Dzhezkazgan industrial region]. Alma-Ata [in Russian].
- 9 Shatalina, V.F. (1981). Introduktsiia drevesnykh rastenii v Tsentralnom Kazakhstane [Woody plant introduction in Central Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 10 Kurbaniyazov, B., Berdimuratov, G., Kholova, S.H., Safarov, A., & Safarov, K. (2021). Importance of catalpa groups in cultural city of greening in the case of Uzbekistan. *Web of Conferences*, 258; 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125803026>
- 11 Murzabulatova, F.K., & Poliakov, N.P. (2015). Opyt introduktsii vidov roda *Catalpa speciosa* v Botanicheskom sadu g. Ufy [Experience of introduction of genus *Catalpa* Scop. in botanical garden of city Ufa]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN — Proceedings of Samara Scientific Center of RAS*, 17 (4); 245–247 [in Russian].
- 12 Serekeeva, G.A., & Doszhanova, G. (2019). Nekotorye biologicheskie osobennosti introdutsirovannykh vidov *Catalpa speciosa* v usloviakh goroda Nukusa [Some biological features of introduced *Catalpa speciosa* species in the city of Nukus]. *Ekonomika i sotsium — Economics and Society*, 5 (6); 1–5 [in Russian].
- 13 Arestova, E.A. (2011). *Catalpa speciosa* v zelenykh nasazhdeniiakh goroda Saratova [Catalpa Scop. in green constructions of city Saratov]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiia. Geoekologiya — Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 2; 124, 125 [in Russian].

- 14 (1999). Katalog kultiviruemykh drevesnykh rastenii Rossii [Catalogue of cultivated woody plants of Russia]. Sochi–Petrozavodsk [in Russian].
- 15 Wu, J., Su, Y., He, Q., Qiu, Q., Wang, J., & Ma, J. (2017). A morphophysiological analysis of the effects of drought and shade on *Catalpa bungei* plantlets. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39 (3); 80. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2380-2>
- 16 Natalukhina, V.A., & Kurinskaia, L.V. (2018). O perspektivnosti ispolzovaniia *Catalpa bignonioides* L. v gorodskikh usloviakh stepnoi zony [On the prospects for the use of *Catalpa bignonioides* L. in urban conditions of the steppe zone]. *V sbornike: Problemy i monitoring prirodnykh ekosistem — In book: Problems and monitoring of natural ecosystems. Penza*, 110–114 [in Russian].
- 17 Zhang, J. (2020). Soil Improvement and Vegetation Construction Technology in Abandoned Land of Copper Mining Area. In: *Study of Ecological Engineering of Human Settlements*. Springer, Singapore, 145–195. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1373-2_6
- 18 Natalukhina, V.A., & Kurinskaia, L.V. (2019). Shumozashchitnaia funktsiia *Catalpa bignonioides* v gorodskikh usloviakh [Catalpa bignonioides urban noise protection function]. *V sbornike Nauchnye dostizheniia i otkrytiia — In book: Scientific achievements and discoveries. Penza*, 27–31 [in Russian].
- 19 Sutenzenova, A.Zh. (2004). Introduktsiia katalpy prekrasnoi (*Catalpa speciosa* Ward.) v usloviakh Zhezkazgana [Introduction of *Catalpa speciosa* Ward in Zhezkazgan]. *Vestnik Zhezkazganskogo universiteta — Bulletin of Zhezkazgan University*, 1 (7); 87–89 [in Russian].
- 20 Ishmuratova, M.Yu., Tleukenova, S.U., Dodonova, A.S., & Gavrilkova, H.A. (2013). Study of water-holding indicators of various environmental groups of trees and shrubs under Zhezkazgan region conditions. *European Researcher, series biological science*, 49 (5–2); 1298–1303.
- 21 Wu, J.W., Wang, J. H., He, Q., Qiu, Q., Ma, J.W., & Li, J.Y. (2017). Erratum to: morphological and physiological acclimation of *Catalpa bungei* plantlets to different light conditions. *Phytosynthetica*. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0721-4>
- 22 Sedov, E.N., & Ogoltsova, T.P. et al. (1999). Programma i metodika sortoizucheniia plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur [Program and Methodology for Variety Study of Fruit, Berry and Walnut Crops]. Orel: VNIISPK [in Russian].
- 23 Kuznetsov, V.V., & Dmitrieva, G.A. (2006). Fiziologiya rastenii [Plant physiology]. Moscow: Vysshiaia shkola [in Russian].

M.K. Tynykulov*

*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan***Corresponding author: tynykulov@list.ru*

Peculiarity of currant and perpetual repair cell culture

Perpetual raspberry is a group of raspberry varieties distinguished by their ability to bear fruit on two-year and one-year stem shoots. Black currant (*Ribes nigrum*) is a deciduous shrub, family Gooseberry (*Grossulariaceae*), related to currants (*Ribes*). The article presents methods of cell selection of perpetual raspberries and currants. Crop varieties resistant to extreme natural factors, obtaining high harvest, and two harvests per year were considered. The chemical composition of the used nutrient medium, the content of micro- and macroelements, and organic substances were taken into account. The qualitative composition of callus shoots extracted from plant cells was determined. A strong relationship between the frequency of callusogenesis in black currant and the balance of phytohormones in the nutrient medium has been shown. Progress in the field of gene and cell biotechnology is directly related to the development of the basics of the cultivation of plant cells and tissues under *in vitro* conditions. In addition, it is of particular interest to choose a suitable nutrient medium, to establish the mode of cultivation in order to determine the species and volume of explants, the totipotency of representatives of different taxonomic groups of plants. At present, this unique ability of somatic cells is found in various cultures, most of which are annual and practically vegetative propagating plants. These are vegetable crops and ornamental plants, the list of which grows annually. The scientific novelty of the work is the possibility of obtaining somatic hybrids and transgenic plants of repair raspberry and black currant using biotechnology methods. Therefore, the study of theoretical foundations and development of applied aspects of cells and tissues of perennial plants, in particular fruit and berry and agricultural crops, their accelerated reproduction, obtaining somatic hybrids and transgenic plants are considered relevant.

Keywords: currant, raspberry, biotechnology, *in vitro*, perpetual, totipotency, breeding, cells, callus, phytohormones.

Introduction

There are more than 150 species of currants worldwide and in Kazakhstan — 11 species of currants. Currants are an excellent source of flavonoids, vitamin C, proanthocyanidins, and anthocyanins. It consists of 15-195 fatty acids such as alpha- and gamma-linolenic acid, anthocyanidins, stearidonic acid, and flavonoids. It also has an antioxidant effect [1].

Perpetual raspberries are popular among amateur gardeners in Kazakhstan. Such varieties effectively use favorable environmental factors due to the annual cycle of crop formation and peculiarities of growing technology. Its peculiarity is that in a season it is possible to harvest two crops [2].

It is of theoretical interest to determine the degree of totipotency of somatic cells of black currant and raspberry. In addition, it is interesting to study the fundamentals of callus formation, somatic cell morphogenesis, and morphogenesis of black currant and raspberry somatic cells by selecting culture media to develop applied aspects of micropropagation of these cultures.

Due to the popularity of these crops, scientific programs to produce new varieties exist in many breeding centers, where scientists are working on resistance to diseases and high-quality fruits, in particular the high content of biologically active substances — antioxidants. In the last 5 years, about 30 new varieties of strawberries and 20 raspberries were included in the state register of breeding achievements. Unfortunately, classical breeding, in which the evaluation of new objects is carried out by external features (phenotype), is time-consuming and expensive. For example, it takes up to 15 years to produce a new raspberry variety [3].

Biotechnological methods are widely used primarily in breeding for resistance of fruit crops to pathogens, where genetically distant species must be used to attract their resistant genes, as well as to study their biology and conduct artificial infestation to collect a collection of pathogens in the culture of *in vitro*.

In domestic breeding, there is no purposeful work on the creation of raspberry perpetual varieties. I.V. Michurin's perpetual raspberry is known for reason that it gives at least some harvest in the fall if there are optimal conditions. A number of perpetual varieties have been created abroad that bear fruit mainly on annual shoots. The best-known of them are September, Heritage, Lulin, Redwing, Zeva, and Ottom. These varieties require a frost-free period of 150-160 days and an active temperature above 3000 °C for full

ripening of harvest on one-year shoots. These foreign varieties manage to give only 15-30 % of their potential harvest before the autumn frosts come. In terms of one bush, it is not more than 300 g of berries. For this reason, foreign perpetual raspberry varieties for many regions of our country are not of interest [4].

However, new biotechnological methods do not stand still. The development of molecular biology methods made it possible to introduce into the practice of breeders such a method as the evaluation of plant material using chains of molecular DNA markers associated with genes encoding valuable traits. They are able to use for quick test hundreds or thousands of plants and identify whether their genome contains the genes for the desired traits. With this approach, the breeding process is able to be significantly accelerated and made cheaper because of molecular markers: conducting an assessment of breeding material at an early stage (e.g., on shoots), thereby significantly reducing the interval between generations in breeding selection; complex, costly and phenotypic (e.g., sensitivity to environmental conditions: pests, diseases, drought, etc.) long testing and assessment of traits; viral diseases of fruit crops are chronic and systemic: once damaged, a crop remains incurable for life. As a rule, all its organs become infected. The use of such plants as pestles during vegetative reproduction contributes to the mass spreading of diseases [5].

Experimental

The object of research is black currant (*Ribes nigrum* L.) and perpetual raspberries (*Rubus idaeus* L.). Representatives of the *Ribes* species usually have $2p = 16$ chromosomes, and their cultivated varieties are diploids [6].

The main method of black currant propagation is cuttings, but this method does not allow obtaining a large amount of planting material. To solve this problem, the in vitro microtonal method is promising, which allows to significantly increase the reproduction coefficient using the method of cell and shoot cultivation.

The perpetual variety of the perpetual raspberry Hercules and the variety of the American black currant Lia were selected as the studied samples.

These explants from the samples underwent stepwise sterilization-in soapy water washing with a magnetic mixer for 10 minutes, rinsing 3 times with distilled water, rinsing with potassium permanganate for 5 minutes, rinsing again with distilled water, keeping whiteness 70/30 for 20 minutes, treating with 70 % ethanol for 1 minute and rinsing with distilled water for 5 minutes. Then, under aseptic conditions, explants 3-5 mm in size were removed from them in a laminar box, cleaned from the surface film and cut crusts, and grown in test tubes of 15 mm in diameter for the induction of callusogenesis. The callus tissue was divided into 10-15 segments and transplanted into 6-cm diameter jars for induction of morphogenesis after triplicate transplantation into a new culture medium. Up to 300-400 explants were planted in each series of experiments. A modified nutrient medium was used to cultivate explants for the purpose of inducing callus formation and morphogenesis of callus tissues based on the composition proposed by T. Murasi and F. Skoog. Phytohormones 2,4-D and kinetin were used as hormonal additives. The pH of the whole nutrient medium was 5.6-5.8.

Calluses were obtained in MS induction media (Tab. 1). At the end of the passage (30 ± 5 days), the morphological characteristics of the callus were produced and measured by color, consistency, and degree of tissue necrotization.

Table 1

The composition of the Murashige and Skoog nutrient medium (MS)

Composition	Doze
Micronutrients, mg / L	
NH ₄ NO ₃	1650
KN ₀ ₃	1900
MgSO ₄ ·7H ₂ O	370
KH ₂ P ₀ ₄	170
CaCL ₂ · 2H ₂ O	440
FeSO ₄ · 7H ₂ O	27.85
Na ₂ EDTA· 2H ₂ O	37.25
Micronutrients, mg / L	
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.25
H ₃ BO ₃	6.20
MnSO ₄ ·4H ₂ O	22.30

ZnSO ₄ · 4H ₂ O	8.30
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.025
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0.025
KI	0.83
Organic compounds	
Pyridoxine, mg/L	0.50
Ascorbic acid, mg / L	1.00
Nicotinic acid, mg / L	0.50
Thiamine HCl, mg/L	0.1
Sucrose, g/L	30.00
Agar, g/L	7.00

The calluses were then placed in an appropriate, fresh nutrient medium and incubated in a 16-hour photoperiod and in diffuse light (1-2 thousand lux) at 22-24/14-16 °C (day/night). Part of the callus from each passage was transferred to morphogenic media MS6 and MS7 (Tab. 2).

Table 2

Composition of the modified MS nutrient medium used for the induction of callusogenesis and morphogenesis, mg/L

Composition	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	MS 5	MS 6	MS 7
2,4-D	1.00	2.00 ^	4.00	8.00	10.00	-	-
Kinetin	0.05	0.10	0.20	0.40	0.50	-	-
Folicacid	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	-	-
Glycine	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
Adenine	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
IMA	-	-	-	-	-	-	-
ICA	-	-	-	-	-	0.05	0.10
Article-6	-	-	-	-	-	0.20	0.20
Zeatin	-	-	-	-	-	0.40	0.40
Mesoinosite	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	-	-
Casein hydrolysate	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	-	-

Note: MS 1, MS2, MS3, MS4, MS5 — nutrient media used in the induction of callusogenesis; MS6, MS7 — nutrient media used in the induction of morphogenesis; 2,4-D — 2,4-dichlorophenoxyacetic acid; IMA- indolemic acid; ICA- indoleacetic acid; 6-BAP — 6-benzoaminopurine

The formation of morphogenic structures was observed, and the number of obtained regenerants was counted, they were characterized and developmental abnormalities were noted. The release of regenerants was observed as the number of plants consisting of 10 or 100 callus and planted in a reducing medium.

Results and Discussion

The medium used in in vitro plant shoot culture work as a medium for culturing T. Murasi plant cells and shoots. In this environment, the process of morphogenesis in vitro can often be successfully regulated by adjusting the concentration and changing the types of phytohormones. The productivity of callusogenesis and morphogenesis depends on the ratio of phytohormones and their input into the nutrient medium.

In vitro, 2,4-D and kinetin are the most common stimulants for obtaining and maintaining callus culture. Therefore, to create optimal conditions, maximum output of callus and morphogenic structures, we set up a series of experiments to study various concentrations and effects of two main ratios of phytohormone-2,4-D and kinetin.

Explants from fragments, apical and meristems of leaves of perpetual raspberry and black currant were grown in a modified MS medium with different concentrations of 2,4-D and kinetin. These nutrient media are MS1, MS2, MS3, MS4, and MS5 (Tab. 1).

The callus usually grows in the dark because light causes morphogenesis and greenishness of the callus. In this regard, callus cultivation was carried out in a bright room with weak diffuse light.

The study of the features of callus formation of different somatic cells of black currant is characterized by indirect and apical bud explants with high activity of callus genesis induction and callus growth, which are permanent holders of genetic information of growth and development. The newly formed callus had a

yellowish color and relatively loose consistency. On day 30 of in vitro cultivation, the implants contained 2 and 4 mg/L of 2,4-D and 0.1 and 0.2 mg/L of kinetin.

The process of formation of calluses and bones of currant leaves from the explants obtained from the leaves has its own peculiarities. They are characterized by the induction of callusogenesis and the intensity of growth of callus tissue when grown in a relatively high nutrient medium containing phytohormone — 8 mg/L 2,4-D and 0.4 mg/L kinetin (nutrient medium MS 4). Explants taken from the stem were observed with slow callusogenesis of the leaf compared to its own explants (Tab. 3).

Table 3

**Effect of phytohormone concentration on the intensity of callusogenesis inside
black currant explant type**

Nutrient medium	Fruitful variety of currant Lia			
	Explant type			
	L	S	IB	TB
Size of calluses on the 30th day, mm				
MS1	0.8±0.2	0.9±0.3	1.4±0.2	2.1±0.3
MS2	1.4±0.3	1.3±0.2	2.3±0.3	4.1±0.2
MS3	2.0±0.4	1.6±0.3	3.8±0.2	3.3±0.4
MS4	2.5±0.3	2.2±0.3	2.9±0.3	2.5±0.3
MS5	1.5±0.2	1.3±0.2	1.2±0.4	0.9±0.2

L-leaf; S-stem; IB-indirect bud; TB-top bud

During observations of black currants, it was shown that the frequency of callusogenesis strongly depends on the balance of phytohormones in the nutrient medium (Fig. 1).

At high rates of callusogenesis frequency, explants of indirect and top buds differed when they were grown in MS3 medium, which was 52.8 % in the cultivar Lia fertile. MS4 proved to be the most suitable nutrient medium for leaf explants and stem frequency. At lower concentrations of phytohormones (MS1 and MS2 medium), the frequency of callusogenesis of leaves and stems is within 9.9 and 13.5 %, and that of indirect and apical buds is 20.3 and 34.8 %. Increasing the concentration of phytohormone did not increase the rate of callusogenesis in all explants studied. At the same time, the frequency of callusogenesis decreased to 20.4-21.6 % depending on the black currant variety and explant species (Tab. 4).

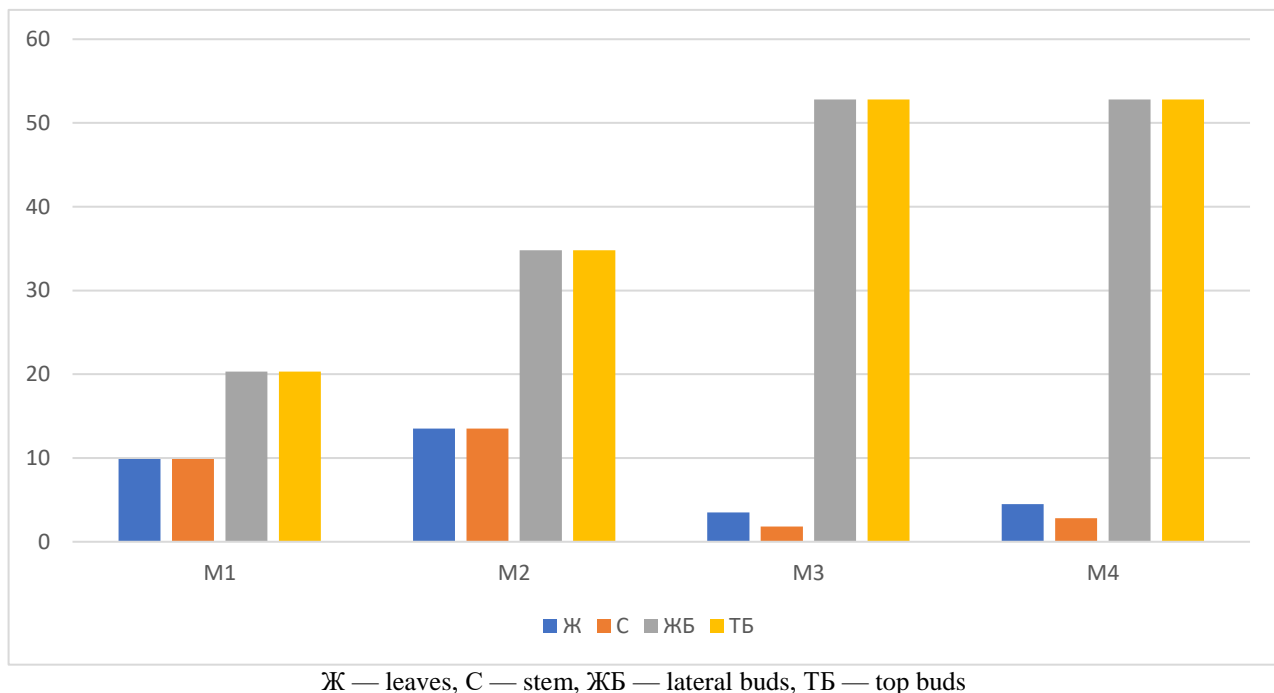


Figure 1. Influence of phytohormone concentration and explant type on the callusogenesis of the currant Lia variety, %

Effect of phytohormone concentration and explant type on callusogenesis duration in black currant varieties (days)

Nutrient medium	Harvest variety of currant Lia			
	Explant type			
MS 1	L	S	IB	TB
MS2	119±2	134±3	103±2	100±2
MS3	113±3	109±3	95±3	89±3
MS4	100±3	106±3	103±2	99±2
MS5	96±2	107±2	89±3	82±3

Callus cultures with different morphogenesis abilities also differ in morphology, allowing the morphogenic parts of the callus to be visually identified for further subculture.

It is known that the differentiation of a plant cell can be observed not only in the light microscope but also in the fine structure of the cell and changes in its organelles. In the *in vitro* culture, this is associated with the processes of organogenesis, histogenesis, and somatic embryogenesis.

As a result of numerous experiments on the study of callus genesis and callus shoot growth, a large variety of calluses with different morphological characteristics (consistency, color, morphogenetic potential) was obtained. The study of morphological features of calluses induced from black currant and perpetual raspberry organs revealed that there is no clear difference between the selected cultures in the type of formed calluses. However, the calluses were morphologically heterogeneous: loose, hard, easily decomposed, and granularly dense. Therefore, the calluses formed by explants of perpetual raspberry and black currant can be grouped according to their morphology, coloring, and morphogenetic ability (Tab. 5).

Table 5

Description of currant and perpetual raspberry callus

Types of callus	Morphological structure	Color	Type of morphogenesis
1	loose callus	colorless	no morphogenetics
2	large bumps	light yellow	homogeneous
3	there are fine-grained sprouts on the callus	dark yellow to brown	embryogenic
4	the surface of the callus has a thin filament	white	rhizogenic

The 1st type of callus is a solid oval, transparent, colorless glandular mass, with no visible external tumors. This species, capable of continuous growth when transplanted, has accumulated considerable biomass. However, this species has no morphogenetic potential.

The 2nd type of callus has a dense consistency, consisting of large roll-shaped bulges, bright yellow. When grown in the light, the callus tissue is green. Growing in a morphogenic medium is accompanied by the formation of buds and the growth of primary leaves. According to the type of morphogenesis, these calluses are homogeneous.

The 3rd type of callus consists of small structures, which approach each other with their bases and resemble a lightning bolt. When slowed down in the nutrient medium, they easily decompose, giving rise to globules and further somatic embryoids. This embryogenic callus tissue is an ideal model system to study the process of somatic embryogenesis in the culture of perpetual raspberry and black currant. The 4th type of callus is characterized by the appearance of many thin filamentous structures on the tissue surface. During further cultivation, some of these structures form roots.

Summarizing the results of this series of experiments, the obtained callus tissues of perpetual raspberry and black currant have different types of morphogenesis: homogenesis, rhizogenesis, and embryogenesis. These experimentally obtained types of callus tissues are valuable as a model to study the physiological mechanisms of cell differentiation *in vitro*.

To study the possibility of preserving their morphological characteristics and morphogenetic potential by callus type, fragments of different callus types were transferred to a new medium containing the same components of the nutrient medium that contributed to the formation of these calluses.

Experiments on the origin of somatic cells of black currant and perpetual raspberry have established that the studied objects can induce callusogenesis *in vitro* with proper selection of phytohormones, especially their ratio, as well as cultivation regimes. The intensity of callus formation and growth of callus structures is influenced by the origin of the explant and the concentration of phytohormones in the nutrient medium.

In the process of callusogenesis, somatic cells are dedifferentiated. As a result, different cell types are formed, which causes heterogeneity of callus tissue. The degree of heterogeneity depends on the genetic characteristics of the plants from which the explants are obtained. When different phytohormones and cultivation conditions are changed, an increase in cell diversity in the callus mass is possible. However, in our experiment, we obtained calluses from different explants only in media with relatively low concentrations of 2,4-D phytohormones and kinetins. Calluses and regenerants were cultured under the same conditions. Therefore, the difference between black currant and perpetual raspberry in the influence of other factors, the rate and duration of callus formation, is purely genetic in nature. Our studies have once again confirmed that high concentrations of 2,4-D and kinetin are necessary for cell and tissue growth.

According to the results of the experiments, it can be concluded that the intensity of callusogenesis depends on plant genotype, but often depends on the type of selected explant. Callusogenesis can be induced in all organs of black currant and perpetual raspberry.

Conclusions

The results of obtaining growth from currant culture varieties and micropropagation were as follows: 57.8 % of pure growth was obtained from currant culture varieties, and bud proliferation was performed from all varieties of pure currant culture.

The development of shortened roots of currant varieties was stimulated by 28.6 %. The development of shoots on shoots of Russian currant culture varieties was 23.4 %.

About 80 % of shoots were obtained from local currant crops. Thus, it has been proved that the stage of obtaining pure shoots by microclonal propagation of plants is the most difficult process. As a result of our research, the method of obtaining pure growth and its propagation has been improved. It is the end of month and the weekend.

References

- 1 Ikuta K. Anti-viral and anti-bacterial activities of an extract of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) / K. Ikuta, K. Hashimoto, H. Kaneko, S. Mori, K. Ohashi, T. Suzutani // *Microbiol Immunol.* — 2012. — Vol. 56 (12). — P. 805–809. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2012.00510.x>
- 2 Bishayee A. Anthocyanin — rich black currant extract suppresses the growth of human hepatocellular carcinoma cells / A. Bishayee, E. Haznagy-Radnai, T. Mbimba, P. Sipos, P. Morazzoni, A.S. Darvesh, D. Bhatia, J. Hohmann // *Nat Prod Commun.* — 2010. — Vol. 5 (10). — P. 1613–1618.
- 3 Оразбаева Г.К. Клональное размножение растений черной смородины (*Ribes nigrum* L.) *in vitro* / Г.К. Оразбаева, В.Т. Хасанов, А.Р. Исакаев, В.К. Швидченко // *Вестн. науки КазАТУ им. С. Сейфуллина.* — 2012. — № 1. — С. 115–124.
- 4 Казаков И.В. Малина ремонтантная / И.В. Казаков, С.Н. Евдокименко. — М.: Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства, 2006. — 288 с.
- 5 Жбанова Е.В. Плоды малины *Rubus idaeus* L. как источник функциональных ингредиентов (обзор) / Е.В. Жбанова // *Техника и технология пищевых производств.* — 2018. — Т. 48, № 1. — С. 5–14. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-5-14>
- 6 Акимов М.Ю. Пищевая ценность плодов перспективных сортов земляники / М.Ю. Акимов, Е.В. Жбанова, В.Н. Макаров, И.Б. Перова, Л.В. Шевякова, О.А. Вржесинская, Н.А. Бекетова, О.В. Кошелева, М.Н. Богачук, Е.В. Рылина, И.В. Лукьянчук, А.М. Миронов // *Вопросы питания.* — 2019. — Т. 88, № 2. — С. 64–72. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10019>

М.К. Тыныкулов

Қарақат және ремонтантты таңқурай жасушалары дақылдарының ерекшеліктері

Ремонтантты таңқурай — сәйкестілік және біржылдық сабақ өркендерінде жеміс беру қабілетімен ерекшеленетін таңқурай сорттарының тобы. Қара қарақат (*Ribes nigrum*) — түспежапырақты бұталы,

карлығандар тұқымдасына (*Grossulariaceae*), қарақат (*Ribes*) туыстасына жатады. Ауыл шаруашылығы дақылдарының экстремалды табиғи факторларға төзімді, жоғары өнім және жылына екі өнім алатын сорттары қарастырылған. Қолданылатын қоректік ортаның химиялық құрамы, микро- және макроэлементтердің, органикалық заттардың мөлшері есепке алынды. Өсімдіктердің жасушаларынан алынған каллус өсінділерінің сапалы құрамы анықталған. Қара қарақат каллусогенезінің жиілігі қоректік ортаның фитогормондарының балансына қатты байланысы көрсетілді. Гендік және жасушалық биотехнология саласындағы прогресс *in vitro* жағдайында өсімдік жасушалары мен ұлпаларын өсіру негіздерінің дамуымен тікелей байланысты. Сонымен қатар, қолайлы қоректік ортаны таңдау, экспланттың түрі мен көлемін, өсімдіктердің әртүрлі таксономиялық топтарының өкілдерінің тотипотенттілігін анықтау мақсатында өсу режимін белгілеу ерекше қызығушылық тудырады. Қазіргі уақытта соматикалық жасушалардың бұл ерекше қабілеті әртүрлі дақылдарда кездеседі, олардың көпшілігі біржылдық және іс жүзінде вегетативті көбейетін өсімдіктер. Бұл көкөніс дақылдары мен сәндік өсімдіктер, олардың тізімі жыл сайын толықтырылып отырады. Жұмыстың ғылыми жаңалығы — биотехнология әдістерінің көмегімен ремонтантты таңқурай мен қара қарақаттың соматикалық будандары мен трансгенді өсімдіктерін алу мүмкіндігі. Сондықтан көпжылдық өсімдіктердің жасушалары мен ұлпаларының, атап айтқанда жеміс-жидек және ауылшаруашылық дақылдарының теориялық негіздерін зерттеу және қолданбалы аспектілерін дамыту, олардың тез көбеюі, соматикалық будандар мен трансгенді өсімдіктерді алу өте өзекті болып саналады.

Кілт сөздер: қарақат, таңқурай, биотехнология, *in vitro*, ремонтанттылық, тотипотенттілік, селекция, жасауша, каллус, фитогормондар.

М.К. Тыныкулов

Особенности культуры клеток смородины и ремонтантной малины

Ремонтантная малина — группа сортов малины, отличающихся способностью плодоносить на двухлетних и однолетних стеблевых побегах. Черная смородина (*Ribes nigrum*) — листопадный кустарник, семейство крыжовниковые (*Grossulariaceae*), относится к родству смородины (*Ribes*). В статье представлены методы клеточной селекции ремонтантной малины и смородины. Рассмотрены сорта сельскохозяйственных культур, устойчивые к экстремальным природным факторам, получающие высокие урожаи и два урожая в год. Учитывались химический состав использованной питательной среды, содержание микро- и макроэлементов, органических веществ. Определен качественный состав побегов каллуса, извлеченных из клеток растений. Показана сильная связь частоты каллусогенеза черной смородины с балансом фитогормонов питательной среды. Прогресс в области генной и клеточной биотехнологии напрямую связан с разработкой основ культивирования клеток и тканей растений в условиях *in vitro*. Кроме того, особый интерес представляет выбор подходящей питательной среды, установление режима выращивания с целью определения вида и объема экспланта, тотипотентности представителей различных таксономических групп растений. В настоящее время эта уникальная способность соматических клеток обнаруживается в различных культурах, большую часть которых составляют однолетние и практически вегетативные растения размножения. Это овощные культуры и декоративные растения, список которых ежегодно пополняется. Научной новизной работы является возможность получения соматических гибридов и трансгенных растений ремонтантной малины и черной смородины с помощью методов биотехнологии. Поэтому изучение теоретических основ и разработка прикладных аспектов клеток и тканей многолетних растений, в частности, плодово-ягодных и сельскохозяйственных культур, их ускоренное размножение, получение соматических гибридов и трансгенных растений считаются весьма актуальными.

Ключевые слова: смородина, малина, биотехнология, *in vitro*, ремонтантность, тотипотентность, селекция, клетки, каллус, фитогормоны.

References

- 1 Ikuta, K., Hashimoto, K., Kaneko, H., Mori, S., Ohashi, K., & Suzutani, T. (2012). Anti-viral and anti-bacterial activities of an extract of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.). *Microbiol Immunol.*, 56 (12); 805–809. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2012.00510.x>
- 2 Bishayee, A., Haznagy-Radnai, E., Mbimba, T., Sipos, P., Morazzoni, P., Darvesh, A. S., Bhatia, D., & Hohmann, J. (2010). Anthocyanin — rich black currant extract suppresses the growth of human hepatocellular carcinoma cells. *Nat Prod Commun.*, 5 (10); 1613–1618.
- 3 Orazbaeva, G.K., Khasanov, V.T., Iskakov, A.R., & Shvidchenko, V.K. (2012). Klonalnoe razmnozhenie rastenii chernoi smorodiny (*Ribes nigrum* L.) *in vitro* [Clonal reproduction of blackcurrant plants (*Ribes nigrum* L.) *in vitro*]. *Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universitets imeni S. Seifullina — Bulletin of Science of the S. Seifullin Kazakh Agro Technical University*, 1; 115–124 [in Russian].

- 4 Kazakov, I.V., & Evdokimenko, S.N. (2006). *Malina remontantnaia [Raspberry repair]*. Moscow: All-Russian Selctive-technological Institute of gardening and nursery farming [in Russian].
- 5 Zhanova, E.V. (2018). Plody maliny *Rubus idaeus* L. kak istochnik funktsionalnykh ingredientov (obzor) [*Rubus idaeus* L. raspberry fruits as a source of functional ingredients (review)]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv — Technique and food production technology*, 48 (1); 5–14. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-5-14> [in Russian].
- 6 Akimov, M.U., Zhanova, E.V., Makarov, V.N., Perova, I.B., Shevyakova, L.V., Vrzhesinskaya, O.A., Beketova, N.A., Kosheleva, O.V., Bogachuk, M.N., Rylina, E.V., Lukyanchuk, I.V., & Mironov, A.M. (2019). Pishchevaia tsennost plodov perpektivnykh sortov zemlianki [Nutritional value of fruits in promising raspberry varieties]. *Voprosy pitaniia — Problems of Nutrition*, 88 (2); 64–72. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10019> [in Russian].

O.G. Cherednichenko^{1*}, N.V. Mit¹, I.N. Magda², A.L. Pilyugina¹, B.O. Bekmanov¹,
N. Sh. Mamilov³, M.A. Chirikova², N.L. Nigai¹

¹*Institute of General Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan*

²*Institute of Zoology of Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan*

³*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*

*Corresponding author: *cherogen70@mail.ru*

Ecological characteristics of the area and evaluation of bio indicator species condition in Altyn-Emel State National Natural Park

To assess the degree of contamination and to preserve the natural state of the Altyn-Emel State National Park (Kazakhstan), the monitoring studies were conducted. The total amount of persistent organic pollutants and heavy metals in water and soil samples was determined. Radiodosimetric research, ecological and genetic monitoring of indicator groups of animals were carried out. Chemical analysis revealed the presence of some pollutants exceeding the maximum permissible concentrations in water and soil samples. No area radioactive contamination was detected within the boundaries of the park zone, and the EDR values in general do not exceed the normative values. The exception is the local area of the “Suluchekinskoye” uranium deposit, for which EDR values above the normative values were determined. A comparative analysis of indicator animals showed that their cytogenetic homeostasis, morpho-functional indicators, habitus, and ecological characteristics are matched to the normal indexes of animals living in Kazakhstan. Thus, monitoring studies show that the ecological situation in the “Altyn-Emel” National Park is satisfactory, with some tense circumstances that require constant monitoring.

Keywords: cytogenetic analysis, genetic monitoring, genotoxicity, heavy metals, micronucleus test, morpho-functional indicators, persistent organic pollutants, species diversity.

Introduction

The problem of pollution with POPs, heavy metals and radionuclides has recently become particularly acute among global environmental threats. These compounds are difficult to degrade and may be transported over long distances through air and water. Insects, birds, migrating warm-blooded animals can accumulate such toxicants. Moreover, they may be not only a place of accumulation but also a means of transporting these substances. As a result, conditions are formed that contribute to the destruction of biocenoses not only in areas of contamination with genotoxicants, but also in areas where they were not used. In this regard, remote or protected areas that are not directly affected by anthropogenic factors may also be contaminated [1]. Even in low doses, this contamination poses a threat to nature and humans [2].

The diversity of potential genotoxicants and their mechanisms of action on the genome, as well as interspecies differences in sensitivity to genotoxic agents, complicate the development of adequate approaches to their monitoring and testing system, as no single genetic test can detect all genotoxic effects.

Modern ecology is increasingly focusing on the use of bio indicator species for diagnosing the state of environment. The advantage of using bio indicators for the integral evaluation of biosystems of different levels of complexity is that they respond not only to individual pollutants, but to the whole complex of influencing substances by certain reactions of the organism as a whole [3]. Bio indication makes it possible to assess the degree and intensity of the impact of pollutants and reflects the dynamics of ecosystem degradation in an integral form. At the same time, cytogenetic homeostasis [4] is one of the indicators of anthropogenic factors that generate significant changes in genotype, organism condition and ecosystem as a whole. It makes it possible to detect early changes in functional systems of an organism, when there are no visible (phenotypic) manifestations of these changes yet, and to predict further state of the system under changing conditions. It can be characterized by the micronucleus test, which consists in counting the frequency of cells with micronuclei [5, 6] and other cytological disorders of blood cells.

In the Republic of Kazakhstan territories with different types and sources of environmental pollution (radiation — natural and anthropogenic, chemical-heavy metals, and persistent organic pollutants) are widely represented. It should also be noted that these territories may differ from each other by natural landscape characteristics. For monitoring studies, the problem of choosing a control area or a comparison area is acute. Considering that the assessment of the status of a monitoring area may vary depending on the selected area

of comparison and not only on anthropogenic impacts, defining baseline levels of relevant criteria for specific sites is important [7]. Therefore, a natural undisturbed area with a combination of various relatively close physical-geographical and climatic features with similar flora and fauna and indicator groups is required as a reference region. Such an area combining different natural zones is the State National Nature Park (SNNP) “Altyn-Emel” (Kerbulak district, Almaty region).

The peculiarity of Altyn-Emel is that on its modern territory in the Ili intermountain hollow within the Ili uranium ore province in 1969-1980 years of the 20th century, a large strata-infiltration uranium deposit, Suluchekinskoye, was explored. Here, an area-wide exploration of uranium reserves in the Ili ore province was carried out based on the Geological Exploration Camp (GEC). At the end of the 1980s, pilot uranium production by the in-situ borehole leaching (ISL) method was carried out at the Suluchekinskoye deposit. By the end of the 1980s, this production and the activity of GEC had been stopped completely. Reclamation was carried out at the geotechnological polygon, and the wells were liquidated [8]. No negative impact on the environment, according to specialists from “Volkovgeology” opinion, was established [9]. Suluchekinskoye and all other uranium deposits of the Ili uranium province were transferred to the long-term reserve of the mining industry of Kazakhstan [8]. However, a number of studies showed that local radioactive contamination may develop over time in areas where exploration and short-term exploitation of uranium deposits and ore occurrences have been carried out. This may occur for various reasons of natural and anthropogenic origin [10]. A lot of time has passed since the conservation and liquidation of the pilot mine (PSV) at the Suluchekinsky deposit. In addition, the economic purpose of these lands and territories has changed. The previously mothballed deposit turned out to be within the boundaries of the specially protected natural area of the SNNP “Altyn-Emel”, which has now changed its boundaries (park expansion, 2019) and status into a new form of existence — the Biosphere Reserve.

In this regard, studies of the degree of water and soil pollution with persistent organic pollutants (POPs) and heavy metals, as well as a radiodosimetric study of the territory were carried out in the Altyn-Emel State National Natural Park. To assess ecological well-being, cytogenetic, and ecological-faunistic studies of indicator groups of animals (fish, amphibians, birds, mouse-like rodents) were carried out. Such an approach makes it possible to determine the degree of the impact of negative environmental factors in general and the uranium deposit in particular, on the environmental situation and animals of the territory.

Experimental

Subjects of study

Water and soil samples from “Altyn-Emel” SNNP were the material for the studies. The most common natural populations of animals found in other territories of the Almaty region were used as indicator objects from the habitat of “Altyn-Emel” SNNP. They included fish (*Triplophysa strauchii*, *Pseudorasbora parva*, *Triplophysa dorsalis*, *Triplophysa stoliczkai*), amphibians (*Pelophylax ridibundus*, *Bufo viridis*), reptiles (*Eremias velox*), birds (*Columba livia*) and rodents (*Microtus arvalis*, *Mus musculus*, *Apodemus sylvaticus*, *Cricetulus migratorius*).

Separate territories of the Almaty region Talgar (Belbulak, Enbekshi), Enbekshi Kazakh (Taukaraturyk) districts, Alakol Lake with similar natural and climatic conditions without special anthropogenic stress were used as comparison regions.

Water, soil sampling and chemical analysis

Water sampling was conducted in accordance with State Standard 17.1.5.05-85 “General Requirements for Surface and Marine Water Sampling” in spring. Soil sampling was conducted according to State Standard 14.4.4.0284, State Standard 29269-91 using envelope method from soil horizons 1 and 2 (0-5 and 5-25 cm deep).

Quantitative analysis of water and soil samples for the content of POPs and their decay products (24 names: Hexachlorobenzene; $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – isomers of hexachlorocyclohexane; heptachlor; aldrin; heptachloropoxide; chlordane; endosulfan 1, 2; 2,4'-DDE; deldrin; DDT; 4,4'-DDE; DDD; chlorobenzylate; endrin; endrin aldehyde; endosulfanesulfate; dibutylendian; methoxychlor; hexabromobenzene) was carried out. Also the content of 8 heavy metals: Zn, As, Cd, Pb, Cu, Co, Ni, Cr was determined in all samples. The chemical reagents used for assessing the content of the substances under investigation had a purity grade of “pure for analysis”. The methods, measuring and testing equipment were certified. To determine POPs in soil and water samples, gas chromatography method (Agilent 6890N chromatograph with MSD 5975C (USA), Fluorator — 02 liquid analyser) and mass spectrometry (ACME 9000 HPLC with UV/VIS Detector) were used. Determination of heavy metals was carried out by atomic absorption method [11–14].

Radiodosimetry of the area

Radiometric survey of the surveyed areas was carried out in accordance with the recommendations set out in the regulatory documents and guidelines for the use of SRP-88H and RKS-01-SOLO instruments. A pedestrian search and detailed γ - survey and local β - and α -indicative survey of the monitoring territories were carried out using radiometers. γ -radiation measurements were carried out at a height of 1m to 0.1m from the surface, while α - and β -radiation were measured contractually.

Collection of fauna survey objects

Expeditions to collect materials in “Altyn-Emel” SNNP and comparable separate territories of the Almaty region (Taukaraturyk, Enbekshy, Amangeldy, Belbulak) were conducted from April to September 2019-2020. During the expeditions, traditional methods of field ecological-zoological research were used. Diagnostics of the main vertebrate groups (fish, amphibians, reptiles, birds, mammals) are based on the study of a set of ecological, morphobiological, and genetic indicators. The desktop study of indicator mammal species combines various methodological techniques, which include the determination of morpho-functional characteristics for comparative ecological characterization of the surveyed areas. Determination of morpho-functional characteristics was carried out according to the scheme of metric (exterior) indicators of animals: p – weight (g), l – length of body, c – tail, a – height of ear, pl – length of foot, (all in mm).

Physiological features were determined by (interior) indices of internal organs: il – liver, ih – heart, ik – kidneys, is – spleen. All indices were expressed in ppm – ‰. Comparative analysis of field and faunistic characteristics was performed according to the summary “Mammals of Kazakhstan” [15–17].

Micronucleus test of indicator animals

Blood sampling and preparation of smears were performed in the field according to suggested recommendations [18]. Dried peripheral blood smears were fixed in 96 % ethyl alcohol for 30 minutes. They were dried and stained with 10 % Romanowsky-Giemsa solution for 5 minutes [18]. Micronuclei frequencies were counted on a Zeiss Axioscop 40 microscope under oil immersion and magnification of 10x100. Photodocumentation was made for the most characteristic abnormalities of erythrocytes. Depending on the subject, 10,000 to 20,000 erythrocytes from each examined individual were examined.

Results and Discussion

Determination of POPs in water and soil samples at “Altyn-Emel” SNNP

Fig. 1 demonstrates the total content of 24 POPs and 8 HMs in natural water and soil samples taken in the territory of “Altyn-Emel” SNNP and compared territories. When examining the soil samples, it was found that the soil has poly-component contamination.

The main POPs pollutants in soil and water are pesticides. Soil samples from “Altyn-Emel” SNNP revealed presence of trace amounts of DDT and its metabolites DDE and 4,4-DDE, β HCCH, as well as aldrin and dieldrin, exceeding MPC. The spectrum of detected POPs in the comparison territories was much wider. In addition, in each of the comparison territories, from 3 to 9 types of POPs, exceeding the MPC, were identified. In the natural water of “Altyn-Emel” SNNP, dibutylendan and δ -HCG were detected in trace amounts, in contrast to Belbulak and Taukaraturuk territories, which have a significant spectrum and amount of POPs. Thus, to the level of soil pollution by persistent organic pollutants the territory of the National Park is much more environmentally favorable.

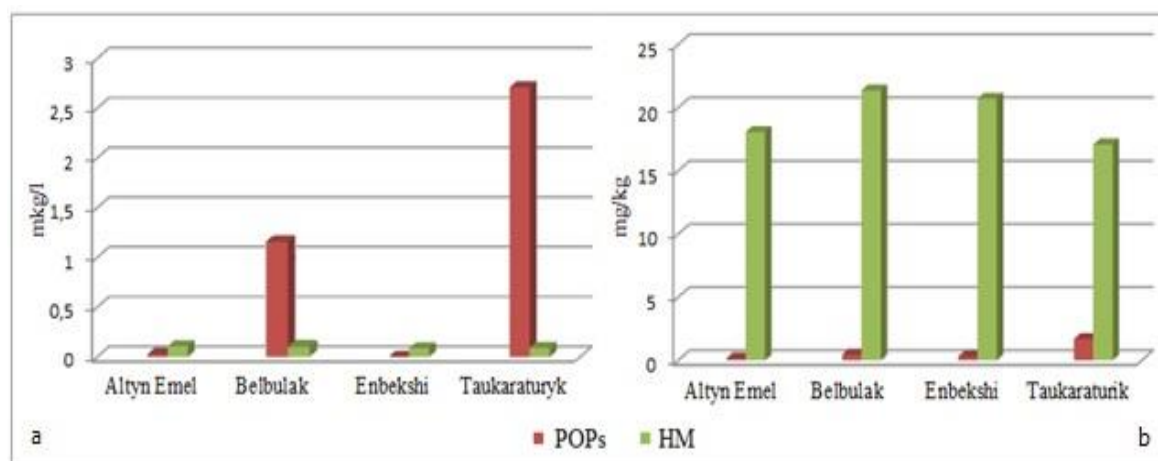


Figure 1. Total POP and PM amounts in water (A) and soil (B) samples in “Altyn-Emel” SNNP

A different picture is observed for the detection of metals in water and soil: their total amount in the “Altyn-Emel” SNNP is approximately the same as in the regions of comparison. The presence of heavy metals such as Ni, Cd and Zn was detected in the soil of the National Park “Altyn-Emel”, with the nickel content in different samples being almost equal to or slightly exceeding the MPC. In addition to nickel, zinc, cadmium and copper exceed the MPC in the territories under comparison. The natural water contains zinc, nickel, copper and chromium in insignificant concentrations.

Radiodosimetry of the area

At present monitoring of surface layer radioactive contamination of the atmosphere on the territory of the Almaty region, which includes the territory of SNNP “Altyn-Emel”, is carried out by specialized subdivisions, “Kazgidromet” at 5 meteorological stations (Almaty, Narynkol, Zharkent, Lepsy, Taldykorgan). According to the results of the works, the average values of radiation γ -background layer of the atmosphere in the Almaty region for the settlements of the region are within 0.12-0.23 $\mu\text{Sv/h}$. On average in the region, the radiation gamma background is 0.17 $\mu\text{Sv/h}$, which does not exceed the natural background. Average daily density of radioactive fallout in the surface layer of the atmosphere on the territory of the region ranges from 0.7-1.8 Bq/m^2 . The average deposition density in the region is 1.2 Bq/m^2 , which does not exceed the maximum permissible level [19]. Measurement of beta activity, which is mainly associated with radioisotopes of man-made origin, showed permissible values of daily radioactive fallout, in accordance with approved hygienic standards [20] and does not exceed 110 Bq/m^2 a day. Analysis of available materials on the radioecological situation in the Almaty region and, specifically, in Talgar and Kerbulak districts, is safe and the accepted characteristics of equivalent dose rate (EDR) and radioactive contamination of the land surface are within normal limits. However, the radioecological monitoring carried out in this way cannot always characterize such large areas in detail and unambiguously. Therefore, a detailed assessment of the radiodosimetric situation in the territory of SNNP “Altyn-Emel” was carried out (Tab. 1).

Table 1

Selected EDR and flux densities — α particles on the territory of "Altyn-Emel" SNNP

Radiodosimetry areas	Min ($\mu\text{Sv/h}$), (parts/min per cm^2)		Max ($\mu\text{Sv/h}$), (parts/min per cm^2)	
	EDR	α	EDR	α
SNNP “Altyn-Emel”, former Geological Exploration Village	0.095	<0.2	0.156	1.23
SNNP “Altyn-Emel”, “Kalkan” Seismic Station	0.110	0.61	0.200	1.28
SNNP “Altyn-Emel”, “Kalkan” Seismic Station well	0.462	0.61	4.158	1.21
SNNP “Altyn-Emel”, Barkhan, former Geological Exploration v.	0.098	0.61	0.112	1.21
SNNP “Altyn-Emel”, water reservoir	0.120	<0.2	0.180	1.28
SNNP “Altyn-Emel”, Bashy village	0.094	<0.2	0.105	2.42
Belbulak	0.100	0.61	0.120	2.42
Taukaraturyk	0.12	<0.2	0.27	1.16

The results indicate that all areas surveyed are characterized by low EDR values. The range of minimum values is about 0.09 — 0.12 $\mu\text{Sv/h}$, and rarely occurring maximum values are 0.15 — 0.27 $\mu\text{Sv/h}$. The detected values of alpha particle flux density are also not high — in the range of minimum 0.11-0.61 parts/min per cm^2 , and in the maximum 1.16 — 2.86 parts/min per cm^2 . In general, the detected values of radiodosimetric indicators comply with the accepted sanitary standards of the Republic of Kazakhstan [20, 21]. The results of the measurements indicate that there are no natural radioactive anomalies in the Enbekshikazakh, Talgar, and Kerbulak districts. The relatively safe radioecological condition in the Almaty region as a whole does not exclude the probability of local radioactive impact of the former mine on environmental objects, such as soils, flora and fauna, natural waters, the surface layer of the atmosphere of SNNP “Altyn-Emel”. This determines the relevance of studying the current radiation situation in the territory of the National Park and carrying out research on morpho-functional characteristics, development features and genetic status of living indicator animals.

The surveyed territories are not located in the influence zones of uranium deposits of the Almaty region. The exception is the local area of “Altyn-Emel” SNNP within the boundaries of “Kalkan” seismic station,

where the Suluchekinskoye uranium deposit of formation-infiltration type is located. Here, in a limited area of 7-9 m², in the contour of a self-discharging well, EDR values in the range of 0.46-4.16 µSv/h — (2019) and 0.26-2.99 µSv/h (2020) are set, which noticeably exceeds permissible values (calculated dose for population is not more than 0.57 µSv/h) [20, 21]. The small area of the anomalous zone in terms of the EDR level may not have a significant impact on the environmental objects on the territory of SNNP “Altyn-Emel”.

Analysis of the indicator animals of “Altyn-Emel” SNNP

About 400 species of fish, amphibians, reptiles, birds, and mammals, including 42 Red Data Book species currently inhabit the national park [22]. In addition, there are dozens of invertebrate species that are also classed as “Red Data Book”. However, their number is still unknown and needs to be studied.

To indicate the status of vertebrate fauna inhabiting the territory of “Altyn-Emel” SNNP and the comparison territories, the most typical for the survey sites species, as a rule, belonging to synanthropic group, were selected. The following species and groups of animals were identified according to ecological and faunistic features: fish (*Diptychus dybowskii*, *Triplophysa strauchi*, *Triplophysa dorsalis*, *Pseudorasbora parva*); amphibians (*Pelophylax ridibundus*, *Bufo viridis*); reptiles (*Eremias velox*); birds (*Columba livia*); mammals, rodent group (*Cricetulus migratorius*, *Mus musculus*, *Apodemus sylvaticus*, *Microtus arvalis* sp). Thus, a total of 11 indicator species of vertebrates inhabiting the territory of “Altyn-Emel” SNNP were used in the study. Morpho-functional indices of animals of each indicator species were determined, which represent a set of characteristics of individuals caught in the summer season, and which lived in places relatively distant from each other.

Fish fauna

The aquatic environment is one of the main living environments, and water itself is the main component of biosystems. Fish are considered the most appropriate subject for screening for mutagenic and carcinogenic chemical compounds in water, since they metabolize, accumulate in the body the chemicals contained in the water and react to toxic compounds in a similar way to higher vertebrates [23, 24]. The use of fish in laboratory and natural habitats allows the genotoxicity of a wide range of pollutants to be assessed, including the effects of individual chemical compounds as well as cumulative effects [25–27]. The fish fauna study was conducted for individuals from two locations in “Altyn-Emel” National Park. These are the Aktobe River watercourse from a reservoir located between the settlements of Nurum and Aktobe and a water body (of spring origin) of Kosbastau cordon within the boundaries of a former geological prospecting settlement, where an elevated radiation background has been identified. As the potential indicator species, 4 native (*Triplophysa strauchii*, *Triplophysa dorsalis*, *Triplophysa stoliczkai*, and *Diptychus dybowskii*) and 1 non-native (*Pseudorasbora parva*) fish species were found. During the morpho-biological study of the species of this indicator group, it was found that the parameters of *Pseudorasbora parva* are within the limits of variability known for the Balkhash basin. The maximum sizes of fish in the studied 2019 sample were smaller than those known for this species. This may indicate unfavorable conditions for prolonged life span. This is also indicated by the significant within-sample variability in the fatness coefficients.

A sample of *Triplophysa strauchii* from the watercourse of the Aktobe River is represented by individuals of different sizes — both adults with developed gonads and fingerlings, which indicate favorable reproductive conditions for this species. In April, gonads were at different stages of maturity: mature and ready-to-hatch sex products, as well as spawned specimens were found. Biological and morphological parameters were within the normal range of this species, with only one individual having noticeably shorter front antennae. This abnormality may be caused by trauma or abnormalities in the ontogenetic trajectory. Phenodeviates were not detected in the sample studied.

In the water of “Kosbastau” cordon, where elevated radiation background was detected, the sample of *Pseudorasbora parva* is small and represented mainly by small specimens. Comparison of data on the composition of fish fauna and the status of indicators of individual species suggests insignificant anthropogenic transformation of the ecosystem of this water body. Habitat conditions in general do not impede reproduction of this species, but longevity and maximum size of fish are far from species limits, as representatives of native fish fauna dominate in number, represented by different-sized individuals, which morphologically do not deviate from the species norm.

As shown by the analysis of materials (Fig. 2), in general, the fish in these areas have normal indicators of condition and development [28, 29]. In plain shallow water reservoirs near Enbekshi settlement (comparison region) *Pseudorasbora parva* indicators were analyzed among indicator fish. Their relatively low abundance is shown. The morpho-biological analysis revealed small size of these fish, which is noticeably smaller than known for these species, low fatness factor and color defect in some specimens.

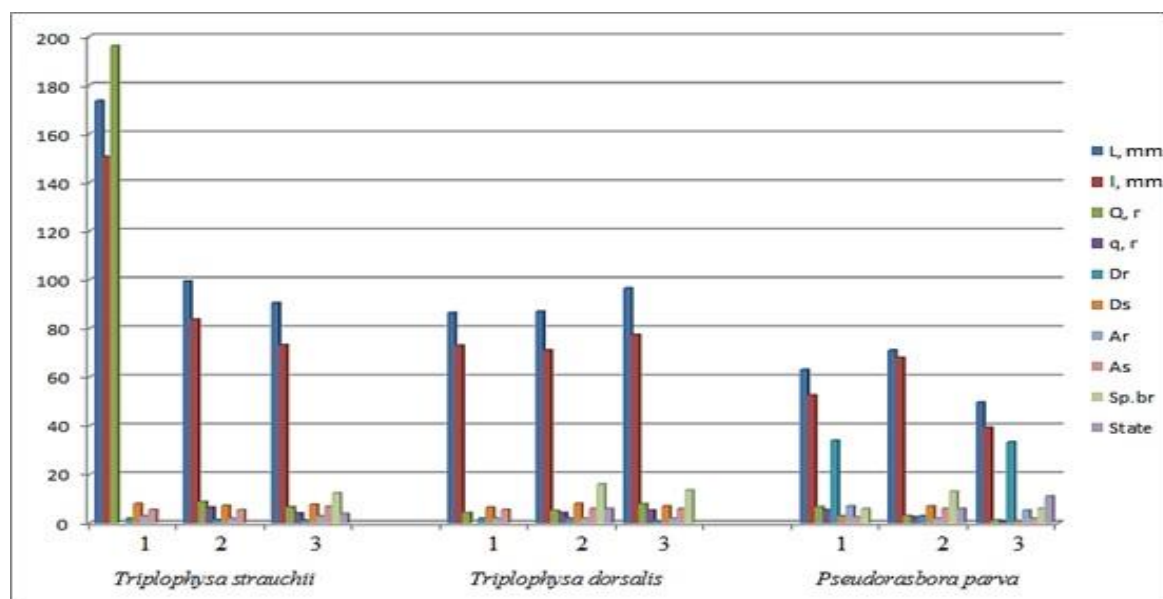


Figure 2. Morpho-biological indicators of the development of indicator fish species from the “Altyn-Emel” SNNP: 1 — average indicators of normal development; 2 — development indicators of fish from Aktobe river; 3 — development indicators of fish from “Kalkan” seismic station reservoirs

Amphibians

Amphibians meet all the requirements for the species used for bio indication, and as their main representative, the marsh frog (*Rana ridibunda*) is a widespread amphibian species that has clear and easy-to-study characteristics, is highly sensitive to pollutants and mutagens. The morpho-physiological parameters of the amphibian organism reflect the state of the local habitat since they do not have a pronounced tendency to migrate. The marsh frogs are characterized by a high level of polymorphism — they have a number of non-specific and specific responses of the population to anthropogenic impact (variability of morpho-physiological parameters, an increase in the frequency of aberrant cells and structural mutations of chromosomes) — all these factors make it possible to successfully use *R. ridibunda* as a bio indicator species for monitoring environmental pollution by mutagens [30–34].

The morphometric parameters of the mouth apparatus structure in tadpoles of *Bufotes viridis* complex caught in two reservoirs in the territory of the hydraulic fracturing, near the mothballed uranium deposit were studied (Tab. 2). The analysis of the obtained material showed the absence of any deviations in the morphology of tadpoles, except for variations in the structure of the mouth apparatus. 27.6 % of tadpoles had anomalies of the oral apparatus, which were expressed in ruptures, partial reduction, fusion, curvature and deformation of the tooth rows. In a number of cases the oral apparatus had not one type of abnormality, but a combination of two or more. For comparison, tadpoles collected in 2013 from the Akeshke reservoir (Almaty region, Yeskeldy district) showed 6.7 % anomalies in the morphology of the oral apparatus. It is likely that these abnormalities are associated with elevated radiation levels within the boundaries of the “Kalkan” seismic station.

Table 2

Deviations in the structure of the mouth apparatus of *Bufotes viridis* tadpoles from the reservoir of SNNP “Altyn-Emel”

Criterion	Water reservoir wells seismic station "Kalkan"	Reservoir Akeshke
Tadpoles examined	108	30
Frequency of tadpoles with mouth apparatus anomalies	24.1 %	6.67 %
Total anomalies	44.4 %	10 %

Ornithofauna

Birds are a sensitive indicator of the impact of various factors. Pesticides may be part of the reason for the decline in bird numbers [35]. There were no anomalies in the development and coloration of synanthropic avifauna species from the “Altyn-Emel” SNNP during the period of observation. Visual inspection of these birds from the Talgar district in the process of ringing revealed defects of beak, paws and eyes in more than 30 specimens of *Corvus frugilegus*, *Coloeus monedula*, and *Corvus cornix*. There are also abnormalities of the characteristic coloration. Most likely the abnormalities appeared as a result of anthropogenic influences, both physical and chemical.

Mammals

Mouse rodents are sensitive bio indicators of pesticide soil contamination, and their ubiquity makes them irreplaceable objects in environmental monitoring [36]. During the 2019-2020 field season, mammal surveys from the “Altyn-Emel” SNNP and the comparison area were carried out. The indicator species (mouse-like rodents) *Cricetulus migratorius*, *Mus musculus*, *Apodemus sylvaticus* were studied.

Exterior indices were determined, the average values of which were within the limits of variation for these species of rodents in Kazakhstan. Indices of liver, heart and kidneys, spleen of animals caught on different monitoring sites were determined. The variability of indices of internal organs of rodents was revealed. This variability is an indicator of their physiological state, reflecting mainly the nature of nutrition and the level of basic metabolism for each species.

Comparative analysis of morpho-functional indices of mouse-like rodents from “Altyn-Emel” SNNP showed that their values are close to those of animals from other sites of Talgar district (comparison area) (Fig. 3). In general, the habitus, metrical, functional and ecological characteristics of the animals of all studied areas were within the norm for animals inhabiting Kazakhstan [37]. No anomalies were found in the studied animals.

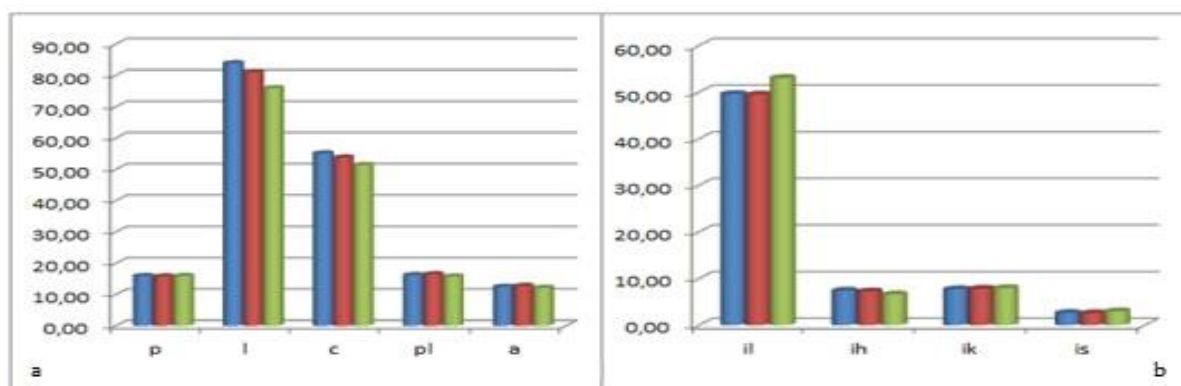


Figure 3. Comparative morpho-functional indices of mouse-like rodents (*Mus musculus*) of surveyed sites; exterior indices (a), interior indices (b); 1 column — mice from Altyn-Emel, 2 column — mice from Almaty region, 3 column — mice from East Kazakhstan region

Thus, the studied rodent individuals inhabiting the compared monitoring sites generally correspond to ecological and field characteristics given in the summary “Mammals of Kazakhstan” and in the “Book of Genetic Fund of Kazakhstan” [15–17, 38]. The identified ecological indices and values of the main metric and functional parameters of the studied animals indicate that no deviations from the norm were established and they generally correspond to similar characteristics of these animal species inhabiting Kazakhstan.

Micronucleus test of indicator animals

Bio testing and bio indication methods provide an opportunity to obtain a rapid response to a complex biological reaction of an ecosystem or population, as a result of the impact of various anthropogenic factors on it. The cytogenetic characteristics of peripheral blood were used as a biomarker to assess the genetic status of indicator animals living in “Altyn-Emel” National Park and comparison territories. Micronuclei were analyzed in peripheral blood erythrocytes. Micronuclei in a microscope can be seen as round, oval in different sizes, densely stained corpuscles with a clear outline. Additional information about the processes occurring in response to environmental stressors can be obtained by analyzing the structure of red blood cells that differ from the normal morphology characteristic of the species. Thus, amitosis indicates the development of degenerative processes in the body due to various reasons, including environmental ones. Nucleus division

can also occur without cytoplasm rearrangement, in which case erythrocytes become binuclear [39]. Cytogenetic analysis of nuclear erythrocytes from peripheral blood of fish, amphibians and birds recorded the following disorders — erythrocytes with micronuclei; binuclear erythrocytes; amitosis; erythrocytes with cytoplasmic “tail” disorders, vacuolization and invagination of cytoplasm; erythrocytes with budding micronuclei; invagination of the nuclear membrane. The presence of cytological abnormalities in erythrocytes of peripheral blood of the studied animals indicates the presence of degenerative processes in the body due to various reasons, including environmental [40].

Micronucleus test in Pelophylax ridibundus

Amphibians meet all the requirements for species used for bio indication. Their main representative *P. ridibundus* is a widespread amphibian species, which has clear and easy to study traits, is highly sensitive to pollutants and mutagens. The morpho-physiological parameters of the amphibian organism reflect the local habitat condition, as they lack a pronounced tendency to migrate. The results of micronucleus analysis in blood erythrocytes of *P. ridibundus* are presented in Table 3. In *P. ridibundus* caught in SNNP “Altyn-Emel” and regions of comparison (Belbulak, Taukaraturyk) frequency of erythrocytes with micronuclei is practically at one level – 0.31-0.34 %. That is, there is no reliable difference in the frequency of micronuclei in frogs inhabiting “Altyn-Emel” National Park, and other areas. At the same time, it is reliably increased in comparison with the Alakol region (0.20±0.007 %).

Table 3

Results of *Pelophylax ridibundus* micronucleus test caught in and comparison regions

Place of capture	Viewed cells	Micronuclei, %	Amitosis, %	Tail, %	Nucleus invagination, %	Binuclei, %
SNNP Altyn-Emel	200 000	0.31±0.012*	0.005±0.0016	0.05±0.005	0.075±0.006	0.005±0.0016
Belbulak	50 000	0.34±0.026*	0.058±0.01	0.002±0.002	0	0.06±0.01
Taukaraturyk	300 000	0.32±0.014*	0.005±0.002	0.073±0.007	0.017±0.007	0
Alakol-region	340 000	0.20±0.070	0	0	0	0

* $p \leq 0.01$

A high level of heterogeneity of cytogenetic indices in the studied groups of frogs should be noted. The difference in control values in different literature sources sometimes differs several times. Some show control values of 0.78±0.03 % [41], others 0.23±0.01 %. Probably, it depends on a level of purity of researched areas and, accordingly, control groups matched to them.

Micronucleus test in fish fauna

Blood samples from four fish species – *T. trauchii* (10 individuals), *P. parva* (8 individuals), *D. dybowskii* (5 individuals), *T. dorsalis* (4 individuals) were obtained in SNNP “Altyn-Emel”. Comparative analysis was made with fish fauna caught in Taukaraturak and Alakol Lake areas (Tab. 4).

Table 4

Results of cytogenetic analysis of erythrocytes of fish caught in water bodies in the “Altyn-Emel”

Place of capture	Animals studied	Viewed cells	Micronuclei, %	Amitosis, %	Tail, %	Nucleus invagination, %
SNNP “Altyn-Emel”	13	190 000	0.065±0.009*	0.01±0.003	0.05±0.007	0.024±0.011
Taukaraturyk	137	364 000	0.13±0.006*	0.001±0.001	0.006±0.001	0.01±0.002
Enbekshi	13	130000	0.083±0.008*	0.023±0.002	0.006±0.001	0.069±0.007
Lake Alakol	16	160 000	0.027±0.007	0.003±0.002	0.001±0.001	0.003±0.002

* $p \leq 0.01$

Fish caught in “Altyn-Emel” National Park (Aktobe River watercourse) have a significantly higher frequency of erythrocytes with micronuclei compared to fish caught in Lake Alakol, but half as many as fish caught in Taukaraturyk. At the same time, almost the whole spectrum of cytological disturbances described above was revealed in this group. In many cases, these changes accompany compensatory processes occurring in tissues, e.g., during functional overloading, starvation, after poisoning, or denervation [42]. In addi-

tion, there is literature evidence that nuclear and cytoplasmic abnormalities of this nature can be the result of chemical exposure inducing gene and cytotoxicity [43].

Different fish species of the carp family have been studied by many researchers. The frequency of micronuclei in different literature sources sometimes differs by time. Proportion of cells containing micronuclei in a sample of *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) inhabiting the Tom river was on average 0.057 ± 0.030 %. Also, many researchers showed that the background level of micronuclei in fish is 0.5-1‰ [44]. These data correspond to the results of fish from Alakol Lake (0.015 ± 0.005 %). At the same time, other authors demonstrate micronucleus frequency values at the level of 0.25 ± 0.03 % in *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) [45] or even 2.91 ± 0.15 % in *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) from the Volga-Caspian channel [42]. It is possible that such discrepancies are due to differences in methods of counting abnormal cells or statistical processing of results.

As shown above, within the boundaries of the mothballed “Suluchekinskoye” uranium deposit, an increased radiation background has been identified within the boundaries of the former fracking site. In this regard, a comparative analysis of the micro-nuclear test of fish inhabiting three points in the vicinity of the former GEC (Kosbastau cordon) and Aktobe River with a normal radiation background was carried out. The main sample of fish fauna of these reservoirs consisted of 2 fish species – *Triplophysa trauchii* and *Pseudorasbora parva*. In this connection, cytogenetic analysis was carried out in individuals of these species. For more objective analysis and absence of influence of species differences the results of micronucleus test of these fish species, from two reservoirs were taken into account separately (Tab. 5).

Table 5

Results of cytogenetic analysis of erythrocytes of fish living in water bodies of SNNP “Altyn-Emel”

Place of capture	Species	Animals studied	Viewed cells	Micronuclei, %	Amitosis, %	Binuclei, %
Kosbastau cordon	<i>T. trauchii</i>	10	200000	$0.076 \pm 0.006^*$	0.034 ± 0.006	0.019 ± 0.003
Aktobe river	<i>T. trauchii</i>	6	60000	0.042 ± 0.008	0.008 ± 0.003	0.003 ± 0.002
Kosbastau cordon	<i>P. parva</i>	8	160000	$0.053 \pm 0.006^*$	0.03 ± 0.004	0.023 ± 0.004
Aktobe river	<i>P. parva</i>	3	60000	0.027 ± 0.006	0.006 ± 0.003	0.002 ± 0.002
Lake Alakol	Cyprinidae	16	160000	0.027 ± 0.007	0.003 ± 0.002	0.002 ± 0.002

* $p \leq 0.01$

Analysis of the presented data shows reliable excess of frequency of cytogenetic and cytological disorders in fish (both species) caught at Kosbastau Kordon with increased radiation background. At the same time, there is a slight interspecific difference in the frequency of cytogenetic disorders in *T. trauchii* and *P. parva*. In *P. parva* (Cyprinidae) caught in the Aktobe River, the level of cytogenetic abnormalities is similar to that of *Cyprinidae* fish (different species) from ecologically clean Lake Alakol. This indicates that there is a relatively favorable environmental situation in the Aktobe River. The local increase of radiation background in the area of Koybastau cordon does not have a significant impact on the environmental objects in the territory of SNNP “Altyn-Emel”.

Micronucleus test in Columba livia

Birds are sensitive indicators of the impact of various factors. *Columba livia* was used as an indicator species, belonging to the ornithofauna, to assess habitat quality in the territories of SNNP “Altyn-Emel” and Amangeldy (comparison region). *Columba livia* is a widespread polytypical species, the natural range of which occupies a considerable part of Eurasia and North Africa [45, 46]. The attachment of *Columba livia* Gmelin to its nesting sites creates conditions for the long-term effects of environmental factors on these animals. Micronucleus analysis revealed a significant ($p \leq 0.05$) difference in the frequency of micronuclei in *Columba livia* from the “Altyn-Emel” (0.027 ± 0.005 %) and Amangeldy (0.05 ± 0.07 %) regions. However, analysis of cytological abnormalities revealed no fundamental difference in the results of *Columba livia* of these territories.

The micronucleus test in rodents

One of the main animal model species in population biology studies is mouse-like rodents due to their ubiquitous distribution, abundance, habitat in a relatively limited area and close association with the soil. The micronucleus test in rodents can be carried out in cells of any proliferating tissue. The easiest way to perform a micronucleus test is using erythrocytes because blood is the most accessible tissue for examination and does not usually require killing the animal. The average life span of red blood cells is 3–4 months, which

allows estimating completely the effects of the factors under investigation. Since mammalian peripheral blood erythrocytes are nucleus-free, the main type of cytogenetic disorders is micronuclei. Microscopically they are visible as rounded or oval, densely stained cells of different sizes with a clear contour. In the process of erythropoiesis, after the last mitosis, the main nucleus is pushed out, and micronuclei resulting from chromosomal abnormalities in erythrocyte cells remain in the cytoplasm. Abnormalities in erythrocyte shape and size – poikilocytosis are also found.

Species such as *Microtus sarvalis*, *Mus musculus*, *Apodemus sylvaticus*, *Cricetulus migratorius* were investigated to assess the ecological condition of “Altyn-Emel” SNNP.

A number of cytological abnormalities have been recorded, such as abnormally sized erythrocytes, usually small (microcytes) or large (macrocytes) erythrocytes, sometimes, poikilocytosis — changes in normal cell shape, thickness and volume. The results of the cytogenetic analysis of erythrocytes of rodents are presented in Table 6.

Table 6

Results of cytogenetic analysis of erythrocytes of mouse-like rodents from Altyn-Emel SNNP

Place of capture	Viewed cells	Micronuclei, %	Poikilocytosis, %
SNNP Altyn-Emel	60000	0.03±0.007	0.095±0.012
Belbulak	70000	0.41±0.024*	0.006±0.003
Enbekshi	50000	0.38±0.022*	0.1±0.012
Taukaraturyk	80000	0.054±0.008	
* p≤0.01			

The frequency of micronuclei in erythrocytes of peripheral blood of rodents from SNNP “Altyn-Emel” was significantly ($p \leq 0.01$) lower than frequency of micronuclei of rodents from the comparison regions — Belbulak and Enbekshi. This indicates considerably more favorable ecological conditions for rodents in Altyn-Emel than outside of this area. Some works show that approximately 0.025±0.011 % of micronuclei are detected in erythrocytes of white non-pedigreed mice [47, 48], which corresponds to the data obtained from the national park.

Conclusions

The assessment of the environmental status of the “Altyn-Emel” SNNP area showed the presence of some POPs and HM pollutants in water and soil. Pesticides are the main pollutants of soil among POPs. Presence of trace amounts of DDT and its metabolites, as well as aldrin, dieldrin, exceeding MPC were detected. In the comparison territories, the spectrum of detected POPs was much wider, and the number of POPs items exceeding MPC was from 3 to 9. The presence of such heavy metals as Ni, Cd and Zn in addition to nickel, zinc, cadmium, and copper exceed the MPCs in the comparison territories. Thus, by the level of soil pollution, the territory of the National Park is much more favorable in environmental terms. In the natural water of “Altyn-Emel” SNNP, dibutylendian and δ -HCG in concentrations below the MPC were detected. Also Zn, Ni, Cu and chromium in concentrations below the MPC were detected. The territory of “Altyn-Emel” SNNP practically does not differ from the compared territories by the level of pollution of natural water with heavy metals.

Analysis of the radio-ecological situation in “Altyn-Emel” National Park showed that it is safe and the accepted characteristics of EDR and radioactive contamination of the land surface are within normal limits. The exception is a local area within the boundaries of seismic station “Kalkan” where the “Suluchekinskoye” uranium deposit of formation-infiltration type is located. Here, on the limited area of 7-9 m², in the contour of a self-discharging well, EDR values in a range of 0.26-2.99 μ Sv/h were detected, which noticeably exceeds permissible values (the calculated dose for the population is no more than 0.57 μ Sv/h). The small area of the anomalous zone in terms of EDR level probably does not have a significant impact on the environmental objects on the territory of SNNP “Altyn-Emel”.

Characterization of biodiversity of terrestrial and aquatic fauna of endemic species and indicator groups of vertebrates inhabiting the “Altyn-Emel” SNNP showed their significantly higher species diversity than outside the territory of the National Park. To objectively determine the levels of ecological load in terrestrial and aquatic cenoses, a detailed study of selected key and indicator vertebrate species using modern methods of morpho-functional indication, cytogenetic and toxicological analysis was conducted. The comparative analysis showed that morpho-functional indicators, habits in general, metrical, functional and ecological character-

istics of animals of the surveyed area are within the norm for animals living in Kazakhstan. No anomalies that could be associated with anthropogenic pollution were found in these groups of vertebrate animals studied. Assessment of cytogenetic homeostasis using a micronucleus test did not reveal any significant disturbances of the genetic apparatus in indicator animals.

Thus, according to the data of chemical analysis, assessment of species diversity and state of indicator species of plants and vertebrates, we can conclude that the ecological situation in the territory of SNNP “Altyn-Emel” is satisfactory. Manifestation of morpho-functional changes in *P.parva* and tadpoles of toad complex *B.viridis* and cytogenetic disorders in fish *P.parva* and *T.strauchii* inhabiting near the well of seismic station “Kalkan” with increased radiation background is probably connected with manifestation of local radioactive pollution, which has no negative influence on the whole territory of the National Park.

Acknowledgements

This work was supported by the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under research program OR11465437 and OR11465435.

Reference

- 1 Popoola L.T. Assessment of atmospheric particulate matter and heavy metals: A critical review / L.T. Popoola, S.A. Adebanjo, B.K. Adeoye // International Journal of Environmental Science and Technology. — 2018. — Vol. 15. — P. 935–948. <https://doi.org/10.1007/c13762-017-1454-4>
- 2 Mountouris A. Bioconcentration of heavy metals in aquatic environments: The importance of bioavailability / A. Mountouris, E. Voutsas, D. Tassios // Marine Pollution Bulletin. — 2002. — Vol. 44 (10). — P. 1136–1141. [https://doi.org/10.1016/s0025-326x\(02\)00168-6](https://doi.org/10.1016/s0025-326x(02)00168-6)
- 3 Файзулин А.И. Эколого-фаунистический анализ земноводных среднего Поволжья и проблемы их охраны: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Спец. 03.00.16 — «Экология» / А.И. Файзулин. — Тольятти, 2004. — 20 с.
- 4 P'inskikh N.N. The use of micronucleus test in screening and monitoring of mutagens / N.N. P'inskikh, I.N. P'inskikh, V.N. Nekrasov // Cytology and Genetics. — 1983. — Vol. 22, N 1. — P. 68–72.
- 5 Favio E. Bionda Common toad *Rhinella arenarum* (Hensel, 1867) and its importance in assessing environmental health: test of micronuclei and nuclear abnormalities in erythrocytes / E. Favio, L.C. Pollo // Environmental Monitoring and Assessment. — 2015. — Vol. 187, No. 581. — P. 2–4.
- 6 Mitkovska V. Environmental genotoxicity evaluation using a micronucleus test and frequency of chromosome aberrations in free-living small rodents / V. Mitkovska, T. Chassovnikarova, N. Atanassov, H. Dimitrov // J BioSci. Biotech. — 2012. — Vol. 1(1). — P. 67–71.
- 7 Armiento G. High geochemical background of potentially harmful elements in soils and sediments: Implications for the remediation of contaminated sites / G. Armiento, C. Cremisini, E. Nardi, R. Pacifico // Chemistry and Ecology. — 2011. — Vol. 27 (1). — P. 131–141.
- 8 Черняков В.М. Современное состояние сырьевой базы природного урана в Казахстане и пути ее совершенствования / В.М. Черняков. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы IV Междунар. конф. — Томск, 2013. — С. 554–557.
- 9 Сушко С.М. Уранодобывающая отрасль Казахстана и перспективы ее развития / С.М. Сушко, И.А. Шишков, А.Ф. Вершков // Изв. НАН РК. Сер. геологии и технических наук. — 2013. — № 5 (401). — С. 61–69.
- 10 Берикболов Б.Р. Радиоэкологическая обстановка в Казахстане/ Б.Р. Берикболов, М. Буркитбаев, И.А. Шишков // Вестник НЯЦ РК. — 2003. — № 3. — С. 33–36.
- 11 Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ / А.А. Пупышев. — М.: Техносфера, 2009. — 784 с.
- 12 Robinson J.W. Undergraduate Instrumental Analysis / J.W. Robinson, E.S. Frame, G.M. Frame. — New-York: CRC Press, 2014. — 1264 p.
- 13 Реестр Государственной системы технического регулирования РК. № 022/10536 от 02.05.2006 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/mti-ktrm/press/article/details/61619?lang=ru>
- 14 Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification Order No 237 as of 01.07.2006 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rst.gov.ru/portal/eng/home/cooperation/eacs>
- 15 Слуцкий А.А. Млекопитающие Казахстана / А.А. Слуцкий. — Алма-Ата: Наука, 1977. — Т. I. Ч. 2. — 536 с.
- 16 Слуцкий А.А. Млекопитающие Казахстана / А.А. Слуцкий. — Алма-Ата: Наука, 1978. — Т. I. Ч. 3. — 492 с.
- 17 Слуцкий А.А. Млекопитающие Казахстана / А.А. Слуцкий. — Алма-Ата: Наука, 1980. — Т. I. Ч. 3. — 492 с.
- 18 Ильинских Н.Н. Микроядерный анализ и генетическая нестабильность / Н.Н. Ильинских, В.В. Новицкий, Н.Н. Ванчугова, И.Н. Ильинских. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1992. — 272 с.
- 19 Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. — Астана: Департамент экологического мониторинга РГП «Казгидромет», 2019. — № 8. — 238 с.

- 20 Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан № ДСМ-275/2020 от 15.12.2020 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021822>.
- 21 Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 26.06.2019 г. № КР ДСМ-97 «Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=33176302
- 22 Мельдебеков А.М. Красная книга Республики Казахстан. Том I.: Животные. Часть 1: Позвоночные. / А.М. Мельдебеков и др. — Алматы: ДПС, 2010. — 324 с.
- 23 Pandey A.K. Genotoxicity assessment of pesticide profenofos in freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch) using comet assay and random amplified polymorphic DNA (RAPD) / A.K. Pandey, N.S. Nagpure, S.P. Trivedi // *Chemosphere*. — 2018. — Vol. 211. — P. 316-323. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.182>
- 24 Mehra S. Naphthalene-2-sulfonate induced toxicity in blood cells of freshwater fish *Channa punctatus* using comet assay, micronucleus assay and ATIR-FTIR approach / S. Mehra, P. Chadha // *Chemosphere*. — 2020. — Vol. 265(129147). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129147>
- 25 Yang X. Methodology for hazard identification in aquaculture operations (MHIAO) / X. Yang, I.B. Utne, I.M. Holmen // *Saf. Sci.* — 2020. — Vol. 121. — P. 430–450. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.09.021>.
- 26 Khatun Mt. M. Distortion of micronuclei and other peripheral erythrocytes caused by fenitrothion and their recovery assemblage in zebrafish / Mt. M. Khatun, G.M. Mostakim, M.S. Islam // *Toxicology Reports*. — 2021. — Vol. 8. — P. 415-421. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.02.019>.
- 27 Díaz-Resendiz K. J.G. Effect of diazinon, an organophosphate pesticide, on signal transduction and death induction in mononuclear cells of Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) / K. J.G. Díaz-Resendiz, P.C. Ortiz-Lazareno, M.I. Girón-Pérez // *Fish & Shellfish Immunology*. — 2019. — Vol. 89. — P. 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.fsci.2019.03.036>
- 28 Баимбетов А.А. Морфологическая характеристика амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Schlegel) Капчагайского водохранилища / А.А. Баимбетов // *Биологические науки*. — 1975. — № 8. — С. 48–55.
- 29 Дукравец Г.М. Рыбы Казахстана: аннотированный список, исправленный и дополненный (по состоянию на 31 декабря 2016 г.) / Г.М. Дукравец, Н.Ш. Мамиллов, И.В. Митрофанов // *Selevinia*. — 2016. — Т. 24. — С. 47–71.
- 30 Wolmarans N.J. Bioaccumulation of DDT and other organochlorine pesticides in amphibians from two conservation areas within malaria risk regions of South Africa / N.J. Wolmarans, L. Bervoets, V. Wepener // *Chemosphere*. — 2021. — Vol. 274 (129956). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129956>
- 31 Karlsson O. Pesticide-induced multigenerational effects on amphibian reproduction and metabolism / O. Karlsson, S. Svanholm, C. Berg // *Science of The Total Environment*. — 2021. — Vol. 775 (145771). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145771>
- 32 Glaberman S. Evaluating the role of fish as surrogates for amphibians in pesticide ecological risk assessment / S. Glaberman, J. Kiwiet, C.B. Aube // *Chemosphere*. — 2019. — Vol. 235. — P. 952–958. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.166>
- 33 Gavel M.J. Effects of two pesticides on northern leopard frog (*Lithobates pipiens*) stress metrics: Blood cell profiles and corticosterone concentrations / M.J. Gavel, S.D. Young, S.A. Robinson // *Aquatic Toxicology*. — 2021. — Vol. 235(105820). <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105820>
- 34 Pavan F.A. Morphological, behavioral and genotoxic effects of glyphosate and 2,4-D mixture in tadpoles of two native species of South American amphibians / F.A. Pavan, C.G. Samojeden, M.T. Hartmann // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. — 2021. — Vol. 85 (103637). <https://doi.org/10.1016/j.etap.2021.103637>.
- 35 Le Page M. Pesticides could be partly to blame for bird decline / M. Le Page // *New Scientist*. — 2019. — Vol. 243. — P. 14.
- 36 Пыушина Н. Maximum tolerated doses and erythropoiesis effects in the mouse bone marrow by 79 pesticides' technical materials assessed with the micronucleus assay / N. Pilyushina, M. Goumenou, V. Rakitskii // *Toxicology Reports*. — 2018. — Vol. 6. — P. 105-110. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.12.006>.
- 37 Пантелеев П.А. Экогеографическая изменчивость грызунов / П.А. Пантелеев, А.Н. Терехина, А.А. Варшавский. — М.: Наука, 1990. — 374 с.
- 38 Гвоздев Е.В. Книга генетического фонда фауны Казахской ССР. Позвоночные. — Алма-Ата, 1989. — 214 с.
- 39 Уленгов Р.А. Антропогенная преобразованность геосистем Республики Татарстан и современная геоэкологическая ситуация (на примере авифауны): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Специальность 25.00.36 — «Геоэкология» / Р.А. Уленгов. — Казань, 2008. — 21 с.
- 40 Боркин Л.Я. Оценка встречаемости аномалий в природных популяциях (на примере амфибий) / Л.Я. Боркин, О.С. Безман-Мосейко, С.Н. Литвинчук // *Тр. Зоолог. ин-та РАН*. — 2012. — Т. 316, № 4. — С. 324–343.
- 41 Jaylet A. A new micronucleus test using peripheral blood erythrocytes of the newt *Pleurodeles waltl* to detect mutagens in fresh-water pollution / A. Jaylet, P. Deparis, V. Ferrier, S. Grinfeld // *Mutat. Res. Environ. Mutagenes*. — 1986. — Vol. 164, No. 4. — P. 245-257.
- 42 Кузина Т.В. Образование микроядер в эритроцитах промысловых рыб Волго-Каспийского канала / Т.В. Кузина // *Естественные науки*. — 2013. — № 4. — С. 124–129.
- 43 Anbumani S. Gamma radiation induced micronuclei and erythrocyte cellular abnormalities in the fish *Catla catla* / S. Anbumani, M.N. Mohankumar // *Toxicology in vitro*. — 2012. — Vol. 122-123. — P. 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.06.001>

44 Крюков В.И. Частота микроядер в клетках крови рыб пресноводных водоемов полуострова Таймыр / В.И. Крюков, П.В. Кочкарев // Образование, наука и производство. — 2013. — № 1. — С. 35–37.

45 Грициняк И. Цитогенетический профиль Украинских карпов / И. Грициняк, Ю. Глушко, С. Тарасюк // *Roczn. Nauk Zoot.* — 2013. — Т. 40 (1). — Р. 45–53.

46 del Hoyo J. *HBW and Bird Life International Illustrated Checklist of the Birds of the World* / J. del Hoyo, N. Collar, D.A. Christie et al. — Barcelona, 2014. — 903 p.

47 Дурнова Н.А. Влияние растительных экстрактов на индукцию микроядер циклофосфаном в эритроцитах крови беспородных белых мышей / Н.А. Дурнова, М.Н. Курчатова // *Цитология.* — 2015. — № 6. — С. 452–458.

48 Курчатова М.Н. Влияние экстрактов, содержащих биофлавоноиды, на индукцию микроядер диоксидином в эритроцитах крови беспородных белых мышей / М.Н. Курчатова, Н.А. Дурнова, Н.В. Полуконова // *Вестн. ВГУ. Сер. Химия, биология, фармация.* — 2014. — № 2. — С. 58–65.

О.Г. Чередниченко, Н.В. Мить, И.Н. Магда, А.Л. Пилюгина, Б.О. Бекманов,
Н.Ш. Мамиллов, М.А. Чирикова, Н.Л. Нигай

«Алтын Емел» Мемлекеттік ұлттық паркіндегі биоиндикаторлық түрлердің жай-күйін бағалау және аумағының экологиялық сипаттамасы

«Алтын-Емел» (Қазақстан) Мемлекеттік ұлттық паркі аумағының ластану дәрежесін бағалау және табиғи жағдайын сақтау мақсатында су мен топырақ үлгілеріндегі тұрақты органикалық ластаушы заттар мен ауыр металдардың мөлшері анықталды. Жануарлардың индикаторлық топтарына радиодозиметриялық зерттеулер, экологиялық-генетикалық мониторинг жүргізілді. Химиялық талдау су мен топырақ үлгілерінде шектеулі рұқсат етілген концентрациядан асатын кейбір ластаушы заттардың бар екендігін көрсетті. Парк аймағының шекараларында аумақтың радиоактивті ластануы анықталған жоқ, ал ЭДҚ (эквивалентті доза қуаты) мәндері әдеттегі стандартты мәндерден аспайтындығы дәлелденді. Сұлушеке уран өндіретін кен орнының ерекше екендігін атап кеткен жөн, себебі бұнда ЭДҚ мәндері нормативтік мәндерден жоғары екендігі анықталған. Жекелеген индикаторлық топтардағы жануарлардың жай-күйін салыстырмалы талдау олардың цитогенетикалық гомеостазы, морфофункционалды көрсеткіштері, габитусы мен экологиялық сипаттамалары Қазақстанда мекендейтін жануарлардың қалыпты дамуына сәйкес келетіндігін көрсетті. Мониторингтік зерттеулердің нәтижелері «Алтын-Емел» Мемлекеттік ұлттық паркі аумағындағы экологиялық жағдайдың қанағаттанарлық екендігін және кейбір шиеленісті жағдайлар тұрақты бақылауды қажет ететінін көрсетті.

Кілт сөздер: цитогенетикалық талдау, генетикалық мониторинг, қанға уыттылық, ауыр металдар, микроядролық тест, морфофункционалды көрсеткіштер, тұрақты органикалық ластағыштар, түрлердің әртүрлілігі.

О.Г. Чередниченко, Н.В. Мить, И.Н. Магда, А.Л. Пилюгина, Б.О. Бекманов,
Н.Ш. Мамиллов, М.А. Чирикова, Н.Л. Нигай

Экологическая характеристика территории и оценка состояния биоиндикаторных видов в Государственном национальном парке «Алтын-Эмель»

С целью оценки степени загрязнения и сохранения природного состояния территории Государственного национального парка «Алтын-Эмель» (Казахстан) определено содержание стойких органических загрязнителей и тяжелых металлов в пробах воды и почвы. Проведены радиодозиметрические исследования, эколого-генетический мониторинг индикаторных групп животных. Химический анализ показал наличие в пробах воды и почвы некоторых загрязняющих веществ, превышающих предельно допустимые концентрации. В границах парковой зоны радиоактивного загрязнения территории не обнаружено, значения МЭД, в целом, не превышают нормативных значений. Исключение составляет локальная территория уранового месторождения «Сулучекинское», для которой были определены значения МЭД выше нормативных. Сравнительный анализ состояния животных отдельных индикаторных групп показал, что их цитогенетический гомеостаз, морфофункциональные показатели, габитус и экологические характеристики соответствуют нормальному развитию животных, обитающих в Казахстане. Результаты мониторинговых исследований показали, что экологическая ситуация на террито-

рии Национального парка «Алтын-Эмель» удовлетворительная, с некоторыми напряженными обстоятельствами, требующими постоянного мониторинга.

Ключевые слова: цитогенетический анализ, генетический мониторинг, генотоксичность, тяжелые металлы, микроядерный тест, морфофункциональные показатели, стойкие органические загрязнители, видовое разнообразие.

References

- 1 Popoola, L.T., Adebajo, S.A., & Adeoye, B.K. (2018). Assessment of atmospheric particulate matter and heavy metals: A critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15; 935–948. <https://doi.org/10.1007/c13762-017-1454-4>
- 2 Mountouris, A., Voutsas, E., & Tassios, D. (2002). Bioconcentration of heavy metals in aquatic environments: The importance of bioavailability. *Marine Pollution Bulletin*, 44 (10); 1136–1141. [https://doi.org/10.1016/s0025-326x\(02\)00168-6](https://doi.org/10.1016/s0025-326x(02)00168-6)
- 3 Faizulin, A.I. (2004). *Ekologo-faunisticheskii analiz zemnovodnykh srednego Povolzhia i problemy ikh okhrany [Ecological and faunistic analysis of amphibians of the middle Volga region and problems of their protection]. Extended abstract of candidate's thesis.* Tolyatti [in Russian].
- 4 Ilinskikh, N.N., Ilinskikh, I.N., & Nekrasov, V.N. (1983). The use of micronucleus test in screening and monitoring of mutagens. *Cytology and Genetics*, 22 (1); 68–72.
- 5 Favio, E., & Pollo, C. L. (2015). Bionda Common toad *Rhinella arenarum* (Hensel, 1867) and its importance in assessing environmental health: test of micronuclei and nuclear abnormalities in erythrocytes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187 (581); 2–4.
- 6 Mitkovska, V., Chassovnikarova, T., Atanasov, N., & Dimitrov, H. (2012). Environmental genotoxicity evaluation using a micronucleus test and frequency of chromosome aberrations in free-living small rodents. *J. BioSci. Biotech.*, 1 (1); 67–71.
- 7 Armiento, G., Cremisini, C., Nardi, E., & Pacifico, R. (2011). High geochemical background of potentially harmful elements in soils and sediments: Implications for the remediation of contaminated sites. *Chemistry and Ecology*, 27(1); 131–141.
- 8 Cherniakov, V.M. (2013). Sovremennoe sostoianie syrevoi bazy prirodnogo urana v Kazakhstane i puti ee usovershenstvovaniia [The current state of the raw material base of natural uranium in Kazakhstan and ways to improve it]. Proceedings from Radioactivity and radioactive elements in human habitat: *IV Mezhdunarodnaia konferentsiia (2013 goda) — 4th International Conference.* (pp. 554-557). Tomsk [in Russian].
- 9 Sushko, S.M., Shishkov, I.A., & Vershkov, A.F. (2013). Uranodobyvaiushchaia otrasl Kazakhstana i perspektivy ee razvitiia [Uranium mining industry of Kazakhstan and prospects for its development]. *Izvestiia Natsionalnoi akademii nauk Respubliki Kazakhstan. Serii geologii i tekhnicheskikh nauk — Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Geology and Engineering Series*, 5 (401); 61–69 [in Russian].
- 10 Berikbolov, B.R., Burkibaev, M., & Shishkov, I.A. (2003). Radioekologicheskaiia obstanovka v Kazakhstane [Radioecological situation in Kazakhstan]. *Vestnik Natsionalnogo yadernogo tsentra Respubliki Kazakhstan — Bulletin of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan*, 3, 33–36 [in Russian].
- 11 Pupyshv, A.A. (2009). *Atomno-absorbtsionnyi spektralnyi analiz [Atomic absorption spectral analysis].* Moscow: Tekhnosfera [in Russian].
- 12 Robinson, J.W., Frame, E.S., & Frame, G.M. (2014). *Undergraduate Instrumental Analysis.* New-York: CRC Press.
- 13 (2006). *Reestr Gosudarstvennoi sistemy tekhnicheskogo regulirovaniia RK. No. 022/10536 ot 02.05.2006 [Register of the State Technical Regulation System of the Republic of Kazakhstan, No. 022/10536 of 02.05.2006].* Retrieved from <https://www.gov.kz/memleket/entities/mti-ktm/press/article/details/61619?lang=ru> [in Russian].
- 14 (2006). Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification Order No 237 as of 01.07.2006. <https://www.rst.gov.ru/portal/eng/home/cooperation/eacs>
- 15 Slutskii, A.A. (1977). *Mlekopitaiushchie Kazakhstana [Mammals of Kazakhstan].* Vol. I. Part 1. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 16 Slutskii, A.A. (1978). *Mlekopitaiushchie Kazakhstana [Mammals of Kazakhstan].* Vol. I. Part 2. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 17 Slutskii, A.A. (1980). *Mlekopitaiushchie Kazakhstana [Mammals of Kazakhstan].* Vol. I. Part 3. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 18 Ilinskikh, N.N., Novitskii, V.V., Vanchugova, N.N., & Ilinskikh, I.N. (1992). *Mikroiadernyi analiz i geneticheskaiia nestabilnost [Micronucleus analysis and genetic instability].* Tomsk: Izdatelstvo Tomskogo universiteta [in Russian].
- 19 (2019). *Informatsionnyi biulleten o sostoianii okruzhaiushchei sredy Respubliki Kazakhstan [Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan].* Astana: Department ekologicheskogo monitoringa RGP «Kazgidromet» [in Russian].
- 20 (2020). *Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniia k obespecheniiu radiatsionnoi bezopasnosti. Prikaz Ministra zdravookhraneniia Respubliki Kazakhstan N DSM-275/2020 ot 15.12.2020 goda [Sanitary and epidemiological requirements for ensuring radiation safety. Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan No. DSM-275/2020 of 15.12.2020].* Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021822> [in Russian].
- 21 (2019). *Prikaz Ministra zdravookhraneniia Respubliki Kazakhstan ot 26.06.2019 goda. No. QR DSM-97 «Ob utverzhenii Sanitarnykh pravil «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniia k obespecheniiu radiatsionnoi bezopasnosti» [Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan of 26.06.2019 No. QR DSM-97 “On Approval of Sanitary Rules” Sanitary and Epidemiological Requirements for Ensuring Radiation Safety”].* Retrieved from https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=33176302 [in Russian].

- 22 Meldebekov, A.M. & et al. (2010). *Krasnaia kniga Respubliki Kazakhstan. Tom I. Zhiivotnye. Chast I: Pozvonochnye [The Red Data Book of the Republic of Kazakhstan. Vol. I.: Animals; Part I: Vertebrates]*. Almaty: DPS [in Russian].
- 23 Pandey, A.K., Nagpure, N.S., & Trivedi, S.P. (2018). Genotoxicity assessment of pesticide profenofos in freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch) using comet assay and random amplified polymorphic DNA (RAPD). *Chemosphere*, 211; 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.182>
- 24 Mehra, S., & Chadha, P. (2020). Naphthalene-2-sulfonate induced toxicity in blood cells of freshwater fish *Channa punctatus* using comet assay, micronucleus assay and ATIR-FTIR approach. *Chemosphere*, 265 (129147). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129147>
- 25 Yang, X., Utne, I.B., & Holmen, I.M. (2020). Methodology for hazard identification in aquaculture operations (MHIAO). *Saf. Sci.*, 121; 430–450. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.09.021>
- 26 Khatun, Mt.M., Mostakim, G.M. & Islam, M.S. (2021). Distortion of micronuclei and other peripheral erythrocytes caused by fenitrothion and their recovery assemblage in zebrafish. *Toxicology Reports*, 8; 415-421. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.02.019>
- 27 Díaz-Resendiz, K.J.G., Ortiz-Lazareno, P.C., & Girón-Pérez, M.I. (2019). Effect of diazinon, an organophosphate pesticide, on signal transduction and death induction in mononuclear cells of Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 89; 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.fsci.2019.03.036>
- 28 Baimbetov, A.A. (1975). Morfologicheskaya kharakteristika amurskogo chebachka *Pseudorasbora parva* (Schlegel) Kapchagaiskogo vodokhranilishcha [Morphological characteristics of the Amur grouse *Pseudorasbora parva* (Schlegel) of the Kapchagai reservoir]. *Biologicheskie nauki — Biological Sciences*, 8; 48–55 [in Russian].
- 29 Dukravets, G.M., Mamilov, N.Sh., & Mitrofanov, I.V. (2016). Ryby Kazakhstana: annotirovannyi spisok, ispravlenyyi i dopolnennyi (po sostoiyaniyu na 31 dekabria 2016 goda) [Fishes of Kazakhstan: an annotated list, corrected and supplemented (accessed 31 December 2016)]. *Selevinia*, 24; 47–71 [in Russian].
- 30 Wolmarans, N.J., Bervoets, L., & Wepener, V. (2021). Bioaccumulation of DDT and other organochlorine pesticides in amphibians from two conservation areas within malaria risk regions of South Africa. *Chemosphere*, 274 (129956). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129956>
- 31 Karlsson, O., Svanholm, S., & Berg, C. (2021). Pesticide-induced multigenerational effects on amphibian reproduction and metabolism. *Science of The Total Environment*, 775 (145771). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145771>
- 32 Glaberman, S., Kiwiet, J., & Aubee, C.B. (2019). Evaluating the role of fish as surrogates for amphibians in pesticide ecological risk assessment. *Chemosphere*, 235; 952–958. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.166>
- 33 Gavel, M.J., Young, S.D., & Robinson, S.A. (2021). Effects of two pesticides on northern leopard frog (*Lithobates pipiens*) stress metrics: Blood cell profiles and corticosterone concentrations. *Aquatic Toxicology*, 235 (105820). <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105820>
- 34 Pavan, F.A., Samojeden, C.G. & Hartmann, M.T. (2021). Morphological, behavioral and genotoxic effects of glyphosate and 2,4-D mixture in tadpoles of two native species of South American amphibians. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 85 (103637). <https://doi.org/10.1016/j.etap.2021.103637>
- 35 Le Page, M. (2019). Pesticides could be partly to blame for bird decline. *New Scientist*, 243; 14.
- 36 Ilyushina, N., Goumenou, M., & Rakitskii, V. (2018). Maximum tolerated doses and erythropoiesis effects in the mouse bone marrow by 79 pesticides' technical materials assessed with the micronucleus assay. *Toxicology Reports*, 6; 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.12.006>
- 37 Pantelev, P.A., Terekhina, A.N., & Varshavskii, A.A. (1990). *Ekogeograficheskaya izmenchivost gryzunov [Ecogeographic variability of rodents]*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 38 Gvozdev, E.V. (1989). *Kniga geneticheskogo fonda fauny Kazakhstanskoi SSR. Pozvonochnye [Book of the genetic fund of the fauna of the Kazakhstan SSR. Vertebrates]*. Alma-Ata [in Russian].
- 39 Ulengov, R.A. (2008). *Antropogennaia preobrazovannost geosistem Respubliki Tatarstan i sovremennaia geoekologicheskaya situatsiia (na primere avifauny) [Anthropogenic transformation of the geosystems of the Republic of Tatarstan and the current geoecological situation (on the example of avifauna)]*. Extended abstract of candidate's thesis. Kazan [in Russian].
- 40 Borkin, L.Ya., Bezman-Moseiko, O.S., & Litvinchuk, S.N. (2012). Otsenka vstrechaemosti anomalii v prirodnykh populatsiakh (na primere amfibii) [Assessment of the occurrence of anomalies in natural populations (on the example of amphibians)]. *Trudy Zoologicheskogo instituta RAN — Proceedings of the Zoological Institute of RAS*, 316 (4); 324–343 [in Russian].
- 41 Jaylet, A., Deparis, P., Ferrier, V., & Grinfeld, S. (1986). A new micronucleus test using peripheral blood erythrocytes of the newt *Pleurodeles waltl* to detect mutagens in fresh-water pollution. *Mutat. Res. Environ. Mutagenes*, 164 (4); 245–257.
- 42 Kuzina, T.V. (2013). Obrazovanie mikroiaider v eritrotsitakh promyslovykh ryb Volgo-Kaspiiskogo kanala [Formation of micronuclei in erythrocytes of commercial fish of the Volga-Caspian Canal]. *Estestvennye nauki — Natural Sciences*, 4; 124–129 [in Russian].
- 43 Anbumani, S., & Mohankumar, M.N. (2015). Gamma radiation induced micronuclei and erythrocyte cellular abnormalities in the fish *Catla catla*. *Toxicology in vitro*, 29 (7); 1897–1905. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.06.001>
- 44 Kriukov, V.I., & Kochkarev, P.V. (2013). Chastota mikroiaider v kletkakh krovi ryb presnovodnykh vodoemov poluostrova Taimyr [The frequency of micronuclei in the blood cells of fish from freshwater reservoirs of the Taimyr Peninsula]. *Obrazovanie, nauka i proizvodstvo — Education, science and production*, 1; 35–37 [in Russian].
- 45 Gritsiniak, I., Glushko Yu., & Tarasiuk, S. (2013). Tsitogeneticheskii profil Ukrainskikh karpov [Cytogenetic profile of Ukrainian carps]. *Rocz. Nauk Zoot.*, 40 (1); 45–53 [in Russian].
- 46 del Hoyo, J., Collar, N., Christie, D.A. et al. (2014). *HBW and Bird Life International Illustrated Checklist of the Birds of the World*. Barcelona.
- 47 Durnova, N.A., & Kurchatova, M.N. (2015). Vliianie rastitelnykh ekstraktov na induktsiiu mikroiaider tsiklofosfanom v eritrotsitakh krovi besporodnykh belykh myshei [Influence of plant extracts on the induction of micronuclei by cyclophosphamide in blood erythrocytes of outbred white mice]. *Tsitologiya — Cytology*, 6; 452–458 [in Russian].

48 Kurchatova, M.N., Durnova, N.A., & Polukonova, N.V. (2014). Vlianie ekstraktov, sodержashchikh bioflavonoidy, na induktsiu mikroiaider dioksidinom v eritrotsitakh krovi besporodnykh belykh myshei [Effect of extracts containing bioflavonoids on the induction by micronucleardioxidin in blood erythrocytes of outbred white mice]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, Seriya Khimiia, biologii, farmatsiia — Bulletin of Bulletin of the Voronezh State University, Chemistry, Biology, Pharmacy Series*, 2; 58–65 [in Russian].

DOI 10.31489/2022BMG4/164-172

UDC 613.31.34:614.777 (574.31)

S.B. Akhmetova*, I.A. Belyayev, A.O. Omarova, Zh.T. Amirkhanova

Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan

**Corresponding author: S.Ahmetova@qmu.kz*

The study of microbial contamination of water and sanitary facilities in the Karaganda regional clinical hospital during different seasons

In modern conditions, the quality of water supply and the state of water management facilities play a key role in maintaining the health of people and animals, as well as the life quality of the population. In this regard, we set the goal of our research to assess the level of microbial contamination of water and sanitary facilities in the Regional Clinical Hospital of Karaganda district as the central and most powerful medical institution in the region in different seasons of the year. Based on the results of our study, the following conclusions can be drawn: during the research period, seasonal variability of indicators in the studied samples of tap water can be traced. The water of the central water supply is characterized by systematic excesses of both total coliform and thermotolerant coliform bacteria. In the city of Karaganda, there is a great stability in the quality of water supply, regardless of the seasons, despite the excess of standard indicators. It can talk about either the low quality of water treatment, or about quality problems in the water supply network at the sampling points (Regional Clinical Hospital of Karaganda). At the same time, it is worth noting the high percentage (almost 98 %) of positive samples in the spring. In winter, there is a lower percentage of positive samples and a significantly lower microbial quantity. The quality of drinking water decreases in the spring, we believe that the most likely reason for the deterioration in the quality of drinking water is the ingress of melt water and rain-water into the source. Violations of the technological conditions for the operation of water treatment facilities, secondary water pollution in worn-out water distribution networks could also be the cause of unsatisfactory results. In the Regional Clinical Hospital of Karaganda, a higher percentage of positive swabs is noted, which is associated with a higher load on the regional hospital, as well as a better supply of antimicrobial disinfectants, which leads to selective selection of more resistant strains.

Keywords: tap water, microbiology, general coliform bacteria, thermotolerant coliform bacteria, swabbing.

Introduction

Drinking water is one of the main environmental factors that can have both a positive and a negative impact on the health of the population, and providing the population with high-quality drinking water is one of the most important factors in protecting health.

Water is one of the main factors in the spread of infectious diseases. The water way of transmission is typical for cholera, typhoid fever, dysentery, leptospirosis, tularemia, infectious hepatitis, adenovirus infections and helminthiasis. The cause of morbidity in about 40 % of the population is microbiological contamination of water [1–3].

Drinking water transported through distribution networks will be subject to both chemical and microbiological quality changes. Contamination of drinking water, especially fecal contamination, is a major public health problem.

Exposure to unsafe drinking water can occur in domestic (home) and non-domestic settings, such as healthcare facilities (HCF) [4].

Sanitary and bacteriological control in medical facilities is the creation and maintenance of safe conditions for the treatment and diagnostic process for both patients and medical personnel. Safety is also important, especially in settings with vulnerable populations such as immunocompromised patients in healthcare settings [5].

According to the WHO, drinking water is water that does not pose a risk to health during the entire time it is consumed. The safety criterion is compliance with the requirements of state regulations [6].

The quality of water in water bodies, drinking water in centralized water supply systems is regulated by the requirements set forth in the sanitary rules: "Sanitary and epidemiological requirements for water sources, places of water intake for domestic and drinking purposes, domestic and drinking water supply and places of cultural and domestic water use and safety of water bodies" Order of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan dated March 16, 2015 No. 209. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on April 22, 2015 No. 10774 [7].

Sanitary and bacteriological monitoring is an important criterion for surveillance in addressing water issues. Drinking water must comply with the regulated indicators for microbiological characteristics at all stages of water supply to the consumer [8–13]. Therefore, the actual task of water treatment in providing the population with drinking water is to guarantee its safety in terms of epidemics.

The purpose of our study is to assess the level of microbial contamination of water and sanitary facilities in the Regional Clinical Hospital of Karaganda district in different seasons of the year.

Experimental

In the regional clinical hospital of Karaganda in the spring-summer and autumn-winter periods, samples of tap water and swabs from environmental objects were taken in the following objects (Tab. 1).

Table 1

Number of water sampling and washings from environmental objects

Regional Clinical Hospital of Karaganda (therapeutic and surgical building).	
<i>Autumn-winter period</i>	<i>Spring-summer period</i>
22 water samples and 50 swabs from environmental objects.	25 water samples and 38 swabs from environmental objects.

Water sampling was carried out in accordance with the requirements of "Sanitary and epidemiological requirements for water sources, places of water intake for domestic and drinking purposes, domestic and drinking water supply and places of cultural and domestic water use and safety of water bodies", Order of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan dated March 16, 2015 Year No. 209. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on April 22, 2015 No. 10774" [14, 15].

When taking samples of water from taps, they were first burned with a flame of a burning cotton swab moistened with alcohol, then they were completely opened and the water was drained for 10 minutes. Water was poured into sterile glass bottles (500 ml) in a sterile manner, without wetting the neck to prevent soaking of the cork.

All water samples and washings taken for the study were numbered, and the accompanying document was filled out. A cooler bag (Thermo-Kont MK, Russia) was used to transport the test samples. The studies were carried out on the day of selection [16, 17].

The selected water samples were examined for microbiological parameters: total microbial number, total coliform bacteria, thermotolerant coliform bacteria [18–22].

The membrane filtration method [23, 24] was used to study water; the method is modern, accurate, and provides quantitative and reproducible detection of contamination traces. The principle of the method is based on filtering a certain volume of water through a membrane that traps bacteria. The membrane is then incubated on an appropriate selective medium, which allows it to multiply and form colonies.

A single-funnel microbiological control system for membrane filtration manufactured by Sartorius was used in the work, using a filtration system for cellulose nitrate filters with a pore size of 0.45 µm and substrates with nutrient agar and Endo medium.

Sampling of swabs: sterile cotton swabs were moistened with 10 ml of sterile saline broth using a template to wipe the surface of the objects in the horizontal and vertical directions. After taking samples from the surface, swabs were immediately placed into test tubes with KODA transport medium [25–29].

Washouts from environmental objects and hands of personnel after a day of incubation in broth culture at a temperature of $36\pm 1^\circ\text{C}$ for 18–24 hours, subculture was carried out on solid nutrient media: Hi Media Salmonella — Shigellachrom Agar, yolk-salt agar, Endo medium.

Results and Discussion

As a result of microbiological inoculation of tap water samples, fluctuations in CFU/ml are observed according to the seasons of the year, which is associated with weather conditions. In the spring period, an increase in CFU/ml is observed, and in winter, a decrease in CFU/ml, the study results are shown in Tables 2, 3.

Table 2

The results of microbiological indicators of the quality of tap water in the regional clinical hospital of Karaganda (therapeutic and surgical building) in the autumn-winter period

№	Water sampling points	MAFAM / (CFU per 1ml)	GCB (CFU per 1ml)	TCB (CFU per 1ml)
		Norm for ND: no more than 50 CFU / ml	Norm according to ND: absence in 100 ml	Norm according to ND: absence in 100 ml
<i>Surgical building</i>				
1	General surgery Small procedural	3	11	0
2	Gynecology	1,6	52	8
3	Gynecology inventory	1,5	83	1
4	Proctology sanitary room	3	21	7
5	Purulent surgery, small procedural	2,3	4	2
6	Urology Small procedural № 1	3	7	6
7	Urology Small procedural № 2	3	7	6
8	Reception area shower	3	5	5
<i>Therapeutic building</i>				
9	Endocrinology treatment room	3	12	12
10	endocrinology service toilet	3	12	5
11	Endocrinology room	3	7	7
12	Nephrology treatment room	3	0	0
13	Nephrology toilet	2,5	50	4
14	Rheumatology toilet	1,6	20	54
15	Neurology inventory	2,4	10	30
16	Neurology procedural	2	5	40
17	Pulmonology inventory	2,5	25	25
18	Pulmonology procedural	2,6	26	24
19	Inventory room X-ray diagnostics	3	12	16
20	X-ray diagnostics treatment room	2,5	30	16
21	Ward № 1	2	3	4
22	Ward № 2	3	10	4

Table 3

Results of microbiological indicators of the quality of tap water in the regional clinical hospital of Karaganda (therapeutic and surgical building) in the spring and summer

№	Water sampling points	MAFAM / (CFU per 1ml)	GCB (CFU per 1ml)	TCB (CFU per 1ml)
		Norm for ND: no more than 50 CFU / ml	Norm according to ND: absence in 100 ml	Norm according to ND: absence in 100 ml
<i>Surgical Corps</i>				
1	Ward № 2	1	10	0
2	Dynamic Observation Chamber	2	4	2
3	endoscopy toilet	1	20	2

4	Gynecology emergency room	1	22	3
5	Urology	1	28	1
6	Proctology	2	1	0
7	Thoracic department purulent	1	12	0
8	ICU service toilet	1	7	0
9	General surgery sanitary block	1	30	1
10	Food preparation room gynecology	1	9	0
11	Small procedural gynecology	0	0	2
	<i>Therapeutic building</i>			
12	Inventory reception room	1	15	3
13	Toilet for visitors to the polyclinic	1	1	3
14	Rheumatology razdatka	1	1	2
15	Resident Endocrinology	4	12	0
16	Wc endocrinology	2	5	1
17	Inventory rheumatology	4	30	13
18	Rheumatology dispensing	1	6	4
19	Nephrology treatment room	1	1	0
20	Sanitary room left wing	1	15	0
21	Endocrinology inventory	1	0	0
22	Pulmonology razdatka	3	48	1
23	Inventory neurology	1	3	0
24	Food preparation room gastroenterology	1	14	2
25	Electrotherapy cabinet	1	1	0

In the spring-summer and autumn-winter periods in the studied water samples of the regional clinical hospital in Karaganda, the MAFAM indicators do not exceed the standard (Tables 2, 3).

The autumn-winter period, according to the results of GCB, TCB, indicates a significant level of microbial contamination in objects. According to the study, 21 samples did not meet the hygienic standards in terms of the presence of intestinal bacteria (GCB), in this table (Table 2) only one water sample (Nephrology — treatment room) corresponds to ND.

Total coliform bacteria (CFU per 100 ml) in 20 samples exceeded, in the sample (Inventory Gynecology) regional clinical hospital in Karaganda reached 83 CFU per 100 ml.

The autumn-winter period was positive in 95.4 % of samples for common coliform bacteria and the average titer was 19.6 CFU per 100 ml, for thermotolerant bacteria 90.9 % of samples, the average titer was 12.5 CFU per 100 ml.

Analysis of the microbial landscape of tap water at the points of sampling of the regional clinical hospital in Karaganda in the spring-summer period of observation showed an excess in terms of total coliform bacteria and TCB, which indicates an indicator of microbial contamination (Table 3).

In terms of total coliform bacteria, the amount less than >10 CFU/100 ml was found in samples No. 2 (Dynamic Observation Ward), No. 6 (Proctology), No. 8 (ICU service toilet), No. for visitors to the polyclinic), No. 14 (Rheumatology food preparation room), No. 16 (San. node endocrinology), No. 18 (Distributing rheumatology), No. 19 (Nephrology treatment room), No. 23 (Inventory neurology). The highest number of total coliform bacteria ranged from 10 to 48 cfu/100 ml.

When evaluating the results, TCB was found in samples No. 2, No. 3, No. 4, No. 5, No. 9, No. 11, No. 12, No. 13, No. 14, No. 16, No. 18, No. 22, No. 24, and their number was from 1 to 3 CFU/100 ml in the water sample.

Thus, the percentage of positive samples according to GCB was 92 %, and the average titer was 11.8 CFU per 100 ml. Thermotolerant coliform bacteria were positive in 56 % of samples, mean titer 2.8. The leading position in terms of the high indicator for the GCB of the test water sample was shown by a sample (distributed pulmonology) 48 CFU/ml, a sample (inventory rheumatology) by TCB 13 CFU/ml.

Thus, unsatisfactory sanitary and bacteriological indicators for GCB and TCB indicate unsanitary conditions and require measures to be taken to eliminate the unfavorable situation in the Regional Clinical Hospital of Karaganda, especially in the spring.

Results of swabs from environmental objects: In winter, conditionally pathogenic microorganisms were detected from the following washings of the Karaganda Regional Clinical Hospital: strains of *Pseudomonas aeruginosa* in the gynecological department from the tap and toilet bowl, *Acinetobacter baumannii* from the

toilet bowl in purulent surgery. The detection of typical nosocomial pathogens *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter baumannii* in swabs is epidemiologically alarming and requires an objective assessment of the situation.

Results of washings from environmental objects: In winter, conditionally pathogenic microorganisms were detected from the following washings of the Karaganda Regional Clinical Hospital: strains of *Pseudomonas aeruginosa* in the gynecological department from the tap and toilet bowl, *Acinetobacter baumannii* from the toilet bowl in purulent surgery. The detection of typical nosocomial pathogens *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter baumannii* in swabs is epidemiologically alarming and requires an objective assessment of the situation.

Thus, in the Regional Clinical Hospital of Karaganda, the presence of microorganisms characteristic of pathogens of nosocomial infections such as *S. aureus*, *Ps. aeruginosa*, *K. variicola* and *A. baumannii*. In large multidisciplinary hospitals, such as the regional clinical hospital, the formation of its own microbiocenosis of a multidisciplinary hospital is natural, but these pathogens are characterized by high risks of the formation of multi- and pan-resistant strains.

Conclusions

During the study period, seasonal variability of indicators in the studied samples of tap water is traced. The water of the central water supply is characterized by systematic excesses of both total coliform and thermotolerant coliform bacteria.

In the city of Karaganda, there is a great stability in the quality of water supply, regardless of the seasons, despite the excess of standard indicators. It can talk about either the low quality of water treatment or about quality problems in the water supply network at the sampling points (Regional Clinical Hospital of Karaganda). At the same time, it is worth noting the high percentage (almost 98 %) of positive samples in the spring. In winter, there are a lower percentage of positive samples and a significantly lower microbial load.

The quality of drinking water decreases in the spring, we believe that the most likely reason for the deterioration in the quality of drinking water is the ingress of melt water and rainwater into the source. Violations of the technological conditions for the operation of water treatment facilities, secondary water pollution in worn-out water distribution networks could also be the cause of unsatisfactory results.

In the Regional Clinical Hospital of Karaganda, a higher percentage of positive swabs is noted, which is associated with a higher load on the regional hospital, as well as a better supply of antimicrobial disinfectants, which leads to selective selection of more resistant strains.

Acknowledgements

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant AP09058465).

References

- 1 Пособие по улучшению водоснабжения, санитарии и гигиены в медицинских учреждениях. — Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2018. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/273032/9789244511695-rus.pdf>.
- 2 Водоснабжение, санитария и гигиена в медицинских учреждениях: Практические шаги по обеспечению всеобщего доступа к качественной помощи. — Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2019. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.unwater.org/app/uploads/2020/04/Water-sanitation-and-hygiene-in-health-care-facilities-Practical-steps-to-achieve-universal-access-for-quality-care_RU.pdf.
- 3 Водоснабжение, санитария и гигиена в учреждениях здравоохранения. Семьдесят вторая сессия Всемирной ассамблеи здравоохранения. 72.7 Пункт 12.5 Повестки дня 28 мая 2019 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://extranet.who.int/iris/restricted/bitstream/handle/10665/329293/A72_R7-ru.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- 4 Abebe L. Microbial contamination of non-household drinking water sources: a systematic review / L. Abebe, A.J. Karon, A.J. Koltun, R.D. Cronk, R. E.S. Bain, J. Bartram // Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development. — 2018. — Vol. 8 (3). — P. 374-385. <https://doi.org/10.2166/washdev.2018.080>.
- 5 Shields K.F. Association of supply type with fecal contamination of source water and household stored drinking water in developing countries: a bivariate meta-analysis / K.F. Shields, R.E.S. Bain, R. Cronk, J.A. Wright, J. Bartram // Environ. Health Perspect. — 2015. — Vol. 123 (12). — P. 1222-1231. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409002>.
- 6 Целевые показатели к Протоколу по проблемам воды и здоровья Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Республика Казахстан). — Астана, 2017. — 52 с.

- 7 Санитарно-эпидемиологические требования к водосточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов. Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 16 марта 2015 года № 209 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=36325897.
- 8 Тогузбаева К.К. Гигиеническая оценка качества сельского водоснабжения по результатам лабораторных данных Енбекшиказахского района / К.К. Тогузбаева, А.Е. Джанбатырова, Л.Б. Сейдуанова, Л.С. Ниязбекова, А.У. Калдыбай, Д.Д. Жунистаев, А.С. Мейрман, Е.Т. Толеу // Вестн. Казах. нац. мед. ун-та. — 2015. — № 2. — С. 634–637.
- 9 Тогузбаева К.К. Гигиеническая оценка влияния качества хозяйственно-питьевого водоснабжения на здоровье сельского населения Алматинской области / К.К. Тогузбаева, Ш.К. Мырзахметова, Л.С. Ниязбекова, Л.Ж. Оракбай, Д.Д. Жунистаев, Л.Б. Сейдуанова, А.К. Сайлыбекова, А.Б. Смагулов, К.А. Суменова, Г.Р. Сабирова // Вестн. Казах. нац. мед. ун-та. — 2015. — № 3(3). — С. 33–38.
- 10 Омарова М.Н. Состояние питьевого водоснабжения в сельской местности и его влияние на здоровье населения / М.Н. Омарова, Ж.С. Тотанов, Л.Ю. Черепанова, Л.К. Глубоковских, А.М. Еремеев, С.И. Жолдаспаев // Демографическая ситуация в Республике, проблемы и перспективы: материалы Респ. науч.-практ. конф. — Караганда, 2010. — С. 101, 102.
- 11 Нурбакыт А.Н. Оценка населением санитарно-гигиенических условий в медицинских организациях г. Алматы и Алматинской области [Электронный ресурс]. / А.Н. Нурбакыт, К.С. Абсатарова, Ж.К. Бурибаева, Г.Е. Казангапова, Е.Ж. Сарсенбаев, Б.Р. Давибаева. Режим доступа: http://www.rusnauka.com/28_OINXXI_2010/Medecine/72649.doc.htm.
- 12 Журавлева Т.А. Анализ финансирования здравоохранения в России и его оценка для сохранения здоровья нации / Т.А. Журавлева, Н.А. Гревцева // Финансовая жизнь. — 2016. — № 4. — С. 75–80.
- 13 Жаркинов Е.Ж. Современные проблемы гигиены села и задачи научных исследований / Е.Ж. Жаркинов, В.Н. Красников, Ж.С. Тотанов, К.К. Ташметов, Л.Ю. Черепанова // Медицина и экология. — 2002. — № 2 (22). — С. 27–29.
- 14 Руководство по обеспечению качества питьевой воды. — 4-е изд. [Электронный ресурс]. — Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2017. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Режим доступа: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf?sequence=1.
- 15 Bekturganov Z. Water related health problems in Central Asia — A review / Z. Bekturganov, K. Tussupova, R. Berndtsson, N. Sharapatova, K. Arungazin, M. Zhanasova // Water. — 2016. — Vol. 8. — Article ID 219. <https://doi.org/10.3390/w8060219>.
- 16 Доклад о результатах работы ВОЗ. Программный бюджет на 2018-2019 гг. Среднесрочный обзор. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/328790>.
- 17 Tussupova K. Access to Drinking Water and Sanitation in Rural Kazakhstan / K. Tussupova, P. Hjorth, R. Berndtsson // Int. J. Environ. Res. Public Health. — 2016. — Vol. 13. — P. 1115. <https://doi.org/10.3390/ijerph13111115>.
- 18 Об утверждении санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к осуществлению производственного контроля». Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 6 июня 2016 года. № 239 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600013896>.
- 19 Дусмагамбетов М.У. Санитарно-микробиологическая характеристика воды. Количественный и качественный состав: учеб. пос. / М.У. Дусмагамбетов, А.М. Дусмагамбетова. — Алматы: Newbook, 2018. — 136 с.
- 20 Сбойчаков В.Б. Микробиология, вирусология и иммунология: руководство к лабораторным занятиям: учеб. пос. / В.Б. Сбойчаков, М.М. Карапац. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. — 320 с.
- 21 МУК 10.05.045.03 Методы микробиологического контроля питьевой воды, 2003. Ответ Министра здравоохранения РК от 25 декабря 2019 года на вопрос от 11 ноября 2019 года. № 585115 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37998310.
- 22 Зверев В.В. Микробиология: учеб. / В.В. Зверев, М.Н. Бойченко. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. — 608 с.
- 23 Ожередова Н.А. Санитарная микробиология: учеб. пос. / Н.А. Ожередова, А.Ф. Дмитриев, В.Ю. Морозов. — СПб.: Лань, 2020. — 176 с.
- 24 Сахарова О.В. Общая микробиология и общая санитарная микробиология: учеб. пос. / О.В. Сахарова, Т.Г. Сахарова. — СПб.: Лань, 2019. — 224 с.
- 25 Зверева В.В. Микробиология, вирусология: руководство к практическим занятиям: учеб. пос. / В.В. Зверева, М.Н. Бойченко. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 360 с.
- 26 Лабинская А.С. Руководство по медицинской микробиологии: учеб. пос. / А.С. Лабинская, Н.Н. Костюкова, С.М. Иванова. — М.: БИНОМ, 2012. — 1152 с.
- 27 Руководство по мембранной фильтрации Sartorius. Микробиологический контроль. Современные решения. [Электронный ресурс]. 2019. — Режим доступа: https://sartorius.nt-rt.ru/images/manuals/8_1_1_lab_filtrac_filtiry.pdf.
- 28 Шайзадина Г.Н. Предупредительный санитарный надзор: учеб. пос. / Г.Н. Шайзадина. — Алматы: Newbook, 2018. — 112 с.
- 29 Михалева Т.И. Санитарно-микробиологическое исследование объектов внешней среды и продуктов животного происхождения: учеб.-метод. пос. / Т.И. Михалева, Е.П. Евглевская, О.М. Швец, И.П. Арутюнова. — Курск: Курская ГСХА, 2013. — 44 с.

С.Б. Ахметова, И.А. Беляев, А.О. Омарова, Ж.Т. Амирханова

Жылдың әртүрлі мезгілінде Қарағанды қаласының Облыстық клиникалық ауруханасында судың және санитарлық пайдалану орындарының микробтық ластануын зерттеу

Қазіргі уақытта сумен жабдықтау сапасы және су пайдалану объектілерінің жағдайы адамдар мен жануарлардың денсаулығын, сондай-ақ халықтың өмір сүру сапасын қолдауда басты рөл атқарады. Мақаланың мақсаты — облыстың орталық және ең ауқымды медициналық мекемесі ретінде Қарағанды қаласындағы Облыстық клиникалық аурухананың құбыр суы мен санитарлық пайдалану орындарының микробтық ластану деңгейін жылдың әртүрлі мезгілінде бағалау. Зерттеудің нәтижелері бойынша келесідей қорытынды жасауға болады: зерттеу кезеңінде ағын суының зерттелген үлгілеріндегі көрсеткіштердің маусымдық өзгермелілігін байқауға болады. Орталық су құбырының суы жалпы колиформды және термотолерантты таяқша бактерияларының жүйелі түрде асып кетуімен сипатталады. Қарағанды қаласында нормативті көрсеткіштердің асқанына, жыл мезгілдеріне қарамастан сумен қамтамасыз ету сапасында үлкен тұрақтылық байқалады. Бұл суды тазарту сапасының төмендігін немесе сынама алу пункттеріндегі (Қарағанды қ. Облыстық клиникалық ауруханасы) су құбыры желісінің сапасына қатысты мәселелерді көрсетуі мүмкін. Сонымен қатар, көктем кезінде нәтижесі оң сынамалардың жоғары пайызын (шамамен 98 %) атап өткен жөн. Қыста нәтижесі оң сынамалардың пайызы аз және микробтық жүктемесі айтарлықтай төмен. Құбыр суының сапасы көктем мезгілінде төмендейді, сапасының нашарлауының ықтимал себебі — еріген және жаңбыр суының құбыр суы көзіне түсуі деп санаймыз. Су тазарту құрылыстарын пайдалану кезіндегі технологиялық шарттарының бұзылуы, тозған су құбыры желілеріндегі судың екінші ретті ластануы да қанағаттанарлықсыз нәтижелерге себеп болуы мүмкін. Қарағанды қ. Облыстық клиникалық ауруханасында алынған шайындылардың оң нәтижесінің жоғары пайызы байқалады, бұл облыстық маңызы бар ауруханада жүктеменің жоғарлығы, сондай-ақ микробқа қарсы дезинфекциялық құралдармен жақсы жабдықтаумен байланысты, бұл неғұрлым төзімді штамдарды іріктеп алуға әкеледі.

Кілт сөздер: құбыр суы, микробиология, жалпы колиформды бактериялар, термотолерантты колиформды бактериялар, шайынды.

С.Б. Ахметова, И.А. Беляев, А.О. Омарова, Ж.Т. Амирханова

Изучение микробного загрязнения воды и мест санитарного пользования в Областной клинической больнице г. Караганды в разные сезоны года

В современных условиях качество водоснабжения и состояние объектов водопользования играют ключевую роль в поддержании здоровья людей и животных, а также качества жизни населения. В связи с этим мы поставили целью нашего исследования — оценить уровень микробного загрязнения водопроводной воды и мест санитарного пользования в Областной клинической больнице (ОКБ) г. Караганды, как центрального и наиболее мощного медицинского учреждения области, в разные сезоны года. По результатам нашего исследования можно сделать следующие выводы: в период исследования прослеживается сезонная изменчивость показателей в исследуемых образцах водопроводной воды. Вода центрального водоснабжения характеризуется систематическими превышениями показателей, как общих колиформных, так и термотолерантных колиформных бактерий. В г. Караганде отмечается большая стабильность качества водоснабжения вне зависимости от сезонов, несмотря на превышение нормативных показателей. Можно говорить о либо низком качестве водоподготовки, либо о качественных проблемах на водопроводной сети в точках отбора (ОКБ г. Караганды). При этом стоит отметить высокий процент (почти 98 %) положительных проб в весенний период. В зимний период отмечается меньший процент положительных проб и значительно более низкая микробная нагрузка. Качество водопроводной воды снижается весной, мы считаем, что наиболее вероятная причина ухудшения качества воды — попадание в источник талых вод и стоков дождевой воды. Нарушения технологических условий эксплуатации сооружений водоподготовки, вторичное загрязнение воды в изношенных водоразводящих сетях также могут явиться причиной неудовлетворительных результатов. В Областной клинической больнице г. Караганды отмечается более высокий процент положительных смывов, что связывается с более высокой нагрузкой на стационар областного значения, а также более лучшим обеспечением антимикробными препаратами дезинфектантами, что приводит к избирательной селекции более устойчивых штаммов.

Ключевые слова: водопроводная вода, микробиология, общие колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии, смывы.

References

- 1 (2018). Posobie po uluchsheniiu vodosnabzheniia, sanitarii i gigieny v meditsinskikh uchrezhdeniakh. Vsemirnaia organizatsiia zdavookhraneniia. Litsenziia: CC BY-NC-SA 3.0 [Manual on improving water supply, sanitation and hygiene in medical institutions. License: CC BY-NC-SA 3.0]. Geneva: WHO. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/273032/9789244511695-rus.pdf> [in Russian].
- 2 (2019). Vodosnabzhenie, sanitariia i gigiena v meditsinskikh uchrezhdeniakh: Prakticheskie shagi po obespecheniiu vseobshchego dostupa k kachestvennoi pomoshchi. Litsenziia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO [Water supply, sanitation and hygiene in medical institutions: Practical steps to ensure universal access to quality care. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO]. Zheneva: WHO. Retrieved from https://www.unwater.org/app/uploads/2020/04/Water-sanitation-and-hygiene-in-health-care-facilities-Practical-steps-to-achieve-universal-access-for-quality-care_RU.pdf [in Russian].
- 3 (2019). Vodosnabzhenie, sanitariia i gigiena v uchrezhdeniakh zdavookhraneniia. Semdesiat vtoraiia sessiia Vsemirnoi assamblei zdavookhraneniia. 72.7 Punkt 12.5 povestki dnia 28 maia 2019 goda [Water supply, sanitation and hygiene in healthcare institutions. Seventy-second session of the World Health Assembly. 72.7 Agenda item 12.5 May 28, 2019]. Retrieved from https://extranet.who.int/iris/restricted/bitstream/handle/10665/329293/A72_R7-ru.pdf?sequence=1&isAllowed=y [in Russian].
- 4 Abebe, L., Karon, A.J., Koltun, A.J. Cronk, R.D., Bain, R.E.S., & Bartram, J. (2018). Microbial contamination of non-household drinking water sources: a systematic review. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 8 (3); 374–385.
- 5 Shields, K.F., Bain, R.E.S., Cronk, R., Wright, J.A., & Bartram, J. (2015). Association of supply type with fecal contamination of source water and household stored drinking water in developing countries: a bivariate meta-analysis. *Environ. Health Perspect.*, 123(12), 1222–1231. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409002>
- 6 (2017). Tselevye pokazateli k Protokolu po problemam vody i zdorovia Konventsii po okhrane i ispolzovaniiu transgranichnykh vodotokov i mezhdunarodnykh ozer (Respublika Kazakhstan) [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)]. Astana [in Russian].
- 7 (2015). Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniia k vodoistochnikam, mestam vodozabora dlia khoziaistvenno-pitevykh tselei, khoziaistvenno-pitevomu vodosnabzheniiu i mestam kulturno-bytovogo vodopolzovaniia i bezopasnosti vodnykh obektov. Prikaz Ministra natsionalnoi ekonomiki Respubliki Kazakhstan ot 16 marta 2015 goda No. 209 [Sanitary and epidemiological requirements for water sources, places of water intake for household and drinking purposes, household and drinking water supply and places of cultural and domestic water use and safety of water bodies. Order of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan of March 16, 2015 No. 209. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on April 22, 2015 No. 10774]. Retrieved from https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=36325897 [in Russian].
- 8 Toguzbayeva, K.K., Dzhanbatyrova, A.E., Seiduanova, L.B., Niizbekova, L.S., Kaldybai, A.U., Meirman, A.S., Toleu, E.T., & Zhunistaev, D.D. (2015). Gigienicheskaia otsenka kachestva selskogo vodosnabzheniia po rezul'tatam laboratornykh dannykh Enbekshikazakhskogo raiona [Hygienic assessment of quality of rural water supply by results of laboratory research of the Enbekshikazakh area]. *Vestnik Kazakhskogo natsionalnogo meditsinskogo universiteta — Bulletin of the Kazakh National Medical University*, 2; 634–637 [in Russian].
- 9 Toguzbayeva, K.K., Myrzahmetova, Sh.K., Niyzbekova, L.S., Orakbai, L.Zh., Zhunistayev, D.D., Seiduanova, L.B., Sailybekova, A.K., Smagulov, A.B., Sumenova, K.A., & Sabirova, G.R. (2014). Gigienicheskaia otsenka vliianiia kachestva khoziaistvenno-pitevogo vodosnabzheniia na zdorove selskogo naseleniia Almatinskoi oblasti [Hygienic assessment of quality water supply health of rural population of the Almaty region]. *Vestnik Kazakhskogo natsionalnogo meditsinskogo universiteta — Bulletin of the Kazakh National Medical University*, 3(3); 33–38 [in Russian].
- 10 Omarova, M.N., Totanov, Zh.S., Cherepanova, L.Yu., Glubokovskikh, L.K., Ereemeev, A.M. & Zholdaspaev, S.I. (2010). Sostoianie pitevogo vodosnabzheniia v selskoi mestnosti i ego vliianie na zdorove naseleniia [The state of drinking water supply in rural areas and its impact on public health]. Proceedings from Demographic situation in the Republic, problems and prospects: *Respublikanskaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia (2010 goda) — Republican Scientific and Practical Conference*, 101,102. Karaganda [in Russian].
- 11 Nurbakyt, A.N., Absatarova, K.S., Buribaeva, Zh.K., Kazangapova, G.E., Sarsenbaev, E.Zh., & Davibaeva, B.R. (2010). Otsenka naseleniem sanitarno-gigienicheskikh uslovii v meditsinskikh organizatsiakh g. Almaty i Almatinskoi oblasti [Assessment by the population of sanitary and hygienic conditions in medical organizations of Almaty and Almaty region]. Retrieved from http://www.rusnauka.com/28_OINXXI_2010/Medecine/72649.doc.htm [in Russian].
- 12 Zhuravleva, T.A., & Grevtseva, N.A. (2016). Analiz finansirovaniia zdavookhraneniia v Rossii i ego otsenka dlia sokhraneniia zdorovia natsii [Analysis of healthcare financing in Russia and its assessment for the preservation of the health of the nation]. *Finansovaia zhizn — Financial Life*, 4; 75–80 [in Russian].
- 13 Zharkinov, E.Zh., Krasnikov, V.N., Totanov, Zh.S., Tashmetov, K.K., & Cherepanova, L.Yu. (2002). Sovremennye problemy gigieny sela i zadachi nauchnykh issledovaniia [Modern problems of rural hygiene and tasks of scientific research]. *Meditsina i ekologiia — Medicine and Ecology*, 2(22), 27–29 [in Russian].
- 14 (2017). Rukovodstvo po obespecheniiu kachestva pitevoi vody. 4-e izdanie. Litsenziia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. [Guidelines for drinking-water quality — 4th ed. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.]. Zheneva: WHO. Retrieved from https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf?sequence=1 [in Russian].
- 15 Bekturganov, Z., Tussupova, K., Berndtsson, R., Sharapatova, N., Aryngazin, K. & Zhanasova, M. (2016). Water related health problems in Central Asia. A review. *Water*, 8, 219. <https://doi.org/10.3390/w8060219>

- 16 (2018). Doklad o rezultatakh raboty VOZ. Programmnyi biudzhel na 2018–2019 gody. Srednesrochnyi obzor [WHO Performance Report Programme Budget for 2018-2019 Mid-term review]. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/328790> [in Russian].
- 17 Tussupova, K., Hjorth, P. & Berndtsson, R. (2016). Access to Drinking Water and Sanitation in Rural Kazakhstan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 13, 1115. <https://doi.org/10.3390/ijerph13111115>.
- 18 (2016). Ob utverzhdenii sanitarnykh pravil «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniia k osushchestvleniiu proizvodstvennogo kontroliia». Prikaz Ministra natsionalnoi ekonomiki Respubliki Kazakhstan ot 6 iyunia 2016 goda No. 239 [On the approval of Sanitary rules “Sanitary and epidemiological requirements for the implementation of production control”. Order of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan of June 6, 2016 No. 239]. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600013896> [in Russian].
- 19 Dusmagambetov, M.U. & Dusmagambetova, A.M. (2018). Sanitarno-mikrobiologicheskaia kharakteristika vody. Kolichestvennyi i kachestvennyi sostav: uchebnoe posobie [Sanitary and microbiological characteristics of water. Quantitative and qualitative composition; study guide]. Almaty: Newbook [in Russian].
- 20 Sboichakov, V.B. & Karapats, M.M. (2012). Mikrobiologiya, virusologiya i immunologiya: rukovodstvo k laboratornym zaniatiim: uchebnoe posobie [Microbiology, Virology and Immunology; study guide]. Moscow: GEOTAR–Media [in Russian].
- 21 (2003). MUK 10.05.045.03 Metody mikrobiologicheskogo kontroliia pitevoi vody, 2003. Otvet Ministra zdruvookhraneniia RK ot 25 dekabria 2019 goda na vopros ot 11 noiabria 2019 goda No. 585115 [MUK 10.05.045.03 Methods of microbiological control of drinking water, 2003. Response of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated December 25, 2019 to the question dated November 11, 2019 No. 585115]. Retrieved from https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37998310 [in Russian].
- 22 Zverev, V.V. & Boichenko, M.N. (2012). Mikrobiologiya: uchebnyk [Microbiology; textbook]. Moscow: GEOTAR–Media [in Russian].
- 23 Ozheredova, N.A., Dmitriev, A.F. & Morozov, V.Yu. (2020). Sanitarnaia mikrobiologiya: uchebnoe posobie [Sanitary microbiology: study guide]. Saint Petersburg: Lan [in Russian].
- 24 Sakharova, O.V. & Sakharova, T.G. (2019). Obshchaia mikrobiologiya i obshchaia sanitarnaia mikrobiologiya: uchebnoe posobie [General microbiology and general sanitary microbiology; study guide]. Saint-Petersburg: Lan [in Russian].
- 25 Zvereva, V.V. & Boichenko, M.N. (2015). Mikrobiologiya, virusologiya: rukovodstvo k prakticheskim zaniatiim: uchebnoe posobie [Microbiology, virology: a guide to practical classes: study guide]. Moscow: GEOTAR–Media [in Russian].
- 26 Labinskaia, A.S., Kostiukova, N.N. & Ivanova, S.M. (2012). Rukovodstvo po meditsinskoj mikrobiologii: uchebnoe posobie [Guide to Medical Microbiology: study guide]. Moscow: BINOM [in Russian].
- 27 (2019). Rukovodstvo po membrannoj filtratsii Sartorius. Mikrobiologicheskii kontrol. Sovremennye resheniia. [Sartorius membrane filtration guidelines, Microbiological control Modern solutions]. Retrieved from https://sartorius.nt-rt.ru/images/manuals/8_1_1_lab_filtrac_filtry.pdf [in Russian].
- 28 Shaizadina, G.N. (2018). Predupreditelnyi sanitarnyi nadzor: uchebnoe posobie [Preventive sanitary supervision: study guide]. Almaty: Newbook [in Russian].
- 29 Mikhaleva, T.I., Evglevskaia, E.P., Shvets, O.M. & Arutiunova, I.P. (2013). Sanitarno-mikrobiologicheskoe issledovanie obektov vneshnei sredy i produktov zhivotnogo proiskhozhdeniia: uchebno-metodicheskoe posobie [Sanitary and microbiological examination of environmental objects and animal products; study guide]. Kursk: Kurskaia gosudarstvennaia selskokhoziaistvennaia akademiia [in Russian].

С.А. Бекеева*

*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан***Автор для корреспонденции: alima77764@mail.ru*

Оценка функционального состояния работников сельскохозяйственной отрасли в процессе трудовой деятельности

Обеспечение безопасных условий труда и сохранения трудоспособности работников предприятий является важной задачей в любой экономической отрасли. В значительной степени социально-экономические преобразования негативно сказались на аграрном секторе производства. Проведена оценка физиологических показателей функционального состояния работников в процессе трудовой деятельности 43 различных профессий 6 предприятий сельскохозяйственной отрасли страны. Исследование функционального состояния работников включало изучение состояния основных физиологических показателей систем организма: центральной нервной, сердечно-сосудистой, нервно-мышечной, дыхательной систем и слухового анализатора в 2 этапа «до» и «после» окончания рабочей смены. Выявлено, что адаптационные процессы работников в условиях трудового процесса проявляются в виде снижения физической работоспособности и резервных возможностей организма. Результаты исследований свидетельствуют об актуальности разработки и реализации комплекса мероприятий, направленных на улучшение условий труда и восстановление функциональных резервов организма работников исследуемых предприятий.

Ключевые слова: сельскохозяйственная отрасль, рабочие профессии, вредные условия труда, физиологические показатели, функциональное состояние организма, трудовая деятельность, животноводство, растениеводство.

Введение

Проблема обеспечения безопасных условий труда и сохранения трудоспособности работников предприятий является важной задачей в любой экономической отрасли. В связи с чем вызывает интерес изучения физиологических показателей функционального состояния организма работников сельского хозяйства в процессе трудовой деятельности. В значительной степени социально-экономические преобразования, как в странах независимых государств, так и в Казахстане, в целом, негативно сказались на аграрном секторе производства. Проведенные исследования констатируют, что прирост сельского трудоспособного населения с каждым годом снижается и приводит к уменьшению трудовых ресурсов. Известно, что начало производственной деятельности работника связано с переходом организма на новый, рабочий уровень функционального состояния систем и органов, обеспечивающий возможность выполнения труда. При этом основные физиологические сдвиги у работников сельского хозяйства наблюдаются со стороны нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем [1–3]. На современном этапе для сохранения здоровья и профессионального долголетия работников сельского хозяйства необходимо дальнейшее совершенствование мониторинга условий труда и разработка мероприятий по профилактике профессиональной заболеваемости. Исходя из изложенного выше, целью работы явилась оценка физиологических показателей организмов работников различных предприятий сельскохозяйственной отрасли в процессе трудовой деятельности.

Материалы и методы

Оценка физиологических показателей функционального состояния работников сельскохозяйственной отрасли была проведена на 6 предприятиях. Исследование условий труда проводили с помощью инструментальных замеров вредных факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса в соответствии с действующими гигиеническими нормативами. В связи с большим количеством различных направлений деятельности, характерных для сельского хозяйства (птицеводство, животноводство, растениеводство, переработка и выпуск с/х продукции и др.), исследованиям подлежало 43 различных профессий.

Были обследованы 88 работников сельского хозяйства в возрасте от 21 до 59 лет, разделенные на 6 групп: животноводство (ПЖ) — 1,2, n=34; растениеводство (ПР) — 1–4, n=54. В соответствии с требованиями биомедицинской этики было получено информированное согласие обследованных работников.

Оценка функционального состояния работников сельского хозяйства включала изучение состояния основных физиологических показателей систем организма: центральной нервной системы (ЦНС), сердечно-сосудистой, нервно-мышечной и дыхательной систем, а также слухового анализатора в 2 этапа (1 этап — «до» и 2 — «после» окончания рабочей смены).

При исследовании показателей ЦНС учитывались: A — коэффициент точности выполнения задания; P — коэффициент умственной продуктивности; Q — объем зрительной информации; S — скорость переработки информации; VBH — показатель устойчивости внимания изучались по методу Бурдона-Анфимова [4]; исследования сердечно-сосудистой системы, а также систолического артериального (САД) и диастолического (ДАД) давления крови, частота сердечных сокращений (ЧСС), расчет пульсового давления (ПД) проводились по методу Н. Короткова [5]; дыхательная система — методом спирометрии (ЖЕЛ) [6]; нервно-мышечная система — методом динамометрии [7]; исследование слухового анализатора (проверка остроты слуха на частоте 1000 Гц — усредненный стандартный порог слышимости — $P_1 = 1 \cdot 10^{-12}$ Вт/м²) — современным прибором аудиометром АА-22 [8]. Статистическая обработка результатов исследования проведена с применением пакета программных приложений Microsoft Excel XP (Microsoft Corp., USA) и интегрированного пакета статистических программ STATISTICA 10.0 (StatSoft Inc., USA) [9]. Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами с определением математического ожидания, среднеквадратического отклонения, ошибки средней и достоверности различия (по Стьюденту). Достоверными считались сдвиги при ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение.

По результатам исследования физиологических показателей нервной системы, у 20 из 78-ти работников предприятия животноводства (ПЖ-1) (механизатор, оператор, погрузчик, электросварщик и др.) отмечено повышение коэффициента умственной продуктивности и скорости переработки информации в конце рабочего дня ($p < 0,05$) (табл. 1). По мнению Д.В. Бердиевой [10], повышение показателей ЦНС в конце рабочей смены указывает на успешность процесса срабатывания, в результате чего, у работников нормализуются показатели умственной работоспособности. Функциональное состояние нервно-мышечной системы у работников исследуемых предприятий в процессе труда отражали показатели динамометрии, в частности, максимальное мышечное усилие кисти рук (левой и правой) и силовой индекс (табл. 2).

У 74 % работников показатели нервно-мышечной системы по окончании смены оставались без изменений, только у 13 работников (ПЖ-1) наблюдались достоверные изменения в сторону увеличения мышечной силы ($p < 0,05$), что, возможно, указывает на возникновение мышечного напряжения вследствие физических нагрузок, что подтверждается характером труда работников данного вида сельского хозяйства [10]. Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы (табл. 3) показал, что у 73 % работников не наблюдалось значительных изменений САД, ДАД и ПД до и после рабочей смены. Вместе с тем у 21 работника животноводческого комплекса (ПЖ-2) САД и ДАД в мм рт. ст. после рабочей смены ($p < 0,05$), наоборот, повышались, что, согласно исследованиям авторов [10, 11], связано с реакцией организма на воздействие физических нагрузок, а также с эмоциональным напряжением. Оценка физиологических показателей дыхательной системы всех обследованных работников не выявила значительных изменений, показатели ЖЕЛ были в пределах нормы (табл. 4).

Изучение признаков воздействия шума на орган слуха 39 работников 5 предприятий сельского хозяйства (работники ПЖ-2 не участвовали в исследовании) показало, что выраженные отклонения от нормы наблюдались у работников всех обследованных предприятий (см. рис.). Различия между показателями левого и правого уха наблюдались, в основном, у операторов, токарей и сварщиков вспомогательных подразделений предприятий как животноводства, так и растениеводства.

Т а б л и ц а 1

Показатели умственной работоспособности работников сельскохозяйственной отрасли до и после смены

Пред-прия-тия	Количество обследо-ваемых (n)=78		А (усл. ед.)		Р (усл. ед.)		Q (бит)		S (в бит/с)		УВН (в усл.ед.)	
	до	по-сле	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после
ПЖ-1	20	20	0,9± 0,01	1,0± 0,01	293,9± 12,9	336,2± 6,5*	191,0± 7,5	204,4± 4,2	1,3± 0,1	1,7± 0,03*	89,2± 25,3	152,4± 31,6
ПЖ-2	10	10	0,9± 0,03	0,9± 0,03	340,6± 26,0	308,5± 24,3	226,3± 20,9	200,4± 16,9	1,6± 0,1	1,5± 0,1	96,0± 42,3	77,2± 19,7
ПР-1	12	12	0,9± 0,03	0,9± 0,03	339,3± 31,2	347,6± 22,1	229,6± 19,5	228,4± 12,1	1,6± 0,1	1,7± 0,1	70,6± 20,9	105,2± 38,1
ПР-2	14	14	0,9± 0,02	0,9± 0,23	330,8± 18,7	333,2± 25,4	203,9± 11,1	209,7± 17,0	1,6± 0,09	1,6± 0,1	114,2± 32,8	158,9± 41,9
ПР-3	8	8	0,9± 0,06	1,0± 0,01	279,5± 15,3	351,9± 39,7	203,8± 25,9	214,4± 24,2	1,3± 0,08	1,7± 0,2	103,8± 38,2	260,5± 68,3
ПР-4	14	14	0,9± 0,01	1,0± 0,01	318,2± 20,5	352,2± 16,3	198,0± 12,3	214,9± 9,7	1,5± 0,1	1,7± 0,08	140,1± 34,6	176,9± 28,9

Примечание. ПЖ — предприятие с основным видом деятельности — животноводство; ПР — предприятие с основным видом деятельности — растениеводство;
* — p < 0,05 в сравнении между группами до и после смены; А — коэффициент точности выполнения задания; Р — коэффициент умственной продуктивности; Q — объем зрительной информации; S — скорость переработки информации; УВН — показатель устойчивости внимания.

Т а б л и ц а 2

Показатели измерения силы кисти нервно-мышечной системы у работников исследуемых предприятий до и после смены

Предприятия	Количество обследо-ваемых (n=88)	Сила кисти (M±m)				Силовой индекс (M±m)			
		левая рука		правая рука		левая рука		правая рука	
		до	после	до	после	до	после	до	после
ПЖ-1	n=13 (муж)	48,1±3, 5	49,3±3, 5	44,1±3, 7	47,7±3, 2*	68,4±4, 9	74,1±4,3 *	74,8±5,1	76,9±5,2
	n=8 (жен)	22,7±3, 3	25,4±2, 6	26,1±3, 5	27,5±1, 4	39,0±6, 4	44,0±5,5	44,5±6,4	47,3±3,4
ПЖ-2	n=17 (муж)	39,6±2, 9	40,1±1, 9	39,7±2, 8	40,9±2, 7	51,8±4, 1	53,3±3,3	51,0±3,9	52,4±2,2
ПР-1	n=6 (муж)	29,0±0, 9	29,0±0, 9	44,4±4, 2	44,4±4, 2	67,1±7, 8	67,1±7,8	43,7±2,5	43,6±2,5
	n=7 (жен)	28,2±1, 1	28,2±1, 1	29,3±4, 8	29,3±4, 8	48,1±8, 6	48,1±8,6	46,2±4,3	46,2±4,3
ПР-2	n=15 (муж)	53,9±2, 4	54,1±2, 3	53,0±3, 1	53,3±3, 0	69,2±4, 9	69,1±4,1	70,1±3,9	70,5±4,0
ПР-3	n=8 (муж)	50,6±3, 9	48,5±3, 5	53,6±2, 8	52,4±2, 8	70,1±4, 0	68,2±3,1	66,6±6,0	64,2±6,0
ПР-4	n=14 (муж)	55,5±4, 3	55,9±4, 3	57,3±3, 4	57,6±3, 4	71,3±3, 3	74,4±3,1	68,5±4,2	68,6±4,1

Примечание. ПЖ — предприятие с основным видом деятельности — животноводство; ПР — предприятие с основным видом деятельности — растениеводство; * p < 0,05 в сравнении между группами до и после смены.

Показатели сердечно-сосудистой системы работников сельскохозяйственной отрасли до и после смены

Предприя- тия	Количество об- следуемых (n)=78		САД (мм.рт.ст.)		ДАД (мм.рт.ст.)		ПД (мм.рт.ст.)	
	до	после	до	после	до	после	до	после
ПЖ-1	21	21	124,3±4,5	117,6±3,9*	81,9±2,9	76,2±2,4 *	42,4±2,5	41,4±2,0
ПЖ-2	17	21	129,8±4,8	140,9±4,1*	77,6±3,8	89,1±2,5*	52,2±3,3	51,80±3,3
ПР-1	13	13	116,9±3,3	116,9±3,3	75,4±3,7	75,4±3,7	41,5±1,5	41,5±1,5
ПР-2	15	15	135,3±5,1	128,0±3,4	88,7±3,6	77,0±2,4*	46,7±2,1	51,0±2,5
ПР-3	8	8	127,5±6,7	128,8±8,8	83,8±6,5	77,5±6,2	43,8±2,6	51,3±4,8
ПР-4	14	14	124,3±4,4	128,7±5,3	75,0±2,7	81,4±4,2	49,3±3,4	47,1±2,2

Примечание. ПЖ — предприятие с основным видом деятельности — животноводство; ПР — предприятие с основным видом деятельности — растениеводство; *p < 0,05 в сравнении между группами до и после смены.

Т а б л и ц а 4

Показатель жизненной ёмкости легких работников исследуемых предприятий сельскохозяйственной отрасли до и после смены

Наименование пред- приятия	Количество обследуемых n=88	Жизненный объем легких, л	
		до смены	после смены
ПЖ-1	n=21	2,9±0,2	3,2±0,1
ПЖ-2	n=17	3,8±0,2	4,2±0,2
ПР-1	n=13	3,1±0,3	3,1±0,3
ПР-2	n=15	3,2±0,2	3,2±0,2
ПР-3	n=8	3,2±0,2	3,2±0,2
ПР-4	n=14	3,7±0,2	3,7±0,2

Примечание. ПЖ — предприятие с основным видом деятельности — животноводство; ПР — предприятие с основным видом деятельности — растениеводство; * — p < 0,05 в сравнении между группами до и после смены.

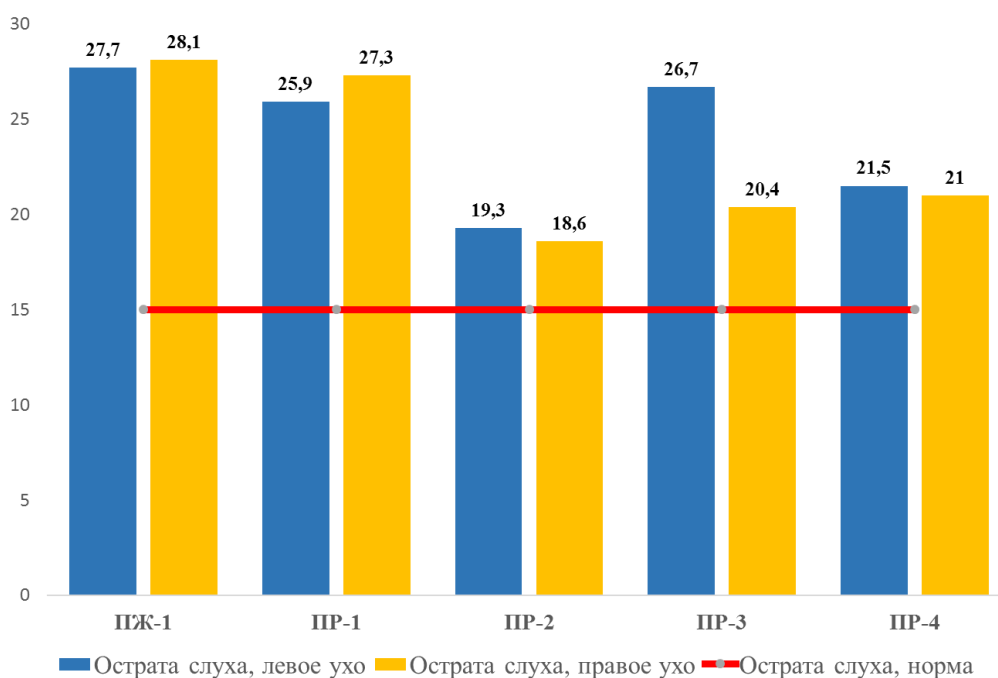


Рисунок. Аудиометрические показатели слухового анализатора работников сельского хозяйства (норма до 15 дБ при стандартном пороге слышимости на частоте 1000 Гц)

Анализируемый показатель имел достоверные различия при стаже работы менее 10 лет, далее, с увеличением стажа, они становились все более устойчивыми у операторов (только правое ухо), токарей и слесарей (левое ухо). Следовательно, в соответствии с Международной классификацией [12], у работников сельского хозяйства установлена нейросенсорная односторонняя слабая потеря слуха с нормальным слухом на противоположенном ухе. Полученные результаты свидетельствуют о том, что воздействие производственного шума может в дальнейшем способствовать риску развития профессиональных заболеваний органов слуха [13].

Оценка функционального состояния организма 88 работников 43 различных профессий сельскохозяйственной отрасли в процессе трудовой деятельности показала, что со стороны центральной нервной системы установлен процесс вработывания, нормализующий показатели умственной работоспособности после рабочей смены.

Комплексное воздействие факторов производственной среды сельскохозяйственной отрасли, в частности, загрязнение воздуха рабочей зоны различными газами, пылью и микроорганизмами, химические средства защиты и удобрения, плохой микроклимат [14] и большая физическая нагрузка работников животноводства и растениеводства обуславливает нервное напряжение со стороны мышечной системы. Повышение показателей сердечно-сосудистой системы в конце рабочей смены у работников является результатом реакции организма на физические нагрузки, а также эмоциональное напряжение у работников животноводства. При этом чаще всего в зоне риска негативного воздействия вредных производственных факторов, приводящего к нейросенсорной потере слуха, можно отметить работников таких профессий, как оператор, токарь и слесарь (вспомогательное подразделение). Указанные выше работники находятся под воздействием комплекса факторов: превышение уровни шума и вибрации в рабочей зоне, тяжесть и напряженность трудового процесса, микроклимат, а также применение устаревшего оборудования и технологий в процессе ремонта сельскохозяйственной техники. В этой связи необходимы целенаправленные оздоровительные и профилактические мероприятия для повышения защитных свойств организма работников и усиления компенсаторных возможностей.

С целью профилактики необходимы ежегодные периодические медицинские осмотры, повторный инструктаж по безопасности труда, внеплановый и целевой инструктаж по безопасности труда по мере необходимости, улучшение условий труда и восстановление функциональных резервов организма работников.

Заключение

Таким образом, оценка функционального состояния организма подтверждает, что воздействие вредных производственных факторов, присущих трудовой деятельности работников сельского хозяйства, в особенности отрасли животноводства, может привести к снижению адаптационных, в том числе резервных возможностей организма в условиях трудового процесса. Установленная нейросенсорная дву- и односторонняя потеря слуха I-ой степени свидетельствует о несоответствии условий труда рабочей зоны работников вспомогательных подразделений сельскохозяйственных предприятий. Следовательно, выявленные результаты исследований свидетельствуют об актуальности разработки и реализации комплекса мероприятий, направленных на улучшение условий труда предприятий и восстановление функциональных резервов организма работников сельскохозяйственной отрасли.

Научное исследование проводилось Республиканским научно-исследовательским институтом по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения РК, в ходе реализации 2-го этапа научно-технической программы (2020 г.) по теме: «Разработка научно-методических основ обеспечения безопасного труда в приоритетных секторах экономики Республики Казахстан» (номер государственной регистрации № 0118РК00583).

Выражаю искреннюю благодарность руководителям и всем сотрудникам Республиканского научно-исследовательского института охраны труда Министерства труда и социальной защиты населения РК, директорам филиалов и руководителям предприятий сельского хозяйства за оказанную огромную помощь в проведении научно-исследовательской работы.

Список литературы

- 1 Измеров Н.Ф. Охрана здоровья рабочих и профилактика профзаболеваний на современном этапе / Н.Ф. Измеров // Медицина труда. — 2002. — № 1. — С. 1–7.
- 2 Галицкая М.В. Физиолого-гигиеническая оценка условий труда: учеб.-метод. пос. / М.В. Галицкая, Т.И. Петрова-Соболь, И.П. Семенов. — Минск: БГМУ, 2009. — 48 с.
- 3 Буянов Е.С. Мониторинг условий труда и функционального состояния сердца механизаторов сельского хозяйства: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 – «Гигиена» / Е.С. Буянов. — Саратов, 2004. — 133 с.
- 4 Грицина О. В. Влияние режима дня на показатели умственной работоспособности учащихся, посещающих организации дополнительного образования / О.В. Грицина, Л.В. Транковская, Г.А. Тарасенко и др. // Медицинская экология. — 2014. — № 4 (58). — С. 76–80.
- 5 Коротков Н. С. К вопросу о методах исследования кровяного давления / Н.С. Коротков // Изв. Император. воен.-мед. акад. — 1905. — Т. 11. — С. 365–367.
- 6 Алешина Л.И. Изучение особенностей физиологии дыхательной системы студентов ВГСПУ [Электронный ресурс]. / Л.И. Алешина, М.Г. Маринина, М.В. Мужиченко, С.Ю. Федосеева // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 4. — Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20489>.
- 7 Ходжиев М. Физиологическая адаптация трудовых мигрантов из Таджикистана / М. Ходжиев // Вестн. ТГУ. Сер. Биология и экология. — 2017. — № 2. — С. 81–96.
- 8 Преображенская Е.А. Ретроспективный анализ и закономерности формирования профессиональной тугоухости в современных условиях / Е.А. Преображенская, И.В. Яцына, Е.Л. Синева, И.Н. Федина, Л.В. Липатова // Медицина труда и промышленная экология. — 2015. — № 10. — С. 31–35.
- 9 Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О.Ю. Реброва. — М.: МедиаСфера, 2006. — 312 с.
- 10 Бердиева Д.В. Методы исследования физической работоспособности у работников умственного труда в динамике рабочего дня / Д.В. Бердиева // Молодой ученый. — 2016. — № 11. — С. 1143–1145.
- 11 Тебеннова К.С. Функциональное состояние системы кровообращения у работников видеодисплейных терминалов в динамике смены / К.С. Тебеннова, Б.И. Ильясова, Ж.Т. Заркенова, Л.С. Заркенова // Успехи современного естествознания. — 2015. — № 1–3. — С. 382–386.
- 12 Абдулкеримов Х.Т. Сенсоневральная тугоухость: метод. реком. / Х.Т. Абдулкеримов, Г.А. Таварткиладзе, Е.Р. Цыганкова, М.Ю. Бобошко, С.А. Климанцев. — СПб., 2014. — 24 с.
- 13 Бекеева С.А. Формирование профессиональных нарушений слухового анализатора работников предприятий в зависимости от условий труда / С.А. Бекеева // Материалы Междунар. практ. инт.-конф. «Актуальные проблемы науки». — Алматы, 2018. — С. 98–102.
- 14 Вредные факторы: животноводство [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.trudohrana.ru/article/117-qqe-15-m8-vrednye-factory-jivotnovodstvo>.

С.А. Бекеева

Еңбек қызметі процесінде ауыл шаруашылығы саласы қызметкерлерінің функционалдық жағдайын бағалау

Қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз ету және кәсіпорын қызметкерлерінің еңбекке қабілеттілігін сақтау кез келген экономикалық саладағы маңызды міндет болып табылады. Әлеуметтік-экономикалық қайта құрулар өндірістің аграрлық секторына едәуір дәрежеде кері әсерін тигізді. Еліміздің ауыл шаруашылығы саласы 6 кәсіпорнының 43 түрлі кәсіптің еңбек қызметі процесінде қызметкерлердің функционалдық жағдайының физиологиялық көрсеткіштеріне бағалау жүргізілді. Қызметкерлердің функционалдық жағдайын зерттеуге дене жүйелерінің негізгі физиологиялық көрсеткіштерінің жай-күйін зерттеу кірді. Атап айтсақ: орталық жүйке жүйесі, жүрек-тамыр, жүйке-бұлшықет, тыныс алу жүйелері және есту анализаторы жұмыс ауысымы аяқталғанға дейін және одан кейін 2 кезеңде. Еңбек процесі жағдайында жұмысшылардың бейімделу процестері физикалық көрсеткіштердің төмендеуі және дененің резервтік мүмкіндіктері түрінде көрінетіні анықталды. Зерттеу нәтижелері еңбек жағдайларын жақсартуға және зерттелген кәсіпорындардың жұмысшылары денесінің функционалды резервтерін қалпына келтіруге бағытталған іс-шаралар кешенін әзірлеу мен іске асырудың өзектілігін көрсетеді.

Кілт сөздер: ауыл шаруашылығы кәсіпорны, жұмысшы кәсіптері, зиянды еңбек жағдайлары, физиологиялық көрсеткіштер, ағзаның функционалдық жағдайы, еңбек қызметі, мал шаруашылығы.

S.A. Bekeyeva

Assessment of the functional state of agricultural workers in the course of work

Ensuring safe working conditions and preserving the working capacity of employees of enterprises is an important task in any economic sector. To a large extent, socio-economic transformations have had a negative impact on the agricultural sector of production. The assessment of the physiological indicators of the functional state of workers in the course of labor activity of 43 different professions of 6 enterprises of the agricultural sector of the country was carried out. The study of the functional state of employees included the study of the state of the main physiological indicators of the body systems: the central nervous system, cardiovascular, neuromuscular, respiratory systems and the auditory analyzer in 2 stages “before” and “after” the end of the work shift. It is revealed that the adaptation processes of workers in the conditions of the labor process manifest themselves in the form of a decrease in physical performance and reserve capabilities of the body. The research results indicate the relevance of the development and implementation of a set of measures aimed at improving working conditions and restoring the functional reserves of the body of employees of the studied enterprises.

Keywords: agricultural enterprise, working professions, harmful working conditions, physiological indicators, functional state of the body, labor activity, animal husbandry.

References

- 1 Izmerov, N.F. (2002). Okhrana zdorovia rabochikh i profilaktika profzabolevaniia na sovremennom etape [Health protection of workers and prevention of occupational diseases at the current stage]. *Meditsina truda — Labor Medicine*, 1; 1–7 [in Russian].
- 2 Galitskaia, M.V., Petrova-Sobol, T.I., & Semenov, I.P. (2009). *Fiziologo-gigienicheskaia otsenka uslovii truda [Physical and hygienic assessment of working conditions]*. Minsk: Belorusskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet [in Russian].
- 3 Buianov, E.S. (2004). *Monitoring uslovii truda i funktsionalnogo sostoiianiia serdtsa mekhanizatorov selskogo khoziaistva [Monitoring of working conditions and functional state of the heart of agricultural machine operators]*. Candidate's thesis. Saratov [in Russian].
- 4 Gritsina, O.V., Trankovskaia, L.V., & Tarasenko, G.A. et al. (2014). Vliianie rezhima dnia na pokazateli umstvennoi rabotosposobnosti uchashchikhsia, poseshchaiushchikh organizatsii dopolnitelnogo obrazovaniia [Effect of the Daily Regimen on Mental Performance Indicators of Students Attending Further Education Organizations]. *Meditsinskaia ekologiia — Medical Ecology*, 4 (58); 76–80 [in Russian].
- 5 Korotkov, N.S. (1905). K voprosu o metodakh issledovaniia kroviianogo davleniia [To the question of methods for studying blood pressure]. *Izvestiia Imperatorskoi voenno-meditsinskoi akademii — Proceeding of Impair Medical Academy*, 11; 365–367 [in Russian].
- 6 Aleshina, L.I., Marinina, M.G., Muzhichenko, M.V., & Fedoseeva, S.Yu. (2015). Izuchenie osobennostei fiziologii dykhatelnoi sistemy studentov VGSPU [Studying the physiology of the respiratory system of VGSPU students]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia — Modern problems of science and education*, 4. Retrieved from <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20489> [in Russian].
- 7 Khodzhiev, M. (2017). Fiziologicheskaiia adaptatsiia trudovykh migrantov iz Tadjhikistana [Physiological adaptation of labor migrants from Tajikistan]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriiia biologiiia i ekologiia — Bulletin of Tver State University, Biology and Ecology Series*, 2; 81–96 [in Russian].
- 8 Preobrazhenskaia, E.A., Yatsyna, I.V., Sineva, E.L., Fedina, I.N., & Lipatova, L.V. (2015). Retrospektivnyi analiz i zakonmernosti formirovaniia professionalnoi tugoukhosti v sovremennykh usloviiaakh [Retrospective analysis and patterns of occupational hearing loss in current conditions]. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiia — Labor Medicine and Environment*, 10; 31–35 [in Russian].
- 9 Rebrova, O.Yu. (2006). *Statisticheskii analiz meditsinskikh dannykh. Primenenie paketa prikladnykh programm STATISTICA [Statistical analysis of medical data. Application of STATISTICA Application Package]*. Moscow: MediaSfera [in Russian].
- 10 Berdieva, D.V. (2016). Metody issledovaniia fizicheskoi rabotosposobnosti u rabotnikov umstvennogo truda v dinamike rabocheho dnia [Methods of study of physical performance in employees of mental labor in the dynamics of the working day]. *Molodoi uchenyi — Young Scientist*, 11, 1143–1145 [in Russian].
- 11 Tebenova, K.S., Iliasova, B.I., Zarkenova, Zh.T., & Zarkenova, L.S. (2015). Funktsionalnoe sostoiianie sistemy krovoobrashcheniia u rabotnikov videodispleinykh terminalov v dinamike smeny [Functional state of the circulatory system in video display terminal workers in shift dynamics]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia — Successes of modern natural science*, 1–3; 382–386 [in Russian].
- 12 Abdulkerimov, Kh.T., Tavartkiladze, G.A., Tsygankova, E.R., Boboshko, M.Yu., & Klimantsev, S.A. (2014). *Sensonevralnaia tugoukhost: metodicheskie rekomendatsii [Sensorineural hearing loss: guidelines]*. Saint Petersburg [in Russian].
- 13 Bekeyeva, S.A. (2018). Formirovaniia professionalnykh narushenii slukhovogo analizatora rabotnikov predpriiatii v zavisimosti ot uslovii truda [Formation of occupational disorders of the auditory analyzer of employees of enterprises, depending on work-

ing conditions]. Proceedings from “Challenges of Science”: *Mezhdunarodnaia prakticheskaia internet-konferentsiia (2018 goda) – International Practical Internet Conference*. (pp. 98–102). Almaty [in Russian].

14 *Vrednye faktory: zhivotnovodstvo [Harmful factors: animal husbandry]*. Retrieved from <https://www.trudohrana.ru/article/117-qqe-15-m8-vrednye-factory-jivotnovodstvo> [in Russian].

N.K. Korbozova^{1,2*}, N.V. Terletsкая^{1,2}, N.O. Kudrina^{1,2}, T.N. Kobylina¹,
Zh. Kenzhebayaeva², A.K. Shokan^{1,2}

¹Research Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: naz-ik@mail.ru

General and specific toxicity determination of an extract from the plant *Rhodiola semenovii* Boriss

The study of chronic and acute toxicity pharmacological phenomena with occupational symptoms of intoxication provides essential information on therapeutic activity of the drug. An extract of the *Rhodiola semenovii* Boriss plant was taken to determine toxicity. Phytochemical studies were carried out on the composition of biologically active compounds for medicinal purposes. Based on the statistical data on the chemical composition, substances, such as flavonoids, coumarins, phenolic acids, and polysaccharides, were identified in the root extract of the *Rh. semenovii* plant. To study the chronic and acute toxicity of the extract, preclinical tests were on outbred laboratory rats. After completion of the experiment of acute and chronic toxicity, animals were slaughtered and peripheral blood samples were obtained for hematological and biochemical blood analysis. In addition, macroscopic studies of laboratory animals were performed. There were morphological-structural changes heart, kidneys, liver, heart, and pancreas. An external examination at the autopsy revealed no changes in the vital organs, as well as the digestive, respiratory, excretory systems. According to the studies carried out, *Rh. semenovii* does not have general toxic extracts.

Keywords: toxicity, pharmacology, *Rhodiola semenovii*, extract, phytochemistry, acute toxicity, chronic toxicity, hematology.

Introduction

Currently, researchers, developing priority issues of modern pharmacological science in terms of researching new medicines of natural compounds of various chemical structures and biological action pay great attention to the problem of drug toxicology and the safety of drug use in clinical practice [1]. In accordance with modern concepts, the assessment of the safety of a medicinal herbal preparation (MHP) should take into account all potential risk factors specific to this group of medicinal products. Modern MHP is fundamentally different in terms of the safety of its composition [2]. For successful introduction of new drugs into clinical practice for treatment it is necessary to conduct a preclinical evaluation of the drug based on international standards to implement and accelerate ongoing research [3–5]. Preclinical studies are carried out to eliminate the adverse effects of the drug in the process of clinical trials on target animal species. In the course of preclinical studies, preliminary information is obtained on the toxicity, efficacy, and pharmacological properties of the study drug [6].

The task of preclinical safety studies is description of the toxic effect of the drug depending on the dose and the relationship that occurs when the pharmacological substance interacts with the body of laboratory animals. The obtained data was used to determine the initial non-toxic dose used for clinical studies [7]. All experimental work on laboratory animals must be carried out in accordance with the current rules of laboratory practice and ethical standards for the treatment of animals, based on the standard operating procedures adopted by the research organization, which must comply with international rules for the conduct of research and the protection of experimental animals used in experiments and other scientific purposes [8]. Preclinical evaluation of the safety of natural medicines usually includes pharmacological studies, studies on the general toxic effects of the drug, preclinical studies, studies of toxic reactions to reproduction and geno toxicity. For drugs that pose a potential hazard or are intended for long-term use, studies of carcinogenic properties are also necessary [9]. The study of general toxic properties is mandatory for all groups of drugs, and is divided into two stages: the study of acute toxicity (the toxic effect of a substance administered in a single dose or in multiple doses for not more than 24 hours, which can be expressed in a disorder of physiological functions or in a violation of the morphology of the organs of experimental animals, as well as the death of an animal); study of chronic toxicity with repeated administration (a set of functional and/or morphological disorders of the organs and systems of the experimental animal after repeated prolonged administration of the substance [10]).

The study of acute and chronic toxicity of pharmacological substances in the professional assessment of the symptoms of intoxication allows one to obtain significant information about the biological activity of the future drug [11].

The purpose of the study is to determine the acute and chronic toxicity of the extract of the plant *Rhodiola semenovii* Boriss.

Experimental

To determine the toxicity of the extract of the plant *Rh. semenovii* Boriss, phytochemical studies were conducted to determine the composition of the BAA in the extract, for therapeutic use. The material was an aqueous extract of the plant *Rh. semenovii* Boriss.

Analysis of organic compounds was carried out by gas chromatography with mass spectrometric detection (Agilent 6890N/5973N). Analysis conditions: sample volume 1.0 µl, sample input temperature 260 °C without flow division. Separation was carried out using a chromatographic capillary column DB-35MS 30 m long, 0.25 mm internal diameter and 0.25 µm film thickness at a constant carrier gas (helium) speed of 1 ml/min. Chromatography temperature is programmed from 40 °C (shutter speed 0 min) to 150 °C at a heating rate of 10 °C/min (shutter speed 0 min) and up to 300 °C at a heating rate of 5 °C/min (shutter speed 10 min). Detection is carried out in scan m/z mode 34-850. Agilent MSD ChemStation software (version 1701EA) was used to control the gas chromatography system, record and process the results and data obtained. Data processing included determination of retention times, peak areas, as well as processing of spectral information obtained using a mass spectrometric detector. To decipher the obtained mass spectra, the Wiley 7th edition and NIST'02 libraries were used (the total number of spectra in the libraries is more than 550 thousand).

According to the available data on the chemical composition in the extract of the root of the plant *Rh. semenovii* B., such substances as flavonoids — 74.8 %, coumarins — 11 were identified. 7 %, phenolocyslots — 6.1 %, polysaccharides — 7.4 %, the main biologically active component of flavonoids was rhodioflafonoside.

The study of acute, chronic toxicity of the extract was conducted on white mongrel laboratory rats. Animals (males) were kept in cages in groups of 10 individuals of group 3. Sawdust was used as a litter. The air temperature in the vivarium premises was maintained in the range of 18-20 °C at a relative humidity of 60–70 %. Animals were kept under standard conditions on the vivarium diet. To assess the chronic toxicity of the extract *Rh. semenovii*, the animals were administered the extract orally for 21 days.

To analyze the different significance between samples, Student's T-criterion at $p < 0.05$ (Statistica 12, StatSoft Inc., Tulsa, USA). The fluorimeter data was processed and graphed using MS Excel capabilities. Atypical values based on the T-criterion were excluded from the data, a standard sample average error was calculated. Plus/minus signs in the tables show a standard average error. The graphs show average values with standard error bars. Signs * and ** indicate the reliability of the results with significance levels of 0.05 and 0.01, respectively (unless otherwise indicated). When determining the reliability of the difference between the indicators of the compared groups, the t-confidence criterion was calculated, the p value was determined from the Student's table of values, the changes were considered reliable at $p \leq 0.05$. All data were calculated in the MS Office Excel 2010 software package.

Results and Discussion

Table 1 represents the results of the Acute Toxicity experiment. Data presents the survival of animals in acute toxicity experiences, depending on the dosage of the extract. *Rh. semenovii* in the acute toxicity groups 0.5 g and 1.0 g, in both groups there was a 100 % survival rate, only 10 % of the animals dropped out of the experiment due to fighting and injuries on the body, from which it follows that the extract of *Rh. semenovii* in a dosage of 0.5–1.0 g does not cause death of animals and is not toxic.

Table 1

Survival of animals in acute toxicity experiments, depending on the dosage of *Rhodiola semenovii* extract

Extract Dosage	0.5 g	1.0 g
Survived	90 %	90 %
Eliminated from experience*	10 %*	10 %*
* — out of the experience due to fighting and body injuries		

An external inspection of animals, weighing and fixing the IRR on the “open field” test were held. The test is designed to assess the dynamics of behavioral elements, the psycho-emotional state of animals participating in experiments with a stressful condition. The animal was placed in a structure 100 × 100 cm in diameter with a wall height of 40 cm. The floor was made of white plastic, on which a grid was applied with black paint, dividing the field into 25 (5x5) equal squares. Illumination with a 50 W lamp, which is located at a height of 150 cm above the center of the field. The test was to measure the amount of behavioral components of an animal placed in an open enclosed space enclosed by a wall. When testing, the animal was placed in the center of the facility and the following indicators were visually assessed for 5 minutes: horizontal motor activity — mileage (number of sectors passed), vertical motor activity — stances (number of lifts on the hind legs). Waste from the wall of the arena (number of crossings of the outer concentric circle), exits to the center of the arena (number of crossings of the inner circle), grooming (number of touches of the muzzle with paws, scratching), in the study of pharmacological preparations, a non-stressed open field test was used. The main method for recording test results was continuous or selective recording with time-based recording of animal activity. After 5 minutes of the study, the animal was returned to the cage. The number of spools of manure was counted and the floor was thoroughly washed after each experiment. Testing was repeated for the next four days. Before the start of the drug administration, as well as the dynamics of observation of each experimental group for 3 days, tests were carried out using the “Open field” method to determine the individual typological characteristics of higher nervous activity (HNA) and after tests within 3 days to determine the effect of the drug.

After the completion of the experiment of acute and chronic toxicity, animals were slaughtered and peripheral blood samples were obtained for hematological and biochemical blood analysis (assessment of the function of the liver, kidneys, pancreas in terms of protein, carbohydrate, lipid and pigment types of metabolism, the presence of intoxication). In addition, an autopsy of laboratory animals was performed and the presence of macromorphological changes in the structure of the heart, kidneys, liver, and pancreas. The organs were weighed, the mass coefficients of the organs were calculated, then the material was fixed and placed in a 10 % solution of formaldehyde. Hematological studies were carried out on an automatic hematology analyzer Sysmex XS 550-i (Japan). The blood was centrifuged for 20 min at 1000 rpm to produce plasma. The main biochemical parameters were studied: total protein, g/l, albumin g/l, urea, mmol/l, creatinine, $\mu\text{mol/l}$, uric acid, $\mu\text{mol/l}$, alkaline phosphatase, mmol/l, alanine aminotransferase, $\mu\text{kat/l}$, aspartate aminotransferase, glucose, mmol/l, cholesterol, HDL, LDL, mmol/l, triglycerides, mmol/l. The results of the studies were recorded on the automatic biochemical analyzer BioChem-200.

It can be seen from Table 2 that the total number of leukocytes did not have statistically significant changes in both the control group and the acute toxicity group. Statistically significant changes in the absolute content of monocytes, eosinophils, basophils and neutrophils and in the level of hemoglobin were also not detected. In terms of absolute content, statistically significant changes were also not revealed. It should also be noted that in terms of relative content, no statistically significant changes in the control and experimental groups for acute toxicity were revealed.

However, there were statistically significant changes in the total number of red blood cells in the experimental groups in relation to the control group, and amounted to 6.32 ± 0.7 in the control group $52 \cdot 10^{12}/\text{l}$, in the group of acute toxicity (0.5) — $8.53 \pm 0.94 \cdot 10^{12}/\text{l}$, and in the group of acute toxicity (1.0) — $8.66 \pm 1.01 \cdot 10^{12}/\text{l}$. Also, there were statistically significant changes in the total number of platelets in the acute toxicity group (0.5) — $698.41 \pm 80.10 \cdot 10^9/\text{l}$ and in the group of acute toxicity (1.0) — $721.01 \pm 54.76 \cdot 10^9/\text{l}$ in relation to the control group ($413.41 \pm 43.03 \cdot 10^9/\text{l}$).

The absolute lymphocyte count varied between $2.51 \pm 0.14 \cdot 10^9/\text{l}$ in the control group, $3.83 \pm 0.76 \cdot 10^9/\text{l}$ in the acute toxicity group (0.5), and statistically significant changes in the acute toxicity group were noted (1.0) in relation to the control group and was $4.19 \pm 0.67 \cdot 10^9/\text{l}$.

Table 2

Hematological parameters of rats in the experiment on acute toxicity

Indicator name, unit of measurement	International abbreviation	Control group	Acute toxicity 0.5 g	Acute toxicity 1.0 g
Total number of Leukocytes, $10^9/\text{L}$	WBC	6.3 ± 0.5	8.4 ± 1.2	7.8 ± 0.8
Total Red Blood Cell Count, $10^{12}/\text{L}$	RBC	6.4 ± 0.6	$8.5 \pm 0.8^*$	$8.7 \pm 1.1^{**}$
Hemoglobin level, g/L	HGB	146.0 ± 4.1	155.0 ± 6.4	153.0 ± 7.9

Total platelet count, 10 ³ /L	PLT	413.5 ± 43.1	698.5 ± 80.2*	721.1 ± 54.7**
Absolute neutrophil count 10 ⁹ /L	Neut	3.2 ± 0.5	3.7 ± 0.7	2.8 ± 0.6
Absolute lymphocyte count 10 ⁹ /L	Lymph	2.5 ± 0.1	3.8 ± 0.8	4.2 ± 0.6**
Absolute content of monocytes 10 ⁹ /L	Mono	0.6 ± 0.2	0.6 ± 0.2	0.5 ± 0.1
Absolute eosinophil content 10 ⁹ /L	Eos	0.3 ± 0.14	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
The absolute content of basophils 10 ⁹ /L	Baso	0.03 ± 0.1	0.05 ± 0.04	0.06 ± 0.04
The relative content of neutrophils %	Neut	49.1 ± 3.7	45.3 ± 7.3	37.7 ± 7.4
The relative content of lymphocytes %	Lymph	40.4 ± 2.3	46.2 ± 6.5	54.2 ± 6.6
The relative content of monocytes %	Mono	7.6 ± 1.7	6.6 ± 1.8	6.2 ± 1.3
The relative content of eosinophils %	Eos	2.6 ± 0.9	1.6 ± 1.1	1.6 ± 0.9
The relative content of basophils %	Baso	0.5 ± 0.15	0.5 ± 0.5	0.5 ± 0.5

Note: * — statistically significant changes in the group “Acute toxicity — 0.5 g” relative to the control group, at $p \leq 0.001$; ** — statistically significant changes in the group “Acute toxicity — 1.0 g” relative to the control group, at $p \leq 0.001$

According to Table 3, no statistically significant changes were detected ($p \leq 0.001$) in the indicators of hepatic and renal functions in the control and test groups.

Table 3

Indicators of hepatic and renal functions in experimental groups of animals in the experience of acute toxicity

Group - animals	Total bilirubin, $\mu\text{mol/L}$	AIT, IU/L	AsT, IU/L	ALP, IU/L	Urea, mmol/L	Uric acid, mmol/L	Creatinin, $\mu\text{mol/L}$
Intact	5.9 ± 0.9	23.0 ± 3.6	11.5 ± 1.9	316.4 ± 120.5	3.9 ± 0.3	340.8 ± 36.9	54.0 ± 3.7
Acute toxicity 0.5 g	5.6 ± 0.2	18.1 ± 5.4	10.8 ± 5.9	332.4 ± 81.21	3.8 ± 0.5	316.9 ± 34.9	52.9 ± 4.5
Acute toxicity 1.0 g	5.5 ± 1.8	14.6 ± 7.9	10.9 ± 5.7	289.2 ± 147.3	3.9 ± 0.9	301.7 ± 51.5	52.0 ± 4.9

Note: * — statistically significant changes in the group “Acute toxicity — 0.5 g” relative to the control group, at $p \leq 0.001$; ** — statistically significant changes in the group “Acute toxicity — 1.0 g” relative to the control group, at $p \leq 0.001$

Thus, considering the results of the “Acute Toxicity Experience”, it was revealed that the extract based on *Rh. semenovii* is not toxic and appropriate dosages of the extract were recommended for the formulation of the chronic toxicity experiment.

To study the chronic toxicity extract of *Rh. semenovii* was tested by the IRT — “Open Field”. Chronic toxicity was observed for 30 days by oral administration of the extract at a dose of 2.5 mg/kg. In the dynamics of observation in the experiment on chronic toxicity, changes in the behavior of experimental animals were not revealed. A satisfactory state was noted in all animals based on horizontal and vertical motor activity, waste from the arena wall, exits to the center of the arena, grooming.

During an external examination at the autopsy, no changes were detected from the vital organs, as well as the digestive, respiratory, excretory systems. Table 4 demonstrates the assessment results of body weight of animals.

Table 4

Animal mass values and mass coefficients of organs in chronic toxicity experience

Animal organs	Total body weight	Heart	Kidneys	Liver	Thyroid gland (together with the trachea)	Spleen	Stomach
Group of animals							
Control	238.5 ± 8.2	3.5 ± 0.6	2.3 ± 0.2	9.3 ± 0.6	1.1 ± 0.1	4.6 ± 0.4	39.1 ± 3.5
Chronic toxicity	274.0 ± 11.7*	3.7 ± 0.7	2.3 ± 0.2	10.4 ± 0.7	1.1 ± 0.2	4.7 ± 0.4	43.1 ± 0.8

Note: * — statistically significant changes in the group “chronic toxicity” in relation to the control group, at $p \leq 0.001$

According to the presented data on the masses of internal organs of experimental animals, in comparison with the control group, the group of experience of chronic toxicity did not show statistically significant changes ($p \leq 0.001$). There was a statistically significant ($p \leq 0.001$) increase in the mass of animals from 238.5 ± 8.2 g, to 274.0 ± 11.7 g without changing the mass of organs. In our opinion, the increase in mass is associated with the maturation of experimental animals and the development of musculoskeletal systems.

Table 5 presents the results of studies on comparative assessments of hematological indicators of the observed groups.

Table 5

Hematological parameters of rats of the control group and the group "Experience of chronic toxicity"

Name of the indicator, unit of measurement	MC	Control group	Chronic toxicity
Total Number of Leukocytes $10^9/L$	WBC	6.2 ± 0.4	6.7 ± 0.5
Total number of Erythrocytes $10^{12}/L$	RBC	6.3 ± 0.5	6.6 ± 0.5
Hemoglobin level, g/L	HGB	146.0 ± 4.1	141.6 ± 3.9
Total platelet count, $10^9/L$	PLT	413.4 ± 43.0	496.1 ± 51.6
Absolute content of neutrophils, $10^9/L$	Neut	3.1 ± 0.4	2.2 ± 0.4
Absolute content of lymphocytes, $10^9/L$	Lymph	2.5 ± 0.1	3.8 ± 0.2
Absolute content of monocytes, $10^9/L$	Mono	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1
Absolute content of eosinophils, $10^9/L$	Eos	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.15
Absolute content of basophils, $10^9/L$	Baso	0.03 ± 0.05	0.03 ± 0.05
Relative neutrophil content, %	Neut	49.0 ± 3.6	$33.0 \pm 3.7^*$
Relative lymphocyte count %	Lymph	40.4 ± 2.3	$56.6 \pm 3.2^*$
Relative content of monocytes, %	Mono	7.6 ± 1.8	6.9 ± 1.9
Relative content of eosinophils %	Eos	2.6 ± 0.9	2.9 ± 0.9
Relative content of basophils, %	Baso	0.5 ± 0.9	0.5 ± 0.9

Note: * — statistically significant changes in the group "chronic toxicity" in relation to the control group, at $p \leq 0.001$

According to Table 6, with chronic use of extract of *R. semenovii* no change was observed in the indicators of hematopoiesis, there are no pronounced shifts in the leukocyte formula, there is no inhibition of hematopoiesis and allergic reactions according to the level of basophils, eosinophils. There are statistically significant changes in the relative content of neutrophils, which in the control group was 49.0 ± 3.6 , in the experimental group — 33.0 ± 3.7 . Also, in the relative content of lymphocytes, which in the control group was 40.4 ± 2.3 , while in the experimental group — 56.6 ± 3.2 .

Table 6

Indicators of the level of bilirubin and its fractions, transaminases in experimental groups of animals

Group of animals	Total bilirubin, $\mu\text{mol} / L$	Direct bilirubin, $\mu\text{mol}/L$	Indirect bilirubin, $\mu\text{mol}/L$	АлТ, ME/L	AcT, ME/L
Intact	5.9 ± 0.9	1.5 ± 0.2	7.2 ± 6.4	23.0 ± 3.6	11.5 ± 1.9
Chronic toxicity	5.8 ± 0.9	1.4 ± 0.2	$4.3 \pm 0.7^*$	$21.4 \pm 3.4^*$	$10.7 \pm 1.9^*$

Note: * — statistically significant changes in the group "chronic toxicity" in relation to the control group, at $p \leq 0.001$

To assess the hepato-, nephrotoxicity, the state of lipid metabolism and the function of the pancreas, biochemical studies of the blood of experimental animals were conducted. The data is presented in (Tab. 6–8).

As can be seen from Table 7, there were statistically significant differences ($p \leq 0.001$) in the content of indirect bilirubin, which in the control group was 7.2 ± 6.4 $\mu\text{mol}/L$, in the experimental group — 4.3 ± 0.7 $\mu\text{mol} / L$, and alanine aminotransferase in the control group — 23.0 ± 3.6 IU / l, in the experimental — 21.4 ± 3.4 IU/L. Statistically significant changes were also identified in indicators of aspartate aminotransferase constituting a control group of 11 veins. 5 ± 1.9 IU / l while in the experimental group there is a decrease of 10.7 ± 1.9 IU/L. In the remaining indicators, statistically significant differences ($p \leq 0.001$) were not detected.

Table 7

Indicators of lipid metabolism in experimental groups of animals

Group of animals	Triglyceride, mmol/ L	Total cholesterol, mmol/L	HDL cholesterol, mmol/L	LDL cholesterol, mmol / L	Atherogenic coefficient
Intact	0.8 ± 0.2	1.6 ± 0.3	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2	0.7 ± 0.2
Chronic toxicity	0.8 ± 0.2	1.6 ± 0.3	0.9 ± 0.1	0.9 ± 0.2	0.7 ± 0.2

Note: * — are statistically significant changes in the "chronic toxicity" group relative to the control group, at $p \leq 0.001$

There is no significant changes in the lipid metabolism (Table 7).

Table 8

Indicators of protein and carbohydrate metabolism in experimental groups of animals

Group of animals	Total protein, g/L	Albumin g/L	Urea, mmol/L	Uric acid, mmol/L	Creatinine, μ mol/L	Glucose, mmol/L
Intact	66.0 ± 2.4	29.8 ± 2.2	3.9 ± 0.3	340.8 ± 36.9	54.0 ± 3.7	6.7 ± 0.4
Chronic toxicity	64.7 ± 2.3*	28.3 ± 2.1	3.5 ± 0.3	323.8 ± 35.0	53.2 ± 2.9	6.2 ± 0.4

Note: * — are statistically significant changes in the "chronic toxicity" group relative to the control group, at $p \leq 0.001$

Statistically significant changes ($p \leq 0.001$) were identified by the total protein index, which in the control group was 66.0 ± 2.4 g/l, whereas in experience 64.7 ± 2.3 g/L (Table 8). However, all these data were within the physiological norm. According to the remaining biochemical indicators of blood, statistically significant changes were not detected.

There were no statistically significant changes ($p \leq 0.001$) in the thyroid hormone levels of the control and experimental groups.

Conclusions

Thus, by using open field test, the results of a macromorphological study of experimental animals on the masses of organs, and on the functional indicators of the organs of the digestive, excretory, detoxification systems showed that an extract from the plant *Rh. semenovii* is not toxic.

According to the results of preclinical studies, acute and chronic toxicity experiments, pathomorphological studies of organs, higher nervous activity tests, hematological and biochemical blood parameters, *Rh. semenovii* extract does not have general toxic properties.

References

- 1 Трахтенберг И.М. Проблема лекарственной токсикологии (обзор публикаций в «Токсикологическом вестнике») / И.М. Трахтенберг, Л.М. Краснокутская // Сучасні проблеми токсикології. — 2011. — № 1, 2. — С. 81–84.
- 2 Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. — 2-е изд. — М.: Медицина, 2005. — 741 с.
- 3 Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. — Ч. 1. — М., 2012. — 125 с.
- 4 Chronic Toxicity Studies. OECD Test N 452. Retrieved from <https://www.oecd.org/env/test-no-452-chronic-toxicity-studies-9789264071209-en.htm>
- 5 Combes R.D. A Scientific and Animal Welfare Assessment of the OECD Health Effects Test Guidelines for the Safety Testing of Chemicals under the European Union REACH System / R.D. Combes, I. Gaunt, M. Balls // ATLA. — 2004. — No. 32. — P. 163–208.
- 6 ICH S6. Preclinical Safety Evaluation of Biotechnology-derived Pharmaceuticals. — 2011. Retrieved from <https://www.ema.europa.eu/en/ich-s6-r1-preclinical-safety-evaluation-biotechnology-derived-pharmaceuticals>
- 7 Правила надлежащей лабораторной практики Евразийского экономического союза в сфере обращения лекарственных средств: решение Совета Евразийской экономической комиссии от 03.11.2016. № 81 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35171489.
- 8 Каркищенко Н.Н. Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских исследованиях / Н.Н. Каркищенко, С.В. Грачева. — М.: Профиль, 2010. — 200 с.

9 ICH M3 (R2). Timing of Non-Clinical Safety Studies for the Conduct of Human Clinical Trials for Pharmaceuticals. — 2008. Retrieved from https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/ich-m-3-r2-non-clinical-safety-studies-conduct-human-clinical-trials-marketing-authorization_en.pdf

10 Draft consultant's proposal OECD TG. Draft OECD guideline for the testing of chemicals. Acute Oral Toxicity Fixed Dose Procedure. — November, 28, 2008. Retrieved from <https://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/41761261.pdf>

11 Hayes A.W. Principles and Methods of toxicology / A.W. Hayes, C.L. Kruger. — New York: Raven Press, 1982. — P. 17–19.

Н.К. Корбозова, Н.В. Терлецкая, Н.О. Кудрина, Т.Н. Кобылина,
Ж. Кенжебаева, А.К. Шокан

***Rhodiola semenovii* Boriss өсімдігінің жалпы және спецификалық уыттылығын анықтау**

Фармакологиялық заттардың интоксикациялық құбылыстарын кәсіптік деңгейде болдырмау мақсатында қолданылатын жедел және созылмалы уыттылықты зерттеу дәрілік шөптердің құрамындағы биологиялық белсенді заттардың қалыптасуы жайында ауқымды мәлімет бере алады. Уыттылығын анықтау үшін *Rhodiola semenovii* Boriss өсімдігінің сығындысы алынды. Дәрілік мақсаттағы биологиялық белсенді қосылыстардың құрамына фитохимиялық зерттеулер жүргізілді. Химиялық құрамы бойынша статистикалық мәліметтерге сәйкес, *Rh. semenovii* өсімдігінің тамыр сығындысында флавоноидтар, кумариндер, фенол қышқылдары, полисахаридтер сияқты заттар анықталды. Жедел және созылмалы уыттылықты анықтауға арналған материал *Rh. semenovii* өсімдіктерінің сулы сығындысы болды. Сығындының жедел және созылмалы уыттылығын зерттеу үшін ақ тұқымсыз зертханалық егеуқұйрықтарда клиникаға дейінгі зерттеулер жүргізілді. Жануарлармен бірқатар эксперименттер жүргізілді және сығындының мөлшеріне байланысты гематологиялық көрсеткіштер анықталды. Жедел және созылмалы уыттылық эксперименті аяқталғаннан кейін жануарларды сою жүргізіліп, гематологиялық және биохимиялық қан анализін жүргізу үшін перифериялық қан үлгілері алынды. Сонымен қатар, зертханалық жануарларды сойып, жүрек, бүйрек, бауыр, жүрек, ұйқы безі құрылымындағы макроморфологиялық өзгерістердің болуы зерттелді. Сойғаннан кейін сыртқы тексеру кезінде өмірлік маңызды органдардың, сондай-ақ ас қорыту, тыныс алу, шығару жүйелерінің өзгерістері анықталған жоқ. Клиникаға дейінгі сынақ нәтижелеріне сәйкес, *Rh. semenovii* жедел және созылмалы уыттылық тәжірибелеріне, GNI сынақтарына, органдардың патоморфологиялық зерттеулеріне, қанның гематологиялық және биохимиялық көрсеткіштеріне сәйкес жалпы уытты қасиеттерге ие емес.

Кілт сөздер: уыттылық, фармакология, *Rhodiola semenovii*, сығынды, фитохимия, жедел уыттылық, созылмалы уыттылық, гематология.

Н.К. Корбозова, Н.В. Терлецкая, Н.О. Кудрина, Т.Н. Кобылина, Ж. Кенжебаева, А.К. Шокан

Определение общей и специфической токсичности экстракта растения *Rhodiola semenovii* Boriss.

Изучение хронической и острой токсичности терапевтических веществ при внешней оценке признаков интоксикации позволило получить важную информацию о терапевтических свойствах будущего препарата. Для определения токсичности был взят экстракт растения *Rhodiola semenovii* Boriss. Были проведены фитохимические исследования по определению состава биологически активных веществ, для дальнейшего использования в терапевтических целях. Согласно имеющимся данным, по химическому составу в экстракте корня растения *Rh. semenovii* В. были идентифицированы такие вещества, как флавоноиды, кумарины, фенолокислоты, полисахариды. Материалом по определению острой и хронической токсичности служил водный экстракт растения *R. semenovii*. Для изучения острой и хронической токсичности экстракта предклинические испытания проводились на белых беспородных лабораторных крысах. Проведен ряд экспериментов с животными и определены гематологические показатели в зависимости от дозировки экстракта. После завершения эксперимента острой и хронической токсичности проводили забор животных и получали образцы периферической крови для проведения гематологического и биохимического анализа крови. Кроме того, проводилось вскрытие лабораторных животных и оценивание наличия макроморфологических изменений структуры сердца, почек, печени, сердца, поджелудочной железы. При внешнем осмотре на вскрытии не было выявлено изменений со стороны жизненно важных органов, а также пищеварительной, дыхательной, выделительной систем. Согласно результатам доклинических испытаний, экстракт *Rh. semenovii* не обладает обще-

токсическими свойствами по данным опытов острой и хронической токсичности, тестов ВНД, патоморфологических исследований органов, гематологических и биохимических показателей крови.

Ключевые слова: токсичность, фармакология, *Rhodiola semenovii*, экстракт, фитохимия, острая токсичность, хроническая токсичность, гематология.

References

- 1 Trakhtanberg, I.M., & Krasnokutskaya, L.M. (2011). Problema lekarstvennoi toksikologii (obzor publikatsii v «Toksikologicheskom vestnike») [The problem of drug toxicology review of publications in the “Toxicological Bulletin”]. *Suchasni problemi toksikologii — Current problems of toxicology*, 1–2; 81–84 [in Russian].
- 2 *Rukovodstvo po eksperimentalnomu (doklinicheskomu) izucheniiu novykh farmakologicheskikh veshchestv. 2-e izdanie [Guidelines for the experimental (preclinical) study of new pharmacological substances. 2nd ed.]*. Moscow: Meditsina [in Russian].
- 3 (2012). *Rukovodstvo po provedeniiu doklinicheskikh issledovaniu lekarstvennykh sredstv. Ch. 1 [Guidelines for conducting preclinical studies of drugs. Part 1]*. Moscow [in Russian].
- 4 *Chronic Toxicity Studies. OECD Test N 452*. <https://www.oecd.org/env/test-no-452-chronic-toxicity-studies-9789264071209-en.htm>
- 5 Combes, R.D., Gaunt, I., & Balls, M. (2004). A Scientific and Animal Welfare Assessment of the OECD Health Effects Test Guidelines for the Safety Testing of Chemicals under the European Union REACH System. *ATLA*, 32; 163–208.
- 6 (2011). *ICH S6. Preclinical Safety Evaluation of Biotechnology-derived Pharmaceuticals*. <https://www.ema.europa.eu/en/ich-s6-r1-preclinical-safety-evaluation-biotechnology-derived-pharmaceuticals>
- 7 (2016). *Pravila nadlezhashchei laboratornoi praktiki Evraziiskogo ekonomicheskogo soiuza v sfere obrashcheniia lekarstvennykh sredstv: reshenie Soveta Evraziiskoi ekonomicheskoi komissii ot 03.11.2016. N 81 [Rules of good laboratory practice of the Eurasian Economic Union in the field of circulation of medicines: decision of the Council of the Eurasian Economic Commission of 03.11.2016. No. 81]*. Retrieved from https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35171489 [in Russian].
- 8 Karkishchenko, N.N., & Gracheva, S.V. (2010). *Rukovodstvo po laboratornym zivotnym i alternativnym modeliam v biomeditsinskikh issledovaniakh [A Guide to laboratory animals and alternative models in biomedical research]*. Moscow: Profil [in Russian].
- 9 (2008). *ICH M3 (R2). Timing of Non-Clinical Safety Studies for the Conduct of Human Clinical Trials for Pharmaceuticals*. https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/ich-m-3-r2-non-clinical-safety-studies-conduct-human-clinical-trials-marketing-authorization_en.pdf
- 10 (2008). *Draft consultant’s proposal OECD TG. Draft OECD guideline for the testing of chemicals. Acute Oral Toxicity Fixed Dose Procedure. November, 28*. <https://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/41761261.pdf>
- 11 Hayes, A.W., & Kruger, C.L. (1982). *Principles and Methods of toxicology*. New York: Raven Press, 17–19.

A. Sabiyeva^{1*}, G.A. Atazhanova¹, M.K. Smagulov², G.K. Kurmantayeva¹, B.B. Ashirbekova¹

¹Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan

²Karaganda University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan

*Corresponding author: sabievaa@qmu.kz

Antiradical activity of dry extracts of *Dracocephalum nutans* and *Dracocephalum ruyschiana* herb growing on the territory of the Central Kazakhstan

This article presents the results of our studies on the assessment of the antiradical activity of dry extracts of *Dracocephalum nutans* L. and *Dracocephalum ruyschiana* L. herb in relation to the diphenylpicrylhydrazyl radical (DPPH-radical, DPPH), obtained with the use of ultrasonic extraction. This antiradical activity research method is widely used to model hyperproduction of reactive oxygen species (ROS) *in vitro* and is one of the methods that most significantly correlated with the total antioxidant activity. To obtain dry extracts, the method of ultrasonic extraction of *D. nutans* and *D. ruyschiana* aerial parts was used. The use of ultrasound has significant advantages over traditional technologies for raw materials processing. In particular, it provided the deeper penetration of the solvent into the material with a cellular structure, reduced the processing time, provided a higher product yield and reproducibility, reduced solvent consumption, increased the speed of the process, and allowed the extraction of thermolabile substances. The equipment does not require large maintenance costs; less energy is consumed for processing; as a result, the processes become more environmentally friendly and economically viable.

Keywords: *Dracocephalum nutans*, *Dracocephalum ruyschiana*, diphenylpicrylhydrazyl, DPPH, antiradical activity, ultrasonic extraction, reactive oxygen species.

Introduction

Activation of free radical processes in living organisms leads to the formation of a number of pathological conditions, such as cancer, atherosclerosis, coronary heart disease, etc. Substances with antiradical activity are used to treat and prevent free radical pathologies [1]. It is a common fact that the leading molecular-cellular mechanism of the pathogenesis of many diseases is the induction of free radical oxidation processes induced by an excess of free radicals [2, 3]. In this regard, the search for new drugs with high antioxidant potential is an urgent task.

A large number of plants, including medicinal ones, grow on the territory of the Republic of Kazakhstan. From the point of view of practical use in medicine species from genus (family *Lamiaceae* Lindl.) are of a great interest [4]. The genus *Dracocephalum* L. belongs to the family *Lamiaceae* (*Labiatae*) [5], whose plants are of interest as sources for drugs with potential biological activities. Several species from genus *Dracocephalum* is used in folk medicine. For example, *Dracocephalum moldavica* L. is used for treatment respiratory diseases, as an antipyretic, for asthenia, as a potency increasing agent. Studies showed that *Dracocephalum* species have antibacterial, antiradical, antioxidant, anticancer, antitussive, antidiarrheal, anti-inflammatory, antidiabetic, and soothing properties [6].

Dracocephalum nutans L. contains a complex of biologically active substances, and is used in the folk medicine of Southeast Asia and Tibet for kidney inflammation treatment and gastrointestinal diseases, such as hepatitis, gastritis, etc. *D. nutans* is a valuable medicinal and ornamental plant. *D. nutans* herb contains a high content of various biologically active compounds: saponins, coumarins, essential oils, traces of flavonoids, and alkaloids [7, 8].

Dracocephalum ruyschiana L. is an essential oil plant, is also used in folk medicine. This plant contains in aerial parts such active compounds, as cardenolides, tannins, coumarins, alkaloids and flavonoids. This plant is used against diseases of the respiratory tract, as an antipyretic, for asthenia, as a potency increasing agent. *D. ruyschiana* nectar has activity against gram-positive and gram-negative bacteria [9, 10].

The aim of this research is a comparative study of the antiradical activity of extracts from the aerial parts of *D. nutans* and *D. ruyschiana*.

Experimental

The objects of the study were aerial parts of *D. ruyschiana* and *D. nutans*, collected in the flowering phase. Place of raw material collection was Karkaraly mountains (Karaganda region); 1-3 decades of May, 2021 (Fig. 1). Dried plants were identified by specialists of Botany Department of Karaganda University of the name of academician E.A. Buketov. Herbarium samples are stored in herbarium fund of Karaganda Medical University.

The raw materials were dried to an air-dry state, crushed to a particle size of 2 mm, packed in kraft-paper bags and stored in a cold dry place [11].

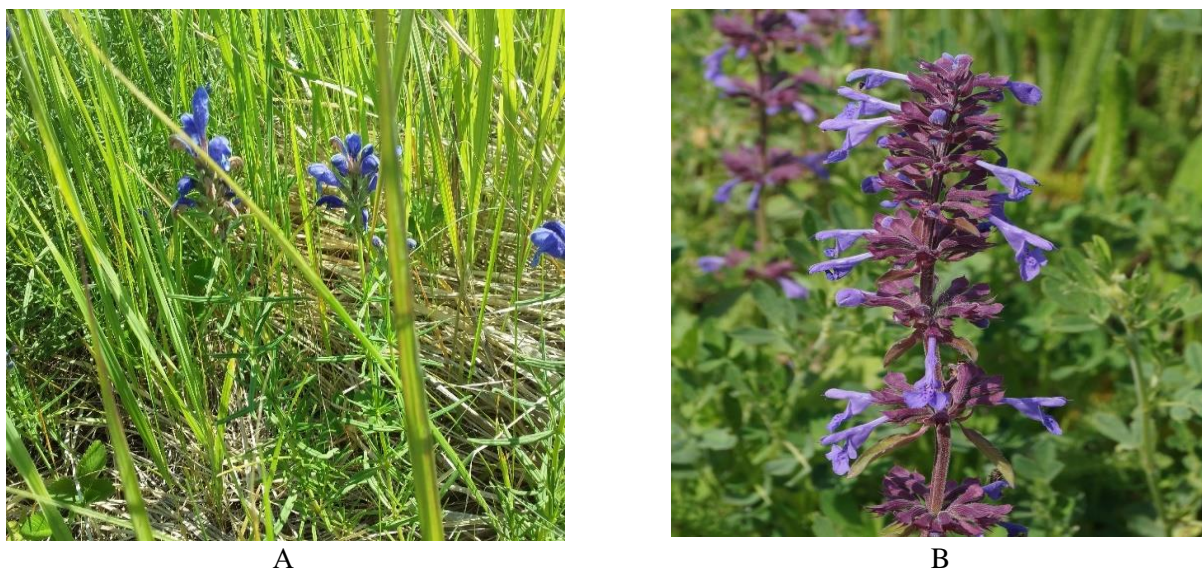


Figure 1. *Dracocephalum ruyschiana* (A) and *Dracocephalum nutans* (B) in the flowering phase

To obtain dry extracts, the method of ultrasonic extraction of *D. nutans* and *D. ruyschiana* aerial parts was used. Ultrasound destroyed the biological cellular structure, which caused the formation of cellular pores and increased the surface area of the extraction. This extraction method can be used at various stages (for raw materials and final products) and in various industries (food, biotechnology or agricultural technology). The choice of the ultrasonic method was due to the fact that in a short time (15-30 minutes) biologically active substances can be extracted from plant raw materials; by using classical methods of extraction it would take 8–24 hours [12].

The Stegler 3DT ultrasonic bath (3 L, 20-80 °C, 120W, frequency 40 kHz) was used for analysis. The raw material was extracted with a mixture of water and ethyl alcohol (in the ratio 1:1) and ethyl alcohol in the ratio of raw material-extractant — 1:10.

Ultrasonic extraction was carried out using distilled water and ethyl alcohol (at the ratio 1:1) as an extractant. The raw material was pre-soaked for 10 minutes, and then subjected to ultrasonic treatment for 30 min at room temperature (22 °C). The extraction of raw material samples was repeated three times under the same conditions; the filtrates were combined, cooled to room temperature, and distilled off on a rotary evaporator. As a result, 8.75 g of *D. nutans* dry extract and 9 g of *D. ruyschiana* dry extract were obtained. Ultrasonic extraction was carried out at a frequency of 40 kHz.

The antiradical activity of the obtained samples was studied in relation to the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH*) radical [13]. An ethanol solution of DPPH (100 µM) was used to assess the antiradical activity of the studied samples in the test with DPPH radical.

To select samples with pronounced antiradical activity, 2 ml of a 100 µM ethanol solution of DPPH were mixed with 20 µl of the test sample dissolved in ethanol at a concentration of 10 mg/ml. Thus, the final concentration of the test sample in the reaction mixture was 100 mg/ml. 10 minutes after adding the test sample solution to the DPPH-radical solution, the decrease in optical density was measured at 515 nm. For the test samples, interaction with DPPH-radical at final concentrations of test extracts was from 5 to 100 mg/ml. After that, the concentration of the test extract was determined, which was capable for reducing the optical density of a 100 µM DPPH-IC₅₀ (DPPH) solution by 50 %.

The value of DPPH radical inhibition (in %) was calculated by the formula:

$$I = \frac{A_0 - A_x}{A_0} \times 100$$

where A_0 — reference optical density of a solution that contained all reagents except the test sample;
 A_x — optical density of the sample.

Results and Discussion

Both extracts of studied plants showed antiradical activity. Extract of *D. ruyschiana* was more active than extract of *D. nutans*. Table 1 presents the results of screening of potential extracts for the antiradical activity.

Table 1

Optical density values for a solution of 100 μ M DPPH radical after 10 minutes incubation with test extracts at a final concentration of 100 mg/ml

Sample number	Test extract	Absorbance, OD
1	Extract of <i>Dracocephalum nutans</i>	0.062
2	Extract of <i>Dracocephalum ruyschiana</i>	0.603
3	Control (DPPH solution without test sample)	0.995

Results show that the *D. nutans* plant extract is promising for further studies, as it reduced the optical density of the DPPH radical solution by more than 50 %. *D. ruyschiana* extract did not show pronounced antiradical activity under the conditions of this test system.

In the second series of the experiment, we studied the ability of *D. nutans* extract to interact with the DPPH radical at various concentrations (from 5 to 100 mg/ml).

Using the constructed calibration curves, the IC_{50} (DPPH) was determined for the test extract of *Dracocephalum nutans* L. (Fig. 2). IC_{50} (DPPH) values for *D. nutans* extract are shown in Table 2.

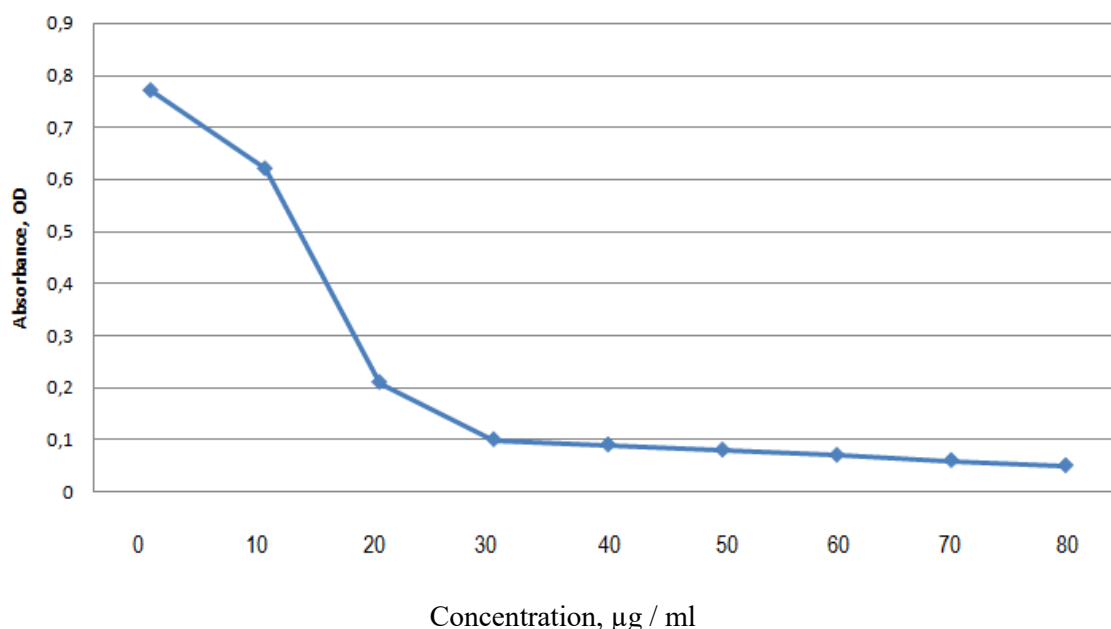


Figure 2. Calibration curve for extract of *Dracocephalum nutans*

IC₅₀ (DPPH) values for test extract of *Dracocephalum nutans*

Test extract	IC ₅₀ (DPPH), mg/ml
Extract of <i>Dracocephalum nutans</i>	9.8

Conclusions

The antiradical effect of the presented samples was assessed in relation to the DPPH radical. Under the conditions of this test system, the most pronounced antiradical activity was shown by the *D. nutans* extract, for which the concentration was determined that can reduce the optical density of a 100 µM solution of the DPPH radical by 50 %. For the extract of *D. nutans* IC₅₀ (DPPH) was found to be 9.8 mg/ml.

Under the conditions of this test system, *D. ruyschiana* L. extract did not show pronounced antiradical activity. The data obtained indicated that the dry extract of *D. nutans* has the ability to restore biological substrates and that it exhibits a pronounced antiradical effect.

References

- 1 Татаринова Н.К. Антирадикальные свойства сухого экстракта *Fornicium uniflorum* L. / Н.К. Татаринова, И.Э. Матханов, Б.А. Муруев, В.Г. Банзаракшеев, С.М. Николаев, Л.Н. Шантанова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. — Пушино, 2017. — С. 75–77.
- 2 Каминский И.П. Антирадикальная активность экстрактов из растений рода *Centaurea* флоры Сибири / И.П. Каминский, Е.В. Ермилова, Т.В. Кадырова, М.С. Ларькина, А.А. Дьяконов, М.В. Белоусов // Химия растительного сырья. — 2019. — № 4. — С. 173–179. <https://doi.org/10.14258/jcpm.2019045409>.
- 3 Wang T.-Y. Bioactive Flavonoids in Medicinal Plants: Structure, Activity and Biological Fate / T.-Y. Wang, Q. Li, K.-S. Bi // Asian Journal of Pharmaceutical Sciences. — 2018. — Vol. 13. — P. 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2017.08.004>
- 4 International scientific and practical remote conference dedicated to the 100th anniversary of the Department of Analytical Chemistry of National Pharmaceutical University. — Tashkent: National Pharmaceutical University, 2021. — 170 p.
- 5 Абышева Л.Н. Дикорастущие полезные растения России / Л.Н. Абышева, Л.М. Беленовская, Н.С. Бобылева и др. — СПб.: Изд-во СПХФА, 2001. — С. 497, 498.
- 6 Егорова П.С. К интродукции *Dracocephalum nutans* L. (змееголовника поникшего) в Якутском ботаническом саду / П.С. Егорова // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. — 2016. — № 1 (135). — С. 82–86.
- 7 Флора Казахстана. — Т. 3. — Алма-Ата: Наука, 1958. — 450 с.
- 8 *The Plant List*. Retrieved from <http://www.theplantlist.org/>.
- 9 Khoshbakht T. The Variability of Thymol and Carvacrol Contents Reveals the Level of Antibacterial Activity of the Essential Oils from Different Accessions of *Oliveria decumbens* / T. Khoshbakht, A. Tahmasebi, F. Maggi // Antibiotics. — 2020. — Vol. 9. — P. 409. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9070409>
- 10 Silva de Jesus G. Antimicrobial Potential of Essential Oils from Cerrado Plants against Multidrug-Resistant Food borne Microorganisms / G. Silva de Jesus, A.C. Micheletti, R. Gonçalves Padilha, J. de Souza de Paula, F. Macedo Alves, C. Rejane Brito Leal, F.R. Garcez, W. Silva Garcez, C.N. Yoshida // Molecules. — 2020. — Vol. 25. — Article ID 3296. <https://doi.org/10.3390/molecules25143296>.
- 11 Государственная фармакопея Республики Казахстан. — Т. 1. — Алматы: Жибек жолы, 2008. — 592 с.
- 12 Iseppi R. Phytochemical Composition and In Vitro Antimicrobial Activity of Essential Oils from the *Lamiaceae* Family against *Streptococcus agalactiae* and *Candida albicans* Biofilms / R. Iseppi, R. Tardugno, V. Brighenti, S. Benvenuti, C. Sabia, F. Pellati, P. Messi // Antibiotics. — 2020. — Vol. 9. — P. 592. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9090592>
- 13 Brand-Williams W. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity / W. Brand-Williams, S.E. Cuvelier, C. Berset // Lebensm-Wiss Technol. — 1995. — Vol. 28. — P. 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).

А. Сабиева, Г.А. Атажанова, М.К. Смагулов, Г.К. Курмантаева, Б.Б. Аширбекова

Орталық Қазақстан аумағында өсетін *Dracocephalum nutans* және *Dracocephalum ruyschiana* шөптерінен алынған құрғақ экстрактілердің радикалғақарсы белсенділігі

Мақалада дифенилпикрилгидразил радикалына (DPPH-радикал, DPPH) қатысты ультрадыбыстық экстракцияны қолдану арқылы алынған *Dracocephalum nutans* L. және *Dracocephalum ruyschiana* L. шөптерінен құрғақ сығындылардың антирадикалдық белсенділігін бағалау бойынша зерттеулердің

нәтижелері берілген. Радикалға қарсы белсенділікті зерттеудің бұл әдісі *in vitro* оттегінің белсенді түрлері (ОБТ) гиперөндірісін модельдеу үшін кеңінен қолданылады және жалпы антиоксиданттық белсенділікті бағалаумен ең маңызды корреляциялық әдістердің бірі болып табылады. Құрғақ сығындыларды алу үшін *D. nutans* және *D. ruyschiana* жерүсті бөліктерін ультрадыбыстық экстракциялау әдісі қолданылды. Ультрадыбысты қолдану шикізатты өңдеудің дәстүрлі технологияларына қарағанда айтарлықтай артықшылықтарға ие. Атап айтқанда, ол еріткіштің жасушалық құрылымы бар материалға тереңірек енуін қамтамасыз етті, өңдеу уақытын қысқартады, өнімнің жоғары өнімділігі мен қайталануын қамтамасыз етеді, еріткіштің шығынын азайтады, процестің жылдамдығын арттырады және термолабильді заттардың экстракциясына мүмкіндік береді. Жабдық көп техникалық қызмет көрсетуді қажет етпейді; қайта өңдеуге аз энергия жұмсалады; нәтижесінде бұл процестер экологиялық таза және экономикалық тұрғыдан тиімді болады.

Кілт сөздер: *Dracocephalum nutans*, *Dracocephalum ruyschiana*, дифенилпикрилгидразил, DPPH, радикалға қарсы белсенділік, ультрадыбыстық экстракция, оттегінің белсенді түрлері.

А. Сабиева, Г.А. Атажанова, М.К. Смагулов, Г.К. Курмантаева, Б.Б. Аширбекова

Антирадикальная активность сухих экстрактов из трав *Dracocephalum nutans* и *Dracocephalum ruyschiana*, произрастающих на территории Центрального Казахстана

В статье представлены результаты исследований по оценке антирадикальной активности сухих экстрактов из трав *Dracocephalum nutans* L. и *Dracocephalum ruyschiana* L., полученных с применением ультразвуковой экстракции, в отношении дифенилпикрилгидразильного радикала (DPPH-радикал, DPPH). Этот метод исследования антирадикальной активности широко используется для моделирования гиперпродукции активных форм кислорода (АФК) *in vitro* и является одним из методов, наиболее значимо коррелирующих с оценкой общей антиоксидантной активности. Для получения сухих экстрактов использовали способ ультразвуковой экстракции надземных частей *D. nutans* и *D. ruyschiana*. Использование ультразвука имеет значительные преимущества перед традиционными технологиями обработки сырья. В частности, оно обеспечивало более глубокое проникновение растворителя в материал с ячеистой структурой, сокращало время обработки, обеспечивало более высокий выход продукта и воспроизводимость, снижало расход растворителя, увеличивало скорость процесса и допускало экстракцию термолабильных веществ. Оборудование не требует больших затрат на обслуживание; расходуется меньше энергии на переработку; в результате эти процессы становятся более экологичными и экономически жизнеспособными.

Ключевые слова: *Dracocephalum nutans*, *Dracocephalum ruyschiana*, дифенилпикрилгидразил, DPPH, антирадикальная активность, ультразвуковая экстракция, активные формы кислорода.

References

- 1 Tatarinova, N.K., Matkhanov, I.E., Muruev, B.A., Banzaraksheev, V.G., Nikolaev, S.M., & Shantanova, L.N. (2017). Antiradikalnye svoystva sukhogo ekstrakta *Fornicium uniflorum* L. [Antiradical peculiarities of dry extract of *Fornicium uniflorum* L.]. *Novye i netraditsionnye rasteniia i perspektivy ikh ispolzovaniia — New and non-traditional plants and prospect of their using*. Pushchino, 75–77 [in Russian].
- 2 Kaminskii, I.P., Ermilova, E.V., Kadyrova, T.V., Larkina, M.S., Diakonov, A.A., & Belousov, M.V. (2019). Antiradikalnaia aktivnost ekstraktov iz rastenii roda *Centaurea* flory Sibiri [Antiradical activity of extracts from plants of genus *Centaurea* of Siberia flora]. *Khimiia rastitelnogo syria — Chemistry of Natural raw material*, 4; 173–179. <https://doi.org/10.14258/jcpm.2019045409> [in Russian].
- 3 Wang, T.-Y., Li, Q., & Bi, K.-S. (2018). Bioactive Flavonoids in Medicinal Plants: Structure, Activity and Biological Fate. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 13; 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2017.08.004>
- 4 (2021). *International scientific and practical remote conference dedicated to the 100th anniversary of the Department of Analytical Chemistry of National Pharmaceutical University*. Tashkent: National Pharmaceutical University.
- 5 Abyшева, L.N., Belenovskaia, L.M., Bobyleva, N.S. et al. (2001). *Dikorastushchie poleznye rasteniia Rossii [Wild useful plants of Russia]*. Saint Petersburg: Publ. Saint-Petersburg Chem-Pharm Academy, 497–298 [in Russian].
- 6 Egorova, P.S. (2016). К интродукции *Dracocephalum nutans* L. (змееголовника поникшего) в Якутском ботаническом саду [To the introduction of *Dracocephalum nutans* L. (snakehead drooping) in the Yakutsk Botanical Garden]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta — Bulletin of Altai State Agrarian University*, 1 (135); 82–86 [in Russian].
- 7 (1958). *Flora Kazakhstana. T. 3 [Flora of Kazakhstan. Vol 3]*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 8 *The Plant List*. <http://www.theplantlist.org/>

9 Khoshbakht, T., Tahmasebi, A., & Maggi, F. (2020). The Variability of Thymol and Carvacrol Contents Reveals the Level of Antibacterial Activity of the Essential Oils from Different Accessions of *Oliveria decumbens*. *Antibiotics*, 9; 409. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9070409>

10 Silva de Jesus, G., Micheletti, A.C., Gonçalves Padilha, R., de Souza de Paula, J., Macedo Alves, F., Rejane Brito Leal, C., Garcez, F.R., Silva Garcez, W., & Yoshida, C.N. (2020). Antimicrobial Potential of Essential Oils from Cerrado Plants against Multidrug-Resistant Food borne Microorganisms. *Molecules*, 25; 3296. <https://doi.org/10.3390/molecules25143296>

11 (2008). *Gosudarstvennaia farmakopeia Respubliki Kazakhstan. T. 1 [The state pharmacopeia of Republic of Kazakhstan. Vol. 1]*. Almaty: Zhibek Zholy [in Russian].

12 Iseppi, R., Tardugno, R., Brighenti, V., Benvenuti, S., Sabia, C., Pellati, F., & Messi, P. (2020). Phytochemical Composition and In Vitro Antimicrobial Activity of Essential Oils from the *Lamiaceae* Family against *Streptococcus agalactiae* and *Candida albicans* Biofilms. *Antibiotics*, 9; 592. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9090592>

13 Brand-Williams, W., Cuvelier, S.E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm-Wiss Technol.*, 28; 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

Д.Л. Голованов^{1*}, Е.И. Кравченко², С. Кушербаев³, А. Аманжолов³, А.Б. Мырзабаев³,
М.Ю. Ишмуратова³, А.Н. Матвеев⁴, Н.А. Мушникова¹, Л.В. Добрыднева¹

¹ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;*

² *ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Москва, Россия;*

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

⁴ *Жезказганский ботанический сад — филиал Института ботаники и фитоинтродукции, Жезказган, Казахстан*

**Автор для корреспонденции: dm_golovanov@mail.ru*

Засоление, гипсоносность и загрязнение почв Жезказганского ботанического сада: 80 лет с момента организации и начала орошения

Целью исследования было выявление изменения свойств бурых аридных почв в условиях орошения и воздействия: выбросов обогатительного и медеплавильного комбинатов. В статье проанализировано современное состояние засоления, содержания гумуса, тяжелых металлов в почвах Жезказганского ботанического сада, находящегося в зоне интенсивных техногенных выбросов. Изменение свойств почв предопределяет устойчивость выращиваемых растений к природным и антропогенным стрессам, а также качество выращиваемой продукции. В Ботаническом саду подобраны растения, способные активно расти при орошении в резко континентальных условиях. За 80 лет функционирования отмечено частичное растворение гипса, перераспределение солей, увеличение содержания гумуса. Использование в качестве источника орошения загрязненных вод реки Кенгир привело к увеличению содержания в поверхностных горизонтах валовых и подвижных форм Cu и Pb. Полученные результаты позволяют оценить скорость и направленность перераспределения гипса, рекомендовать переход к водосберегающим технологиям капельного орошения с одновременным отстаиванием и удалением из оросительной воды взвеси.

Ключевые слова: засоление почв, загрязнение, мониторинг, водосберегающие технологии, капельное орошение.

Введение

Изменению свойств аридных почв в условиях орошения, так и результатам техногенного загрязнения посвящен значительный объем литературы [1–5]. В то же время анализ совместного воздействия на почвы этих факторов рассматривается реже, что определяет актуальность выполненной работы.

Целью исследования было выявление изменения свойств бурых аридных [6] или бурых пустынно-степных почв [7], находящихся одновременно в условиях орошения и техногенного воздействия. В статье анализируется засоление, содержание гумуса и тяжелых металлов в почвах Жезказганского ботанического сада (Улытауская область, Казахстан), находящегося в зоне интенсивных техногенных выбросов от обогатительного и медеплавильного комбинатов и их хвостохранилищ. Изменение свойств почв предопределяет устойчивость выращиваемых растений к природным и антропогенным стрессам, а также качество выращиваемой продукции.

Объекты и методы

Жезказганский ботанический сад организован по инициативе Е.М. Лавренко, И.К. Фортунатова при участии почвоведов У.У. Успанова и М.А. Глазовской [8]. Изучаемая территория относится к

юго-западной окраине Казахского мелкосопочника, расположенной в области полупустыни с резким преобладанием потенциального испарения над количеством осадков. Ботанический сад был заложен с двумя целями: обеспечение промышленного города свежими овощами и бахчевыми культурами и подбор древесно-кустарниковой растительности для озеленения промышленного города в условиях полупустыни с использованием орошения [9]. Город Жезказган построен на месте уникального медно-рудного месторождения для добычи и переработки меди, разработка которой началась в начале XX века [10].

Климат Жезказганского региона отличается резкой континентальностью [11]. Амплитуда температуры воздуха достигает 80°C . Зимний период ограничивается периодом от декабря до середины марта, наибольшие отклонения температур наблюдаются осенью и весной. Началом теплого сезона можно считать 1 апреля, его концом — 1 ноября. Средняя продолжительность теплого сезона 214 дней. Средняя температура самого теплого месяца июля в г. Жезказгане составляет $+23^{\circ}\text{C}$ тепла, самого холодного января $-14,5^{\circ}\text{C}$ мороза. В отдельные годы отмечено понижение температуры до -50°C мороза и ее повышение до $+47^{\circ}\text{C}$ тепла. В г. Сатпаеве средние температуры июля зафиксированы на уровне $+21,3^{\circ}\text{C}$, а января $-17,0^{\circ}\text{C}$ мороза. Устойчивый снежный покров образуется к концу ноября, его полное разрушение происходит во 2-ой декаде апреля. Глубина снежного покрова незначительна — 5–15 см.

Относительная влажность воздуха в г. Жезказгане колеблется от 80 до 40 %, причем минимумы приходятся на середину лета.

Рекогносцировочное обследование почв Ботанического сада и его окрестностей было проведено авторами в октябре 2021 года (рис. 1).



Рисунок 1. Жезказганский ботанический сад. Точки опробования

Ботанический сад расположен в 2 км к юго-востоку от города Жезказгана. Орошение осуществляется поливом по бороздам и дождеванием из шланга. Источником орошения служат воды реки Кенгир ниже водохранилища и промышленной зоны. К северо-востоку от Ботанического сада находятся шламоотвалы обогатительной фабрики.

В июне 2022 г. проведено повторное обследование почв Жезказганского ботанического сада с описанием почвенных профилей и диагностикой почв по Классификации и диагностике почв СССР (1977) [7] и России [8, 12]. Выполнено детальное описание опорного разреза (Ж-14).

Из реки Кенгир отобраны пробы воды, используемой на орошение. Анализ состава вод проведен на жидкостном хроматографе в Эколого-геохимическом центре географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

В почвах морфологически и аналитически диагностирован гипс, проведен экспресс-анализ почв на засоление с использованием рН и TDS-метров фирмы Hanna Instruments. Сера, предположительно в форме сульфатов в почвах и сульфидов в незасоленных породах, определялась методом РФА-анализа. Этим же методом были получены результаты по содержанию тяжелых металлов и металлоидов. Картографическая обработка результатов выполнена в программе SAGAGIS. Для интерполяции был использован метод «обратно взвешенного расстояния».

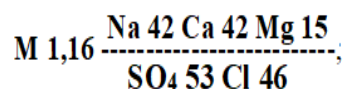
Результаты и их обсуждение

По результатам детального морфологического описания почва разреза Ж-14 была определена как бурая (аридная) постагрогенная сегрегационная солонцеватая гипс-содержащая среднесуглинистая на щебнистых суглинистых отложениях.

Базируясь на схематической карте глубины залегания морфологических проявлений гипса, составленной по результатам бурения по сетке с учетом функционального зонирования территории Ботсада, можно констатировать, что на его орошаемой части верхняя поверхность проявления гипса понизилась на 20–50 см по сравнению с исходной глубиной около 40 см.

Воды реки Каракенгир имеют минерализацию более 1 г/л и неблагоприятное соотношение катионов даже в раннелетнее время, когда проводились исследования:

Формула Курлова для состава вод:



Воды кальциево-натриевые хлоридно-сульфатные. SAR=21,7 [13] — воды неблагоприятного качества [14], способствуют осолонцеванию почв. Однако в орошаемых почвах, по сравнению с исходным состоянием и фоновыми участками, несколько увеличилось содержание гумуса. Предварительный вывод вполне согласуется с ранее выявленными тенденциями в орошаемых почвах аридной зоны. В поверхностных горизонтах неорошаемых почв Ботанического сада содержание Cu, Pb и Zn близко к кларку (табл. 1, Ж 8).

Т а б л и ц а 1

Содержание элементов (мг/кг) в поверхностных образцах почв и ТПО по данным РФА-анализа (фрагмент)

№	S	Cl	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Pb
Ж1	769	276	62	39	726	31	1016	319	ND	170	243
Ж2	1023	ND	65	49	744	30	1546	385	ND	142	305
Ж3	1536	686	55	19	672	21	1877	134	10	114	196
Ж4	4140	532	71	18	604	32	1331	92	ND	138	214
Ж5	2459	586	66	43	897	37	470	199	18	295	140
Ж6	7032	19431	98	29	292	19	302	83	20	501	138
Ж7	1191	217	76	47	768	45	174	87	10	224	80
Ж8	1200	ND	39	26	448	34	30	55	12,6	952	15

В поверхностных горизонтах орошаемых почв и техногенных поверхностных образований (ТПО) содержание меди и свинца превышает кларки в десятки раз (табл. 2, Ж 7)

Кларк концентрации (КК) элементов в поверхностных образцах почв и ТПО по данным РФА-анализа (фрагмент)

	S	Cl	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Pb
Ж1	0,8	0,4	0,6	0,4	0,9	0,6	38	4,2	-	0,6	14
Ж2	1,1	-	0,6	0,5	1,0	0,6	57	5,1	-	0,5	18
Ж3	1,6	1,1	0,5	0,2	0,9	0,4	70	1,8	1,8	0,4	12
Ж4	4,3	0,8	0,7	0,2	0,8	0,6	49	1,2	-	0,5	13
Ж5	2,6	0,9	0,6	0,5	1,2	0,7	17	2,6	3,2	1,1	8
Ж6	7,4	30,4	0,9	0,3	0,4	0,4	11	1,1	3,6	1,9	8
Ж7	1,2	0,3	0,7	0,5	1,0	0,9	6	1,2	1,8	0,8	5
Ж8	1,3	-	0,4	0,3	0,6	0,7	1,1	0,7	2,2	3,5	0,9
К*	953	640	106	92	770	50	27	75	5,6	270	17

*Примечание. К — кларк (мг/кг), согласно рекомендациям [15].

Превышение содержания элементов в орошаемых почвах по сравнению с неорошаемыми показано на графике (рис. 2). Так, накопление Cu и Pb составляет 5–6 раз. Активные водные мигранты — Cl, Se, Sr, Ca — выносятся из орошаемых почв. Для серы соблюдается баланс выноса и закрепления в почве.



Рисунок 2. Загрязнение орошаемых почв Жезказганского ботанического сада

Вода для орошения берется из реки Кенгир ниже плотины Кенгирского водохранилища, на берегу которого расположен город Жезказган, а непосредственно у плотины находится промышленная зона (рис. 1). В воде присутствует обогащенная загрязнителями взвесь. Шламоотвалы также накладывают свой отпечаток: в их «пустой» породе превышение кларка Cu составляет 50–70 раз, Pb до 20 раз (табл. 1, 2). Сейчас шламоотвалы изолированы для предотвращения «пыления». Ранее золотой перенос пыли вносил существенный вклад в поступление в почвы элементов. В почвах и ТПО наблюдается превышение ПДК валовых форм меди и свинца в десятки раз (рис. 3).

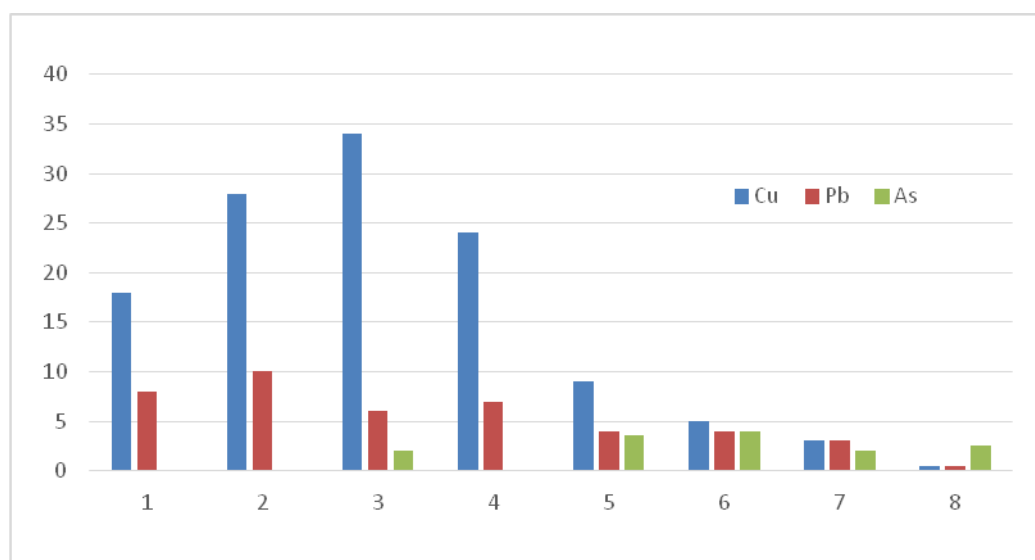


Рисунок 3. Превышения ПДК (раз) в почвах и ТПО окрестностей Жезказганского ботанического сада

Для уточнения эколого-геохимической оценки загрязнения планируется определение подвижных форм этих элементов. Для оптимизации орошения и решения задачи экономии воды в настоящее время начался переход к более прогрессивному методу орошения — капельному как в Ботаническом саду, так и в зеленой инфраструктуре города. При этом для предотвращения забивания отверстий трубок капельниц необходимо отстаивание взвеси для осветления воды. Сбор взвеси и ее анализ позволит оценить химизм и специфику ее химического и гранулометрического состава по сравнению с пылью шламоотвалов. Кроме того, в связи с изменением статуса города Жезказгана, возвращением ему уровня областного центра, расширением его зеленой инфраструктуры, возрастет потребность в материале для посадок. К Ботаническому саду потребуется добавить участок выше города по течению реки Кенгир и вне зоны пылевого воздействия шламоотвалов.

Заключение

Почвы Жезказганского ботанического сада находятся под двойным воздействием орошения и загрязнения. Орошение проводится по бороздам и дождеванием. За 80 лет функционирования отмечено частичное растворение гипса, перераспределение солей, увеличение содержания гумуса. Использование в качестве источника орошения воды реки Кенгир привело к увеличению содержания в поверхностных горизонтах меди, свинца и мышьяка. Полученные результаты позволяют оценить скорость и направленность перераспределения солей и гипса, рекомендовать переход к водосберегающим технологиям капельного орошения с одновременным отстаиванием и удалением из оросительной воды взвеси, загрязненной тяжелыми металлами.

Список литературы

- 1 Горохова И.Н. Почвенный покров Светлоярской оросительной системы через полвека мелиоративных воздействий / И.Н. Горохова, Н.Б. Хитров, К.О. Прокопьева и др. // Почвоведение. — 2018. — № 8. — С. 1–12.
- 2 Кошелева Н.Е. Загрязнение почв тяжелыми металлами в промышленных городах Монголии / Н.Е. Кошелева, Н.С. Касимов, С.Н. Бажа и др. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2010. — № 3. — С. 20–27.
- 3 Приходько В.Е. Почвенные процессы на разных структурных уровнях организации и диагностика их изменений при орошении / В.Е. Приходько, Д.В. Манахов // Вест. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. — 2010. — № 2. — С. 8–17.
- 4 Фоменко Т.Г. Дифференциация свойств черноземных почв при локальных способах орошения и применения удобрений / Т.Г. Фоменко, В.П. Попова, А.И. Иванов // Проблемы агрохимии и экологии. — 2012. — № 4. — С. 8–13.
- 5 Воротынцева Л.И. Особенности почвообразования чернозема обыкновенного в постирригационный период / Л.И. Воротынцева // Почвоведение и агрохимия. — 2016. — № 1 (56). — С. 60–73.
- 6 Шишов Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. — Смоленск: Изд-во «Ойкумена», 2004. — 342 с.

- 7 Егоров В.В. Классификация и диагностика почв СССР / В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова и др. — М.: Колос, 1977. — 221 с.
- 8 Ишмуратова М.Ю. Рекомендации по созданию и уходу за зелеными насаждениями в условиях Жезказганского промышленного региона / М.Ю. Ишмуратова, А.Н. Матвеев, С.У. Тлеукунова. — Караганда: Изд-во Караганд. ун-та, 2021. — 50 с.
- 9 Биржанов М.Б. Интродукция растений в Жезказгане / М.Б. Биржанов // В сб. Интродукция полезных растений в Казахстане. — Алма-Ата: Наука, 1972. — С. 21–26.
- 10 Чухров Ф.В. Рудные месторождения Жезказгано-Улутаевского района в Казахстане / Ф.В. Чухров. — М.– Л.: Изд-во АН СССР, 1940. — 120 с.
- 11 Урумов Т.М. Краткая географическая и климатологическая характеристика Жезказганского промышленного района / Т.М. Урумов // В кн. Большой Жезказган. — Алматы: Полиграфкомбинат, 1994. — С. 14–16.
- 12 Полевой определитель почв. — М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. — 182 с.
- 13 Allison L.E. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils / L.E. Allison, J.W. Brown, H.E. Hayward, L.A. Richards, L. Bernstein, M. Fireman, G.A. Pearson, L.v. Wilcox, C.A. Bower, J.T. Hatcher, R.C. Reeve. — Washington, 1954. — P. 65–68.
- 14 Панкова Е.И. Экологические требования к качественному составу оросительных вод, обеспечивающих предотвращение засоления и осолонцевания почв / Е.И. Панкова. — М.: ЦНТМПИР, 1995. — 33 с.
- 15 Касимов Н.С. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии / Н.С. Касимов, Д.В. Власов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2015. — № 2. — P. 7–17.

Д.Л. Голованов, Е.И. Кравченко, С. Кушербаев, А. Аманжолов, А.Б. Мырзабаев,
М.Ю. Ишмуратова, А.Н. Матвеев, Н.А. Мушникова, Л.В. Добрыднева

Жезқазған Ботаникалық бағының сортаңдануы, гипстелуі және топырақтың ластануы: ұйымдастырылғанына 80 жыл және суландырудың басталуы

Зерттеудің мақсаты суару және әсер ету кезіндегі қоңыр құрғақ топырақтардың қасиеттерінің өзгерістерін анықтау, яғни мыс балқыту және өңдеу зауыттарының шығарындылары негізінде. Мақалада интенсивті техногендік шығарындылар аймағында орналасқан Жезқазған Ботаникалық бағының топырақтарының сортаңдануы, қарашірік құрамы, ауыр металдардың қазіргі жағдайы талданған. Топырақ қасиеттерінің өзгеруі өсірілген өсімдіктердің табиғи және антропогендік әсерлерге төзімділігін, сондай-ақ өсірілген өнімнің сапасын анықтайды. Ботаникалық бақта күрт континентальды жағдайда суару кезінде белсенді өсуге қабілетті өсімдіктер таңдалды. 80 жыл ішінде гипстің ішінара еруі, тұздардың қайта бөлінуі, қарашіріктің көбеюі байқалды. Суару көзі ретінде Кенгір өзенінің ластанған суларын пайдалану жерүсті горизонттарында Си және Рb жалпы және жылжымалы түрлерінің мөлшерінің артуына әкелді. Алынған нәтижелер гипстің қайта бөліну жылдамдығы мен бағытын бағалауға, суармалы суынан суспензияны бір мезгілде тұндыру және жою арқылы суды үнемдейтін тамшылатып суару технологиясына көшуді ұсынуға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: топырақтың сортаңдануы, суару, ластану, бақылау.

D.L. Golovanov, E.I. Kravchenko, S. Kuserbayev, A. Amanzholov, A.B. Myrzabayev, M.Yu. Ishmuratova, A.N. Matveev, N.A. Mushnikova, L.V. Dobryднева

Salinization, gypsum content and pollution of soils in the Zhezkazgan Botanical Garden 80 years since its organization and start of irrigation

This study aims to identify changes in the properties of brown arid soils under irrigation conditions and the effects of emissions from enrichment and copper smelting plants. The article analyzes the current state of salinization, humus content, heavy metals in the soils of the Zhezkazgan Botanical Garden, located in the zone of intensive anthropogenic emissions. The change in soil properties determines the resistance of cultivated plants to natural and anthropogenic stresses, as well as the quality of grown products. The botanical garden has selected plants that can actively grow under irrigation in sharply continental conditions. For 80 years of operation, partial dissolution of gypsum, redistribution of salts, and an increase in humus content have been noted. The use of polluted waters of the Kengir River as an irrigation source has led to an increase in the content of gross and mobile forms of Cu and Pb in the surface horizons. The results obtained allow us to assess the speed and direction of gypsum redistribution, recommend the transition to water-saving drip irrigation technologies with simultaneous sedimentation and removal of suspended matter from irrigation water.

Keywords: soil salinity and gypsum content of soils, irrigation, man-made pollution.

References

- 1 Gorokhova, I.N., Khitrov, N.B., & Prokopeva, K.O. et al. (2018). Pochvennyi pokrov Svetloiarskoi orositelnoi sistemy cherez polveka meliorativnykh vozdeistvii [Soil cover of the Svetloyarskaya irrigation system after half a century of reclamation impacts]. *Pochvovedenie — Soil Science*, 8; 1–12 [in Russian].
- 2 Kosheleva, N.E., Kasimov, N.S., & Bazha, S.N. et al. (2010). Zagriaznenie pochv tiazhelymi metallami v promyshlennykh gorodakh Mongolii [Heavy metal soil pollution in industrial cities of Mongolia]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiia — Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography*, 3; 20–27 [in Russian].
- 3 Prikhodko, V.E., & Manakhov, D.V. (2010). Pochvennye protsessy na raznykh strukturnykh urovniakh organizatsii i diagnostika ikh izmenenii pri oroshenii [Soil processes at different structural levels of the organization and diagnostics of their changes during irrigation]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie — Bulletin of the Moscow University. Series 5. Soil science*, 2, 8–17 [in Russian].
- 4 Fomenko, T.G., Popova, V.P., & Ivanov, A.I. (2012). Differentsiatsiia svoistv chernozemnykh pochv pri lokalnykh sposobakh orosheniia i primeneniia udobrenii [Differentiation of properties of chernozem soils in local methods of irrigation and application of fertilizers]. *Problemy agrokhimii i ekologii — Problems of agro chemistry and ecology*, 4, 8–13 [in Russian].
- 5 Vorotyntseva, L.I. (2016). Osobennosti pochvoobrazovaniia chernozema obyknovennogo v postirrigatsionnyi period [Features of soil formation of common chernozem in the post-irrigation period]. *Pochvovedenie i agrokhimia — Soil science and agrochemistry*, 1 (56); 60–73 [in Russian].
- 6 Shishov, L.L., Tonkonogov, V.D., Lebedeva, I.I., & Gerasimova, M.I. (2004). *Klassifikatsiia i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of soils in Russia]*. Smolensk: Izdatelstvo «Oikumena» [in Russian].
- 7 Egorov, V.V., Fridland, V.M., & Ivanova, E.N. et al. (1977). *Klassifikatsiia i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnostics of soils in the USSR]*. Moscow: Kolos [in Russian].
- 8 Ishmuratova, M.Yu., Matveev, A.N., & Tleukenova, S.U. (2021). *Rekomendatsii po sozdaniiu i ukhodu za zelenymi nasazhdeniiami v usloviakh Zhezkazganskogo promyshlennogo regiona [Recommendations for the creation and care of green spaces in the conditions of the Zhezkazgan industrial region]*. Karaganda: Izdatelstvo Karagandinskogo universiteta [in Russian].
- 9 Birzhanov, M.B. (1972). Introduktsiia rastenii v Dzhezkazgane [Plant introduction in Zhezkazgan]. *V sbornike: Introduktsiia poleznykh rastenii v Kazakhstane — In Book: Introduction of useful plants in Kazakhstan*. Alma-Ata: Nauka, 21–26 [in Russian].
- 10 Chukhrov, F.V. (1940). *Rudnye mestorozhdeniia Dzhezkazgano-Ulutaevskogo raiona v Kazakhstane [Ore deposits of Dzhezkazgan-Ulutaevsky district in Kazakhstan]*. Moscow–Leningrad: Izdatelstvo Akademii nauk SSSR [in Russian].
- 11 Urumov, T.M. (1994). Kratkaia geograficheskaia i klimatologicheskaia kharakteristika Zhezkazganskogo promyshlennogo raiona [Brief geographical and climatological characteristics of Zhezkazgan industrial region]. *V knige: Bolshoi Zhezkazgan — in Book: A Great Zhezkazgan*. Almaty: Poligrafkombinat, 14–16 [in Russian].
- 12 (2008). *Polevoi opredelitel pochv [Field soil determinant]*. Moscow: Pochvennyi institut imeni V.V. Dokuchaeva [in Russian].
- 13 Allison, L.E., Brown, J.W., Hayward, H.E., Richards, L.A., Bernstein, L., Fireman, M., Pearson, G.A., Wilcox, L.v., Bower, C.A., Hatcher, J.T., & Reeve, R.C. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. Washington.
- 14 Pankova, E.I. (1995). *Ekologicheskie trebovaniia k kachestvennomu sostavu orositelnykh vod, obespechivaiushchikh predotvrashchenie zasoleniia i osolontsevaniia pochv [Environmental Requirements for the Quality Composition of Irrigation Waters Ensuring the Prevention of Soil Salinization and Sedimentation]*. Moscow [in Russian].
- 15 Kasimov, N.S., & Vlasov, D.V. (2015). Klarki khimicheskikh elementov kak etalony srabneniia v ekogeokhimii [Clarks of chemical elements as comparison standards in ecogeochemistry]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiia — Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography*, 2, 7–17 [in Russian].

Д.М. Есимханова*, Ж.С. Аубакирова

Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан

**Автор для корреспонденции: dida.94@mail.ru*

Кластерный анализ демографических процессов в Казахстане на современном этапе

Статья посвящена анализу демографических процессов с использованием кластерного анализа. Описаны имеющиеся исследования, использующие кластерный анализ в различных научных целях в российском и казахстанском научном пространстве. Предложено применение методики кластерного анализа для выделения территориальных групп в региональном разрезе. Кластерный анализ классифицировался в зависимости от демографических характеристик: плотность населения, этническая принадлежность населения, уровень урбанизации населения, возрастные характеристики населения. Обоснована актуальность применения методики тем, что среднестатистические данные не позволяют в полной картине рассматривать характеристики населения. Обозначена потребность классифицировать территории, не принимая во внимание региональные центры притяжения населения — областные центры, крупные города и столицы. Предложенный в статье подход дает возможность отметить и проследить проблемы чрезмерной концентрации населения Казахстана в городах — региональных центрах притяжения и оголения близлежащих и сельских территорий. Проведен обзор результатов применения кластерного анализа, в котором отразились неблагоприятные характеристики населения, описаны возможные последствия как результат воздействия этих неблагоприятных характеристик. Предложено дальнейшее применение метода территориальной классификации с использованием кластерного анализа в исследовании демографических процессов населения. Результаты кластерного анализа демонстрируют разнообразные данные характеристик по Казахстану в зависимости от методики выделения территорий. Результат исследования демонстрирует более соответственную оценку характеристик населения, раскрывает проблемы демографических характеристик населения.

Ключевые слова: демографические процессы Казахстана, кластерный анализ, демографические характеристики населения.

Введение

Последняя концепция демографической политики Казахстана была принята в 2000 г., многие задачи которой в настоящее время были успешно решены. Общая численность населения за 10 лет (2009–2019) увеличилась на 23 % в результате высокого естественного прироста населения, в первую очередь, казахского и этнической иммиграции. Срок действия данной демографической концепции истек в 2011 г., новая концепция не была принята. Сложившаяся современная демографическая ситуация требует постоянного, пристального внимания государственных органов. В частности, проблемы оголения территорий, старения населения, дисбаланса возрастной структуры и качественной эмиграции населения остаются актуальными на сегодня для нашей республики.

Методы и материалы

Среднестатистические данные, характеризующие основные демографические процессы Казахстана, являются достаточно благоприятными, однако, рассматривая их в региональном разрезе, можно наблюдать неблагоприятную ситуацию. Поэтому становится необходимым применение кластерного анализа для выявления региональных особенностей демографического развития.

Метод кластерного анализа позволяет классифицировать регионы со сходными демографическими характеристиками в крупные совокупности-кластеры.

Метод кластерного анализа использовался такими российскими учеными, как В.В. Канищев [1], Т.Н. Голубова [2] и М.А. Косых [3].

Результаты и их обсуждение

Нельзя утверждать, что подход, примененный в данных статьях, идентичен системе критериев с применением кластерного анализа, так как, во-первых, все-таки это исследования, проведенные в пространстве и реалиях другой страны, во-вторых, кластерный анализ применялся к различным проблемным вопросам населения. Например, в статье М.А. Косых [3] кластерный анализ был применен к

смертности населения, а основной общей характеристикой для выделения кластера был уровень смертности населения, который не касался территориальных разделений.

В Казахстане же аналогично многие авторы использовали метод кластерного анализа относительно демографии в своих исследованиях. Так, например, А.К. Бекхожаева в 2004 г. в статье «Региональные тенденции демографического развития Республики Казахстан за 1990–2002 годы» [4] применила кластерный анализ, разделив области по процессам смертности и рождаемости. Данные в статье использовали за 2000–2001 гг.

Ж.С. Аубакирова в статье «Демографическое районирование Казахстана: от методики к результатам» [5] применяла метод кластерного анализа с целью выделения территории со схожей демографической картиной, также использовалась компьютерная программа «Fuzzy class» (данные в статье использовались за 2005–2010 гг.).

Министерство национальной экономики Республики Казахстан Комитет по статистике в отчете «Кластерное обследование по многим показателям (MICS) в Республике Казахстан за 2016 год» также использовало кластерный анализ. Совместно с организацией Unicef было проведено обследование женщин и детей. Результаты исследования отражались больше в социальных вопросах, а не демографических [6].

Однако недостаточно уделяется внимание современными учеными региональным особенностям демографических процессов. Впервые метод кластерного анализа был использован для изучения плотности населения, этнической и возрастной структуры населения.

В Казахстане, в общем, отмечается неблагоприятная ситуация, которую характеризует низкая плотность населения, 6,92 чел. на 1 кв. км. В списке стран по плотности населения из 195 стран мира Казахстан занимает лишь 184 позицию.

Мало того в регионах отмечается неравномерное распределение населения от 2,7 на 1 кв. км до 23 чел. на 1 кв. км. Административно-территориальное устройство Казахстана представлено на сегодня 16-ю объектами — областями, каждая из них обладает различными демографическими характеристиками. Данная классификация территории с региональными центрами притяжения выявила четыре кластера по плотности населения, которые отражены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Кластерная классификация плотности населения с учетом региональных центров

Кластер	Регион/ область	Количество человек
№ 1	Туркестанская	23 чел. на 1 кв. км
№ 2	Акмолинская	5–9 чел. на 1 кв. км
	Алматинская	
	Жамбылская	
	Павлодарская	
№ 3	Северо-Казахстанская	3–5 чел. на 1 кв. км
	Восточно-Казахстанская	
	Атырауская	
	Костанайская	
	Западно-Казахстанская	
	Мангистауская	
№ 4	Карагандинская	2,7 чел. на 1 кв. км
	Кызылординская	
№ 4	Актюбинская	2,7 чел. на 1 кв. км

Такая классификация позволяет лишь оценить общие показатели плотности населения и не раскрывает влияние фактора ускоренной урбанизации Казахстана. Поэтому очевидной становится необходимость классифицировать территории без региональных центров притяжения населения — областных центров, городов республиканского значения и столицы. Данный подход позволяет обозначить и изучить проблемы чрезмерной концентрации населения Казахстана в городах — региональных центрах притяжения и оголения прилегающих и сельских территорий. Другая четырех-

кластерная классификация территорий без региональных центров притяжения населения отображена в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Кластерная классификация плотности населения без учета региональных центров (данные 2019 г.)

Кластер	Регион/ область	Количество человек на 1 кв. км	Притяжение
№1	Алматинская	8,3	Исключение населения гг. Алматы, Шымкента, Талдыкоргана и Туркестана приводят к снижению плотности населения данных регионов в 2,8 раза, что означает, что эти четыре города Южного Казахстана «берут на себя» почти 2/3 нагрузки по заселению. Несмотря на это, данная территория остается самой густонаселенной
	Туркестанская		
№2	Акмолинская	от 3 до 5	Области, средняя плотность населения которых без региональных центров притяжения (гг. Нур-Султан, Тараз, Усть-Каменогорск, Семей, Петропавловск Павлодар, Костанай) снижается в 1,8 раза
	Жамбылская, Восточно-Казахстанская		
	Северо-Казахстанская		
	Костанайская		
	Павлодарская		
№3	Мангистауская		Области, средняя плотность населения которых без региональных центров притяжения (гг. Актау, Атырау, Уральск, Караганда, Кызыл-Орда) снижается в 1,5 раза
	Атырауская		
	Западно-Казахстанская		
	Карагандинская		
	Кызылординская		
№4	Актюбинская	2,7	Без г. Актобе, снижается в 2,1 раза

Такие факторы, как динамичная урбанизация, неравномерное развитие территорий и увеличение социально-экономической нагрузки на города, могут привести к возникновению ряда рисков: стихийного формирования «поясов бедности» вокруг городов, безработице населения (в первую очередь, молодежи), вероятности возникновения и обострения социальных конфликтов, нарастания социальной напряженности и протестности, оголения сельских и приграничных территорий, потери контроля над приграничными территориями. Государственная политика должна учитывать вероятность возникновения и развития подобных негативных сценариев.

Исторически сложилось, что сегодня Республика Казахстан пребывает в статусе полиэтнического государства. Но мы можем заметить, что этнодемографическая структура граждан Казахстана за последние 30 лет подверглась изменению, причем не в малой степени. Удельный вес казахской этнической группы стал заметно выше. Такие изменения в составе этнической стороны государства происходят по причине нескольких факторов:

- различия в скорости изменения естественного прироста населения разных этнических групп;
- под воздействием миграции этнических групп.

На сегодня в Казахстане из 18,5 млн чел. 68 % (12,5 млн) являются представителями казахской национальности. Предлагаем рассмотреть кластерную классификацию казахстанского населения по удельному весу казахского населения, представленную в таблице 3 (данные 2019 г.).

Кластерная классификация этнической характеристики населения (данные 2019 г.)

Кластер	Область	Удельный вес казахского населения, %
№ 1	Атырауская	92,1
	Мангыстауская	
	Кызылординская	
№ 2	Актюбинская	74,6
	Западно-Казахстанская	
	Жамбылская	
	Алматинская	
	Туркестанская	
№ 3	Акмолинская	52,7
	Восточно-Казахстанская	
	Карагандинская	
	Павлодарская	
№ 4	Костанайская	37,2
	Северо-Казахстанская	

Итак, из таблицы 3 мы видим, что в первый кластер вошли моноэтнические территории, среднее значение удельного веса казахов по кластеру превышает уровень республики в 1,4 раза. Во втором кластере представлены территории, тяготеющие к моноэтничности, тут среднее значение удельного веса казахов — 74,6 % от общей численности населения. В третий кластер включены полиэтничные территории, в которых среднее значение по кластеру ниже республиканского уровня в 1,3 раза. И четвертый кластер характеризуется как территория с низким удельным весом казахского населения. Среднее значение по кластеру в 3,1 раза меньше, чем в среднем по Казахстану.

Представленные в таблице 3 кластеры сформировались под влиянием сложных исторических процессов и факторов, которые оказывали длительное воздействие на этническую структуру населения Казахстана. За годы суверенитета произошел ряд изменений в динамике этнотерриториальных процессов:

- первый и второй кластеры приобрели ярко выраженные характеристики моноэтнических территорий вследствие эмиграционного оттока представителей других этнических групп и высоких показателей естественного прироста казахского населения;
- третий кластер, для которого теперь характерно полиэтничное население, сформировался только в период суверенного развития. В предыдущий период удельный вес казахского населения на этих территориях не превышал 40 %;
- четвертый кластер остается территорией с самым низким удельным весом казахского населения, несмотря на рост абсолютных и относительных показателей в этом регионе;
- изменения этнического состава населения наиболее ярко проявляется в городах.

Еще один не менее важный показатель социально-экономического формирования государства это степень урбанизации городов. Урбанизация сегодня выступает одним из основных трендов развития мира. Уже сейчас население городов превысило количество человек, проживающих в сельской местности, и данная тенденция будет только усиливаться. На сегодняшний день в городах Казахстана проживает 57,8 % населения страны, при этом 64,3 % являются представителями городского казахского населения. Города миллионники в Казахстане: Алматы (1 829 000 чел.), Астана (1 047 000 чел.) и Шымкент (1 005 000 чел.).

Основываясь на этом показателе, представлены четыре кластера по уровню урбанизации населения Казахстана (табл. 4).

Кластерная классификация уровня урбанизации населения (данные 2019 г.)

Кластер	Область	Уровень урбанизированности, %
№ 1	Карагандинская	73,6
	Павлодарская	
	Актюбинская	
№ 2	Костанайская	52,9
	Атырауская	
	Западно-Казахстанская	
№ 3	Восточно-Казахстанская	43,8
	Акмолинская	
	Северо-Казахстанская	
	Кызылординская	
	Мангистауская	
№ 4	Жамбылская	21,2
	Алматинская	
	Туркестанская	

Как видно из данных таблицы 4, в первом кластере представлены высокоурбанизированные территории Казахстана. Средний показатель их уровня урбанизированности превышает уровень республики в 1,3 раза. Второй кластер включает в себя территории со средним удельным весом городского населения. Урбанизированность у областей второго кластера соответствует среднереспубликанским показателям. В третьем кластере сосредоточились регионы с уровнем урбанизации чуть ниже среднего, меньше половины населения этих областей — горожане. И последний кластер включил в себя малоурбанизированные территории. Туркестанская область была включена в этот кластер после придания г. Шымкенту — статуса города республиканского значения. Среднее значение в 2,7 раза меньше среднего уровня урбанизированности по Казахстану.

Процесс урбанизации показывает небольшую динамику. Так, за 20 лет удельный вес городского населения вырос с 56,4 до 57,8 %. Хотя общие показатели не выявляют значимых изменений, кластеризация через призму казахского населения позволяет увидеть сущность ускоренной урбанизации в Казахстане. Так, средний удельный вес городского казахского населения Казахстана в 1999 г. составлял 44,7 %, а в 2019 этот показатель вырос до 64,3 %.

Классификация по уровню урбанизации казахского населения выявила четыре кластера, которые отражены в таблице 5.

Кластерная классификация уровня урбанизации казахского населения (данные 2019 г.)

Кластер	Область/регион/город	Удельный вес городского казахского населения, %
№ 1	Астана	81,0
	Мангистауская	
	Алматинская	
	Актюбинская	
	Атырауская	
	Кызылординская	
№ 2	Алматы	66,2
	Шымкент	
	Западно-Казахстанская	
	Жамбылская	
	Туркестанская	
№ 3	Костанайская	49,1
	Карагандинская	
	Павлодарская	
	Акмолинская	
№ 4	Восточно-Казахстанская	29,3
	Северо-Казахстанская	

Теперь мы можем наблюдать иную картину, так, например, в первый кластер вошли регионы, где средний удельный вес казахского городского населения превышает уровень республики в 1,3 раза. Второй кластер показывает нам средний удельный вес казахского городского населения. В третьем кластере отразились регионы, где среднее значение показателя удельного веса казахского городского населения составляет в 1,3 раза меньше среднего значения по республике. А в четвертый кластер вошла всего одна область, удельный вес казахского городского населения в которой в 2,2 раза меньше среднереспубликанского значения.

Хотя, общая динамика урбанизации за двадцать лет (1999–2019) демонстрирует рост лишь на 1,4 %, рост удельного веса городских казахов за этот же период увеличивается на 20 %. Такие темпы свидетельствуют об ускоренной урбанизации и подтверждают, что основное содержание урбанизационных процессов в Казахстане обеспечивает титульный этнос за счет внутренних миграций и естественного прироста. Неготовность городской социальной инфраструктуры и неразвитость рынка труда может привести к нарастанию таких социальных рисков, как массовая молодежная безработица, «пояса бедности», криминогенный фактор, общая социальная дестабилизация и протестность населения.

Еще одна важная демографическая и социально-экономическая характеристика любого государства — это возрастная структура населения. Ее показатели важны для изучения и прогнозирования закономерностей роста населения, причин заболеваемости и смертности, для перспективных расчетов численности населения и определения соотношения разных его групп. Возрастная структура выявляет тип воспроизводства населения, долю экономически активного населения, дает представление о военном потенциале страны и многие другие данные, необходимые в формировании социальной политики, планирования ряда важнейших показателей экономической и социальной инфраструктуры общества. Г.М. Дюзельбаева в своей статье [7] указывает на то, что Казахстан находится на пороге старости демографического старения населения.

На сегодня в Казахстане можно применить международную классификацию возрастной структуры, принятую ООН, тем самым разделить население на 3 группы. Это позволяет выявить степень устойчивости возрастной структуры и риски ее дисбаланса:

1. 0–14 лет. Удельный вес данной возрастной группы в составе населения Казахстана составляет 28,1 %.
2. 15–64 года. Удельный вес данной возрастной группы в составе населения Казахстана составляет 64,3 %.
3. Старше 65 лет. Удельный вес данной возрастной группы в составе населения Казахстана составляет 7,6 %.

Сравнительный анализ возрастных групп населения Казахстана 0–14 лет и от 65-ти лет по региональному признаку представлен на рисунке 1.

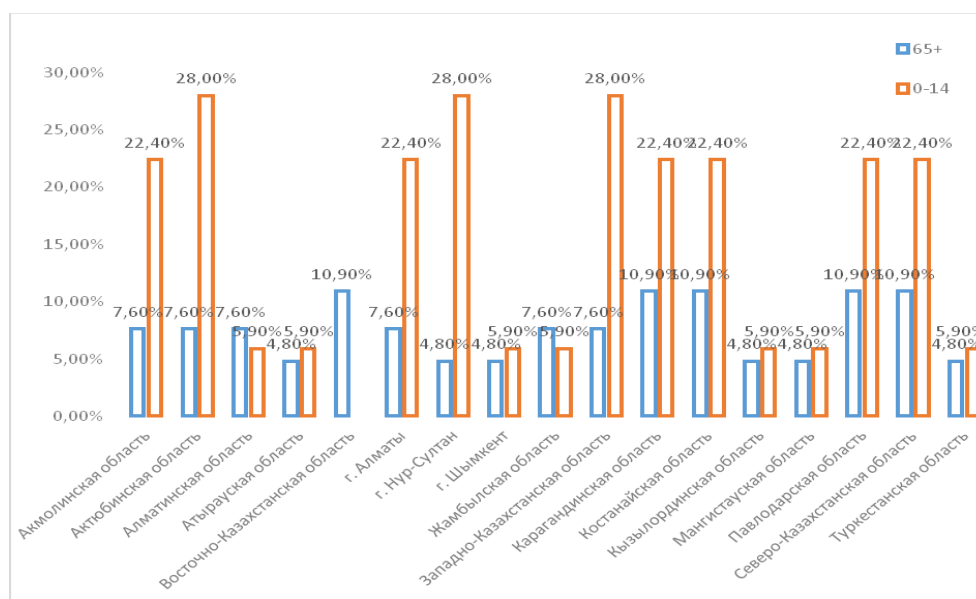


Рисунок 1. Сравнительная диаграмма возрастных групп населения Казахстана (данные 2019 г.)

Данные диаграммы указывают на значительную разницу в возрастных группах в таких областях, как Акмолинская, Актюбинская, Западно-Казахстанская, Карагандинская, Северо-Казахстанская. Такую же огромную разницу мы можем увидеть в городах Алматы, Астана.

Используя эту же классификацию, представим по каждой из групп кластеры. Классификация возрастной структуры населения Казахстана группы 0–14 лет выявила три кластера.

Первый кластер включает г. Шымкент, Алматинскую, Атыраускую, Кызылординскую, Жамбылскую, Мангистаускую и Туркестанскую области, которые характеризуются молодой возрастной структурой. Среднее значение удельного веса детей от 0 до 14 лет составляет 34,0 %. Значения данного кластера выше среднереспубликанского уровня на 5,9 %. Во втором кластере области со средними показателями веса детей от 0 до 14 лет: Нур-Султан, Западно-Казахстанская и Актюбинская область. В третий кластер вошли г. Алматы, Акмолинская, Карагандинская, Павлодарская, Северо-Казахстанская и Костанайская области. Здесь среднее значение показателя кластера удельного веса детей от 0 до 14 лет находится на уровне ниже уровня по республике на 5,7 %.

Второй крайней группой в данной классификации является население возрастом от 65-ти лет. Классификация уровня старения населения Казахстана по удельному весу возрастной группы старше 65 лет выявила три кластера по данным 2019 г.

В первый кластер вошли города и области, среднее значение по данному кластеру которых ниже среднереспубликанского уровня на 2,8: гг. Астана, Шымкент, Мангистауская, Туркестанская, Атырауская и Кызылординская области. Второй кластер включил в себя г. Алматы, Актюбинскую, Алматинскую, Жамбылскую, Западно-Казахстанскую и Акмолинскую области, среднее значение по данному кластеру которых соответствует среднереспубликанскому уровню. И в третий кластер включены Карагандинская, Павлодарская, Восточно-Казахстанская, Костанайская и Северо-Казахстанская области с высокой долей старших возрастов. Среднее значение по данному кластеру выше республиканского показателя на 3,3 %. По классификации ООН население данного кластера считается старым, так как показатель превышает 7 %.

Анализ возрастной структуры выявляет региональную дифференциацию: старение население в третьем кластере и превышение доли молодых возрастов в первом кластере. Их сопоставление показывает значительный дисбаланс возрастной структуры населения по республике. Этот дисбаланс — фактор нарастания таких социальных рисков, как увеличение демографической нагрузки на трудоспособное население за счет высокой доли молодых возрастов в первом кластере и старших возрастов в третьем кластере.

Заключение

Исследование имеет перспективу дальнейшего развития. Представляется возможным в последующем применение метода территориальной классификации с использованием кластерного анализа в исследовании демографических процессов населения.

На основании всего сказанного выше мы можем констатировать, что результаты кластерного анализа показывают различные данные характеристик по Казахстану в зависимости от способа выделения территорий в тот или иной кластер. Территориальное разделение по областям и регионам без учета региональных центров демонстрирует более адекватную оценку характеристик населения, открывает проблемы возрастной структуры, оголения территорий и т.д. Поэтому предлагается при изучении характеристик населения применять кластерный анализ без учета региональных центров. Такой подход позволит адекватно анализировать характеристики населения и соответственно наиболее эффективно реагировать на проблемные вопросы, а также прогнозировать возможные неблагоприятные ситуации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан. (Грант № AP08856205 «Оценка уровня демографической безопасности РК»).

Список литературы

- 1 Канищев В.В. Кластерный анализ демографического поведения сельского населения Европейской России в начале XX века и в начале XXI века. К постановке вопроса / В. Канищев // Ineternum. — 2011. — № 1. — С. 43–55.
- 2 Голубова Т.Н. Кластерный анализ рождаемости и смертности населения в Республике Крым / Т.Н. Голубова, З.Р. Махкамова, Н.М. Овсянникова // Актуальные проблемы медицины. — 2016. — № 12 (233). — С. 88–94.

- 3 Косых М.А. Кластерный анализ в исследовании смертности населения (на примере Кемеровской области) / М.А. Косых // Исследования молодых ученых: материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием. — Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2015. — С. 305–310.
- 4 Бекхожаева А.К. Региональные тенденции демографического развития Республики Казахстан за 1990–2002 годы / А.К. Бекхожаева // Вопросы статистики. — 2004. — № 11. — С. 69–73.
- 5 Аубакирова Ж.С. Демографическое районирование Казахстана: от методики к результатам / Ж.С. Аубакирова // Вестн. Казах. нац. пед ун-та. Сер. Исторические и социально-политические науки. — 2016. — № 4 (51). — С. 8–14.
- 6 Кластерное обследование по многим показателям (MICS) в Республике Казахстан. Мониторинг положения детей и женщин. — Астана: Министерство национальной экономики Республики Казахстан. Комитет по статистике, 2016. — 369 с.
- 7 Дюзельбаева Г.М. Тенденции современного воспроизводства и совершенствование демографической политики Казахстана / Г.М. Дюзельбаева // Проблемы современной экономики. — 2014. — № 22–1. — С. 195–204.

Д.М. Есимханова, Ж.С. Аубакирова

Қазіргі кезеңде Қазақстандағы демографиялық үрдістерді кластерлік талдау

Мақала кластерлік талдауды қолдана отырып, демографиялық процестерді талдауға арналған. Ресейлік және қазақстандық ғылыми кеңістікте әртүрлі ғылыми мақсаттарда кластерлік талдауды қолданатын қолда бар зерттеулер сипатталған. Аймақтық бөлімде аумақтық топтарды бөлу үшін кластерлік талдау әдістемесін қолдану ұсынылды. Кластерлік талдау демографиялық сипаттамаларға қарай жіктелді: халықтың тығыздығы, халықтың этникалық құрамы, халықтың урбанизация деңгейі, халықтың жас ерекшеліктері. Әдістемені қолданудың өзектілігі орташа статистикалық мәліметтер халықтың сипаттамаларын толық көріністе қарастыруға мүмкіндік бермейтіндігімен негізделген. Халықты тартудың өңірлік орталықтарын — облыс орталықтарын, ірі қалалар мен астаналарды есепке алмағанда, аумақтарды жіктеу қажеттілігі белгіленді. Мақалада ұсынылған тәсіл Қазақстан халқының қалалардағы шамадан тыс шоғырлану проблемаларын атап өтуге және бақылауға мүмкіндік береді, яғни жақын және ауылдық аумақтардан келу және облыс орталықтарына көшу. Кластерлік талдауды қолдану нәтижелеріне шолу жүргізілген, онда халыққа қолайсыздық тудыратын сипаттамалар көрсетілген және осы қолайсыз сипаттамалардың әсер етуінің нәтижесінде мүмкін болатын салдарлар сипатталған. Халықтың демографиялық процестерін зерттеуде кластерлік талдауды қолдана отырып, аумақтық жіктеу әдісін одан әрі қолдану ұсынылды. Кластерлік талдау нәтижелері аумақтарды бөлу әдістемесіне байланысты Қазақстан үшін әртүрлі сипаттамалар деректерін көрсеткен. Зерттеу нәтижесі халықтың ерекшеліктерін неғұрлым орынды бағалауды көрсетеді, халықтың демографиялық ерекшеліктерінің мәселелерін ашады.

Кілт сөздер: Қазақстанның демографиялық процестері, кластерлік талдау, халықтың тығыздығы, халықтың жас құрылымы, халықтың этникалық құрамы, халықтың урбандалуы.

E.D. Muratovna, Zh.S. Aubakirova

Cluster analysis of demographic processes in Kazakhstan at the modern stage

The article is devoted to the analysis of demographic processes using cluster analysis. The application of the method of cluster analysis for the selection of territorial groups in the regional context is proposed. The relevance of the application of the method is substantiated by the fact that today the average statistical data do not allow considering the characteristics of the population in a complete picture. The review of the results of the application of cluster analysis, which reflected the unfavorable characteristics of the population, describes the possible consequences as a result of the impact of these unfavorable characteristics. The need to classify territories is indicated without considering the regional centers of attraction of the population — regional centers, large cities and the capital. This approach makes it possible to note and trace the problems of excessive concentration of the population of Kazakhstan in cities — regional centers of attraction and exposure of nearby and rural areas. Further application of the method of territorial classification with the use of cluster analysis in the study of demographic processes of the population is proposed. The results of the cluster analysis demonstrate a variety of characteristics data for Kazakhstan in connection with the methodology for allocating territories. The study results designate a more appropriate assessment of the characteristics of the population, reveals the problems of the demographic characteristics of the population.

Keywords: demographic processes, cluster analysis, population density, age structure of the population, ethnic composition of the population, urbanization of the population.

References

- 1 Kanishchev, V.V. (2011). Klasternyi analiz demograficheskogo povedeniia selskogo naseleniia Evropeiskoi Rossii v nachale XX veka i v nachale XXI veka. K postanovke voprosa [Cluster analysis of the demographic behavior of the rural population of European Russia at the beginning of the XX century and at the beginning of the XXI century. About the issue]. *Ineternum*, 1, 43–55 [in Russian].
- 2 Golubova, T.N., Makhkamova, Z.R., & Ovsiannikova, N.M. (2016). Klasternyi analiz rozhdaiemosti i smernosti naseleniia v Respublike Krym [Cluster analysis of fertility and mortality in the Republic of Crimea]. *Aktualnye problemy meditsiny – Actual problems of medicine*, 12 (233), 88–94 [in Russian].
- 3 Kosykh, M.A. (2015). Klasternyi analiz v issledovanii smernosti naseleniia (naprimere Kemerovskoi oblasti) [Cluster analysis in the study of population mortality (on the example of the Kemerovo region)]. Proceedings from Research of Young Scientists: VII Vserossiiskaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem (2015 goda) – 7th All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists with International Participation. (pp. 305-310). Kemerovo: Kuzbasskii gosudarstvennyi universitet imeni T.F. Gorbacheva [in Russian].
- 4 Bekkhozhaeva, A.K. (2004). Regionalnye tendentsii demograficheskogo razvitiia Respubliki Kazakhstan za 1990–2002 gody [Regional trends in the demographic development of the Republic of Kazakhstan for 1990–2002]. *Voprosy statistiki — Questions of statistics*, 11, 69–73 [in Russian].
- 5 Aubakirova, Zh.S. (2016). Demograficheskoe raionirovanie Kazakhstana: ot metodiki k rezultatam [Demographic zoning of Kazakhstan: from methodology to results]. *Vestnik Kazakhskogo natsionalnogo pedagogicheskogo universiteta. Seriya Istoricheskie i politicheskie nauki — Bulletin of the Kazakh National Pedagogical University. Series of Historical and Socio-Political Sciences*, 4(51), 8–17 [in Russian].
- 6 (2016). *Klasternoe obsledovanie po mnogim pokazateliam (MICS) v Respublike Kazakhstan. Monitoring polozheniia detei i zhenshchin [Multiple Indicator Cluster Survey (MICS) in the Republic of Kazakhstan. Monitoring the situation of children and women]*. Astana: Ministerstvo natsionalnoi ekonomiki Respubliki Kazakhstan. Komitet po statistike [in Russian].
- 7 Diuzelbaeva, G.M. (2014). Tendentsii sovremennogo vosproizvodstva i sovershenstvovanie demograficheskoi politiki Kazakhstana [Trends in modern reproduction and improvement of the demographic policy of Kazakhstan]. *Problemy sovremennoi ekonomiki — Problems of the modern economy*, 22–1, 195–204 [in Russian].

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT AUTHORS

Abeldenov Sailau Kassenovich - PhD, head of laboratory of molecular biotechnology, National Center for Biotechnology, Astana, Kazakhstan; abeldenov@biocenter.kz

Abiyev Sardarbek Abiyevich - doctor of biological sciences, professor of department of general biology and genomics, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; abiyev_sa@enu.kz

Admanova Gulnur Bulatovna - candidate of biological sciences of department of Biology of K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan, admanova@mail.ru

Aitymov Aidos - Phd-Student, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda; Kazakhstan; aidoz@mail.ru

Akhmetova Saule Baltabayevna – candidate of medical science, Professor of the Department Biomedicine of Karaganda Medical University, Karagandy, Kazakhstan; akhmetova_sb@mail.ru

Amanzholov Aidyn – PhD-student, lecturer of Geography Department of the Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda; Kazakhstan; aidyn_1988kz@mail.ru

Amanzholova Meruyert Zhaksylykovna – master-student, laboratory assistant, National Center for Biotechnology, Astana, Kazakhstan; amanzholova.meruyert@gmail.com

Amirkhanova Zhanerke - PhD student, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karagandy, Kazakhstan, janerkeamir@mail.ru

Atazhanova Gayane Abdulkhakimovna - doctor of chemical sciences, professor of the school of pharmacy of the Medical University of Karaganda, Karaganda, Kazakhstan; g-atazhanova@mail.ru

Ashirbekova Bibigul Bokenovna - lecturer of the School of Pharmacy of the Medical University of Karaganda, Karaganda, Kazakhstan; bibigul.ashirbekova.69@mail.ru

Aubakirova Zhanna Sakenovna – candidate of history science, Lecturer at the Department of "History of Kazakhstan", Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-kamenogorsk, Kazakhstan; aubakirova_ZH@mail.ru

Bakiyev Serik Samigullovich - master, PhD-student of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; serik_2595@mail.ru

Baimukanov Timur Tulegaliyevich – Bachelor of natural sciences, researcher, Institute of Hydrobiology and Ecology, Almaty, Kazakhstan; t_baimukanov@ihe.kz

Baimukanova Assel Mirgaliyevna – Master of natural sciences, researcher, Institute of Hydrobiology and Ecology, Almaty, Kazakhstan; a_baimukanova@ihe.kz

Baimukanov Mirgaliy Tulegaliyevich – Candidate of biology sciences, director of the Institute. Institute of Hydrobiology and Ecology, Almaty, Kazakhstan; institute_he@ihe.kz

Bekmanov Bakhytzhан Orakbaevich - candidate of biological sciences, deputy director, Institute of Genetics and Physiology Almaty, Kazakhstan; bobekman@rambler.ru

Bekeyeva Saulemay A. - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor Department of Hunting and Fisheries, NAO "Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin", Astana, Kazakhstan. E-mail: alima77764@mail.ru

Belyayev Ilya Andeevich – candidate of medical science, associated professor of biomedicine department of Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; ilia.bel@mail.ru

Bodeeva Rakhat Toleuovna – candidate of chemical science, associate professor of the Department Physiology, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karagandy, Kazakhstan; e-mail: rahat-karaganda@mail.ru

Bodeyev Marat Turymovich - candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of physical education of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; *marat_sport@mail.ru*

Bisko Nina Anontolevna – Doctor of biological sciences, professor, Institute of Botany, Kiev, Ukraine; e-mail: *bisko_nina@ukr.net*

Chirikova Marina Alexandrovna - candidate of biological sciences, deputy director, Institute of Zoology Almaty, Kazakhstan; *marina.chirikova@zool.kz*

Cherednichenko Oksana Gennadijevna - candidate of biological sciences, Head of Laboratory Genetic monitoring of the Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; *chero-gen70@mail.ru*

Dobrydneva Lubov Vladimirovna – engineer of the faculty of geography of M. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Kazakhstan, *luba.dobrydneva@mail.ru*

Fereidouni Sasan – Lecturer at the Research Institute for Wildlife Ecology, University of Veterinary Medicine, Vienna, Austria; e-mail: *s.fereidouni@gmail.com*

Gavrilkova Helena Anatol'evna - master of biology, senior lecturer of botany department of gandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; e-mail: *elena_2809@mail.ru*

Gassanova Gulnara Gidoyatovna - PhD-student, scientific secretary of the Mangyshlak Experimental Botanical Garden, Aktau, Kazakhstan; *ggg_lilu7@mail.ru*

Golovanov Dmitry Leonidovich - Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of geochemistry of landscape and geography of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; *dm_golovanov@mail.ru*

Imanbayeva Akzhunis Altaevna – candidate of biological sciences, general director of Mangyshlak Experimental Botanical Garden, Aktau, Kazakhstan, *imangarden@mail.ru*

Isabekova Moldir Sabetkyzy - Master of technical sciences, junior researcher, Kazakh research institute of processing and food industry, Almaty, Kazakhstan; e-mail: *molialia_07@mail.ru*

Iskakov Akzhan Ayazuly – Master of natural sciences, researcher, Institute of Hydrobiology and Ecology, Almaty, Kazakhstan; E-mail; *a_iskakov@ihe.kz*

Ishmuratova Margarita Yulaevna - doctor of biological sciences, professor of the department of botany, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; *margarita.ishmur@mail.ru*

Ivanova Aksana Romanovna – Master of Environmental Management and Water Use, Head of the Sample Preparation Group of Biological objects, branch of the Institute of Radiation Safety and Ecology of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov; *a_ivanova@nnc.kz*

Kakishev Murat Galikhanovich - PhD, head of the department of science and postgraduate training of the NJSC “Makhambet Utemisov West Kazakhstan University”, Uralsk, Kazakhstan; *kakishev_murat@mail.ru*

Kalymanov Igor Sergeevich – Master of Editorial Sciences, teacher-trainee department of Biomedicine, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; *Kalymanov@kgmu.kz*

Kalieva Aigul Kokamanovna - Candidate of biological sciences, senior lecturer, Aktobe Regional State University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan; e-mail: *aigul_03@mail.ru*

Karamendin Kobey – candidate of veterinary sciences, principal Investigator, LLP «SPC of microbiology and Virology», Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: *kobey.karamendin@gmail.com*,

Kenzhebaev Ruslan Akhatovich – Engineer of the Laboratory of Nuclear Physics Research, branch of the Institute of Radiation Safety and Ecology of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov; *kenzhebaev@nnc.kz*

Kirkimbaeva Slyambekovna Zhumagul - Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology. Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: *zhumagul.kirkimbayeva@kaznaru.edu.kz*

Kobylyna Tatyna Nikolaevna – PhD student, junior researcher of Institute of genetics and physiology, Almaty, Kazakhstan; *tanya_tanichka_87@mail.ru*

Konkabayeva Aiman Yerezhpovna – doctor of medical science, professor of Physiology Department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; aiman54@mail.ru

Korbozova Nazym Kurmanbaevna - PhD student, junior researcher of Institute of genetics and physiology, lecturer of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; naz-ik@mail.ru

Kozhamzharova Latipa Seidakhmetkyzy - candidate of biological sciences, associate professor, head of the departments of scientific works and international relations of the International Taraz Innovation Institute named after Sherkhan Murtaza, Taraz, Kazakhstan; erasl2006@mail.ru

Kravchenko Ekaterina Alexandrovna – PhD-student of M. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; katay.krav@mail.ru

Kuanbay Zhaidargul - senior lecturer of department of Biology of K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan, zhenia_80@bk.ru

Kudrina Natalya Olegovna – Candidate of biological sciences, associate professor, Leading Researcher, Laboratory of Pharmacological Research of Institute of genetics and physiology, senior lecturer of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; kudrina_nat@mail.ru

Kurmantayeva Gulnissa Kolbashevna - master of technological sciences, teacher of the School of Pharmacy of the Medical University of Karaganda, Karaganda, Kazakhstan; kurmantaeva@kgmu.kz

Kusherbayev Sultan Asanbaevich – PhD-student of Zoology Department of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; kusherbaev_sultan@mail.ru

Kydyrmanov Aidyn – doctor of veterinary sciences, head of the laboratory, «SPC of microbiology and Virology», Almaty, Republic of Kazakhstan, kydyrmanov@yandex.kz

Madieva Aida Narimanovna - PhD-student, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; e-mail: madievaaida@mail.ru

Magda Igor Nikolaevich - candidate of biological sciences, principal scientist, Institute of Zoology Almaty, Kazakhstan; magdai@bk.ru

Mamilov Nadir Shamilievich - candidate of biological sciences, Department of Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; mamilov@gmail.com

Matveev Andrey Nikolaevich – bachelor of biology, director of Zhezkazgan Botanical Garden, Zhezkazgan, Kazakhstan; ecoplus_ecoplus@mail.ru

Mit Natalya Viktorovna - candidate of biological sciences, Head of Laboratory Molecular Genetics of the Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; nata-mit@yandex.kz

Mukasheva Gulnar Zhanatovna - candidate of biological sciences, Associate Professor of E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan; gulnar_amina@mail.ru

Muntaev Nurlan – master, scientific supervisor, Eurasian National University after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan; nurzhan.nn@mail.ru

Mushnikova Natalya Alexandrovna – master, faculty of geography of M. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Kazakhstan; soil@geogr.msu.ru

Mustafin Kairat Gabbasovich – Candidate of biological sciences, LLP "Antigen" research and production enterprise, Almaty, Kazakhstan; e-mail: kajrat-mustafin@mail.ru

Myrzabaev Amanay Baiturumovich - Candidate of Pedagogical Sciences, Professor of the Zoology Department of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; mba_57@mail.ru

Narmuratova Zhanar Bakhytovna – Master of biotechnology, Researcher, LLP "Antigen" Research and Production Enterprise, Almaty, Kazakhstan; e-mail: janarka.90n@mail.ru

Nemytova Lyudmila Anatolyevna – Technician of the Laboratory of Radioecological Research, branch of the Institute of Radiation Safety and Ecology of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan; nemitova@nnc.kz

Nigai Natalya Lvovna - senior research assistant, Laboratory Genetic Monitoring, Institute of Genetics and Almaty, Kazakhstan; ferris91@mail.ru

Nurlybaeva Kundyz Amangeldievna - PhD, senior lecturer of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; kunduz09@mail.ru

-
- Okassov Didar Bekezhonovich** – Master of Natural Sciences, teacher-researcher School of Pharmacy, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; okasovdb@mail.ru
- Omarova Alua Aralovna** – associated professor of Karaganda Medical University, Karaganda; Kazakhstan; omarova_alua@kmu.kz
- Oralbekova Zh.O.** – PhD, professor of the department Computer and Software Engineering, Eurasian National University after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan; oralbekova_zho@enu.kz
- Ozgan Sattar Turashuli** - First Head of the Mangystau Regional Veterinary Station of the Department of Agriculture of the Mangystau Region, Shetpe, Kazakhstan; e-mail: gkp_vet2012@mail.ru
- Pilyugina Anastasia Leonidovna** – researcher, Laboratory Genetic Monitoring, Institute of Genetics and Physiology Almaty, Kazakhstan; labgenmon@mail.ru
- Polivkina Elena Nikolaevna** – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Radioecological Research, branch of the Institute of Radiation Safety and Ecology of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov; polivkina@nnc.kz
- Ponomareva Tatiana Sergeevna** – Master's degree in "Environmental Management and Water use", design engineer, Limited Liability Partnership "ECOEXPERT", Karaganda, Kazakhstan; t.ponomareva@npv-e.kz
- Prevost Gregoire** – PhD in molecular and cellular biology at Institut Pasteur of Paris and the University of Tours, post-doctorat at Biomeasure, Co-Founder and CEO of Life Sciences Leadership School, Antony, France; gregoire.prevost@lsllead.com
- Sabiyeva Assel** - master of natural sciences, PhD-student, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; aseka9520@mail.ru
- Saduyeva Zhazira Kanatovna** – Master of technical sciences, Researcher, LLP "Antigen" Research and Production Enterprise, Almaty, Kazakhstan; e-mail: saduyeva@mail.ru
- Sagyndykova Meruyert Serikovna** – PhD, leading researcher of Mangyshlak Experimental Botanical Garden, Aktau, Kazakhstan; m.sagyndykova@mail.ru
- Sarmanov Aibek Ertleuovich** - master, researcher of the NJSC "Makhambet Utemisov West Kazakhstan University", Uralsk, Kazakhstan; sarmanov.a@list.ru
- Sarsembaeva Aiman Shaimenovna** - Master of Science, senior lecturer of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; sarsembaeva7@mail.ru
- Seidalina Aigerim** – research fellow, LLP «SPC of microbiology and Virology», Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: luckyi@list.kz
- Sergaliev Nurlan Habibullovich** - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Chairman of the Board - Rector of the Makhambet Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan; nurlan-sergaliev@yandex.ru
- Smagulov Marlen Kemelbekovich** - candidate of biological sciences, senior researcher, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; marlenkemel@mail.ru
- Sydykova Zhazira Aybekkyzy** – Bachelor of rural sciences, junior researcher. Institute of Hydrobiology and Ecology, Almaty, Kazakhstan; zh_sydykova@ihe.kz
- Sysoeva Elena Sergeevna** – master's student at Novosibirsk State Pedagogical University, environmental engineer of the Laboratory of Radioecological Research, branch "Institute of Radiation Safety and Ecology" of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Kurchatov; sysoeva@nnc.kz
- Sultanov Yerzhan Sakhypzhanovich** - master, researcher of NJSC "Makhambet Utemisov West Kazakhstan University", Uralsk, Kazakhstan; sultanov.e.s@list.ru
- Shaizadinova Aisha Maratovna** – PhD student, junior researcher, National Center for Biotechnology, Astana, Kazakhstan; shaizadinova@bk.ru
- Shokan Aksholpan Kanatkyzy** – PhD-student, junior researcher of Institute of genetics and physiology, Almaty, Kazakhstan; aksholpan.shokan@gmail.com
- Terletskaya Nina Vladimirovna** - Candidate of biological sciences, associate professor, head of Laboratory of Pharmacological Research of Institute of genetics and physiology, senior lecturer of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; teni02@mail.ru

Tleukenova Saltanat Ushkempirovna - candidate of biological science, associated professor of botany department of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; damir--6@mail.ru

Tolep Nazerke Aibekkyzy – master, senior engineer of Mangyshlak Experimental Botanical Garden, Aktau, Kazakhstan; *ainaz_t@mail.ru*

Tulegenova Symbat – PhD, senior lecturer of botany department of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; *symbat.udeshova@mail.ru*

Tynykulov Marat Korganbekovich - candidate of agricultural sciences, acting associate professor of department of biotechnology and microbiology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; *tynykulov@list.ru*

Umiraliyeva Lazat Bekenovna - Candidate of technical sciences, Leading researcher, LLC "Kazakh research institute of processing and food industry", Almaty, Kazakhstan; e-mail: *l.umiraliyeva@rpf.kz*

Urbaniak Jacek - Candidate of biological sciences, professor at the Universities of Natural Sciences and the environment, Wroclaw, Poland. *jacek.urbanik@upwr.edu.pl*

Yerubay Aidana Suyunshibaikyzy – PhD student of 3rd course of Biology, department of Physiology, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; *danyerubai@gmail.com*

Yessimkhanova Didara Muratovna - PhD student of history sciences, Assistant of the Department of Psychology, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan university, Ust-kamenogorsk, Kazakhstan; *dida.94@mail.ru*

Zadagali Aizhan Meirangalikyzy - master; doctoral student; L.N. Gumilev Eurasian national university, Astana; Republic of Kazakhstan; e-mail: *z.a.aizhan1993@gmail.com*.

Zhakupbekova Aigerim Sovetbekovna – Master of technical sciences, Researcher, LLP "Antigen" Research and Production Enterprise, Almaty, Kazakhstan; e-mail: *aigerzhak@gmail.com*

Zhamangara Aizhan Kashagankyzy - candidate of Biological Sciences; Deputy Director for Science; "Astana Botanical Garden, Astana; Kazakhstan; e-mail: *kashagankizi@mail.ru*

Zharassova Dinara Nurlanovna – PhD-student, senior researcher, Mangyshlak Experimental Botanical Garden, Aktau, Kazakhstan; *dynara_zharassova@mail.ru*

Zhartybaeva Meruert – PhD, associate professor of the department “Computer and software engineering”, Eurasian National University after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan; *makkenskii@mail.ru*

Zlatanov Boris Vasiljevich –candidate of biological sciences, Senior researcher, Institute of zoology, Almaty, Kazakhstan; *bor.zlat@mail.ru*

2022 ЖЫЛҒЫ
«Қарағанды университетінің хабаршысы. “Биология. Медицина. География” сериясы»
журналында жарияланған мақалалардың көрсеткіші

Указатель статей, опубликованных в журнале
«Вестник Карагандинского университета. Серия “Биология. Медицина. География”»
в 2022 году

Index of articles published in
«Bulletin of the Karaganda University. “Biology. Medicine. Geography Series”»
in 2022

№ б/с/р.

БИОЛОГИЯ
BIOLOGY

<i>Akhmetova M.Zh., Nigmatullina R.R., Tsyplakov D.E., Mindubayeva F.A., Tykezhanova G.M.</i> Effect of different serotonin concentrations on the inotropic function and morphometric parameters of the heart of infant rats	3	16
<i>Amantaev N.G.</i> Cryopreservation methods for <i>in vitro</i> potato crops: an overview	1	32
<i>Amirkhanova Zh., Bodeeva R., Akhmetova S., Kozhakhmetov S.S., Kushugulova A., Akhvlediani L.</i> Influence of flax seeds on the reproduction rate of lactic acid bacilli when used in the experiment	2	26
<i>Arystanbay A.A., Zhumina A.G., Klunnaya V.O.</i> Vitamin D and its influence on human immune system	2	34
<i>Bisseneva A.K., Pogossyan G.P., Li K.G., Danilenko M.P.</i> Analysis of the interaction of ACE2, TMPRSS2 genes and their polymorphisms with the SARS-CoV-2 virus	1	42
<i>Cherednichenko O.G., Mit N.V., Magda I.N., Pilyugina A.L., Bekmanov B.O., Mamilov N.Sh., Chirikova M.A., Nigai N.L.</i> Ecological characteristics of the area and evaluation of bio indicator species condition in Altyn-Emel State National Natural Park	4	148
<i>Isabekova M.S., Umiraliyeva L.B.</i> Studying the physiological and biochemical properties of lactic bacteria cultures in the creation of sourdough for bread.	4	60
<i>Karamendin K., Kydyrmanov A., Seidalina A., Kirkimbayeva Zh., Ozgan S. Fereidouni S.</i> Fatal outbreak among camels in Kazakhstan associated with <i>Paeniclostridium sordellii</i>	4	68
<i>Khussainov A.T., Shulembayeva K.M., Arkhipov E., Fakhruddenova I.B., Durmekbayeva Sh.N.</i> Community composition and population dynamics of vertebrates in the State National Nature Park “Burabay”	3	84
<i>Kabyzbekova G.K., Didorenko S.V., Abugaliyeva A.I., Kudaybergenov M.S., Alikulov Z.A.</i> The effect of pre-sowing treatment of seeds with molybdenum and boron on the yield of Zhansaya soybean in the conditions of the Almaty region	1	56
<i>Meyramov G.G., Korchin V.I., Kohnert K.D., Shaybek A.Z., Abikenova F.S., Meyramova A.G.</i> The biological role of zinc in the pancreas, prostate and in submandibular glands and influence of its complex salts with chelators on the state of glands tissue	2	103
<i>Ongarbayeva N.S., Saktaganov N.T., Glebova T.I., Shamenova M.G., Klivleyeva N.G.</i> Isolation and characteristics of influenza viruses circulating among swine populations in Kazakhstan during 2018–2019	1	70
<i>Osmonali B.B., Vesselova P.V., Kudabayeva G.M., Akhtayeva N.Z.</i> Phytocenotic features of species of the genus <i>Salsola</i> L. (<i>Chenopodiaceae</i> Vent. / <i>Amaranthaceae</i> Juss.) in the desert part of the Syrdarya river valley	1	78
<i>Polivkina Ye.N., Subbotina L.F., Zhamaldinov F.F.</i> Investigation of tritium assimilation by sunflower crop at uptake through root.....	2	111
<i>Serikbai A.T., Aitkulov A.M., Zeynidenov A.K., Kystaubayeva Z.T.</i> Evaluation of macroparticles and nanoparticles of zinc and zinc oxide’s toxicity based on the <i>Artemia salina</i> model	1	96
<i>Shibaeva A.K., Shaikhutdinov V.M., Myrzabayev B.M.</i> Insecticidal potential of entomopathogenic nematodes of Northern Kazakhstan	3	117
<i>Sultangazina G.J., Steshenko M.Y., Novak Y.O.</i> Cenopopulations of <i>Adonis wolgensis</i> Stev. in the conditions of Northern Kazakhstan	3	123

<i>Tleuova Zh.O., Makeeva L.A., Bayazitova Z.E., Kapbassova G.A., Shaimerdenova Z.M.</i> Stabilization of organic municipal solid waste by composting	1	116
<i>Tunykulov M. K.</i> Peculiarity of currant and perpetual repair cell culture.....	4	140
<i>Yelkenova B.Z., Beisenova R.R., Karipbayeva N.V., Polevik V.V.</i> Taxonomic and ecological analysis of vascular plants of the pine forest of the Irtysh Region.....	3	151
<i>Yerubay A.S., Konkabayeva A.E., Prevost G., Kalymanov I. S., Okassov D. B.</i> Study of parameters of lipid peroxidation and antioxidant protection in rats treated with cadmium nitrate with biocorrection by infusion of <i>Beta vulgaris</i> seeds.	4	22
<i>Zadagali A.M., Zhamangara A.K.</i> Biotesting of <i>Chlorella</i> algae for certain medicinal drugs.	4	39
<i>Zhappar N.K., Shaikhutdinov V.M., Asherbekova L.K., Khassenova A.E., Shibaeva A.K.</i> Selection of the most productive nutrient media for the cultivation of predatory nematodes	3	158
<i>Zhartybaeva M.G., Tulegenova S.E., Muntaev N., Oralbekova Zh.O.</i> Water quality of aquatic ecosystems of Akmola region.	4	34
<i>Абайлдаев Ә.О., Кузовлев В.А., Хакимжанов А.А.</i> Оптимизация питательной среды для продукции протеазы фитопатогенным грибом <i>Fusarium graminearum</i> и характеристика фермента.....	3	7
<i>Абукенова В.С.</i> Из истории исследований по энтомологии и защите растений в Карагандинской области. К 115-летию Бориса Николаевича Мухачева.....	1	7
<i>Абукенова В.С.</i> Почвенная мезофауна черноольховых лесов Казахского мелкосопочника в условиях рекреационной и пастбищной дигрессии.....	2	7
<i>Азнабаева Р.Б., Тургимбаева А.М., Зейн Ұ.Ө., Абельденов С.К.</i> Пептидные последовательности для белок-белковых взаимодействий скользящего зажима.....	1	18
<i>Аманжолова М.Ж., Шайзадинова А.М., Абельденов С.К.</i> Экспрессия и очистка рекомбинантной эндонуклеазы CRISPR/Cas системы.	4	8
<i>Аралбаева М.М., Михайленко Н.В., Кушнарченко С.В.</i> Разработка способа укоренения побегов грецкого и лесного орехов в культуре <i>in vitro</i>	3	24
<i>Асанова Г.К.</i> Современное состояние популяций <i>Centaurea bipinnatifida</i> в горах Улытау (Карагандинская область)	1	23
<i>Баймуканов М. Т., Искаков А.А., Сыдыкова Ж. А., Баймуканов Т. Т., Баймуканова А.М.</i> Об определении ширины учетной полосы при судовом маршрутном учете каспийского тюленя (<i>Pusa caspica</i>) на мелководье.....	4	14
<i>Баубекова А.К., Абиев С.А., Асилханова Р.З.</i> Бактериялық обырдың таза штамын алып ағаш тектестерге инфекциялық белсенділігін <i>in vitro</i> жағдайында зерттеу	2	46
<i>Бутумбаева М.К., Силантьева М.М., Тыржанова С.С., Норцева М.А., Турлыбекова Г.К.</i> Современное состояние популяций и ресурсы <i>Salvia stepposa</i> в Центральном Казахстане.....	2	55
<i>Гаврилькова Е.А., Тлеуменова С.У., Мусина Р.Т., Қали А.К.</i> Влияние физических факторов на жизнеспособность семенного материала <i>Echinacea purpurea</i> сорт «Ливадия»	2	62
<i>Данилова А.Н., Исакова Е.А., Сумбембаев А.А.</i> Отбор по комплексу хозяйственно-ценных признаков формообразцов житняка гребневидного во флоре Калбинского Алтая и их интродукция в Алтайском ботаническом саду	3	33
<i>Додонова А.Ш., Антипова Д.Д.</i> Изучение влияния способа внесения криопротекторов на сохранение семенного материала мяты длиннолистной при криоконсервации	3	42
<i>Дүйсенова Н.И., Гани Ш.</i> Результаты интродукции сорта <i>Chrysanthemum</i> L. в условиях Мангистау..	3	47
<i>Әменова Д.М., Агеев Д.В., Толеш А., Сельдюгаев О.Б., Зиновьев Л.А., Норцева М.А.</i> Влияние физических методов предпосевной обработки на всхожесть семян некоторых лекарственных растений.....	1	16
<i>Жапарова С.Б., Баязитова З.Е., Курманбаева А.С., Какабаев А.А., Бекпергеннова Ж.Б.</i> Термофильное сбраживание бытовых пищевых отходов	3	56
<i>Жарасова Д. Н., Төлеш Н.А.</i> Особенности введения в культуру <i>in vitro</i> барбариса илийского (<i>Berberis iliensis</i> M. Pop.).....	4	29
<i>Жигайлов А.В., Остапчук Е.О., Перфильева Ю.В., Абдолла Н., Мальцева Э.Р., Найзабаева Д.А., Куатбекова С., Маишжан А., Низкородова А.С., Бердыгулова Ж.А., Скиба Ю.А., Мамадалиев С.М.</i> Анализ рисков распространения катаральной лихорадки овец в Казахстане .	2	71
<i>Заканова А.Н., Ержанов Н.Т., Литвинов Ю.Н., Сергазинова З.М.</i> Оценка эффективности относительных методов учета микромаммалей в условиях техногенной нагрузки Северного Казахстана	1	49

Златанов Б. В. К фауне и экологии мух – журчалок (Diptera, Syrphidae) хребта Тарбагатай (Восточный Казахстан).....	4	51
Инелова З.А., Ермеков А.Е., Едилхан Д. Использование и особенности культивирования мха сфагнома в биотехнологической системе для естественной фильтрации, очистки воздуха в городских условиях	3	67
Калиева А.К., Блиева Р.К., Адманова Г.Б., Бақытжанқызы Б., Кемалова Н.К. Пектинлиаза ферменттерін түзуші <i>Penicillium cyclosporum</i> штаммының биосинтезіне әртүрлі көміртек және азот көздерінің әсері.....	3	78
Карамендин К.О., Кыдырманов А.И., Хан Е.Я., Сейдалина А.Б., Касымбеков Е.Т. Поиск зоонозных инфекций верблюдов, представляющих потенциальную опасность здоровью человека в Казахстане	1	63
Кеишилов Ж.С., Кохметова А.М., Қумарбаева М.Т., Жанузақ Д.К., Рсалиев Ш.С. Бидайдың сары тат (<i>Puccinia striiformis</i> f.sp. <i>tritici</i>) ауруына Алматы облысы бойынша 2019–2021 жылдары жүргізілген мониторингі.....	2	82
Куанбай Ж.І., Адманова Г.Б., Әбиев С.Ә., Қожамжарова Л.С. Доңызтау флорасындағы Agarathaceae тұқымдасы.....	4	76
Кубентаев С.А., Хасенова А.Е., Иманбаева А.А., Алибеков Д.Т. Морфология семян редких и эндемичных растений Казахстана.....	3	92
Кулаишбекова А.А., Каташева А.Ч., Жеңісова А.Ж., Байбекова Ә.У. <i>Aspergillus niger</i> L-4 штаммымен ашығу кезінде инвертаза биосинтезін зерттеу.....	3	99
Мадиева А.Н. Сравнительный анализ кормовой ценности сортов суданской травы в условиях Карагандинской области.....	2	89
Мамыкова Р.У., Джамалова Г.Т., Битемирова А.Е., Акинбекова Ж.В., Орынбай Ж.Е. Анатомическое строение язычкового цветка <i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench	2	95
Мустафин К.Г., Бисько Н.А., Калиева А.К., Нармуратова Ж.Б., Жакипбекова А.С., Садуаева Ж.К. Ganoderma және Trametes туысына жататын саңырауқұлақтарын терең өсіру жағдайындағы биомасса синтезі деңгейі бойынша скринингі.....	4	83
Мырзабаев А.Б., Голованов Д.Л., Урбаняк Я., Кушербаев С.А., Бодеев М.Т. Техногендік зиянды қалдықтарының топыраққа әсерін рентгенофлуоресценттік әдіспен талдау.....	4	95
Нурлыбаева К.А., Мукашева Г.Ж., Сарсембаева А.Ш., Бодеева Р.Т. Балқаш қаласының атмосфера-лық ауасының ауыр металдармен ластануы.....	4	101
Пономарева Т.С., Полипкина Е.Н., Кенжебаев Р.А., Немытова Л.А., Сысоева Е.С., Иванова А.Р. Накопление Cs-137 и Sr-90 культурой салата на почвах основных радиоактивно-загрязненных участков бывшего Семипалатинского испытательного полигона.	4	107
Ромаданова Н.В., Аралбаева М.М., Рымханова Н.К., Байгараев Д.Ш., Рамазанов А.К., Ишмуратова М.Ю., Кушнаренко С.В. Криоконсервация как способ повышения лабораторной всхожести и энергии прорастания семян.....	1	86
Сағындыкова М.С., Иманбаева А.А., Гасанова Г.Г. К изучению ресурсов лекарственных растений Атырауской области.....	4	118
Сарсембин У.Қ., Батырова Г.А., Умарова Г.А., Урғушбаева Г.М., Айкенова Н.Е. Ақтөбе қаласының топырағының ауыр металдармен ластануын экологиялық бағалау.....	3	109
Сергалиев Н.Х., Какшиев М.Г., Султанов Е.С., Сарманов А.Е., Бакиев С.С. Мониторинг естественного воспроизводства популяций рыб озера Едильсор.....	4	126
Сумбембаев А.А., Данилова А.Н., Премина Н.В., Матвеева Е.В. Эколого-ценотический и флористический анализ популяций <i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soo в Казахстанской части Алтайской горной страны.....	1	102
Тлеукенова С.У., Гаврилькова Е.А., Мадиева А.Н., Матвеев А.Н., Айтимов А.К. Исследование водоудерживающей способности <i>Catalpa speciosa</i> в условиях городов Караганды и Жезказгана. .	4	132
Төлеген Н.Е., Оңдасынова Д.Ф., Бахытұлы Қ., Ибатова А.А. Батыс Қазақстан кен орындарының мұнайпласт суларынан окшауланған микроорганизмдердің таксономиялық әртүрлілігін шетелдік мұнай кен орындарымен салыстыру.....	3	127
Тулешова К.А., Қали А.К., Қыздарова Д.К., Кейкин Е.К. Изучение морфологической изменчивости листьев <i>Pinus sylvestris</i> , собранной на территории Карагандинской области.....	3	136
Туралин Б.А., Куприянов А.Н., Курбатова Н.В., Инелова З.А., Курманбаева М.С., Абидкулова К.Т., Базаргалиева А.А., Адманова Г.Б., Чилдибаева А.Ж. Особенности формирования корневой системы <i>Crambe tataria</i> Sebeók в Западном Казахстане	3	143

<i>Усенбеков Б.Н., Амирова А.К., Беркимбай Х.А., Жанбырбаев Е.А., Казкеев Д.Т., Жайсанкулова У.Б., Сартбаева И.А.</i> Оценка исходного материала для получения риса с высоким содержанием амилозы	2	118
<i>Федоренко В.А.</i> Пустынный снегирь <i>Viscanetes githagineus</i> (М.Н.С. Lichtenstein, 1823) в Казахстане.	1	122
<i>Федоров А.А., Есжанов А.Б.</i> Новые сведения по распространению скорпионов рода <i>Anomalobuthus</i> в Казахстане	2	127

МЕДИЦИНА MEDICINE

<i>Akhmetova S.B., Belyayev I.A., Omarova A.O., Amirkhanova Zh.T.</i> The study of microbial contamination of water and sanitary facilities in the Karaganda regional hospital; during different seasons.	4	164
<i>Chesca A., Sandle T., Abdulina G.A., Anamaria P.</i> Acute phlegmonous appendicitis	1	136
<i>Korbozova N.K., Terletskaaya N.V., Kudrina N.O., Kobylina T.N., Kenzhebayeva Zh., Shokan A.K.</i> General and specific toxicity determination of an extract from the plant <i>Rhodiola semenovii</i> Boriss.	4	181
<i>Parakhina V., Laryushina Ye.M., Ponamareva O.</i> Association between Endocan, PAI-1 and intima media thickness in patients with high diabetes risk	2	134
<i>Pratibha A. Avhad, Shailesh S. Chalikwar, Bhushan A. Bhairav</i> A comprehensive review on complex generics	1	29
<i>Sabiyeva A., Atazhanova G.A., Smagulov M.K., Kurmantayeva G.K., Ashirbekova B.B.</i> Antiradical activity of dry extracts of <i>Dracosephalumnutans</i> and <i>Dracosephalumruyschiana</i> herb growing on the territory of the Central Kazakhstan.	4	189
<i>Бекеева С.А.</i> Оценка функционального состояния работников сельскохозяйственной отрасли в процессе трудовой деятельности.	4	173
<i>Бериккызы А., Аблайханова Н.Т., Тусупбекова Г.А., Кожамжарова Л.С.</i> Влияние коронавируса на иммунную систему организма. Литературный обзор	3	165
<i>Дузбаева Н.М., Шокабаева А.С.</i> Степногорск қаласы тұрғындарының денсаулық жағдайын цитоморфологиялық зерттеу	1	143
<i>Дүйсенбек А.А., Аблайханова Н.Т., Қалдықараева А.Т., Есенбекова А.Е., Мухитдин Б., Есимсиитова З.Б., Қожамжарова Л.</i> 2 типті қант диабеті бар науқастарда эндотелиальды дисфункциямен байланысты тамырлы асқинулар	3	176
<i>Дюсембаева Н.К., Калиева Ш.С., Юхневич Е.А., Мясникова Ж.В.</i> Клинические испытания лекарственных средств у беременных. Обзор	2	145
<i>Зияшева А.М., Датхабаева Г.К.</i> Оценка потенциала нейробиоуправления для терапии ожирения по данным литературы	3	185
<i>Мейрамов Г.Г., Мунтинов Ж.Д., Корчин В.И., Абикенова Ф.С., Абдрахметова А.К., Оспанов М.Т., Омаров Д.Н.</i> Опыт применения противовирусных препаратов в терапии конъюнктивита при COVID-19	1	149

ГЕОГРАФИЯ GEOGRAPHY

<i>Bitukova V.R.</i> Ecological and economic assessment of the ecological situation transformation in the Republic of Kazakhstan regions in 1990–2020	2	154
<i>Dekhnich V.S., Dronin N.M.</i> Factors of city private transport decarbonization	2	178
<i>Khoroshev A.V., Kalmykova O.G., Ashikhmin A.P.</i> Hydrothermal conditions of the temporal variability of the phytoproductive functioning: case study of the Burtinskaya steppe landscape (Southern Urals)	2	191
<i>Murzagulova Z.A., Karnaukhova T.V., Fakhrudanova I.B., Tazitdinova R.M.</i> Use of the Earth Remote Sensing Data to assess the state of recreational forests in the Kokshetau National Park	1	167
<i>Голованов Д.Л., Кравченко Е.И., Кушербаев С., Аманжолов А., Мырзабаев А.Б., Ишмуратова М.Ю., Матвеев А.Н., Мушикова Н.А., Добрыднева Л.В.</i> Засоление, гипсоносность и загрязнение почв Жезказганского ботанического сада: 80 лет с момента организации и начала орошения	4	195
<i>Есимханова Д.М., Аубакирова Ж.С.</i> Кластерный анализ демографических процессов в Казахстане на современном этапе.	4	202

<i>Жекенов С.С., Талжанов С.А.</i> Қарағанды облысында туризм саласының дамуына әлеуметтік-экономикалық баға беру	3	197
<i>Құрманова М.С., Мадиебеков А.С.</i> Атмосфералық жауын-шашын минерализациясының Қазақстан территориясы бойынша бақылған өзгерісі	1	172
<i>Садықова Д.А.</i> Астананың туризм әлеуетін дамыту арқылы «марка қала» бейнесін қалыптастыру	1	156
<i>Чистякова Г.Н., Салыкбаева Г.М., Досмахов С.М., Кожакметова Л.Т., Құлмағанбетова А.О.</i> Растениеводство Северо-Казахстанской области как основа сельскохозяйственного кластера и обеспечения продовольственной безопасности населения	2	168

**МЕРЕЙТОЙ ИЕСІ
К ЮБИЛЕЮ
ANNIVERSARY**

К 75-летнему юбилею известного ученого, доктора медицинских наук, профессора Карагандинского университета им. акад. Е.А. Букетова Мейрамова Габита Габдулловича	2	203
Зимняя школа–2022 «Организация Гербарных фондов для устойчивого управления биоресурсами»	2	205