

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

Экология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЪ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия экологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EURASIAN JOURNAL

of Ecology

№3 (84)

Алматы
«Қазақ университеті»
2025



ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №3 (84) қыркүйек



04. 05. 2017 ж. Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникация министрлігінде тіркелген

Қуәлік № 16501-Ж

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

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР

Омирбекова А.А., PhD, доцент (Қазақстан)
e-mail: anel.omirbekova@kaznu.edu.kz

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Заядан Б.К., б.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі,
(ғылыми редактор) (Қазақстан)
Колумбаева С.Ж., б.ғ.д., профессор (ғылыми редактордың
орынбасары) (Қазақстан)
Қурманбаева М.С., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Жубанова А.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Шалахметова Т.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Кенжебаева С.С., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Атабаева С.Дж., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Садырова Г.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Абилев С.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Тажимаева Т.Л., б.ғ.к., профессор м.а. (Қазақстан)
Бияшева З.М., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Мамитов Н.Ш., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Инелова З.А., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Кушнарченко С.В., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Тастамбек Қ.Т., PhD, доцент (Қазақстан)
Дигель И., PhD докторы, профессор (Германия)
Маторин Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)
Рахман Е., PhD, профессор (Қытай)
Liu Xiangrong, профессор (Қытай)
Тамо Тацуя, PhD, профессор (Жапония)
Аллахвердиев Сулейман, б.ғ.д., профессор (Ресей)
Каримов Б., б.ғ.д., профессор (Өзбекстан)

ТЕХНИКАЛЫҚ РЕДАКТОР

Ахметова Г.А. PhD, аға оқытушы (Қазақстан)

Экология сериясы қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері,
қоршаған орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау, биологиялық
алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері бағыттарын қамтиды.



Жоба менеджері

Гүлмира Шаккозова

Телефон: +7 701 724 2911

e-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

ИБ №15984

Пішімі 60x84/8. Көлемі 14,6 б.т. Тапсырыс № 1856.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университетінің «Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

1-бөлім

**ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ
ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА
АНТРОПОГЕНДІК ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ**

Section 1

**ENVIRONMENTAL IMPACT
OF ANTHROPOGENIC FACTORS
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

Раздел 1

**ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

МРНТИ 70.27.17; 37.27.02

<https://doi.org/10.26577/EJE20258431>

С.М. Романова^{1*}, А.С. Серикова¹,
Р.Е. Махмутова¹, Е.Г. Крупа^{1,2}

¹РГП «Институт зоологии» КН МНВО РК, Алматы, Казахстан

²Казахстанское агентство прикладной экологии, Алматы, Казахстан

*e-mail: sofiyarom@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ ИОННО-СОЛЕВОГО СОСТАВА ВОДЫ РЕКИ ШУ (КАЗАХСТАНСКАЯ ЧАСТЬ) В МНОГОЛЕТНЕМ ЦИКЛЕ

Приведены материалы исследования ионно-солевого состава воды по течению р. Шу в пунктах п. Кайнар и п. Конаева Жамбылской области за многолетний период (2014...2023 гг.). Установлено, что ионный состав воды верхнего участка р. Шу (п. Кайнар) характеризовался относительно устойчивым гидрокарбонатно-кальциевым составом, вследствие вымывания их из карбонатных пород, распространённых в водосборном бассейне.

Солевой гипотетический состав воды р. Шу (п. Кайнар) представлен шестью солями: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (22,1...59,2), MgSO_4 (6,7...41,1), Na_2SO_4 (0,8...55,4), NaCl (3,3...17,9), $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (0,0...16,5) и CaSO_4 (0,0...10,2% эквивалентов от общей суммы солей). Пределы изменения общей минерализации воды р. Шу (п. Конаева) в 2019...2023 гг. составляли 447,2...897,8 мг/дм³, что превышает ее максимальные значения за эти же годы в п. Кайнар на 38,5...282,5 мг/дм³. Вода здесь чаще слабощелочная средней жесткости. В ионном составе преобладают сульфат- и кальций или натрий ионы. В солевом составе воды р. Шу (п. Конаева) кроме вышеприведённых солей появляется хлорид магния, что привело к протеканию процессов метаморфизации в прямом направлении.

При использовании шуйской воды на орошение или в технических целях возможно образование твёрдых солей карбоната кальция и сульфата кальция. Для солонцеватых почв, такыров речного бассейна такие соли окажут мелиорирующее влияние, а при нагревании весьма вероятно активизация выпадения карбонатов и сульфатов кальция в техническом оборудовании.

Ключевые слова: ионный и солевой состав, минерализация, жёсткость, гидрохимия, экология.

S.M. Romanova^{1*}, A.S. Serikova¹, R.E. Makhmutova¹, E.G. Krupa^{1,2}

¹"Institute of Zoology" Almaty, Kazakhstan

² Kazakhstan Agency of Applied Ecology, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: sofiyarom@mail.ru

Changes in the ion-salt composition of the Shu river water (Kazakhstan part) in the long-term cycle

The materials of a study of the ion-salt composition of water along the Shu River in the village of Kainar and village of Konaeva, Zhambyl region, over a long-term period (2014...2023) are presented. It was found that the ionic composition of the water in the upper section of the Shu River (Kainar village) was characterized by a relatively stable bicarbonate-calcium composition. due to their leaching from carbonate rocks common in the drainage basin.

The hypothetical salt composition of the water of the Shu River (Kainar village) is represented by six salts: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (22,1...59,2), MgSO_4 (6,7...41,1), Na_2SO_4 (0,8...55,4), NaCl (3,3...17,9), $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (0,0...16,5) and CaSO_4 (0,0...10,2 % equivalents of the total amount of salts). The limits of changes in the total salinity of the Shu River (Konaeva village) in 2019...2023 were 447,2...897,8 mg/dm³, which exceeds its maximum values for the same years in Kainar village by 38,5...282,5 mg/dm³. The water here is more often slightly alkaline of medium hardness. The ionic composition is dominated by sulfate and calcium or sodium ions. In addition to the above salts, magnesium chloride appears in the salt composition of the Shu River (Konaeva village), which led to the processes of metamorphosis in the forward direction.

When using Shu water for irrigation or for technical purposes, the formation of solid salts of calcium carbonate and calcium sulfate is possible. For brackish soils, such as those of the river basin, such salts will have a reclamation effect, and when heated, the precipitation of calcium carbonates and sulfates in technical equipment is very likely to intensify.

Keywords: ionic and salt composition, mineralization, hardness, hydrochemistry, ecology.

С.М. Романова^{1*}, А.С. Серікова¹, Р.Е. Махмутова¹, Е.Г. Крупа^{1, 2}

¹ҚР ҒЖБМ ҒК «Зоология институты» ШЖҚ РМК, Алматы, Қазақстан

²Қазақстан қолданбалы экология агенттігі, Алматы, Қазақстан

*e-mail: sofiyarom@mail.ru

Көпжылдық көрсеткіштер бойынша Қазақстан бөлігіндегі Шу өзенінің иондық-тұздық құрамының өзгеруі

Мақалада Жамбыл облысы Қайнар кенті мен Қонаев кенті пункттерінде (2014...2023 жж.) Шу өзенінің ағысы бойынша судың иондық-тұздық құрамын зерттеу материалдары келтірілген. Шу өзенінің (Қайнар кенті) жоғарғы бөлігіндегі судың иондық құрамы салыстырмалы түрде тұрақты гидрокарбонат-кальций құрамымен сипатталады негізгі себептердің бірі дренажды бассейнде таралған карбонатты жыныстармен шайылуы нәтижесінде.

Шу өзенінде (Қайнар) судың тұздық гипотетикалық құрамы алты түрлі байланыспен ұсынылған: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (22,1...59,2), MgSO_4 (6,7...41,1), Na_2SO_4 (0,8...55,4), NaCl (3,3...17,9), $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (0,0...16,5) және CaSO_4 (0,0...10,2% тұздардың жалпы сомасынан эквиваленттері). 2019 жылы Шу (Қонаев) суының жалпы минералдануының өзгеру шегі 2014..2023 жылдар аралығында 447,2...897,8 мг/дм³ болды, бұл Қайнар кентіндегі осы жылдардағы ең жоғары мәндерінен 38,5...282,5 мг/дм³ асып түсті. Мұндағы су көбінесе сілтілі және сәл сілтілі, орташа кермектілікке ие. Иондық құрамда сульфат пен кальций немесе натрий иондары басым. Судың тұзды құрамындағы р. Шу (Қонаев) жоғарыда аталған тұздардан басқа магний хлориді пайда болады, бұл метаморфизация процестерінің тікелей бағытта жүруіне әкелді.

Шу өзені суын суару үшін немесе техникалық мақсатта пайдаланған кезде кальций карбонаты мен кальций сульфатының қатты тұздары пайда болуы мүмкін. Тақыр және тұзды топырақтар үшін мұндай тұздар қалпына келтіретін әсер етеді, ал техникалық мақсаттарға қолдану барысында суды қыздырған кезде карбонаттар мен кальций сульфаттарының тұнбаға түсуін белсендіруі мүмкін.

Түйін сөздер: иондық және тұздық құрам, минералдану, кермектілік, гидрохимия, экология.

Введение

Природные воды по существу являются растворами природных соединений, поэтому они рассматриваются как природные равновесные физико-химические экосистемы, состоящие из воды и растворенных в ней веществ. К ним применимы законы и теории растворов и индивидуальных веществ. Состав природных вод аридных и гумидных областей отражает физико-химические условия их происхождения и существования в окружающей среде. Процессы образования и накопления солей достаточно хорошо изучены для рапных озер (Гроховский Л. М., 1972; Посохов Е.В., 1955; Никольская Ю.П., 1961; Замана Л.В., 2010; Колпакова М.Н. и др., 2015). Однако для речных вод, имеющих малую или среднюю минерализацию, эти процессы освещены недостаточно, а для р. Шу такие исследования ранее не проводились. По мнению авторов настоящего сообщения процессы образования солей, в частности, карбонатов, сульфатов щелочноземельных металлов протекают не только в минерализованных водах озер, но и в речных мало-минерализованных водах с меньшей скоростью (Беремжанов Б.А., 1968; Романова С.М., 2004).

На формирование химического состава воды рек, протекание процессов образования солей

в них влияют естественные (климат, почвы водосбора, донные отложения, растительность, морфометрические и гидрологические характеристики, в первую очередь малая водность, протяженность) и антропогенные факторы (за регулирование стока реки, использование воды на орошение, поступление сбросных вод и др.).

Река Шу относится к бассейну Аральского моря, имеет длину 1067 км, протекает по территории двух Республик Кыргызстан и Казахстан, где площадь бассейна реки составляет 200,36 тыс. км², из них 164,56 тыс. км² ... на территории Казахстана (Мустафаев Ж.С. и др., 2014).

Шу образуется от слияния рек Кочкор и Джунанарык в горных системах Тянь-Шаня. Имеет сток в Иссык-Кульской котловине, Чуйской долине, далее пересекает пустыню Муюнкум и теряется во впадине Ащиколь. Средний расход воды около 70 м³/с, которая используется в основном для орошения сельскохозяйственных угодий. На реке Шу построены 2 водохранилища (Ортокойское в Киргизии и Тасоткельское в Казахстане) и другие ирригационные сооружения. Основные притоки: справа Чон-Кемин, Ыргайты, Какпатас; слева Аламедин, Аксу, Курагаты. Река Шу относится к Шу-Таласской природно-хозяйственной системе. По показам

телям водного стресса, определяемого как доля ежегодно используемых запасов воды в стране на общественные нужды (для бассейновой Шу-Таласской ПХС они составляют 4,1 км³/год) от количества возобновляемых водных ресурсов среднемноголетнего значения речного стока (4,2 км³/год), данная система относится к категории чрезвычайно высокого уровня водного стресса (Толеубаева Л.С., 2008). Численность населения в бассейне р. Шу составляет 1,4 млн. человек. В бассейне р. Шу (в среднем течении) под сельскохозяйственными угодьями занято около 78 % площади земель от общей площади орошаемых земель 473,4 тыс. га. А в верховье р. Шу сосредоточено 33,1 тыс. га орошаемых земель и лишь 5,2 тыс. га в ее низовье.

Основная часть исследуемой территории (73 %) лежит в зоне пустынь и полупустынь, отроги горных систем Тянь-Шаня занимают около 14 %. Предгорная степная часть, занимающая 13% территории Жамбылской области, активно используется в сельскохозяйственных целях. Шу-Таласский гидрографический бассейн расположен, в основном, на территории Жамбылской области и частично в Южно-Казахстанской области (Созакский район). Общая площадь Шу-Таласского и Асинского гидрографического бассейна составляет 186,79 тыс. км², или 6,8 % площади республики. В гидрографическом бассейне имеются 3 крупные реки (Шу, Талас и Асы), 242 малые реки (в том числе в бассейне р. Шу 158), 35 озер, 3 крупных водохранилища комплексного назначения (Тасоткельское на реке Шу с проектной емкостью 620,0 млн. м³, Терс-Ащибулакское на р. Терс, одной из основных притоков р. Асы 158,0 млн. м³ и Ынталынское на р. Шабакты бассейна р. Асы ... 30,0 млн. м³), 38 малых водохранилищ емкостью от 1 до 10 млн. м³ (суммарной емкостью 130,6 млн. м³), 164 копани и прудов (с суммарной емкостью 72,2 млн. м³). Следует отметить, что Жамбылская область находится в условиях лимитированного водопользования, когда около 80 % водных ресурсов поступает из сопредельной Кыргызской Республики (Ибраев Т.Т., 2006).

Территория исследуемого региона расположена в четырех агроклиматических зонах. Северная часть бассейна реки Шу расположена в очень сухой и жаркой пустынной местности (Мойынкумы), центральная и южная часть в сухой и жаркой и в очень сухой зоне предгорий.

В низовьях рек Шу и Таласа, а также в понижениях рельефа пустынь распространены

такырные почвы и такыры. Для пустынь характерны серо-бурые почвы, рыхло песчаные и песчаные сероземы, для предгорий сероземы (Салихов Т.К., 2021). Ландшафтное разнообразие и климатические особенности территории определяют видовой состав и распределение животного и растительного мира. Характерными особенностями климата являются обилие солнца, засушливость и континентальность. Мустафаев Ж.С. с соавторами на основе многолетних информационно-аналитических материалов (1930...2017 гг.) о среднегодовых температурах воздуха и осадках изучили тенденцию изменения климата водосборного бассейна р. Шу (Мустафаев Ж.С. и др., 2019). В частности, показано, что среднегодовая температура воздуха постепенно повышается, а годовые атмосферные осадки уменьшаются. Данный факт в ближайшее время может привести к усилению аридизации климата региона.

Исследуемая территория богата минерально-сырьевыми ресурсами. Так, в Жамбылской области выявлены и разведаны значительные запасы полезных ископаемых: фосфориты, цветные металлы, руды черных металлов, минеральные соли, топливное сырье, разнообразные строительные материалы (строительные и отделочные камни, песчано-гравийный материал, карбонатные породы, гипс и др.).

В связи с вышеизложенным целью работы являлось исследовать современный ионный и солевой (гипотетический) состав воды р. Шу (в пределах Казахстана) в различные сезоны многолетнего цикла (2014...2023 гг.). Полученные данные будут полезны для составления солевого баланса реки, оценки качества воды, для учета возможного осаждения карбоната и сульфата кальция из речной воды при использовании на орошение или в технических целях.

Материалы и методы

Материалом исследования послужили кадастровые и мониторинговые данные РГП «Казгидромет» за период 2014...2023 гг. (Информационный бюллетень Казгидромет, 2014...2023; Государственный водный кадастр, Казгидромет, 2014...2023 гг.) и экспедиционные материалы авторов предыдущих лет (1972, 1984...1985 гг.) (Беремжанов Б.А. и др., 1973; Романова С.М. и др., 1986).

Для исследования были выбраны 2 участка по течению р. Шу в Жамбылской области: гидропост п. Кайнар, находящийся на

границе с Кыргызстаном (Кордайский район, координаты 43.291862...74.197591) (рисунок 1). Далее по течению реки Шу находится второй гидропост у с. Конаева (Шуский район, координаты 43.627941...73.811315). На этом участке вода р. Шу несет свои воды, вытекая из Тасоткельско-

го водохранилища, в которой смешивается вода впадающих притоков (реки Аксу, Токташ, Карабалта) и самого водохранилища. Исследование гидрохимии Тасоткельского водохранилища представляет самостоятельный интерес и в данной статье не рассматривается.



Рисунок 1 – Карта бассейна р. Шу в пределах Жамбылской области (Тажиев С.Р., 2023)

Для определения растворенных солей нами были использованы концентрации главных ионов. Способ определения гипотетических солей основан на их растворимости, с первую очередь связываются менее растворимые (Никаноров А.М., 2008; Волков А.И. и Жарский И.М., 2005). Поясним на примере среднегодового химического состава воды р. Шу (п. Кайнар), выраженного в ммоль эквивалентной форме. Катионы: Ca^{2+} 2,46; Mg^{2+} 1,87; $\text{Na}+\text{K}$ 3,34, сумма составляет 7,67 ммоль-экв/дм³. Анионы: HCO_3^- 3,72; SO_4^{2-} 3,29; Cl^- 0,66, сумма анионов 7,67 ммоль-экв/дм³. Суммируя отдельные величины, получаем, что сумма катионов равна сумме анионов. Далее находим состав отдельных солей и их эквивалентную концентрацию в воде р. Шу: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – 2,46; $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ – 1,26; MgSO_4 – 0,61; NaSO_4 – 2,68; NaCl – 0,66; сумма солей составляет 7,67. Эквивалентные содержания полученных солей переводим в мг/дм³: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ – $2,46 \cdot 81 = 199,3$; $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ – $1,26 \cdot 73 = 92,0$; MgSO_4 – $0,61 \cdot 60 = 36,6$; Na_2SO_4 – $2,68 \cdot 71 = 190,3$; NaCl – $0,66 \cdot 58,5 = 38,8$;

сумма 557,0 мг/дм³. По этому способу определен солевой состав воды р. Шу за многолетний период (2014...2023 гг.). Гидрокарбонаты кальция и магния при определенных условиях переходят в соответствующие карбонаты. Расчет последних произведен по уравнению реакции превращения кислых солей в средние.

Результаты и их обсуждение

Солевой состав речной воды обусловлен особенностями ее химического состава. За исследуемый период в ионном составе воды р. Шу (п. Кайнар) практически постоянно преобладали из анионов HCO_3^- , а из катионов Ca^{2+} ионы (рисунок 2). Индекс воды по Алекину почти всегда $\text{C}^{\text{Ca}}_{\text{II}}$. В отдельные сезоны года преобладающими становились SO_4^{2-} и Mg^{2+} (лето 2019 г.), SO_4^{2-} и Ca^{2+} (лето 2021 г., осень 2023 г.), SO_4^{2-} и Na^+ (осень 2021...2022 гг., лето 2023 г.) или HCO_3^- и Na^+ (весна 2014 г., лето 2022...2023 гг.).

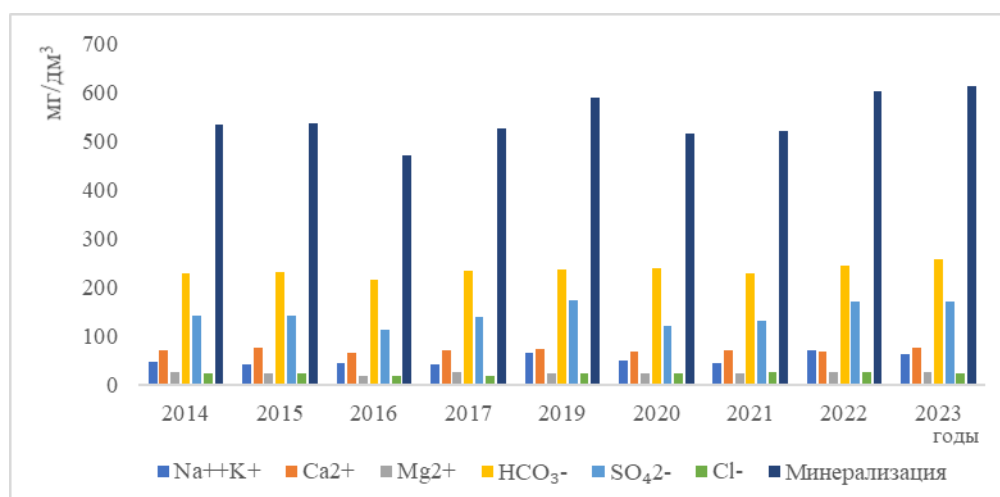


Рисунок 2 – Изменение концентрации главных ионов в воде р. Шу (п. Кайнар) в многолетнем цикле, 2014...2023 гг.

При этом индекс воды по Алекину изменялся на S_{II}^{Mg} , S_{II}^{Ca} , S_{II}^{Na} , C_{II}^{Na} , C , S_{II}^{Ca} , т.е. менялся класс и группа воды, но тип оставался стабильно во все годы вторым, что свидетельствовало о преобладающем содержании ионов щелочных металлов над хлоридными ионами. Генетически воды этого типа обычно связаны с различными осадочными породами и продуктами выветривания коренных пород (Никаноров А.М., 2008; Страхов Н.М. и др., 1954; Крученко С.С., 1993). Наблюдаемые процессы, приводящие к изменению концентрации главных ионов и их соотношений, протекали более активно в теплое время года. Выявлена тесная корреляционная связь содержания всех главных ионов и общей минерализации (коэффициент корреляции $r = 0,91...0,99$) (рисунок.3), а связь содержания HCO_3^- и значений pH средней силы.

Изменение класса воды из карбонатного в сульфатный называется в гидрохимии процессами метаморфизации химического состава, протекающими в прямом направлении (Никаноров А.М., 2011; Беремжанов Б.А., 1987; Валяшко М.Г. и др., 1965).

Преобладание гидрокарбонатных и кальций ионов в шуйской воде обусловлено вымыванием их из карбонатных пород (в основном известняков), распространенных в водосборном бассейне реки (Почвы пустынной зоны Казахстана, 1983; Салихов Т.К., 2021). Появление повышенных концентраций сульфатных ионов является следствием вымывания гипса ($CaSO_4$) из подстилающих пород прилегающей к руслу реки территории, а также химическим выветриванием не

только известняков, но и гипсовых пород (Колпакова М.Н. и др., 2015).

Концентрация хлоридных ионов в течение многолетнего цикла изменялась в более узких пределах ($11,0...50,4$ мг/дм³) по сравнению с остальными главными ионами. Известно, что сами хлоридные ионы практически не принимают участие в протекании физико-химических процессов, но с их помощью создаются благоприятные условия для различных превращений веществ в системе «вода – донные отложения – почва».

За исследуемый период 2014...2023 гг. среднегодовые значения общей минерализации изменялись в пределах $471,8...615,5$ мг/дм³ (рисунок 2). Особо выделялось значение минерализации в последние два года, достигшее в летний период $798,6$ мг/дм³ в 2022 г. и $994,7$ мг/дм³ осенью 2023 г. В это время класс воды менялся на сульфатный, а группа на натриевую, индекс по Алекину S_{II}^{Na} . Такое повышение минерализации скорее всего связано с уменьшением стока реки (забор воды на орошение), усиливающимися процессами вымывания солей в теплое время года, а также подпиткой подземными водами, более насыщенными природными солями (Тажиев С.Р., 2023). Следует отметить, что не во все исследуемые годы во время снеготаяния и попадания талых маломинерализованных вод в реку Шу (март-май) минерализация воды уменьшается весной по сравнению с таковой в остальные сезоны года. Такое уменьшение среднесезонной величины минерализации на $81,6...208,1$ мг/дм³ было обнаружено лишь в 2019...2021 гг.

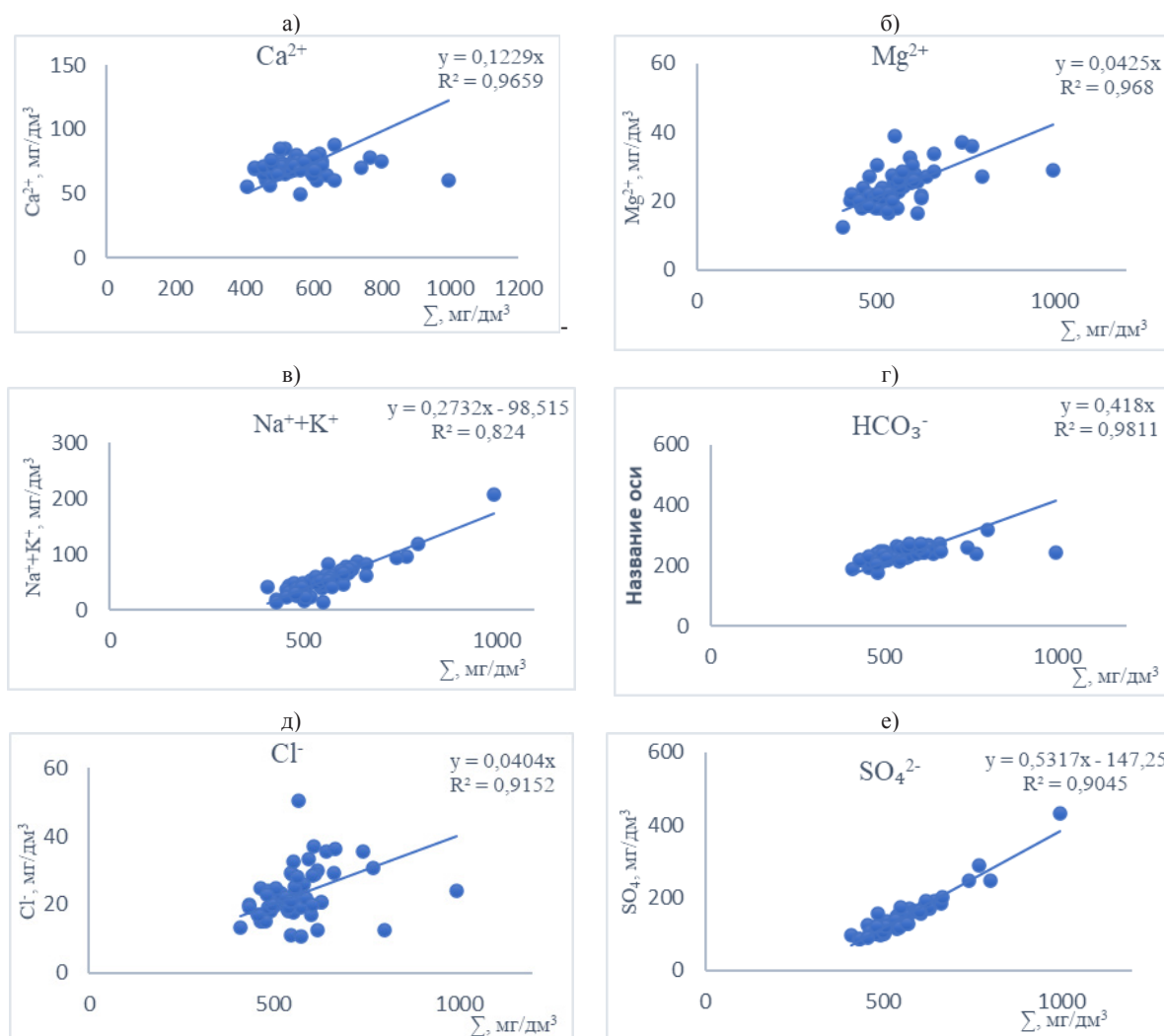


Рисунок 3 – Корреляционная связь между общей минерализацией и содержанием главных ионов в воде р. Шу (п. Кайнар)

Вода р. Шу (п. Кайнар) характеризовалась средней величиной общей жесткости (4,68...5,87 мг-экв/дм³), чаще слабо щелочной и реже щелочной реакцией среды, значения pH изменялись от 7,30 до 8,15 и лишь в мае 2022 г. было обнаружено самое большое значение pH, равное 8,50 (таблица 1). Температура воды р. Шу (п. Кайнар) в многолетнем цикле изменялась в пределах 2,0...26,6 °С, при среднегодовых значениях 12,2...15,0 °С. Последние 3 года среднегодовая температура речной воды у п. Кайнар заметно возросла, на 1...2 °С.

В первом приближении судить о генезисе неорганических природных солей можно по тому гидрологическому сезону, в котором наблюдаемые изменения наиболее заметны. Как правило,

в период зимней межени в питании реки велика роль подземных вод, а в весеннее половодье большое значение имеют воды поверхностного питания.

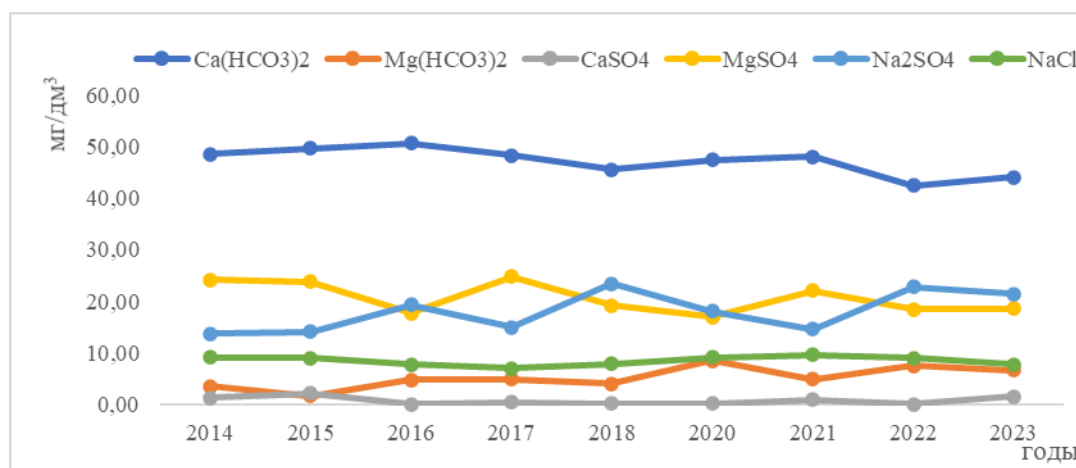
Солевой гипотетический состав воды р. Шу (п. Кайнар) представлен шестью различными солями: гидрокарбонатами кальция и магния, сульфатами магния, натрия и кальция, из хлоридов ... только хлоридом натрия. Из этих солей преобладающими постоянно являлись гидрокарбонаты кальция (22,1...59,2), далее по убывающей концентрации были сульфат магния (6,7...41,1), сульфат натрия (0,8...55,4), хлорид натрия (3,3...17,9), гидрокарбонат магния (0,0...16,5) и сульфат кальция (0,0...10,2 % эквивалентов от общей суммы солей) (рисунок 4).

Таблица 1 – Пределы колебания и средние значения температуры и pH воды р. Шу (п. Кайнар), 2014...2023 гг.

Год	Температура, °С		Реакция среды, величина pH	
	Предельные значения температуры	Средние значения температуры	Предельные значения	Средние значения
2014	2,0...23,2	13,5	7,35...8,00	7,78
2015	4,0...26,6	13,3	7,60...8,15	7,87
2016	2,1...21,0	12,2	7,30...8,05	7,76
2017	4,0...22,6	12,7	7,48...8,05	7,80
2019	2,2...25,0	12,8	7,40...7,90	7,80
2020	3,6...23,0	12,9	7,70...8,00	7,82
2021	5,0...25,0	13,9	7,50...7,90	7,70
2022	4,0...25,0	15,0	7,55...8,50	7,94
2023	4,0...25,0	14,0	7,60...8,15	7,88

Первые четыре соли обнаруживались постоянно в течение годовых циклов, а гидрокарбонат магния чаще присутствовал, сульфат кальция, наоборот, чаще не был обнаружен. Образование гипса в шуйской воде происходило в основном в весеннее и летнее время года, когда достигается соотношение $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-} > 1$. Содержание различных солей в речной воде меняет-

ся не только в течение годовичного цикла, но и за многолетний период. Это зависит от гидрологических факторов (расход воды, водный сток, скорость течения воды в реке), поступлении солей с водосборной площади во время паводка, с атмосферными осадками, а также протекающими химическими процессами в системе «вододонные отложения-растения».

**Рисунок 4** – Изменение среднегодового солевого состава воды р. Шу (п. Кайнар) в многолетнем цикле, 2014...2023 гг.

Четкой закономерности в поведении солей за 2014...2023 гг. не выявлено. Поскольку с 2021 по 2023 гг. был исследован состав воды р. Шу (п. Кайнар) ежемесячно (в предыдущие годы ... поквартально), удалось выявить следующее. Так, среднегодовое содержание гидрокарбоната кальция во все сезоны 2021...2023 гг.

постепенно снижалось от 51,2 до 44,0 зимой, от 55,0 до 51,0 весной, от 44,1 до 36,2 летом и от 42,0 до 34,0 % экв. от суммы солей. осенью. Среднегодовая концентрация сульфата кальция увеличивалась почти во все сезоны года от 0 до 0,2 зимой, от 0 до 4,3 весной и от 0 до 1,3 % экв. от суммы солей осенью. Более высокие средне-

годовые концентрации сульфата натрия были обнаружены зимой (постепенное увеличение от 14,8 до 28,9), и летом (постепенное увеличение от 13,6 до 31,0 % экв. от суммы солей). Среднегодовое за 2021...2023 гг. содержание сульфата магния и хлорида натрия постепенно уменьшалось в зимнее (соответственно, от 18,1 до 13,7 и от 9,1 до 6,0) и летнее время (соответственно, от 24,4 до 14,0 и от 10,4 до 6,3 % экв. от суммы солей). Относительно гидрокарбоната магния, как относительно неустойчивого соединения, следует отметить постепенные изменения в сторону увеличения и уменьшения в разные сезоны года. Процессы образования ги-

дрокарбонатов кальция и магния в их карбонаты и обратно протекают в водах одновременно в зависимости от температуры, реакции среды, содержания углекислого газа и других факторов. Поэтому их концентрации изменяются в течение определенного отрезка времени (года, месяца, суток). Поведение карбонатов кальция и магния аналогичны их гидрокарбонатам (рисунк 5).

Судя по среднемноголетним концентрациям природных солей для воды р. Шу (п. Кайнар) характерным является следующее отношение: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 > \text{MgSO}_4 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl} > \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 > \text{CaSO}_4$ (таблица 2).

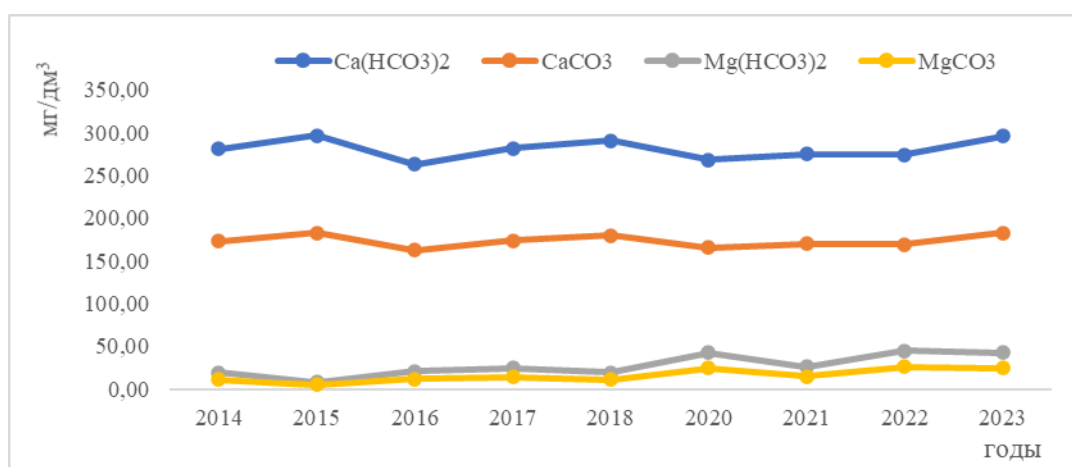


Рисунок 5 – Изменение среднегодового содержания гидрокарбонатов и карбонатов кальция и магния в воде р. Шу (п. Кайнар) в многолетнем цикле, 2014...2023 гг.

Таблица 2 – Среднемноголетние концентрации солей в воде р. Шу (п. Кайнар) по сезонам года, 2014...2023 гг.

Сезон года	Ca(HCO ₃) ₂	Mg(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	NaCl
	% экв / мг/дм³					
зима*	49,7/289,2	3,8/19,7	0,6/2,7	19,9/85,9	18,2/93,0	7,8/32,8
весна*	49,0/285,1	3,3/17,5	0,4/2,0	20,9/92,4	17,4/90,9	9,0/38,6
лето*	43,5/280,3	4,9/28,5	1,0/5,4	21,0/100,8	21,0/119,3	8,6/39,8
осень*	45,0/265,7	7,6/40,9	0,4/2,0	18,2/80,4	20,9/109,3	7,9/33,9
среднемноголетнее значение	46,8/280,1	4,9/28,5	0,6/3,0	20,0/90,0	19,4/103,1	8,3/36,3
среднее, 1972 г.**	46,1/218,7	4,4/19,0	0	21,6/56,4	21,6/89,5	11,9/24,9
среднее, 1984-1985 гг.***	46,4/257,6	11,5/57,7	0	14,4/59,4	15,1/73,1	12,6/30,5

Примечание: * Информационный бюллетень Казгидромет, 2014...2023; **Беремжанов Б.А. и др., 1973; *** Романова С.М. и др., 1986.

Интересным является факт близкого сходства по содержанию указанных выше солей и ионов в воде р. Шу, определенным еще в 1972 г. Гипса в воде не было обнаружено. В 1984...1985 гг. в воде р. Шу содержание хлорида натрия было несколько больше, а концентрации гидрокарбоната магния и сульфатов натрия и магния, наоборот, меньше, чем среднегодовые концентрации в 2019...2023 гг.

Исследования ионно-солевого состава воды р. Шу (п. Конаев) было проведено в 2019...2020 гг. ежемесячно, а с 2021 по 2023 гг. ежеквартально. Температурный режим здесь мало отличается от такового в п. Кайнар (таблицы 1, 3). Реакция среды на этом участке позволяет отнести воду чаще к слабо щелочной, реже щелочной, значения pH изменяются в пределах 7,50...8,50 (таблица 3). По среднемноголетним значениям величины pH вода относится к слабощелочной. Общая жесткость изменялась в пределах от 4,54 до 8,08 мг-экв/дм³.

Пределы изменения общей минерализации 447,2...897,8 мг/дм³ (среднегодовые колебания 565,0...654,1 мг/дм³), что превышает ее максимальные значения за эти же годы в п. Кайнар на 282,5 мг/дм³. Наибольшие значения минерализации были зафиксированы в летне-осенний периоды. В ионном составе чаще всего преобла-

дают сульфат- и кальций или натрий ионы (в 21 случае из 32), индексы по Алекину становятся S_{II}^{Ca} , S_{II}^{Na} , C, S_{II}^{Ca} . Выявлен небольшой рост концентрации сульфатных ионов и ионов натрия на этом нижнем участке, предельные значения которых, соответственно, на 13,0...103,7 мг/дм³ и 1,0...84,7 мг/дм³ больше, чем таковые концентрации в верхнем участке. Отмеченный рост сульфатных ионов и ионов натрия рассматривают как ионы, чувствительные к антропогенному воздействию, что может быть вызвано косвенным влиянием специфической хозяйственной деятельностью на водосборе реки (Никаноров А.М., 2008; Колпакова М.Н., Исупов В.П., Борзенко С.В. и др., 2015). В сентябре 2023 г. зафиксировано преобладание содержания хлоридных ионов над ионами натрия и калия, что привело к формированию воды третьего типа. Класс воды сульфатный, группа кальция, индекс S_{III}^{Ca} . Третий тип воды характерен для сильнометаморфизованных вод. Вероятнее всего причиной такого изменения состава воды связано с дополнительным поступлением хлоридных ионов в речную воду. Как было отмечено ранее, вода р. Шу на участке п. Конаева вытекает из Тасоткельского водохранилища, в которое впадают притоки и в конечном итоге является результатом смешения вод разного химического состава.

Таблица 3 – Пределы колебания и средние значения температуры и pH воды р. Шу (п. Конаева), 2019...2023 гг.

Год	Температура, °C		Реакция среды, величина pH	
	предельные значения температуры	средние значения температуры	предельные значения	средние значения
2019	1,6...2,4	12,0	7,70...8,25	7,98
2020	7,0...19,0	10,0	7,80...8,25	7,97
2021	3,7...25,0	14,0	7,50...7,95	7,69
2022	3,6...25,2	14,2	7,60...8,50	8,07
2023	4,0...24,4	14,5	7,50...8,15	7,90

Солевой гипотетический состав воды р. Шу (п. Конаева) представлен следующими солями: гидрокарбонатами кальция и магния, сульфатами магния, натрия и кальция, хлоридом натрия во все сезоны года и хлоридом магния осенью. Из всех солей по-прежнему оставались гидрокарбонаты кальция, пределы изменения содержания составляли 32,5...51,9 % экв. от общей суммы солей. Далее по убывающему содержанию распределяются сульфат магния (15,6...36,6 % экв), сульфат натрия (6,6...36,3 %

экв.), хлорид натрия (5,4...12,8 % экв), гидрокарбонат магния (0,0...01,0 % экв.), сульфат кальция (0,0...13,6%экв.). Если эти 6 солей обнаружены во все сезоны года, то хлорид магния был обнаружен только осенью 2023 г. в количестве 20,8%экв. Возможно, в это время был осуществлен стихийный сброс жидких или твердых стоков, содержащий ионы магния и хлора. Прослеживая изменение концентрации солей в речной воде, удалось выявить некоторые тенденции к уменьшению содержания гидрокар-

боната магния во все сезоны 2019...2023 гг. и увеличению сульфата кальция. Остальные соли в разные в разные сезоны года имеет тенденции как к уменьшению их содержания, так и к увеличению. Четких закономерностей в поведении минеральных солей на этом участке реки не выявлено, это подтверждает факт, что на ионно-солевой состав воды прежде всего влияет режим работы Тасоткельского водохранилища, химический состав его притоков, процессы смешения разнотипных вод, внутриводоемные процессы. Можно с определенной уверенностью отметить, что вода р. Шу на участке п. Конаева отражает более сильное антропогенное воздействие, чем на более верхнем участке (Ибраев Т.Т., 2006).

В порядке уменьшения среднегодового содержания минеральные соли располагаются в ряд: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 > \text{MgSO}_4 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl} > \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 > \text{CaSO}_4 > \text{MgCl}_2$ (таблица 4). Доля растворимых сульфатов магния и натрия в шуйской воде у п. Конаева составляла 15,0 % экв. ($191,3 \text{ мг/дм}^3$), а на участке п. Кайнар ... 13,3 %

экв. ($165,7 \text{ мг/дм}^3$). Иными словами, шуйская вода на ниже расположенном участке (п. Конаева) более засульфачена. В почвах водосборного бассейна р. Шу незначительно распространены минералы, содержащие сульфат натрия (глаубериты, мирабилиты) и сульфат магния (кизерит, эпсомит) (Почвы долины, 1971; Мустафаев Ж., 2023; Сейтказиев А.С. и др., 2020), встречаются также источники подземных более минерализованных вод разнообразного химического состава, включая, например, сульфатно-хлоридно-натриевые воды (Смоляр В.А. и др., 2002; Абсаметов М.К. и др., 2017; Тажиев С.Р., 2023). С другой стороны, источником дополнительного поступления сульфатов натрия (и калия), может быть хозяйственная деятельность на водосборе.

Исходя из солевого состава, можно отметить, что при использовании шуйской воды на орошение или в технических целях, при создании благоприятных условий возможно образование твердых солей карбоната кальция и сульфата кальция.

Таблица 4 – Среднегодовое концентрации солей в воде р. Шу (п. Конаев) по сезонам года, 2019...2023 гг.

Сезон года	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	MgSO_4	Na_2SO_4	NaCl	CaSO_4	MgCl_2
	%экв./мг/дм ³						
зима	44,9/278,6	6,8/38,2	19,0/90,2	21,4/122,4	7,6/34,4	0,3/1,9	0,0/0,0
весна	46,4/297,9	2,4/13,7	25,3/124,2	15,4/89,9	10,2/48,6	0,4/2,5	0,0/0,0
лето	40,9/298,7	1,5/7,6	26,9/145,0	19,6/131,4	10,0/52,7	1,0/7,8	0,0/0,0
осень	39,3/296,2	1,6/13,7	26,2/138,7	21,3/134,5	9,7/50,9	1,2/18,2	0,7/4,7
среднегодовое	42,9/292,9	3,1/18,3	14,3/124,6	19,4/119,5	9,4/46,6	0,8/7,6	0,2/1,2

Для солонцеватых почв, такыров этот факт не является отрицательным, поскольку такие соли окажут мелиорирующее влияние на почву (Эрфан Е., 2008; Петрова Т.А. и Рудзиш Э., 2021). Использование шуйской воды, где требуется нагревание, выпадение карбонатов и сульфатов кальция будет идти активно.

Заключение

Ионный состав воды верхнего участка р. Шу (п. Кайнар) за многолетний период 2014...2023 гг. (а также в 1972, 1984...1985 гг.) характеризуется практически постоянным преобладанием (56 случаев из 61) гидрокарбонатных ионов и кальций ионов, индекс воды по Алейкину почти всегда $\text{C}_{\text{Ca}}^{\text{Ca}}$, предельные среднегодовые значения

минерализации составляли $445,0...615,3 \text{ мг/дм}^3$, общей жесткости $4,68...5,87 \text{ мг-экв/дм}^3$, pH $7,70...7,94$. В редких случаях менялся класс воды на сульфатный и группа на натриевую, магниевую или кальциевую. Преобладание гидрокарбонатных и кальций ионов в шуйской воде является следствием вымывания их из карбонатных пород (в основном известняков), распространенных в водосборном бассейне реки.

Солевой гипотетический состав воды р. Шу (п. Кайнар) представлен шестью различными солями: гидрокарбонатом кальция ($22,1...59,2$), сульфатом магния ($6,7...41,1$), сульфатом натрия ($0,8...55,4$), хлоридом натрия ($3,3...17,9$), гидрокарбонатом магния ($0,0...16,5$) и сульфатом кальция ($0,0...10,2$ % эквивалентов от общей суммы солей). Содержание солей в речной

воде меняется в течение годовичного и много-летнего циклов, в связи с изменением гидрологических факторов, поступлением солей с водосборной площади во время паводка, с атмосферными осадками, а также протекающими химическими процессами в экосистеме «вододонные отложения-растения».

Пределы изменения общей минерализации воды р. Шу (п. Конаева) в 2019...2023 гг. составляли 447,2...897,8 мг/дм³ (среднегодовые колебания 565,0...654,1 мг/дм³), что превышает ее максимальные значения за эти же годы в п. Кайнар на 38,5...282,5 мг/дм³.

Вода здесь чаще слабощелочная, средней жесткости. В ионном составе чаще преобладают сульфат- и кальций или натрий ионы (в 21 случае из 32), индексы по Алекину становятся чаще S_{II}^{Ca} , S_{II}^{Na} , C , S_{II}^{Ca} . Отмеченный рост сульфатных ионов и ионов натрия рассматривают как ионы, чувствительные к антропогенному воздействию, что может быть вызвано косвенным влиянием специфической хозяйственной деятельностью на водосборе реки.

Солевой гипотетический состав воды р. Шу (п. Конаева) представлен семью различными солями: гидрокарбонатом кальция (39,1...46,4), сульфат магния (18,6...26,9), сульфат натрия

(15,4...22,8), хлорид натрия (7,4...10,1), гидрокарбонат магния (1,5...7,0), сульфат кальция (0,3...3,7 % экв. от общей суммы солей). Хлорид магния был обнаружен в осенний период 2023 г. в количестве 6,9 % экв. от общей суммы солей. Шуйская вода у п. Конаева более метаморфизована. Выявлена тенденция к протеканию процессов метаморфизации в прямом направлении.

При использовании шуйской воды на орошение или в технических целях возможно образование твердых солей карбоната и сульфата кальция. Для солонцеватых почв, takyrov такие соли окажут мелиорирующее влияние. Использование шуйской воды в технических целях, где требуется нагревание, выпадение карбонатов и сульфатов кальция будет идти активно.

Благодарности: Мы признательны РГП «Казгидромет» за поддержку в предоставлении гидрохимических данных.

Исследование выполнено в рамках проекта BR24993060 «Разработка информационной системы для ведения кадастра диких животных Западного Тянь-Шаня с целью их сохранения и устойчивого использования». Проект поддержан Министерством науки и высшего образования Комитетом науки Республики Казахстан.

Литература

1. Абсаметов М.К., Мухамеджанов М.А., Сыдыков Ж.С., Муртазин Е.Ж. Подземные воды Казахстана – стратегический ресурс водной безопасности страны. – Алматы, 2017. – 220 с.
2. Беремжанов Б.А. Солеобразование в некоторых континентальных бассейнах Казахстана. – Алма-Ата: 1968. – 162 с.
3. Беремжанов Б.А. Химия природных солей. – Алма-Ата: Мектеп, 1987. – 174 с.
4. Беремжанов Б.А., Романова С.М., Аккошкарар О.А., Ибрагимов М.А. К вопросу физико-химической характеристики воды рек Джамбулской области // Химия и химическая технология. – Алма-Ата, 1973. – Вып. 14. – С.189–198;
5. Валяшко М.Г. Поливанова А.И., Жеребцова И.К., Метких Б.И. Геохимия и генезис рассолов иркутского амфитеатра. – М.: Наука, 1965. – 160 с.
6. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник – Мн.: Современная школа, 2005. – 608 с.
7. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Бюллетень» Поверхностные воды суши. Каталогные данные. – Астана: Казгидромет, 2014–2023 гг.
8. Гроховский Л.М. Озерные месторождения солей, их изучение и промышленная оценка. М.: «Недра», 1972. – 168 с.
9. Замана Л.В. Борзенко С.В. Гидрохимия соленых озер Юго-Восточного Забайкалья и определяющие ее современные процессы // География и природные ресурсы. – 2010. – № 4. – С. 100–107.
10. Ибраев Т.Т. Анализ использования водных ресурсов Жамбылской области // Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 2. – С. 34–43.
11. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды. Выпуски с 2014 по 2023 гг. – Астана: Департамент экологического мониторинга МЭПР РК Казгидромет. – 2014–2023
12. Колпакова М.Н., Исупов В.П., Борзенко С.В., Шварцев С.Л., Шацкая С.С. Гидрохимия и геохимическая типизация соленых озер степной части Алтайского края // Вода: Химия и экология. – № 1. – 2015. – С. 18–23.
13. Крученко С.С. Солеобразование, распределение микрокомпонентов в карбонатно-сульфатных системах и природных водах: автореф. ... канд. хим. наук. – Алматы, 1993. – 18 с.
14. Мустафаев Ж. Ландшафтно-экологическое районирование бассейна реки Шу. Гидрометеорология и экология. – 2023. – (4). – С. 17–28.
15. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Даулетбай С.Д. Моделирование функционирования водосборов бассейна реки Шу при их комплексном обустройстве // Гидрометеорология и экология. – № 2. – 2014. – С. 111–122.

16. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Камалиев А.М. Климатический профиль водосборного бассейна реки Шу. – Гидрометеорология и экология. – № 2. – 2019. – С. 38–49.
17. Никаноров А.М. Гидрохимия. – Изд. 3-е, перераб. и дополн., СПб.: Гидрометеониздат, 2008. – 462 с.
18. Никаноров А.М. Региональная гидрохимия. Ростов-на-Дону: НОК, 2011. – 389 с.
19. Никольская Ю.П. Процессы солеобразования в озерах и водоемах Кулундинской степи. Новосибирск. Изв-во СО АН СССР, 1961. – 179 с.
20. Петрова Т.А., Рудзиш Э. Виды мелиорантов для рекультивации техногенно нарушенных территорий горной промышленности // МИАВ. Mining Informational and Analytical Bulletin. – 2021. – (4). – С. 100–112. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_4_0_100
21. Посохов Е.В. Соляные озёра Казахстана. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 187 с.
22. Почвы долины Чу. – Алма-Ата, 1971. – 374 с.
23. Почвы пустынной зоны Казахстана: (региональная характеристика почв). – Алма-Ата: Изд-во Наука, Казахской ССР, 1983. – 238 с.
24. Романова С.М. Физикохимия процессов метаморфизации и солеобразования в континент и искусств. водоемах Казахстана // Вестник КазНУ. – Серия химическая. – Вып. 2. – 2004. – С. 119–123.
25. Романова С.М., Ляшенко Л.В., Кайдарова Р.К. Оценка качества поверхностных вод Южного Казахстана // В кн.: Физ.-хим. основы переработки минер. сырья Казахстана. – Алма-Ата, 1986. – С. 59–65.
26. Салихов Т.К. Исследование почвенного покрова Таласского района Жамбылской области. Гидрометеорология и экология. – 2021(3). – С. 76–83. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2021-102-3-68-73>
27. Сейтказиев А.С., Маймакова А.К. Экологическая оценка исследуемого участка сероземных почв Жамбылской области // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2020. – (3(91)): – С. 281–285.
28. Смоляр В.А., Буров Б.В. Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние) // Справочник. – А.: НИЦ Ғылым, 2002. – 596 с.
29. Страхов Н.М., Бродская Н.Г., Князева Л.И. и др. Образование осадков в современных водоемах. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 791 с.
30. Тажиев С.Р. Ресурсы подземных вод Казахстанской части предгорий Киргизского Алатау: формирование, состояние и перспективы использования. дисс...доктора философии (PhD). – Алматы, 2023. – 131с.
31. Толеубаева Л.С., Влияние регулирования речного стока на сезонные риски водообеспечения Арало-Сырдарьинской природно-хозяйственной системы. – В кн.: Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика. – Алматы, 2008. – С. 325–333.
32. Эрфан Е. Эффективность гипса и серы в качестве мелиорантов засоленных почв // Изв-во ТСХА. – Вып. 3. – 2008. – С. 139–141.

References

1. Absametov M.K., Mukhamedzhanov M.A., Sydykov Zh.S., Murtazin E.Zh. Podzemnye vody Kazakhstana – strategicheskii resurs vodnoi bezopasnosti strany. – Almaty, 2017. – 220 s.
2. Beremzhanov B.A. Soleobrazovanie v nekotorykh kontinental'nykh basseynakh Kazakhstana. – Alma-Ata: 1968. – 162 s.
3. Beremzhanov B.A. Khimiya prirodnnykh solei. – Alma-Ata: Mektep, 1987. – 174 s.
4. Beremzhanov B.A., Romanova S.M., Akkoshkarov O.A., Ibragimova M.A. K voprosu fiziko-khimicheskoi kharakteristiki vody rek Dzhambul'skoi oblasti // Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. – Alma-Ata, 1973. – Vyp. 14. – S. 189–198;
5. Valyashko M.G. Polivanova A.I., Zharebtsova I.K., Metkikh B.I. Geokhimiya i genezis rassolov irkut'skogo amfiteatra. – M.: Nauka, 1965. – 160 s.
6. Volkov A.I., Zharskii I.M. Bol'shoi khimicheskii spravochnik – Mn.: Sovremennaya shkola, 2005. – 608 s.
7. Gosudarstvennyi vodnyi kadastr Respubliki Kazakhstan. Byulleten' Poverkhnostnye vody sushi. Kataloghnye dannye. – Astana: Kazgidromet, 2014–2023 gg.
8. Grokhovskii L.M. O zernye mestorozhdeniya solei, ikh izuchenie i promyshlennaya otsenka. M.: «Nedra», 1972. – 168 s.
9. Zamana L.V. Borzenko S.V. Gidrokimiya solennykh ozer Yugo-Vostochnogo Zabaikal'ya i opredelyayushchie ee sovremennye protsessy // Geografiya i prirodnye resursy. – 2010. – № 4. – S. 100–107.
10. Ibraev T.T. Analiz ispol'zovaniya vodnykh resursov Zhambyl'skoi oblasti // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2006. – № 2. – S. 34–43.
11. Informatsionnyi byulleten' o sostoyanii okruzhayushchei sredy. Vypuski s 2014 po 2023 gg. – Astana: Departament ekologicheskogo monitoringa MEPR RK Kazgidromet. – 2014–2023
12. Kolpakova M.N., Isupov V.P., Borzenko S.V., Shvartsev S.L., Shatskaya S.S. Gidrokimiya i geokhimicheskaya tipizatsiya solennykh ozer stepnoi chasti Altaiskogo kraia // Voda: Khimiya i ekologiya. – № 1. – 2015. – С. 18–23.
13. Kruchenko S.S. Soleobrazovanie, raspredelenie mikrokomponentov v karbonatno-sul'fatnykh sistemakh i prirodnnykh vodakh: avtoref. ... kand. khim. nauk. – Almaty, 1993. – 18 s.
14. Mustafaev Zh. Landshaftno-ekologicheskoe raionirovanie basseina reki Shu. Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2023. – (4). – S. 17–28.
15. Mustafaev Zh.S., Kozykeeva A.T., Mustafaev K.Zh., Dauletbaev S.D. Modelirovanie funktsionirovaniya vodosborov basseina reki Shu pri ikh kompleksnom obustroistve // Gidrometeorologiya i ekologiya. – № 2. – 2014. – S. 111–122.
16. Mustafaev Zh.S., Kozykeeva A.T., Kamaliev A.M. Klimaticheskii profil' vodosbornogo basseina reki Shu. – Gidrometeorologiya i ekologiya. – № 2. – 2019. – S. 38–49.

17. Nikanorov A.M. *Gidrokimiya*. – Izd. 3-e, pererab. i dopoln., SPb.: Gidrometeoizdat, 2008. – 462 s.
18. Nikanorov A.M. *Regional'naya gidrokimiya*. Rostov-na-Donu: NOK, 2011. – 389 s.
19. Nikol'skaya Yu.P. *Protsessy soleobrazovaniya v ozerakh i vodoemakh Kulundinskoi stepi*. Novosibirsk. *Izv-vo SO AN SSSR*, 1961. – 179 s.
20. Petrova T.A., Rudzish E. *Vidy meliorantov dlya rekul'tivatsii tekhnogenno narushennykh territorii gornoj promyshlennosti* // *MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin*. – 2021. – (4). – S. 100–112. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_4_0_100
21. Posokhov E.V. *Solyanye ozero Kazakhstan*. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1955. – 187 s.
22. *Pochvy doliny Chu*. – Alma-Ata, 1971. – 374 s.
23. *Pochvy pustynnoi zony Kazakhstan: (regional'naya kharakteristika pochv)*. – Alma-Ata: Izd-vo Nauka, Kazakhskoi SSR, 1983. – 238 s.
24. Romanova S.M. *Fizikokhimiya protsessov metamorfizatsii i soleobrazovaniya v kontinent i iskusstv. vodoemakh Kazakhstan* // *Vestnik KazNU*. – Seriya khimicheskaya. – Vyp.2. – 2004. – S.119–123.
25. Romanova S.M., Lyashenko L.V., Kaidarova R.K. *Otsenka kachestva poverkhnostnykh vod Yuzhnogo Kazakhstan* // *V kn.: Fiz.-khim. osnovy pererabotki miner. syr'ya Kazakhstan*. – Alma-Ata, 1986. – S. 59–65.
26. Salikhov T.K. *Issledovanie pochvennogo pokrova Talasskogo raiona Zhambylskoi oblasti. Gidrometeorologiya i ekologiya*. – 2021(3). – С. 76–83. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2021-102-3-68-73>
27. Seitkaziev A.S., Maimakova A.K. *Ekologicheskaya otsenka issleduemogo uchastka serozemnykh pochv Zhambylskoi oblasti* // *Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki*. –2020. – (3(91)): – S. 281–285.
28. Smolyar V.A., Burov B.V. *Vodnye resursy Kazakhstan (poverkhnostnye i podzemnye vody, sovremennoe sostoyanie)* // *Spravochnik*. – A.: NITs Fylym, 2002. – 596 s.
29. Strakhov N.M., Brodskaya N.G., Knyazeva L.I. i dr. *Obrazovanie osadkov v sovremennykh vodoemakh*. – M.: Izd-vo ANSSSR, 1954. – 791 s.
30. Tazhiev S.R. *Resursy podzemnykh vod Kazakhstanskoi chasti predgorii Kirgizskogo Alatau: formirovanie, sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya*. diss...doktora filosofii (RhD). – Almaty, 2023. – 131s.
31. Toleubaeva L.S., *Vliyaniye regulirovaniya rechnogo stoka na sezonnye riski vodoobespecheniya Aralo-Syrdar'inskoi prirodno-khozyaistvennoi sistemy*. – V kn.: *Geograficheskie problemy ustoichivogo razvitiya: teoriya i praktika*. – Almaty, 2008. – S. 325–333.
32. Erfan E. *Effektivnost' gipsa i sery v kachestve melioranta solontsovykh pochv* // *Izv-vo TSKhA*. – Vyp.3. – 2008. – S.139–141.

Сведения об авторах:

С.М. Романова – доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории гидробиологии и экотоксикологии РГП на ПХВ «Институт зоологии» МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: sofuyarom@mail.ru);

Е.Г. Крупа – доктор биологических наук, заведующий лабораторией гидробиологии и экотоксикологии РГП на ПХВ «Институт зоологии» МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: elena.krupa@zool.kz);

А.С. Серикова – научный сотрудник лаборатории гидробиологии и экотоксикологии РГП на ПХВ «Институт зоологии» МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: aizada.serikova@zool.kz);

Р.Е. МахмUTOва – научный сотрудник лаборатории гидробиологии и экотоксикологии РГП на ПХВ «Институт зоологии» МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: rabat.makhutova@zool.kz).

Авторлар туралы мәлімет:

Романова С.М. – география ғылымдарының докторы, «Зоология институты» ШЖҚ РМК гидробиология және экотоксикология зертханасының бас ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, e-mail: sofuyarom@mail.ru

Крупа Е.Г. – биология ғылымдарының докторы, «Зоология институты» ШЖҚ РМК гидробиология және экотоксикология зертханасының меңгерушісі, Алматы, e-mail: elena.krupa@zool.kz

Серикова А.С. – «Зоология институты» ШЖҚ РМК гидробиология және экотоксикология зертханасының ғылыми қызметкері, Алматы, e-mail: aizada.serikova@zool.kz

МахмUTOва Р.Е. – «Зоология институты» ШЖҚ РМК гидробиология және экотоксикология зертханасының ғылыми қызметкері, Алматы, e-mail: rabat.makhutova@zool.kz

Information about authors:

Romanova S. – doctor of geographical sciences, leading researcher of the laboratory of hydrobiology and ecotoxicology, «Institute of Zoology», Almaty, e-mail: sofuyarom@mail.ru

Krupa E. – doctor of biological sciences, head of the laboratory of hydrobiology and ecotoxicology, «Institute of Zoology», Almaty, e-mail: elena.krupa@zool.kz

Serikova A. – Researcher at the Laboratory of Hydrobiology and Ecotoxicology, «Institute of Zoology», Almaty, e-mail: aizada.serikova@zool.kz

Makhmutova R. – researcher at the laboratory of hydrobiology and ecotoxicology, «Institute of Zoology», Almaty, e-mail: rabat.makhutova@zool.kz

*Поступила 25 января 2025 года
Принята 25 сентября 2025 года*

F. Amutova^{1,2,3*}, **M. Nurseitova^{2,3}**, **A. Akhatzhanova²**,
G. Konuspayeva^{2,3}, **N.N. Akhmetsadykov³**, **S. Jurjanz¹**

¹Animal and AgroEcoSystems, University of Lorraine-INRAE, Vandoeuvre, France

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³Antigen LLP, Scientific and Production Enterprise, Almaty region, Kazakhstan

*e-mail: amutovafb@gmail.com

MONITORING OF DDT IN SOILS NEAR FORMER STOREHOUSES IN THE TALGAR REGION OF THE ALMATY OBLAST

The main aim of this research was to study soils from five villages located near former warehouses of banned and obsolete pesticides to determine their contents of DDT and its metabolite. Superficial soils were sampled from five villages (Kyzylkairat, Beskainar, Belbulak, Amankeldy and Yenbekshi) in the Talgar region (Almaty oblast) and their contents of organochlorine pesticides were investigated. Physical and chemicals parameters of soils were determined including dry matter, water content, ash, organic matter and pH. Monitoring of soil samples were performed by gas chromatography mass-spectrometry (GC-MS). Beskainar and Kyzylkairat agricultural soils exceeded MRLs for DDTs according to regulations in Kazakhstan, Russia and EU by more than 200 times. The concentrations of DDT found in the other studied soils showed medium levels respecting normative regulations. Nevertheless, concentrations tended to increase in comparison to previously published data of these places.

Keywords: soil, organochlorine pesticides, monitoring, DUST, DDT, contamination.

Ф. Амутова^{1,2,3*}, М. Нурсейтова^{2,3}, А. Ахатжанова², Г. Конуспаева^{2,3},
Н.Н. Ахметсадыкова³, С. Журжанс¹

¹Лотарингия Университеті – INRAE, Жануарлар және агроэкожүйе, Франция

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

³«Антиген» ғылыми-өндірістік кәсіпорны, Алматы облысы, Қазақстан

*e-mail: amutovafb@gmail.com

Алматы облысы Талғар ауданындағы пестицидтер сақталған қоймалар маңындағы топырақтарда ДДТ мониторингісі

Бұл мақаладаға зерттеудің басты мақсаты тыйым салынған және ескірген хлорорганикалық пестицидтердің бұрынғы қоймаларына жақын орналасқан бес ауылдың топырағын зерттеу, ДДТ және оның метаболиттерінің құрамын анықтау. Алматы облысы, Талғар ауданының бес ауылының (Қызылқайрат, Бесқайнар, Белбұлақ, Аманкелді және Еңбекші) жер үсті топырақтарының үлгілері алынды және олардағы хлорорганикалық пестицидтердің концентрациясы зерттелді. Сонымен қатар алынған сынамаларда келесі физико-химиялық көрсеткіштер анықталды: құрғақ заттар, су, күл, органикалық заттар және рН. Топырақ сынамаларындағы ДДТ және оның метаболиттерінің концентрациясы газды хроматография – масс-спектрометриялық әдіс (GC-MS) арқылы анықталды. Бесқайнар және Қызылқайрат ауылдарының топырақтарындағы ДДТ мөлшері Қазақстан, Ресей және ЕО стандарттары бойынша шектік концентрациядан 200 еседен асып түсті. Басқа зерттелген ауылдардағы топырақтарда табылған ДДТ концентрациясы шектік көрсеткішке жақын болды. Зерттелген нысандарда табылған хлорорганикалық пестицидтердің концентрациясы өте жоғары және де бұл ауылдар Қазақстанның ең ірі қалаларының бірі – Алматыға жақын орналасқан. Сондықтан да алынған мәліметтер осы ауылдардағы хлорорганикалық пестицидтермен ластануды басқару, ластанған топырақтарды «тазарту» шұғыл және маңызды іс-шараларды қабылдау үшін үкіметтің назарына ұсынуға пайдаланылады.

Түйін сөздер: топырақ, хлорорганикалық пестицидтер, мониторинг, ДУСТ, ДДТ, ластану.

Ф. Амутова^{1, 2, 3*}, М. Нурсеитова^{2, 3}, А. Ахатжанова², Г. Конуспаева^{2, 3},
Н.Н. Ахметсадыкова³, С. Журжанс¹

¹Животное и АгроЕкоСистем, Университет Лотарингии – INRAE, Франция

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Научно-производственное предприятие «Антиген», Алматинская область, Казахстан

*e-mail: amutovafb@gmail.com

Мониторинг ДДТ в почвах вблизи бывших складов в Талгарском районе Алматинской области

Основная цель данного исследования заключалась в изучении почв из пяти поселков, расположенных недалеко от бывших складов запрещенных и устаревших пестицидов, для определения содержания в них ДДТ и его метаболитов. Были взяты образцы поверхностных почв в пяти поселках (Кызылкайрат, Бескайнар, Белбулак, Аманкельды и Енбекши) Талгарского района Алматинской области и исследовано содержание в них вышеуказанных хлорорганических пестицидов. Были определены физико-химические параметры почв, включая сухое вещество, содержание воды, золы, органического вещества и pH. Анализ на содержание хлорорганических пестицидов в образцах почвы проводился методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС). В сельскохозяйственных почвах поселков Бескайнара и Кызылкайрата ПДК для ДДТ и их метаболитов превышали нормативы Казахстана, России и ЕС более чем в 200 раз. Концентрации ДДТ, обнаруженные в других исследованных почвах (Бельбулак, Аманкельды и Енбекши) не превысили ПДК, но были близки к пороговому значению. Полученные результаты будут использованы для информирования правительства РК с целью принятия безотлагательных мер для управления загрязнением пестицидами на исследуемых территориях, расположенных в непосредственной близости от одного из крупнейших городов Казахстана – Алматы и, следовательно, оказывающих влияние на большое количество жителей.

Ключевые слова: почва, хлорорганические пестициды, мониторинг, ДУСТ, ДДТ, загрязнение.

Introduction

According to the results of the inventory of hazardous waste in the EECCA countries (Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia) 56 930 tons of pesticide waste and 190 848 tons of other POPs (persistent organic pollutants) are present on the territory of the Republic of Kazakhstan [1]. The pesticides actively used in Kazakhstan in Soviet Union time and accounts approximately 18–20 million ha of the lands [2]. At the same time, there is no official data on pesticide contaminated soil. Soil is the main reservoir for all types of pollutants, including POPs and in particular organochlorine pesticides (OCPs). There are partial scientific studies conducted in Kazakhstan on the content of organochlorine pesticides in the soil and in food. For example, the concentrations of organochlorine pesticides such as p,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD and hexachlorocyclohexanes (HCHs) from former storehouse in the village Kyzylkairat (Talgar region, Almaty oblast) reported ranges from 1.38 to 11 100 $\mu\text{g kg}^{-1}$ [3], when maximum permissible concentrations (MPC) are limited at 100 $\mu\text{g kg}^{-1}$ in Kazakhstan. Generally, 24 out of 80 warehouses located in Kazakhstan showed pesticide levels in soil higher than MPC [4]. In addition, recent studies reported concentrations of more than 24 different pesticides found in food

products of plant and animal origin which located in the vicinity of old warehouses in Talgar rayon of Almaty oblast. Pears, apples, tomatoes, cucumbers, meat and milk are very heavily contaminated with pesticides DDTs, HCHs, aldrin, endrin, dieldrin, which probably accumulated from the contaminated soil along the food chain. [5].

According to the other studies [6, 7] contaminated soil can be the main exposure pathway for free-ranged animals. Livestock such as dairy cows and sheep and chicken could ingest daily up to 10% soil in totally ingested dry matter in normal grazing conditions [8] whereas over 20% of soil has been reported in deteriorated grazing conditions [9, 14]. Therefore, soil could be one of the main vectors of these environmental contaminants to farm animals and in food they produced (milk, meat and eggs) especially when these animals were raised on contaminated areas.

Subsequently consumption of contaminated food would be a possible route of POP exposure for humans, including OCPs. The main studied OCPs in soil of Kazakhstan are DDT, HCH isomers, endosulfans, and the aldrin group. These pesticides were legally used as insecticides till 1983 but illegal use up to recent years [10]. Due to the widespread use of these chemicals and their very high persistence in soil, they can even today be found in environmental

samples. Moreover, even nowadays it is easy to find in the local markets a white household powder in red flasks called “DUST”, which consists at 99% of DDT according to preliminary studies. Today, the population of our country uses it currently against insects but does not know the dangerous side effects on human health. Therefore, the issue of monitoring organochlorine pesticides in environment remains relevant even some decades after the withdrawal of their authorization to be used.

We performed a determination of DDT and metabolites in superficial soils near the biggest city of Kazakhstan: Almaty. The main aim of the research was to monitor the concentrations of DDT and its metabolites in soil samples from five villages near former pesticides storehouses close to Almaty city in order to evaluate the risks of contamination and as a consequence of their transfer into food of free-range animals.

Materials

Analytical standards and reagents

Certified reference standards of individual organochlorine pesticides 4,4-DDT (p/n: 31041-100MG), 4,4-DDE (p/n: 35487-100MG) and 4,4-DDD (p/n: 35486-250MG) were purchased from Sigma Aldrich Co. Stock solution of OCP mix and calibration solutions were prepared in n-hexane GC grade. Organic solvents used in this study include acetonitrile and n-hexane with analytical grade. Anhydrous magnesium sulfate was used as drying agent before the evaporation stage.

Methods

Sampling

Soil samples were collected in 5 villages: **Kyzylkairat** (43°17'58.84"N and 77°11'41.53"E), **Beskainar** (43°13'16"N and 77°6'51"E), **Belbulak** (43°19'26.88"N and 77°06'19.71"E), **Enbekshi** (43°19'56.88"N and 77°12'09.71"E) and **Amankeldy** (43°17'55.3"N and 77°12'27.89"E) located in Talgar region, at Almaty oblast. These samples represented an superficial soil with a long-time contamination in field conditions. The sampling sites were chosen due to their proximity to old, abandoned pesticide storage facilities (storehouses). Sampling was performed in May 2020. Superficial soil (0-20 cm deep) was collected and placed directly in a suitable aluminum container. Before analysis, stones, twigs, and other objects with a diameter of more than 2 mm were manually removed. Then, soils were air-dried and sieved over a 2 mm sieve.

Physical and chemicals parameters of soils

Organic matter and pH of soils were analyzed according to GOST 26213-91 and GOST 26423-85 respectively. Determination of water content and dry matter were performed using gravimetric method according to the ISO 11465.

Extraction of OCPs from soil

The extraction of the soil samples was carried out by the method described elsewhere [11] with some modifications. 10 grams of soil were weighed and transferred to 250-mL separatory funnels. Then, 10 mL of acetonitrile was added, and the corked flasks sonicated for 5 min. An additional 10 mL of acetonitrile was added, and the separating flasks closed tightly. The content of the flasks was placed on a horizontal mechanical shaker (Ika-Werke HS 501 Digital) and was set to shake continuously during 30 min at 300 rot/min and allowed to stand for 10 min to sufficiently separate the layers. The supernatants (organic layers) were carefully transferred into 50 mL centrifuge tubes for centrifugation at 3000 rpm for 5 min. After, 10 mL of supernatant collected and passed through the paper filter with anhydrous magnesium sulfate into 250-mL rotary flask. Additional 10 mL of acetonitrile was used to rinse the filter. Combined extract evaporated to dryness and re-dissolved in 1 mL n-hexane. Each soil extract was prepared in triplicate and analyzed by GC-MS. All samples recommended to analyze in the same day with extraction otherwise, the samples must be refrigerated at -20 °C.

GC-MS parameters

Determination of selected OCPs in soils were performed using a GC-MS (7890B, Agilent Technologies). Briefly, the mass spectrometer was set at a resolution of 10 000, in electron ionization mode (70 eV electron energy) (5975C, Agilent Technologies). Single Ion Monitoring (SIM) was used to record the most abundant signals (235 m/z for DDD and DDT, 246 for DDE). A HP-5ms Ultra Inert (30 m x 250 µm x 0.25 µm) capillary column from Agilent J&W (Agilent Technologies) was used in splitless mode. The GC temperature program for OCP analysis was the following: 120°C (1 min), 40°C min⁻¹ to 220°C (13 min). Total time – 16,5min. Signals were integrated using Mass Hunter (B 07.05.2479).

Data Analysis and Calculations

Determination of pH and the contents of water, dry matter and organic matter were performed and calculated strictly according to the ISO 11465 Soil quality. Determination of dry matter and water

content on a mass basis by gravimetric method, ISO 10694:1995 «Soil quality. Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis)» and ISO 10390:2005 «Soil quality. Determination of pH».

The concentrations of pesticides (C) in the soil samples were calculated using external calibration method. Two calibration solutions with concentrations 25, 50, 100, 250, 500 and 1000 µg/L for each compound were prepared in n-hexane and injected to GC-MS. Each calibration point was realized in triplicates. Mean peak areas were calculated and used to build the calibration curves for each studied pesticide.

The linear equations obtained using the calibration curve were used to calculate the concentration of the substance in the extract (C, µg/L), i.e., peak area divided on calibration coefficient. Then, concentration in the extract (µg/L) was converted to concentration of OCPs in the soil mass (µg/g) according to equation 1:

$$C_{soil} = \frac{C_{extract} \times \text{Solvent (L)}}{m_{soil} (g)} \quad (1)$$

Where C_{soil} – concentration of compound in the soil in µg/g, $C_{extract}$ – concentration of compound in the soil extract in µg/L, Solvent (L) – volume of or-

ganic solvent that was used, and m_{soil} – mass of soil in gramm.

Finally, the concentrations of pesticides in soil were expressed on the dry matter basis (Table 1). Each soil sample and calibration samples were tested in triplicates. Mean concentration and standard deviations were calculated and presented in the tables in comparison to literature data.

Results and discussion

Physical and chemical characteristics of soils

Physical and chemical properties of soils such as pH, dry matter, water content, organic matter and ash are very important because of their influence on DDT bioavailability and mobility in soils. Dry matter is a main carcass of soil which is responsible for accumulation. Consequently, determined pollutants in soil are generally expressed on a dry matter basis.

Results showed that soils from Kyzylkairat, Beskainar, Yenbekshi, Amankeldy and Belbulak have similar physical and chemical properties (Figure 1). This can be explained by the fact that the studied sites are located in the same geographic zone (piedmont) and climate. Despite the similarity of physical and chemical parameters, the content of pesticides found in studied soils differed largely.

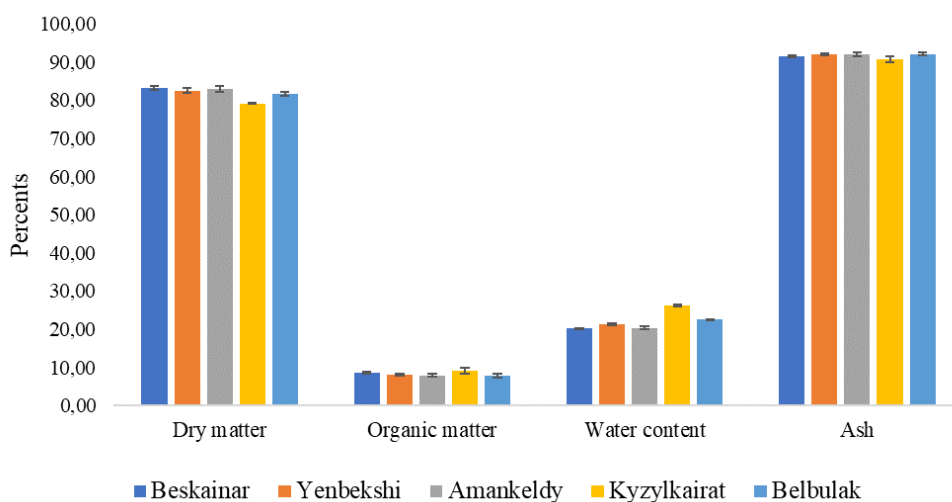


Figure 1 – Physical and chemical characteristics of soils sampled in Beskainar, Yenbekshi, Amankeldy, Kyzylkairat and Belbulak

Determination of organochlorine pesticides residues

Results of organochlorine pesticides DDT, DDE and DDD concentrations were detected in studied soils and compared to the published data (Table 1). Generally, all studies soil samples were contaminated by organochlorine pesticides studied in a notable manner. Results showed that soils from Kyzylkairat and Beskainar have the highest concentrations of DDT, DDE and DDD with 8,5, 11,1, 1,2 mg/kg and 0,1, 1,1 and 0,2 mg/kg dry matter, respectively. The

soils from these sites are highly contaminated and overpassed consequently MPC applicable in Kazakhstan. Indeed, some of the metabolites exceeded the threshold of 0,1 mg/kg between ten and even hundred times (table 1).

Comparing the obtained results with the previously published data (2016), DDE probably reflects a metabolic activity in these soils and is cracked from the parental compound of DDT. Nevertheless, the DDT concentration did not vary significantly (Table 1).

Table 1 – Mean concentrations (C, mg/kg dry matter) and standard deviations (SD) of DDE, DDD and DDT determined in 5 villages near Almaty city

Sampling sites	Pesticides		
	4,4-DDT	4,4-DDE	4,4-DDD
Beskainar: Our study	0,1 ±0,004	1,1 ±0,04	0,2 ±0,003
Belbulak:			
Our study	0,02 ±0,001	0,04 ±0,002	0,01 ±0,0003
Global Monitoring Plan 2016	1,7 ±0,2	0,9 ±0,02	
Yenbekshi: Our study	0,01 ±0,002	0,02 ±0,001	0,005 ±0,003
Amankeldy: Our study	0,05 ±0,001	0,1 ±0,002	0,02 ±0,002
Kyzylkairat:			
Our study	8,5 ±0,37	11,1 ±2,3	1,2 ±0,06
Global Monitoring Plan 2016	6,6 ±0,2	2,1 ±0,05	1,9 ±0,04
Sailaukhanuly et al., 2016	0,3 ±0,001	0,4 ±0,001	0,4 ±0,001
¹ RK MAC, mg/kg	0,1	0,1	0,1
² EAEU MRL, mg/kg			
³ EU MRL, mg/kg	0,1	-	-
⁴ US MRL, mg/kg	0,05	-	-

¹Republic of Kazakhstan Maximum Allowable Concentrations for DDT and metabolites in soil

²Eurasian Economic Union maximum residue limits for pesticides in DDT in agricultural soil

³European Union Maximum residual level of DDT in soil

⁴United States MRLs United States maximum residue limits for pesticides in DDT in agricultural soil

Each soil sample was analyzed in triplicates

Bold means exceed the MRL levels

Storehouses represent up to today an undoubted danger for the studies areas. Moreover, the presence of DUST and its likely use let fear a continuous diffusion of DDT (Figure 2).

Other earlier monitoring studies showed similar tendency of contaminated levels of DDT and metabolites in Kyzylkairat soil to current study results with exceeding international and national MRLs (Table 1). Unfortunately, there is a lack of existing data of pesticide levels in soils of other studied areas. However, according to literature, local produced fruits (apples, pears), vegetables

(tomatoes, cucumber), meat and milk exceeded international and national regulatory MRL in a consequent manner (Djanganlina et al., 2020). The local habitants traditionally produce still food for their own consumption which could be highly contaminated by pesticides and therefore represent a threat to human health. Urgent government attention is necessary to manage pesticide contamination in the studied areas located in close proximity to the one of the biggest city of Kazakhstan and therefore with an impact on a large number of inhabitants.



Figure 2 – Photo of commercial mixtures DUST in the Almaty market

OCP transfer to food of animal origin

According to available literature data [13], there are totally 64 abandoned pesticide warehouses in 8 regions of Almaty oblast located at up to 250 km from the largest metropolis – the city of Almaty. About 352 650 kg of obsolete [13], unusable pesticides had been stored in the Almaty oblast. The largest number of pesticides was registered in the Ili region having three pesticide storehouses which had received 107150 kg of obsolete pesticides (Figure 3). These pollutants are extremely resistant to degradation and would accumulate in the human and animal fat. The chronical exposure of the local population even to small doses have shown to contribute to higher frequencies of major pathologies as cancers and reproductive pathologies causing sometimes even the death.

We studied 5 villages (Kyzylkairat, Beskaynar, Belbulak, Amankeldi and Enbekshi) located from 5

to 15 km from the city of Talgar and from 25-50 km to the city of Almaty. These sites showed high contamination level of DDT and metabolites in soils which is used in agricultural purposes. Moreover, these places may widespread such toxic compounds in surrounding fields or gardens by movements of water or soil dust. In addition, commercial mixtures contained DDT are still on the markets of Kazakhstan. This fact raises a sharp question of pesticide transfer from soil to livestock and food of animal origin.

Despite the availability of data of all abandoned pesticide storehouses, there are no information on the levels of pollutants in environmental objects and food products in other regions of the Almaty oblast. Consequently, it is not known what happens to the health of people over time in other rayons who still unwittingly could consume pesticide contaminated food.

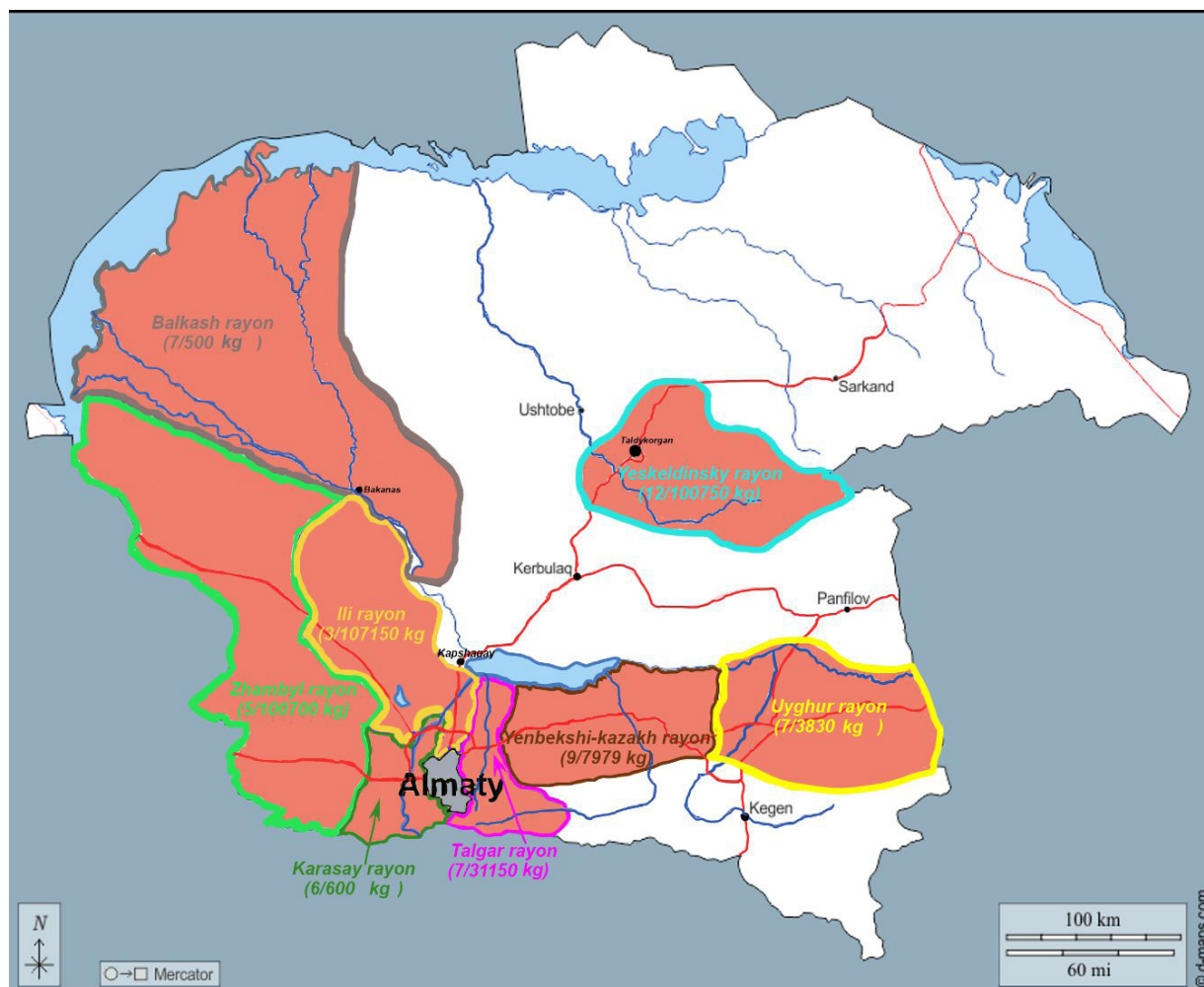


Figure 3 – Map of the number of warehouses / tons of obsolete pesticides in different rayons of Almaty oblast

Conclusion

The long-time storage of pesticides enhanced strong contamination in the studied areas and created a real risk of transfer of organochlorine pesticides from agricultural used soils to food produced on these territories. This represents a high risk for the health of the local inhabitants. Urgent government measures are necessary to manage this risk by corrective means such as identification of the hotspots and sequestration methodologies. Further investigation is required to estimate the real sanitary

status of the local food products and to develop appropriate effective technologies to limit the distribution and bioaccumulation of these toxic substances in the environment.

Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Committee of Science in the frames of research project: AP09057889 «Development of technology to reduce the transfer of persistent organic pollutants from pasture soils to food of animal origin».

References

1. Study report 2017: International HCH & Pesticides association: Improving capacities to eliminate and prevent recurrence of obsolete pesticides as a model for tackling unused hazardous chemicals in the former Soviet Union (<http://www.ihpa.info/resources/library/improving-capacities/>).
2. Łozowicka, B., Kaczyński, P., Wolejko, E., Piekutin, J., Sagitov, A., Toleubayev, K., Isenova, G., & Abzeitova, E. (2015). Evaluation of organochlorine pesticide residues in soil and plants from East Europe and Central Asia. *Desalination and Water Treatment*, 57(3), 1310–1321. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.996008>
3. Sailaukhanuly, Y., Carlsen, L., Tulegenov, A., Nurzhanova, A., Kenessov, B., & Kamysbayev, D. (2016). Distribution and risk assessment of selected organochlorine pesticides in Kyzyl Kairat village from Kazakhstan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(6). <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5353-9>
4. Nurzhanova, A., Kalugin, S., & Zhambakin, K. (2012). Obsolete pesticides and application of colonizing plant species for remediation of contaminated soil in Kazakhstan. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(4), 2054–2063. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1111-x>
5. Djangalina, E., Altynova, N., Bakhtiyarova, S., Kapysheva, U., Zhaksymov, B., Shadenova, E., Baizhanov, M., Sapargali, O., Garshin, A., Seisenbayeva, A., Delannoy, M., Jurjan, S., Khussainova, E., Bekmanov, B., & Djansugurova, L. (2020). Comprehensive assessment of unutilized and obsolete pesticides impact on genetic status and health of population of Almaty region. *Eco-toxicology and Environmental Safety*, 202, 110905. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110905>
6. Duarte-Davidson, R., & Jones, K. (1996). Screening the environmental fate of organic contaminants in sewage sludge applied to agricultural soils: II. The potential for transfers to plants and grazing animals. *The Science of the Total Environment*, 185(1–3), 59–70. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(96\)05042-5](https://doi.org/10.1016/0048-9697(96)05042-5)
7. Fries, G.F. Ingestion of sludge applied organic chemicals by animals (1996). *Sci. Total Environ*, 185, 93–108
8. Collas, C., Mahieu, M., Tricheur, A., Crini, N., Badot, P., Archimède, H., Rychen, G., Feidt, C., & Jurjan, S. (2019). Cattle exposure to chlordecone through soil intake. The case-study of tropical grazing practices in the French West Indies. *The Science of the Total Environment*, 668, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.384>
9. Abrahams, P. W., & Steigmajer, J. (2003). Soil ingestion by sheep grazing the metal enriched floodplain soils of mid-Wales. *Environmental Geochemistry and Health*, 25(1), 17–24. <https://doi.org/10.1023/a:1021217402950>
10. Toleubayev, K., Jansen, K., & Van Huis, A. (2011). From integrated pest management to indiscriminate pesticide use in Kazakhstan. *Journal of Sustainable Agriculture*, 35(4), 350–375. <https://doi.org/10.1080/10440046.2011.562036>
11. Fosu-Mensah, B. Y., Okoffo, E. D., Darko, G., & Gordon, C. (2016). Assessment of organochlorine pesticide residues in soils and drinking water sources from cocoa farms in Ghana. *SpringerPlus*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2352-9>
12. Otchet po inventarizacii novyh SOZ-pesticidov v ramkah proekta Pravitel'stva RK/PROON/GJeF, Astana 2016.
13. Nurzhanova A.A. (2008). Problema zagryazneniya okruzhayushhej sredy ustarevshimi pesticidami // *Doklady Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan*, №4, 20–24.
14. Jurjan, S., Feidt, C., Pérez-Prieto, L., Filho, H. R., Rychen, G., & Delagarde, R. (2012b). Soil intake of lactating dairy cows in intensive strip grazing systems. *Animal*, 6(8), 1350–1359. <https://doi.org/10.1017/s1751731111002734>

Авторлар туралы мәлімет:

АмUTOVA Фарида Бактияровна – Ауыл шаруашылығы ғылымдары бойынша PhD, “Антиген” Ғылыми-өндірістік кәсіпорыны ЖШС, Физика-химиялық зерттеу әдістер зертханасының меңгерушісі (Алматы қаласы, Қазақстан e-mail: amutovafb@gmail.com)

Нурсейтова Мәлдір Айтжанқызы – Экология бойынша PhD, “Антиген” Ғылыми-өндірістік кәсіпорыны ЖШС, Аға ғылыми қызметкер (Алматы қаласы, Қазақстан e-mail: mnurseitova2@gmail.com)

Ахатжанова Арайлым Қайратовна – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ 2-курс Абай-Верн шәкіртақы бағдарламасының қос дипломдық бағдарламасының докторанты, “Антиген” Ғылыми-өндірістік кәсіпорыны ЖШС, Кіші ғылыми қызметкер (Алматы қаласы, Қазақстан e-mail: ahatzhana@gmail.com)

Конусева Гаухар Сапарқалиевна – PhD, профессор, “Антиген” Ғылыми-өндірістік кәсіпорыны ЖШС, Бас ғылыми қызметкер (Алматы қаласы, Қазақстан e-mail: mnurseitova2@gmail.com)

Ахметсадыков Нурлан Нуролдинович – в.г.д., профессор, “Антиген” Ғылыми-өндірістік кәсіпорыны ЖШС бас директоры (Алматы қаласы, Қазақстан e-mail: nurlan.akhmetsadykov@gmail.com)

Стефан Юржанц – Лотарингия Университеті, Жануар және агроэкосистем (L2A) лабораториясы, ассоц профессор (Нанси, Франция, e-mail: stefan.jurjan@univ-lorraine.fr)

Information about authors:

Amutova Farida – PhD in Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Physical and Chemical Research Methods of “Antigen” Scientific and Production Enterprise LLP (Almaty, Kazakhstan e-mail: amutovafb@gmail.com);

Nurseitova Moldir – PhD in Ecology, “Antigen” Research and Production Enterprise LLP, Senior Researcher (Almaty, Kazakhstan e-mail: mnurseitova2@gmail.com);

Ahatzhanova Araylim – 2nd year doctoral student of the double diploma program of the Abay-Verne scholarship program of KazNU named after Al-Farabi, “Antigen” Research and Production Enterprise LLP, Junior Researcher (Almaty, Kazakhstan e-mail: ahatzhana@gmail.com);

Konusaeva Gaukhar – PhD, Professor, “Antigen” Research and Production Enterprise LLP, Chief Scientist (Almaty, Kazakhstan, e-mail: mnurseitova2@gmail.com);

Ahmetsadykov Nurlan – PhD, professor, general director of “Antigen” Research and Production Enterprise LLP (Almaty, Kazakhstan e-mail: nurlan.akhmetsadykov@gmail.com);

Jurjanz Stefan – Associate Professor, Animal and Agroecosystem (L2A) Laboratory, University of Lorraine (Nancy, France, e-mail: stefan.jurjanz@univ-lorraine.fr)

Сведения об авторах:

АмUTOва Фарида – PhD сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией физико-химических методов исследования ТОО «Научно-производственного предприятия «Антиген» (Алматы, Казахстан, e-mail: amutovafb@gmail.com);

Нурсейтова Молдир – PhD экологических наук, старший научный сотрудник, ТОО «Научно-производственное предприятие «Антиген» (Алматы, Казахстан, e-mail: mnurseitova2@gmail.com);

Ахатжанова Арайлым – докторант 2-го курса программы двойного диплома стипендиальной программы «Абай-Верн» КазНУ им. аль-Фараби, младший научный сотрудник, ТОО «Научно-производственное предприятие «Антиген» (Алматы, Казахстан, e-mail: ahatzhana@gmail.com);

Конусаева Гаухар – PhD, профессор, главный научный сотрудник, НПП «Антиген» (Алматы, Казахстан, e-mail: mnurseitova2@gmail.com);

Ахметсадыков Нурлан – PhD, профессор, генеральный директор ТОО «Научно-производственное предприятие «Антиген» (Алматы, Казахстан, e-mail: nurlan.akhmetsadykov@gmail.com);

Юржанц Стефан – асс. профессор, Лаборатория животных и агроэкосистем (L2A), Университет Лотарингии (Нанси, Франция, e-mail: stefan.jurjanz@univ-lorraine.fr).

*Поступила 03 июля 2025 года
Принята 26 сентября 2025 года*

A.A. Samadova *, S.R. Hajiyeva 

Baku State University, Faculty of Ecology and Soil Science, Baku, Azerbaijan

*e-mail: aytan.samad@gmail.com

DETERMINATION OF IRON IONS IN RIVER WATERS AND THEIR IMPACT ON THE ECOSYSTEM

Iron is an important micronutrient in biocenoses. Its balanced presence ensures the normal functioning of ecosystems. However, anthropogenic pollution with iron or artificial addition of iron can disrupt the balance in ecosystems.

In this manuscript, we studied the influence of the iron ion in the Oxchu River passing through the Burunlu and Sayifli villages located in Azerbaijan on various ecosystems. The dynamics of iron ion concentration affecting biocenosis were investigated from January to August. The GPS coordinates of the sampling locations in the river were determined using an Etrex-10 device. Water samples were analyzed in the laboratory using the SM 3030 (A-K) and ISO 11885 methods. The main analyses were performed by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). The maximum concentration of iron ions in the Burunlu village section was observed in the first decade of May, reaching 2330 $\mu\text{g/L}$. In the Oxchu River flowing through Sayifli village, the highest concentration was also observed in the first decade of May. The migration of pollutants in the aquatic environment occurs rapidly; therefore, studying it is extremely important from both ecological and economic perspectives.

Keywords: clean water, river ecosystem, iron ion, ecology, Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry.

А.А. Самадова*, С.Р. Гаджиева

Баку мемлекеттік университеті, экология және топырақтану факультеті, Баку, Әзірбайжан

*e-mail: aytan.samad@gmail.com

Өзен суларындағы темір иондарын және олардың экожүйеге әсерін анықтау

Темір биоценоздарда микроэлемент ретінде шешуші рөл атқарады. Оның оңтайлы деңгейлері экожүйелердің дұрыс жұмыс істеуіне ықпал етеді. Дегенмен адам әрекетінен немесе осы элементті жасанды енгізуден туындаған темірдің ластануы экожүйедегі теңгерімсіздікке әкелуі мүмкін.

Бұл мақалада біз Әзірбайжанда орналасқан Бурунлу және Сайфли ауылдары арқылы ағып жатқан Охчу өзеніндегі темір ионын зерттедік. Биоценозға әсер ететін темір ионының концентрациясының динамикасы қаңтар-тамыз аралығында зерттелді. Өзендегі сынама алу орындарының GPS координаттары Etrex-10 құрылғысының көмегімен анықталды. Су үлгілері зертханалық жағдайларда SM 3030 (A-K) және ISO 11885 әдістерін қолдана отырып талданды. Негізгі талдаулар индуктивті байланысқан плазмалық оптикалық эмиссиялық спектрометрияны (ICP-OES) қолдану арқылы орындалды. Бурунлу ауылы учаскесінде темір иондарының ең жоғары концентрациясы мамыр айының бірінші онкүндігінде байқалып, 2330 $\mu\text{g/L}$ -ге жетті. Сайфли ауылы арқылы өтетін Охчу өзенінде де ең жоғары концентрация мамыр айының бірінші онкүндігінде байқалды. Су ортасындағы ластаушы заттардың миграциясы тез жүреді, сондықтан оны зерттеу экологиялық жағынан да, экономикалық тұрғыдан да өте маңызды.

Түйін сөздер: таза су, өзен экожүйесі, темір иондары, экология, индуктивті байланысқан плазмалық оптикалық эмиссия спектрометриясы.

А.А. Самадова*, С.Р. Гаджиева

Бакинский государственный университет, факультет экологии и почвоведения, Баку, Азербайджан

*e-mail: aytan.samad@gmail.com

Определение ионов железа в речных водах и их влияние на экосистему

Железо играет ключевую роль как микроэлемент в биоценозах. Его оптимальное количество способствует правильной работе экосистем. В то же время загрязнение железом, вызванное деятельностью человека, или искусственное внесение этого элемента могут привести к дисбалансу в экосистемах.

В данной статье был изучено влияние иона железа в реке Охчу, протекающей через села Бурунлу и Сайфли, расположенные в Азербайджане. Динамика концентрации ионов железа, влияющая на биocenoz, была исследована с января по август. GPS-координаты мест отбора проб в реке были определены с помощью прибора Etrex-10. Образцы воды были проанализированы в лабораторных условиях с использованием методов SM 3030 (A-K) и ISO 11885. Основные анализы были выполнены с помощью оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES). Максимальная концентрация ионов железа в створе села Бурунлу наблюдалась в первой декаде мая и достигала 2330 мкг/л. В реке Охчу, протекающей через село Сайфли, самая высокая концентрация также наблюдалась в первой декаде мая. Миграция загрязняющих веществ в водной среде происходит быстро, поэтому ее изучение крайне важно как с экологической, так и с экономической точки зрения.

Ключевые слова: чистая вода, речная экосистема, ионы железа, экология, оптическая эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой.

Introduction

Constant monitoring of environmental pollution is of great importance in terms of its impact on the biosphere. Pollutants can enter the food chain in the environment and cause serious consequences. Therefore, it is necessary to regularly monitor pollutants in the environment. Chemical components have the ability to migrate within the environment [4]. This migration occurs particularly rapidly in aquatic environments. In this regard, continuous monitoring of freshwater sources such as rivers, lakes, and reservoirs is essential. Pollution by metals can spread over long distances [2,8,13,19]. Therefore, rivers are of particular importance in this context. Migrating metals can enter various biocenoses and affect their integrity. For this reason, we have chosen iron as our target element. Iron mainly limits the growth of phytoplankton in aquatic ecosystems. This affects the carbon cycle and climate change. Overall, both phytoplankton and zooplankton are sensitive to high concentrations of iron. The decline of these organisms impacts the entire trophic chain, including fish, amphibians, and birds. Excessive amounts of iron, especially in water, can be toxic to certain organisms [17,18]. It can lead to oxidative stress and cellular damage, resulting in reduced species diversity. High levels of iron salts (Fe^{2+} and Fe^{3+}) can alter the pH level of water and affect the bioavailability of other elements. This poses a risk of stress or poisoning for fish and other aquatic organisms. Iron reacts with oxygen to form iron hydroxide ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) precipitates. This process reduces the amount of available oxygen in the water, leading to oxygen deficiency for fish and other aerobic organisms [1,3,9,11]. Iron precipitates (rust-colored layers) accumulate at the bottom of rivers, polluting the habitats of benthic organisms and hindering their development. These sediments also pose serious problems for spawning fish, as the eggs sink and cannot develop in an ox-

xygen-deficient environment. Additionally, iron can react with sulfides and other compounds to produce toxic substances. These substances are directly poisonous to aquatic life and can cause fatalities. As a result, fish farm productivity decreases [12,15].

Materials and methods

Water samples were taken from the sections of the river passing through the villages of Burunlu and Sayifli, located in the territory of Azerbaijan. The GPS coordinates of these locations were determined using an Etrex-10 device. The coordinates are presented in Table 1.

Table 1 – Sampling coordinates

Areas	Coordinates	
Burunlu	39°02'43.1"	46°44'09.0"
Shayifli	39°07'19.1"	46°34'19.7"

For the determination of iron, the SM 3030 (A-K) and ISO 11885 methods were used. SM 3030 (A-K) and ISO 11885 are standard laboratory methods for the determination of metals and some non-metal elements in water, wastewater, soil extracts, and other sample types. Both standards utilize ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) technology. In the case of Inductively Coupled Plasma (ICP), plasma is a high-temperature (approximately 6000–10000 K) ionized gas state. Argon gas (Ar) is ionized in a plasma generator under the influence of a high-frequency electromagnetic field. The high temperature causes the atoms and ions in the sample to ionize and transition to a high-energy state. With Optical Emission Spectrometry (OES), when atoms and

ions of each element return from a high-energy to a lower-energy state, they emit light (emission) at characteristic wavelengths. The spectrometer captures this light and conducts spectral analysis. The intensity of the emitted light is proportional to the concentration of the element. Using these methods, elements such as Aluminum (Al), Arsenic (As), Antimony (Sb), Bismuth (Bi), Barium (Ba), Beryllium (Be), Calcium (Ca), Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Chromium (Cr), Iron (Fe), Copper (Cu), Molybdenum (Mo), Manganese (Mn), Nickel (Ni), Phosphorus (P), Tin (Sn), Lead (Pb), Strontium (Sr), Zinc (Zn), Vanadium (V), Selenium (Se), Lithium (Li), Sodium (Na), Potassium (K), Silicon (Si), Boron (B), Titanium (Ti), Tungsten (W), and other elements and rare metals can be determined. ISO 11885 covers 33 elements including: Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V, W, Zn, etc. The standard defines procedures for sample preparation, calibration, quality control, and reporting.

During the laboratory work, the following equipment and reagents are required:

1. ICP-OES device (Plasma generator (RF generator, typically 27–40 MHz), argon gas supply (99.999% purity), autosampler for sample injection, optical spectrometer and detectors (CCD, PMT, etc.), computer and software (for calibration and data processing)).
2. Other equipment (pipettes, markers, filtration filters (0.45 μm), glass containers and materials for chemical reactions, chemical fume hood (for protection against toxic vapors), safety equipment: gloves, goggles, lab coats).
3. Argon gas (Ar) – high-purity for plasma.
4. Acids (ultra-pure nitric acid – HNO_3 , ultra-pure hydrochloric acid – HCl).
5. Standard element solutions (commercially produced or high-purity solutions prepared in the laboratory).
6. Distilled or deionized water.

According to sampling procedures, clean plastic or glass containers should be used for water analysis. Samples should be analyzed as soon as possible; otherwise, they must be stored at 2–4°C. For certain elements (such as Fe and Mn), samples are preserved by acidification (e.g., with HNO_3 to maintain $\text{pH} < 2$).

During the preparation procedure, if necessary, water samples are filtered using a 0.45 μm filter. Acid is added (typically 2 mL of HNO_3 per 100 mL of sample) to stabilize metal ions, which is essential

for preserving the sample until it is transported to the laboratory from a distant location [7].

During ICP-OES analysis, argon gas is connected to the plasma, the device is turned on, and the plasma is stabilized (~10–15 minutes). For calibration, at least a 5-point standard series is prepared (e.g., 0, 0.1, 0.5, 1, 5 mg/L). Characteristic wavelengths are selected for each element (according to ISO 11885 and the device manual). A calibration curve is created (intensity vs. concentration). The sample is introduced into the plasma using an autosampler. The emission spectrum is measured at the appropriate wavelength for each element (for Fe, it is 238.204 nm). Duplicate analyses (repeat measurements) are performed to ensure accuracy of the results. The concentrations are calculated using the software. Concentration units are typically in mg/L (for water samples).

This method can be used for monitoring the quality of drinking water, determining the pollution level of wastewater, environmental control of industrial processes, analysis of soil and environmental samples, and metal analysis in food products (with appropriate sample preparation).

This method offers several advantages, including simultaneous determination of multiple elements, high sensitivity, a wide dynamic range, automation capability, simple sample preparation (for water samples), and a short analysis time (a few minutes).

Thus, samples are collected in clean glass or plastic containers, and if there is a delay, acid is added for preservation. Then filtration, acid digestion, and dilution are performed. Various concentration standard solutions are prepared next. Calibration with standards and selection of the wavelength follow. The sample analysis involves injection into the plasma and measurement of the emission. Afterwards, data processing takes place, meaning the results are calculated using the calibration curve. Measurements and evaluation of blanks, replicates, and internal standards are also carried out.

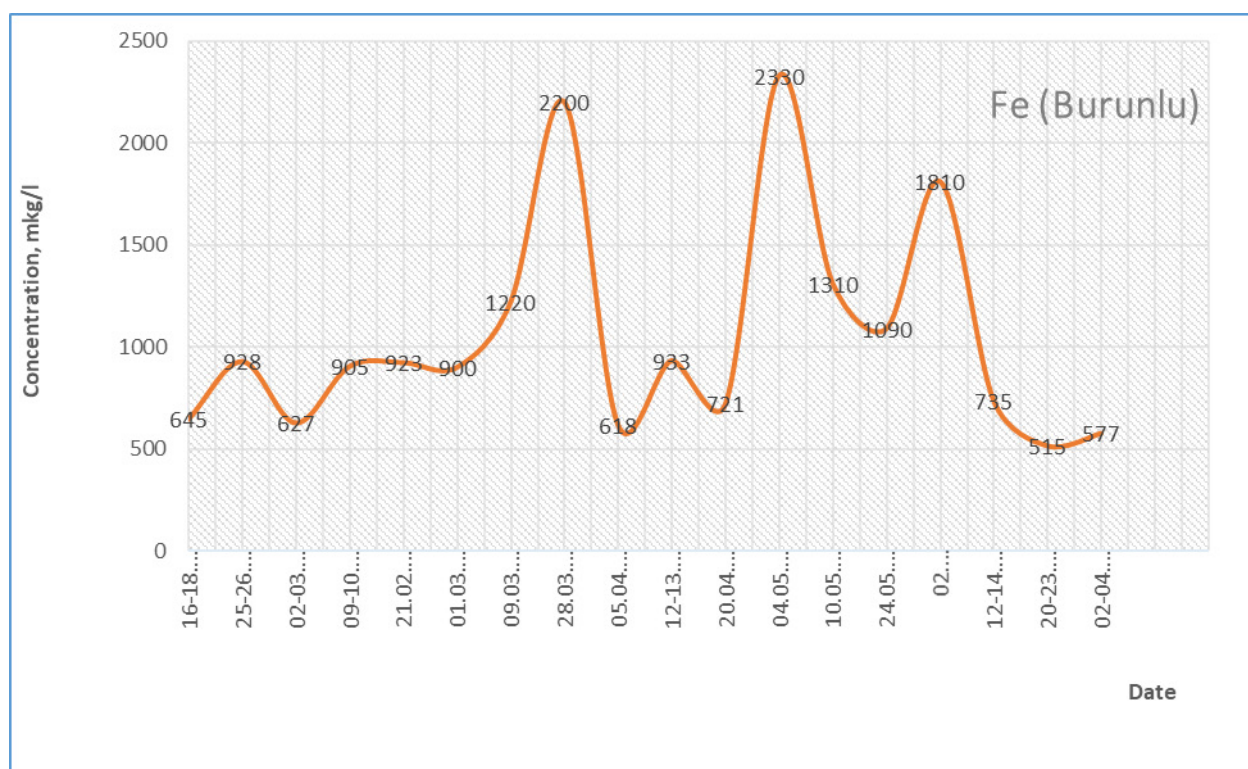
Results and discussion

During the study, it was found that the iron concentration was high between January and August 2023. The dynamics of iron concentration changes during this period are shown in Table 2.

The concentration dynamics of iron in samples taken from the sections passing through Burunlu and Sayifli villages were determined, and their graphical representations are shown in Figures 1 and 2.

Table 2 – Dynamics of Chenges in Iron Concentration Within 2023 (January-August) in mkg/l

№	Fe- Date	Measurements	Burunlu village	Shayiffi village
1	16-18.01.2023	mkg/l	645	392
2	25-26.01.2023	mkg/l	928	908
3	02-03.02.2023	mkg/l	627	638
4	09-10.02.2023	mkg/l	905	808
5	21.02.2023	mkg/l	923	811
6	01.03.2023	mkg/l	900	875
7	09.03.2023	mkg/l	1220	1040
8	28.03.2023	mkg/l	2200	1830
9	05.04.2023	mkg/l	618	223
10	12-13.04.2023	mkg/l	933	886.
11	20.04.2023	mkg/l	721	664
12	04.05.2023	mkg/l	2330	2330
13	10.05.2023	mkg/l	1310	1110
14	24.05.2023	mkg/l	1090	946.0
15	02.06.2023	mkg/l	1810	1540
16	12-14.06.2023	mkg/l	735.0	705.0
17	20-23.06.2023	mkg/l	515.0	444.0
18	02-04.08.2023	mkg/l	577.0	564.0

**Figure 1** – The concentration dynamics of iron ions in water samples taken from the section of the Oxchu River passing through Burunlu village during the year 2023

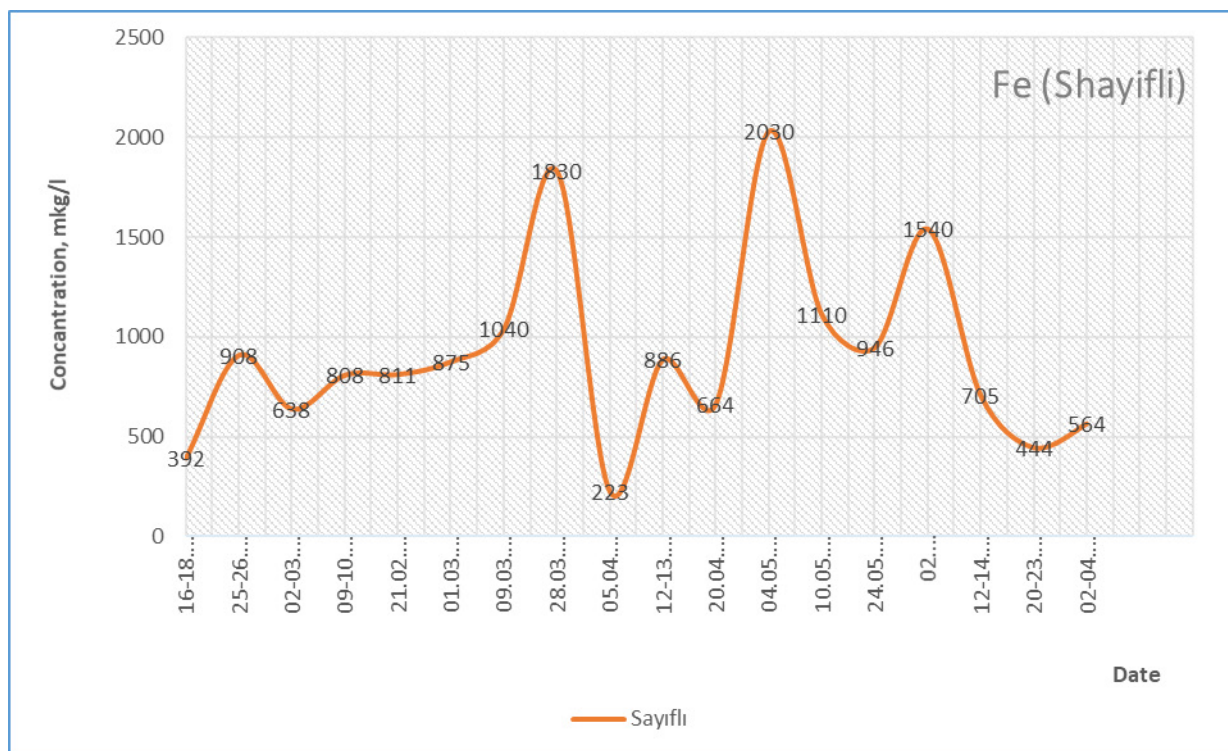


Figure 2 – The concentration dynamics of iron ions in water samples taken from the section of the Oxchu River passing through Sayifli village during the year 2023

Conclusion

Iron is an essential microelement in biospheres. Its balanced presence ensures the normal functioning of ecosystems. However, anthropogenic iron pollution or artificial iron additions can disrupt the balance in ecosystems. During the

studied months, the iron concentration in the river was found to be very high. The increase of iron levels in the river ecosystem can disturb the ecological balance, make living conditions difficult for organisms, and damage trophic relationships. This can lead to serious ecological and economic consequences.

References

1. Hajiyeva, S.R., Aliyeva, F.S., Mardanova, V.I., Valiyeva, Z.T. (2019). Fundamentals of ecotoxicology. 186 pp.
2. Teplaya, G.A. (2013). Heavy metals as a factor in environmental pollution. Astrakhan Bulletin of Environmental Education. 1(23), 182-192
3. Hajiyeva, S.R., Huseynov, F.E., Veliyeva, Z.T. (2018). Ecological chemistry, Beau Bassin, Lambert, 134 pp.
4. Hajiyeva, S.R., Shamilov, N.T., Aliyeva, T.I., Samadov, J.Z., Samadova, A.A. (2019). Practical works of ecological monitoring, Baku, 128 pp.
5. Onishchenko, G.G. (2002). Fundamentals of assessing the risk to public health when exposed to chemicals polluting the environment. M.: Research Institute of ECh and GOS, Bibliography, 305-324
6. Medvedev, I.F., Derevyagin, S.S. (2017). Heavy metals in ecosystem, Saratov, Rakurs, 178 pp.
7. Korostilev, P.P. (1981). Preparation of solutions for chemical and analytical works. Moscow: Nauka. 202 pp.
8. Pilipenko, V.P., Vorobyov, D.V., Andrianov, V.A., Osipov, B.E., Fedotova, A.V. (2007). Biogenic migration of metals in soils, water and plants of the Lower Volga. Astrakhan. Publishing House of Astrakhan State University, part II. pp.16-22
9. Mammadov, G., Khalilov, M. (2005). Ecology and environmental protection, 880 pp.
10. Shachneva, E.U. (2012). Impact of heavy toxic metals on the environment. Scientific potential of regions for the service of modernization, 2 (3), 127-134.
11. Hajiyeva, S.R., Valiyeva, Z.T., Aliyeva, T.I., Jafarova, N.M. (2021). Chemical ecotoxicology. pp.73-95.
12. Davydova, S.L. (1991). On the toxicity of metal ions. Chemistry, 3, 243

13. Mitrokhin, O.V. (2001). Assessment of translocal pollution as a component of socio-hygienic monitoring. Population health and habitat. 9, 11-14
14. Zaitseva, O.E. (2006). Features of accumulation of microelements in the placenta and umbilical cord during normal and complicated pregnancy with gestosis – abstract of Cand. Sci. (Med.) Dissertation. Moscow
15. Sokolov, O.A., Chernikov, V.A. (1999). Environmental safety and sustainable development Book 1. Atlas of distribution of heavy metals in environmental objects, Pushchino, ONTI PNCRAS, pp.164
16. Moore, J.W., Ramamurthy, S. (1987). Heavy metals in natural waters. M.: Mir, 297 pp.
17. Basov, U.V., Gurin L.G. (2013). Industrial ecology, Moscow, Orel State Agrarian University, 24 pp.
18. Golubev, A.B., Nikolayevskaya, N.G., Sharapa, T.V. (2005). General ecology and environmental protection, Moscow, GOU VPO MGUL, 162 pp.
19. Krujovsky, V.P. (2000). Ecology and protection of water resources: a teaching aid for students of secondary specialized educational institution, Moscow, Lan, 95 pp.

Information about authors:

Samadova Aiten Aftandil gizi – PhD of chemical sciences, senior laboratory assistant, department of ecological chemistry, Baku State University (Baku, Azerbaijan, e-mail: aytan.samad@gmail.com)

Hajiyeve Sevinj Rafik gizi – doctor of chemical sciences, professor, head of department of ecological chemistry, Baku State University (Baku, Azerbaijan, e-mail: s.hajiyeve-bsu@mail.ru)

Авторлар туралы мәлімет:

Самедова Айтэн Афтандил қызы – химия ғылымдарының кандидаты, Баку мемлекеттік университетінің экологиялық химия кафедрасының аға лаборанты (Баку, Әзірбайжан, e-mail: aytan.samad@gmail.com)

Хаджиева Севиндж Рафик қызы – химия ғылымдарының докторы, профессор, Баку мемлекеттік университетінің экологиялық химия кафедрасының меңгерушісі (Баку, Әзірбайжан, e-mail: s.hajiyeve-bsu@mail.ru)

Сведения об авторах:

Самедова Айтэн Афтандил кызы – кандидат химических наук, старший лаборант кафедры экологической химии Бакинского государственного университета (Баку, Азербайджан, e-mail: aytan.samad@gmail.com);

Гаджиева Севиндж Рафик кызы – доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой экологической химии Бакинского государственного университета (Баку, Азербайджан, e-mail: s.hajiyeve-bsu@mail.ru).

*Поступила 12 июня 2025 года
Принята 28 сентября 2025 года*

A.A. Sayanov^{1,2} , M.Zh. Makhambetov^{2*} , Zh.S. Sarkulova² ,
Sh.K. Shapalov^{2,3} , R. Izimova² 

¹M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan

³M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

*e-mail: murat.makhambetov@zhubanov.edu.kz

COMPREHENSIVE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE STATE OF GREEN SPACES OF THE URBAN ENVIRONMENT OF THE CITY OF ATYRAU

The article presents a comprehensive ecological assessment of the urban green spaces in Atyrau, one of the major industrial centers of Kazakhstan. The study applied modern environmental monitoring methods, including tree and shrub inventory, evaluation of biological conditions, calculation of per capita green space availability, and determination of dust load levels. The survey revealed a total of 15587 trees and shrubs, of which 82% were classified as «healthy». The average integral biological assessment score was 4.8, corresponding to the category of a «healthy stand», while the vitality index calculated by Alekseev's methodology reached 92.3%, indicating stable functioning of urban greenery. However, the provision of green spaces per capita was only 0.59 m², which is significantly below the World Health Organization standard (9 m²/person) and Kazakhstan's national standards (6–12 m²/person). Furthermore, the average dust load index was recorded at 3080 mg/m²/day, exceeding the permissible limit by more than three times. These findings highlight a contradiction between the relatively high biological quality of green plantations and their extremely insufficient spatial availability. The authors emphasize the urgent need for large-scale expansion of green areas, introduction of plant species adapted to arid climates and industrial stress, implementation of innovative air purification technologies, and systematic integration of green infrastructure into urban planning. This study holds both scientific and practical significance as it establishes a foundation for strategies of sustainable urban development under conditions of intensive industrial impact.

Keywords: green spaces, urban environment, dust load, biological stability, Atyrau city, ecological state.

A.A. Саянов^{1,2}, М.Ж. Махамбетов^{2*}, Ж.С. Саркулова²,
Ш.Қ. Шапалов^{2,3}, Р. Изимова²

¹М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Мәскеу, Ресей

²Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

³М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

*e-mail: murat.makhambetov@zhubanov.edu.kz

Атырау қаласы қалалық ортасының жасыл желектерінің жағдайын кешенді экологиялық бағалау

Мақалада Қазақстанның ең ірі өнеркәсіптік орталықтарының бірі болып табылатын Атырау қаласының жасыл екпелерінің экологиялық жағдайына кешенді баға берілген. Зерттеу барысында экологиялық мониторингтің заманауи әдістері қолданылып, ағаштар мен бұталардың түгендеуі, олардың биологиялық жағдайын бағалау, жан басына шаққандағы көгалдандыру тығыздығын есептеу және шаң жүктемесінің деңгейін анықтау жүзеге асырылды. Нәтижесінде қала аумағында 15587 ағаш пен бұта тіркелді, олардың 82%-ы «сау» санатына жатады. Биологиялық бағалаудың интегралдық көрсеткіші 4,8 балды құрады, бұл «сау орман» деңгейіне сәйкес келеді. Алексеев әдістемесі бойынша жасыл екпелердің орташа өміршеңдік индексі 92,3% құрады. Дегенмен қала тұрғындарының жасыл аймақтармен қамтамасыз етілуі небәрі 0,59 м²/адам деңгейінде, бұл Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (9 м²/адам) және Қазақстан ұлттық стандарттарының (6–12 м²/адам) нормаларынан айтарлықтай төмен. Сонымен қатар шаң жүктемесінің орташа көрсеткіші 3080 мг/м²тәулікке жетіп, рұқсат етілген деңгейден үш еседен астам асып түсті. Осылайша зерттеу нәтижелері жасыл екпелердің биологиялық жағдайының жоғары деңгейі мен олардың кеңістікте жеткіліксіз қамтамасыз етілуі арасындағы қарама-қайшылықты айқындайды. Авторлар жасыл қорды кеңейту, құрғақ климатқа бейімделген өсімдіктерді енгізу, ауаны

зу, ауаны тазартудың инновациялық технологияларын пайдалану және жасыл инфрақұрылымды қала құрылысы саясатына жүйелі түрде енгізу қажеттігін атап көрсетеді. Бұл жұмыс ғылыми тұрғыдан да, тәжірибелік тұрғыдан да маңызды, себебі қарқынды өнеркәсіптік әсер жағдайындағы урбанизацияланған аумақтардың орнықты дамуы үшін стратегиялық негіз қалайды.

Түйін сөздер: жасыл желектер, қалалық орта, шаң жүктемесі, биологиялық тұрақтылық, Атырау қаласы, экологиялық жағдай.

А.А. Саянов^{1,2}, М.Ж. Махамбетов^{2*}, Ж.С. Саркулова²,
Ш.К. Шапалов^{2,3}, Р. Изимова²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актөбе, Казахстан

³Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*e-mail: murat.makhambetov@zhubanov.edu.kz

Комплексная экологическая оценка состояния зеленых насаждений городской среды города Атырау

В статье представлена комплексная экологическая оценка состояния зелёных насаждений города Атырау, одного из крупнейших промышленных центров Казахстана. Исследование проведено с применением современных методов экологического мониторинга, включающих инвентаризацию деревьев и кустарников, оценку их биологического состояния, расчет плотности озеленения на душу населения и определение уровня пылевой нагрузки. По результатам обследования установлено, что общее количество исследованных зелёных насаждений составляет 15 587 экземпляров, из которых 82 % относятся к категории «здоровые». Средний интегральный показатель биологической оценки составил 4,8 балла, что соответствует категории «здоровый древостой», а индекс жизненного состояния по методике Алексеева достиг 92,3 %, что указывает на устойчивое функционирование насаждений. Вместе с тем обеспеченность населения зелёными зонами в городе составила всего 0,59 м² на человека, что значительно ниже нормативов Всемирной организации здравоохранения (9 м²/чел) и национальных стандартов Казахстана (6–12 м²/чел). Кроме того, индекс пылевой нагрузки превысил допустимые значения более чем в три раза и составил 3080 мг/м²/сутки. Таким образом, полученные результаты выявляют противоречие между высоким качеством биологического состояния зелёных насаждений и их крайне низкой пространственной обеспеченностью. Авторы подчёркивают необходимость масштабного расширения зелёного фонда города, использования адаптированных к засушливому климату и техногенным условиям видов растений, внедрения инновационных технологий очистки воздуха и системного включения зелёной инфраструктуры в процессы градостроительного планирования. Работа имеет как научное, так и практическое значение, так как формирует основу для разработки стратегий устойчивого развития урбанизированных территорий в условиях интенсивного промышленного воздействия.

Ключевые слова: зелёные насаждения, городская среда, пылевая нагрузка, биологическая устойчивость, город Атырау, экологическое состояние.

Introduction

The city of Atyrau is one of the largest industrial centers of Kazakhstan and is subjected to significant anthropogenic pressure, which is reflected in its green plantations. The intensive development of the oil and gas industry is accompanied by environmental problems, particularly within the urbanized environment. However, the combined effects of intensive industrial growth and climatic conditions (aridity, wind erosion) exert substantial pressure on the urban ecological system, particularly on green plantings. Green zones play a crucial role in improving the microclimate, reducing air pollution, providing noise insulation, and ensuring recreational functions. The reduction of green areas, the high levels

of dust, gas emissions, and soil contamination lead to vegetation degradation.

Currently, the ecological assessment of green plantations in the urban environment of Atyrau requires a multidimensional analysis that considers biodiversity, ecosystem services (such as air and water purification), urban planning, and sustainable development goals. Urban green zones represent a diverse spectrum of vegetated areas embedded within the urban fabric and constitute essential components of the city's ecological infrastructure. These green areas can be categorized into various types, such as parks, green belts, street tree corridors, gardens, urban forests, and blue-green zones that incorporate water bodies and vegetation. Each type possesses unique spatial and functional characteristics,

contributing differently to ecological processes and human well-being. For instance, parks often serve multifunctional purposes, including recreation, habitat provision, and microclimate regulation, whereas green belts typically function as ecological buffers surrounding urban territories, limiting urban sprawl and maintaining biodiversity.

The spatial scales of these green plantations vary considerably, ranging from small parks and street vegetation to extensive urban forests and riparian corridors. This heterogeneity underscores the importance of understanding not only the quantity but also the quality and connectivity of green plantings for maintaining the ecological integrity of the city. As urban ecosystems, green plantations form vital nodes in the broader ecological matrix, providing ecosystem services such as habitat connectivity, nutrient cycling, and climate regulation. Their typological and spatial diversity affects their ecological functioning and the breadth of benefits they can offer both to urban residents and to wildlife [1].

The ecological assessment of urban green plantations is inherently complex due to the heterogeneity and multifunctionality of urban landscapes. Unlike natural ecosystems, urban green plantings constitute a mosaic of built and unbuilt elements, resulting in considerable variability in their ecological structure and functioning. This complexity complicates the development of standardized assessment systems that would effectively account for both the biophysical attributes and the social dimensions of green plantation quality. Moreover, green plantations often serve multiple and sometimes conflicting purposes, ranging from biodiversity conservation to recreation, which complicates their evaluation from a single ecological perspective.

One of the most essential services of urban green plantings is climate regulation, where green zones significantly contribute to mitigating the urban greenhouse effect through mechanisms such as evapotranspiration and shading provided by vegetation. Trees and green areas help regulate surface and air temperatures, thereby improving urban thermal comfort, reducing energy consumption for cooling, and enhancing overall livability.

Air purification represents another critical ecological function delivered by green plantations. Vegetation acts as a filter by absorbing gaseous pollutants (e.g., nitrogen dioxide, carbon dioxide) and particulate matter, improving urban air quality and thus benefitting the population. These purifying functions are strongly dependent on the type, density, and condition of vegetation within green plantations. Additionally, urban green plantations

contribute to biodiversity conservation by providing habitats and resources essential for various species, including pollinators and wildlife. They serve as refuges, stepping stones, and ecological corridors that support ecological connectivity in highly fragmented urban landscapes.

Urban green zones, including parks, street trees, and landscaped areas, are vital for ecological stability, public health, and the resilience of cities in Kazakhstan. Such zones reduce air pollution, mitigate greenhouse effects, and maintain biodiversity. Green infrastructure is recognized as an integral component of ecological security and sustainable urban development at the national level, although cities in Kazakhstan still face serious challenges associated with air and soil quality, infrastructure, and overall environmental sustainability [2].

Contemporary models of ecological assessment of urban green plantations often rely on quantitative indices that predominantly reflect the amount of greenery rather than its quality or functionality. Such indices may fail to account for critical ecological characteristics, including habitat suitability, species diversity, and ecosystem processes, which limits their effectiveness in comprehensive evaluations [3]. Quantitative indicators of the structure of green plantings and landscape features play a decisive role in ecological assessments. Key indicators include green area per capita, proximity to green plantations, accessibility measures within walking distance (e.g., buffer zones of 300–500 meters), and the percentage of green cover within residential areas. These indicators assess spatial equity and the functional accessibility of green plantations for urban inhabitants [4].

Assessments of the resilience of major cities in Kazakhstan, including Atyrau, demonstrate that they possess only moderate resilience, with none of them achieving the highest resilience thresholds. This is largely due to the pressures associated with rapid industrial development, urbanization, and environmental management systems, which are still in the process of formation [5].

Green zones in the harsh climatic and industrial conditions of Atyrau typically require careful plant selection and continuous maintenance. Research conducted in the border regions of the area recommends incorporating plant species adapted to arid climates and environmental stressors, as these species are best suited for survival, stabilizing the microclimate, and sustaining ecosystem productivity [6].

Cities in Western Kazakhstan exhibit varying but often elevated levels of air pollution due to in-

dustrial activities. Urban vegetation, particularly dense and diverse plantations of trees and shrubs, has been shown to reduce air pollution by particulate matter, although empirical data for Atyrau remain lacking. Innovative approaches, such as the installation of moss-based biofilters, have demonstrated effectiveness in other Kazakhstani cities and could be implemented in Atyrau as a supplement to traditional green infrastructure [7].

The city of Atyrau is located in the European part of Kazakhstan and serves as the administrative center of the Atyrau Region. It is situated in the western part of the country, on the banks of the Ural River, and represents one of the largest cities of Western Kazakhstan. Atyrau is a major industrial, economic, and scientific-technical hub of the region.

The climate of the city is classified as semi-arid, characterized by hot, long, and dry summers and cold, short winters. The average temperature of the coldest month, January, is -6.4°C , whereas the hottest month, July, averages $+27.4^{\circ}\text{C}$. The mean annual precipitation is approximately 190 mm [16].

As a large city in the oil-rich western region of Kazakhstan, Atyrau is currently exposed to intensive anthropogenic pressure. Oil and gas exploration,

infrastructure expansion, and related industrial activities have exerted significant impacts on soil, water, and local ecosystems. These impacts include increased chemical contamination of soils, alterations of hydrological regimes, as well as the reduction of diversity and productivity of plant and animal populations [8]. Such factors directly threaten the quality and functioning of urban green areas in Atyrau, diminishing their capacity to provide essential ecosystem services.

Materials and methods

At the first stage of the research, an inventory of the number of green trees in the city of Atyrau was conducted, and the conditions of their habitat were assessed. In the spring–summer period of 2025, a total of 12,611 trees and shrubs were studied along Satpayev Avenue, within five parks (Victory Park, Nursaya, Dostyk, Zhastar, and Almagul), and along the Kurmangazy Alley.

The inventory work on the green plantations of Atyrau was carried out by the research team of the scientific project in three microdistricts of the city (Nursaya, Avangard, and Zhilgorodok) (Figure 1).

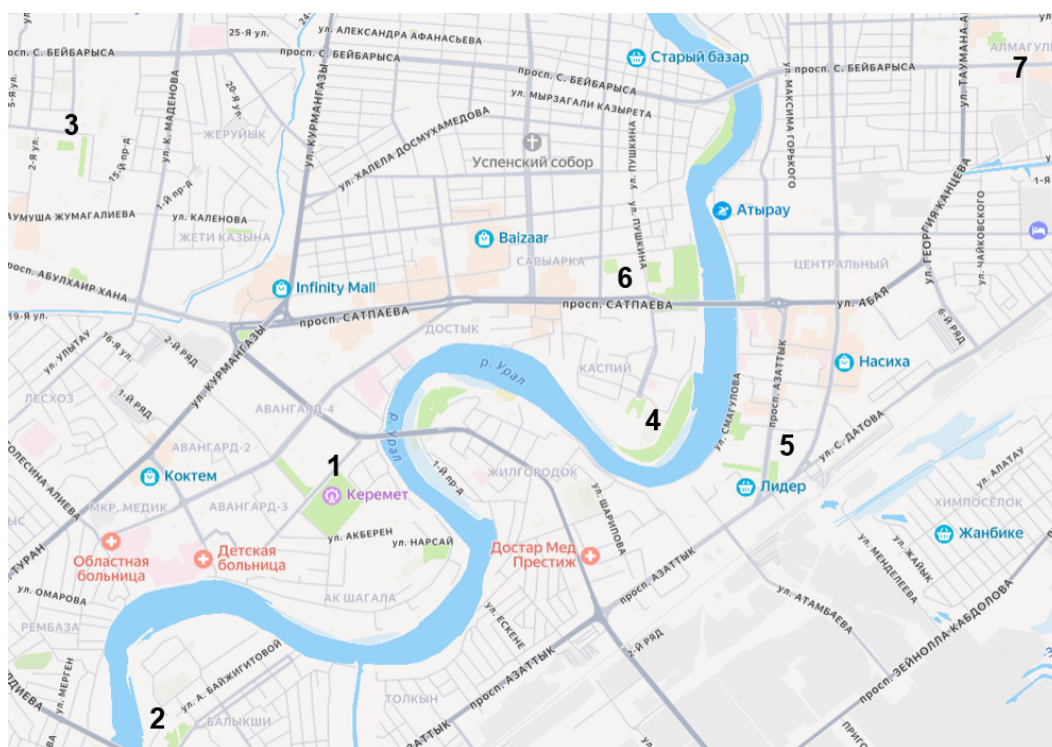


Figure 1 – Parks and Avenues of the City of Atyrau

1 – Zhenis Park, 2 – Dostyk Park, 3 – Nursaya Park, 4 – Zhastar Park,
5 – Kurmangazy Alley, 6 – Satpayev Avenue, 7 – Almagul Park

At the second stage, the study was conducted within the aforementioned green areas of Atyrau city in order to provide a comprehensive assessment of the state of the urban green infrastructure, its per capita density, the level of dust load, and the bioecological condition of tree plantations. The research employed widely accepted methods of environmental monitoring developed by foreign and domestic authors (SOST 17.5.3.01–83; Huili Xie et al., 2023; Yusupov, 2008; V.A. Alekseev, 2013).

The per capita density of green plantations (D , m^2/person) was calculated using the formula proposed in the methodological guidelines for the ecological standardization of green areas and in several works of foreign researchers [9,10]:

$$D = \frac{S_{\text{green}}}{N} \quad (1)$$

where,

S_{green} – the total area of green plantations, m^2 (determined using remote sensing data, cartographic materials, and field surveys);

N – the population of the city of Atyrau, persons (statistical data for 2024). According to the Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan, the population of Atyrau in 2024 amounted to 324 682 inhabitants [11].

The calculation of the dust load index (P_n) was carried out according to formula (2), using filters for dust collection at exposure stations:

$$P_n = \frac{P_o}{S \times t} \quad (2)$$

where,

P_o – the mass of dust deposited on the filter, mg (determined by the gravimetric analysis method);

S – the area of the filter (m^2);

t – the duration of exposure, expressed as the number of days from the beginning to the sampling time.

In practice, the following gradation of average daily dust load is applied: less than 250 – low level of pollution; 251–450 – medium; 451–850 – high; more than 850 – very high [12].

The biological assessment of the green plantations in the parks and alleys of Atyrau was conducted according to formula (4), which is based on the plant vitality scale:

$$B = \frac{\sum(K_i \times D_i)}{A} \quad (4)$$

where,

B – the integral biological assessment of plantations (in points);

K_i – the number of trees according to the vitality assessment scale;

D_i – the vitality score of the trees;

A – the total number of surveyed trees.

The vitality assessment scale of trees was carried out by visual evaluation based on external features and was assessed according to the following criteria: 5 points – healthy trees, 4 points – weakened, 3 points – severely weakened, 2 points – declining trees, and 1 point – deadwood.

The indicator B for the biological assessment of green plantations was ranked according to Table 1.

Table 1 – Biological condition of green plantations

Value of B	Category of tree condition
< 4,5	Healthy stand
3,5–4,49	Weakened stand
2,5–3,49	Severely weakened plantations
1,5–2,49	Declining green plantations
0–1,49	Dead green plantations

To assess the vitality of tree plantations, the methodology of V.A. Alekseev [13] was applied:

$$L = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 4n_4}{N}, \quad (3)$$

where,

L – the relative vitality of the stand, calculated by the number of trees;

n_1 – number of healthy trees;

n_2 – weakened trees;

n_3 – severely weakened trees;

n_4 – declining trees;

N – the number of trees within the sample plot [14, 15].

The obtained data were statistically processed using the computer software MS Excel 2020 and Statistica 8.0.

Results and discussions

The results of the study demonstrate a systemic ecological problem of insufficient urban greening. The low level of green space density per capita, combined with the high dust load, creates an unfavorable ecological situation, particularly in the central and industrial districts of the city.

In the course of the conducted research, a comprehensive assessment of the state of green plantations in the city of Atyrau was carried out using

three key parameters: the density of green spaces per capita, the level of dust load, and the bioecological condition of trees according to the aforementioned methodologies.

As of today, according to our conducted research, the total volume of green areas in the investigated territories amounts to 193.0 thousand linear meters. According to the dendrological plan of the

city of Atyrau, a total of 133 thousand trees have been recorded within the city (excluding the private sector).

Within the studied territories of Atyrau (parks, alleys, and avenues), 15587 trees and shrubs were found. All tree species growing in the investigated territory of the city belong to species resistant to air pollution (Table 2).

Table 2 – Condition of Trees in the Investigated Territories

Tree Condition Class					Total
Healthy	Weakened	Severely weakened	Dying back	Standing deadwood	
12780	2650	106	38	13	15587

According to the obtained data, the majority of tree plantations in the investigated territories of the city of Atyrau belong to the “healthy” condition class, comprising 12,780 trees (82%). The “weak-

ened” category includes 2,650 trees, accounting for 17%. The remaining 1% consists of severely weakened trees (106), Dying back trees (38) and standing deadwood (13) (Figure 2).

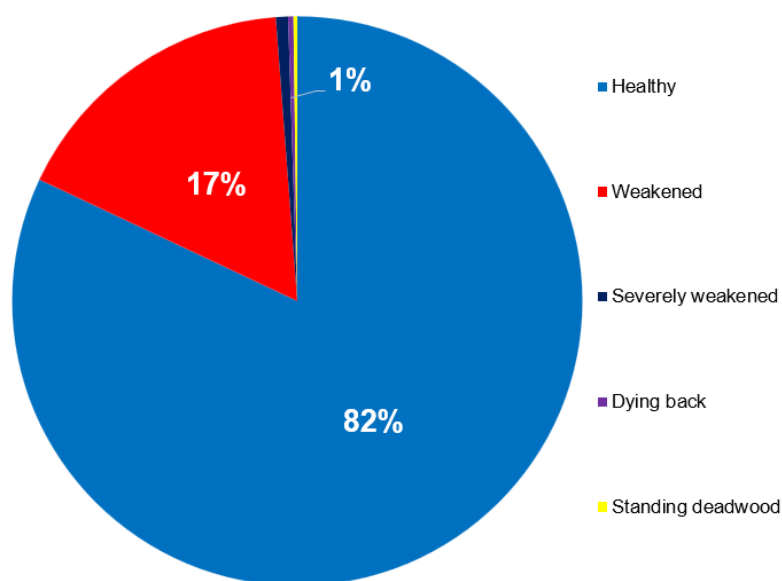


Figure 2 – Categories of Tree Vitality Status

Within the framework of the survey, a total of 15587 trees of various species (poplar, elm, maple, and others) were recorded. The visual assessments of the biological condition of the trees were distributed according to the evaluation scale as follows: 5 points (healthy) – 82% of trees, 4 points – 17%, 3 points (moderate condition) – 0.6%, 2 points – 0.3%, and 1 point (deadwood) – 0.1%.

The integral biological assessment index of green plantations (B), which represents the cumulative value of B and characterizes the ecological condition of trees, was calculated using formula (4). According to the performed calculations, the biological assessment index of green plantations in the city of Atyrau equals $B = 4.8$, which corresponds to the category of a “healthy stand.” Thus, more than 82%

of the trees are in a healthy condition, indicating a satisfactory state of the city's green plantations.

According to the results of the conducted analysis, the total area of the surveyed urban green territories amounted to 192183 m², while the population of Atyrau, according to the Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan, was 324682 people in 2024. The standard of green space area in cities established by the World Health Organization (WHO) is 50 m² of urban green plantations per inhabitant. Cities where vegetation covers less than 10% of the total area are considered poor in terms of greening, while those with 40–60% coverage are considered favorable. Accordingly, the availability of green spaces per capita in Atyrau amounts to $D = 0.59$ m²/person. This value is significantly below the WHO minimum recommendation of 9 m²/person, as well as the Kazakhstani standard of 6–12 m²/person. This indicates an acute deficit of green spaces and highlights the necessity of intensified measures for the expansion of the city's green fund, particularly in areas with high residential density.

The calculation of the dust load index (P_n) was carried out according to formula (2) using filters for dust collection at control sites. At seven control sites (Satpaev, Azattyk, Elorda, Utemisov, Abai, and Auezov avenues, and Taumanov street), filters with an area of $S = 0.01$ m² were installed, with an exposure period of five days. The average mass of dust deposited on the filters was $m = 154$ mg. Accordingly, the average dust load index amounted

to $P_n = 3080$ mg/m²/day. This level of dust load is classified as high, particularly in the vicinity of heavily trafficked transport routes (Elorda, Azattyk avenues, and Taumanov street). The WHO standard for residential areas should not exceed 1000 mg/m²/day. This confirms the necessity for the expansion of buffer green plantations and the introduction of dust-trapping systems, especially in areas with high traffic intensity.

For the assessment, the methodology of V.A. Alekseev, based on a point-scale system, was applied. The following categories of tree conditions were identified in the parks, alleys, and avenues of Atyrau (Table 3, Figure 3).

According to formula (3), calculations were performed to assess the ecological condition of trees in the parks, alleys, and avenues of the city of Atyrau (Table 4).

As a result of the conducted studies on the condition of green plantations in different zones of the city, the values of the vitality index (L) were obtained according to the methodology of V.A. Alekseev for seven sites: Dostyk Park, Zhenis Park, Nursaya Park, Zhasstar Park, Almagul Park, as well as the greened areas along Satpayev Avenue and the Kurmangazy Alley. The L values ranged from 89.0% to 95.9%, with an average value of 92.3%. According to Alekseev's classification, the range of 100–80% corresponds to the category of “healthy” or “good” condition of plantations, reflecting a high level of physiological activity, balanced growth processes, and the absence of pronounced signs of suppression.

Table 3 – Condition of Trees in the Parks, Alleys and Avenues of the City of Atyrau

Study sites	Healthy trees	Weakened trees	Severely weakened trees	Dying trees
Dostyk Park	852	344	19	2
Zhenis Park	5659	805	18	16
Nursaya Park	498	148	15	3
Zhasstar Park	3598	602	16	11
Almagul Park	538	262	11	5
Satpaev Avenue	1125	356	14	8
Kurmangazy Alley	510	133	13	6

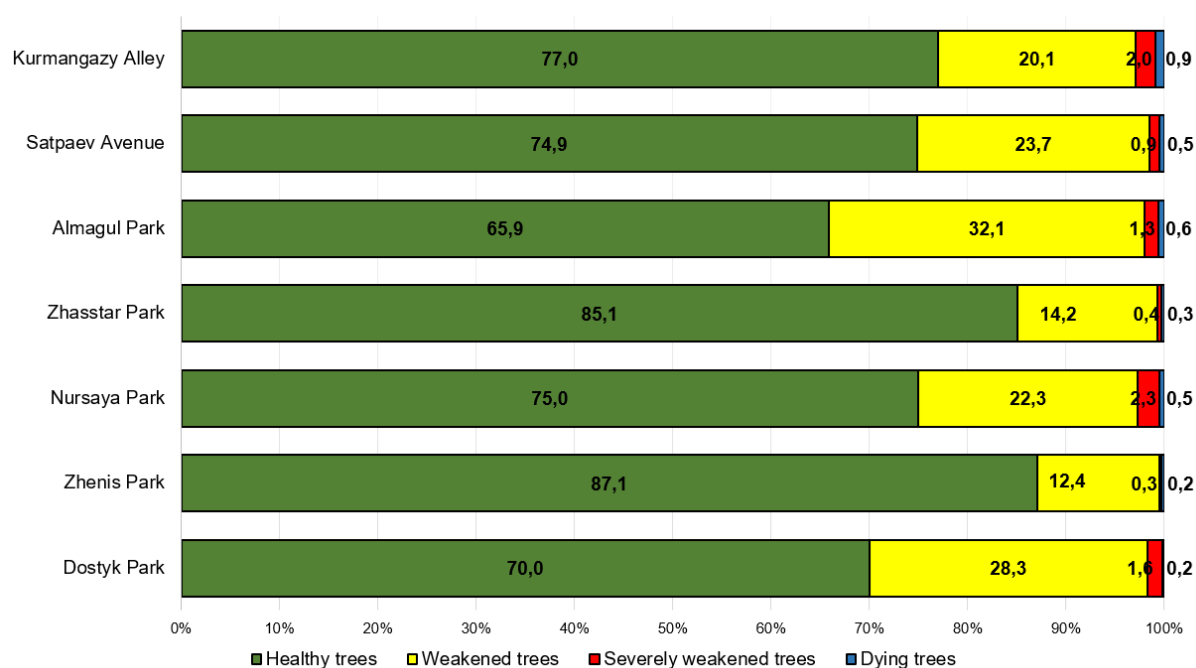


Figure 3 – Vital status of green plantations in the park areas of the city of Atyrau

Table 4 – Relative vital status of trees in the city of Atyrau

№	Study sites	Vital status, <i>L</i>
1	Dostyk Park	90,4
2	Zhenis Park	95,9
3	Nursaya Park	91,5
4	Zhasstar Park	95,3
5	Almagul Park	89,0
6	Satpaev Avenue	91,8
7	Kurmangazy Alley	91,9
-	Средний показатель	92,3

The analysis showed that all surveyed sites fall into the “healthy” category. The highest index values were recorded in Zhenis Park (95.9%) and Zhasstar Park (95.3%), which can be considered as an indication of an almost optimal state of tree stands. Slightly lower, but still high values were observed in Nursaya Park (91.5%), Dostyk Park (90.4%), along Satpayev Avenue (91.8%), and Kurmangazy Alley (91.9%). The minimum value was recorded in Almagul Park (89.0%); however, even this result significantly exceeds the threshold of transition into the “weakened” category, indicating the overall resilience of the plantations. The low range of variation (6.9%) and the small standard deviation (around 2.3%) indicate the uniformity of the condi-

tion of green plantations across all studied sites. A coefficient of variation of about 2.5% confirms that the differences between sites are minimal and local in nature.

From a physiological perspective, such values of the vitality index *L* indicate a high level of photosynthetic activity of the trees, sufficient accumulation of assimilates, and a balance in growth and development processes. The tree crowns, as reflected by the integral assessments, possess a significant assimilation surface, ensuring the full performance of ecological functions—from carbon dioxide absorption and oxygen release to dust filtration and the mitigation of the urban microclimate. The absence of sharp differences between sites suggests that during the study period, plantations were not significantly affected by mass infestations of phytopathogens or insect pests, prolonged periods of extreme weather conditions, or considerable anthropogenic impacts.

Thus, the obtained results make it possible to characterize the condition of green plantations in the surveyed sites as consistently good, without signs of systemic decline in vitality. This confirms that the ongoing maintenance measures—sanitary pruning, pest control, and regular irrigation—are generally effective and ensure the maintenance of high vitality indicators. At the same time, it is advisable to continue regular monitoring to timely detect possible

negative changes, while for sites with a relatively lower index value (e.g., Almagul Park), a detailed survey is recommended to identify local factors that may influence the condition of the trees.

Overall, according to the methodology of V.A. Alekseev, the vitality status of plantations in the studied sites can be confidently classified as “healthy,” which is a positive indicator of the stability of the urban ecosystem and testifies to its ability to effectively perform environmental, aesthetic, and recreational functions.

Conclusion

A comprehensive study of the condition of green plantations in the city of Atyrau has revealed both positive trends and serious environmental challenges requiring systemic solutions. Atyrau is a major industrial center of Kazakhstan, where the high concentration of oil and gas production facilities, in combination with unfavorable climatic conditions—aridity, wind erosion, and low water availability—creates a significant anthropogenic burden on the urban ecosystem. Under these conditions, green plantations play a crucial role in stabilizing the urban environment: they regulate the microclimate, purify the air from gaseous emissions and dust, reduce noise pollution, support biodiversity, and provide essential recreational functions. However, despite these advantages, the provision of green space per capita in Atyrau was found to be extremely low—only 0.59 m² per person, which is substantially below both the minimum standard recommended by the World Health Organization (9 m²/person) and the national standard of Kazakhstan (6–12 m²/person). This deficit of green areas objectively indicates an acute ecological imbalance and the necessity for large-scale expansion of the city’s green fund.

At the same time, the conducted inventory demonstrated that the qualitative condition of the existing trees and shrubs can be assessed as satisfactory. More than 82% of all surveyed trees fall into the “healthy” category, while the integral biological assessment amounted to 4.8 points, corresponding to the state of a “healthy stand.” According to Alekseev’s methodology, the average index of tree vitality was 92.3%, which also indicates a high physiological resilience of trees and their ability to fully perform ecological functions. Particularly favorable conditions were observed in Zhenis and Zhasstar parks, where index values exceeded 95%, which may be interpreted as an almost optimal condition of tree stands. At the same time, in some zones, such as Almagul Park, the values were somewhat lower,

which necessitates local diagnostics and additional care measures.

A serious threat to the city’s ecosystem remains the elevated dust load, the average value of which amounted to 3080 mg/m²/day, three times higher than the maximum permissible level established by the World Health Organization (1000 mg/m²/day). The highest concentrations were recorded along busy traffic arteries, indicating the urgent need for the development of green buffer zones and the implementation of additional dust-capturing technologies. Such a load creates an unfavorable sanitary and hygienic background, increases health risks for the population, and accelerates the degradation of the urban environment.

Thus, the current condition of green plantations in Atyrau is contradictory: on the one hand, the existing trees demonstrate high vitality, confirming the effectiveness of ongoing maintenance measures (sanitary pruning, irrigation, pest protection); on the other hand, the catastrophically low density of green space and critically high dust load objectively undermine the ecological stability of the urban environment. The scientific and practical significance of this study lies in demonstrating the necessity of a comprehensive approach to the assessment of green infrastructure, which should take into account not only quantitative indicators of area but also qualitative indices of vitality and ecosystem services.

To improve the situation in the future, large-scale measures are required: the expansion of green areas through the establishment of new parks, boulevards, and green corridors; the introduction of tree and shrub species resistant to arid conditions and industrial stress, including xerophytes; the application of innovative biotechnologies for air purification, such as moss-based filters; systematic ecological monitoring of the condition of green zones and dust load levels using remote sensing and bioindication methods; and the integration of “green infrastructure” principles into the city’s urban planning strategy.

Overall, the results obtained allow us to conclude that the green plantations of Atyrau are in a paradoxical state—biologically resilient yet spatially insufficient. This means that, with proper care, the existing trees continue to fulfill their functions, but the overall ecological security of the city cannot be ensured without an increase in green space and a reduction in technogenic pressure. Only the combination of traditional landscaping practices with modern ecotechnologies and a comprehensive urban policy can form a sustainable and environmentally balanced urban environment, ensuring the health and well-being of the population.

Acknowledgment

This research was carried out with the financial support of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Repub-

lic of Kazakhstan within the framework of grant №AP27511521, «Geoecological assessment of the state of green spaces and soil quality of the urban environment of the cities of Aktau and Atyrau using GIS technology».

References

1. Anwar, M.M.; Hashim, M.; Aziz, A.; Stocco, A.; Abdo, H.G.; Almohamad, H.; Al Dughairi, A.A.; Al-Mutiry, M. (2023). Urban Green Spaces Distribution and Disparities in Congested Populated Areas: A Geographical Assessment from Pakistan. *Sustainability*, 15, 8059. <https://doi.org/10.3390/su15108059>
2. Semenyuk O.N., Ozganbayeva B., Lutsenko N., Sadykbekov D. (2023). Ecology and architecture of Kazakhstan cities in the 21st century. *Smart Geotechnics for Smart Societies*, 4, 1940–1951. <https://doi.org/10.1201/9781003299127-296>
3. Xuemiao Wang, Qingyan Menga, Linlin Zhanga, Die Hu (2021). Evaluation of urban green space in terms of thermal environmental benefits using geographical detector analysis / *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 105, 102610. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102610>
4. Bolkaner, M.K.; Asilsoy, B. (2023). Reinventing the Urban Neighborhood Green Index in the Context of Urban Ecology as a Conceptual Framework in Northern Nicosia, Cyprus. *Sustainability*, 15, 13880. <https://doi.org/10.3390/su151813880>
5. Nyussupova G., Kenespayeva L., Tazhiyeva D., Kadylbekov M. (2022). “Sustainable urban development assessment: Large cities in Kazakhstan”. *Slovenia*, Volume 33, 70-78. <https://doi.org/10.5379/urbani-izziv-en-2022-33-01-01>
6. Ilvitskaya S., Bantserova O., Kasimova A. (2020). Regional features of the formation of sustainable tourist buildings of the Russian Kazakhstan border. *E3S Web of Conferences* 164, 11033 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016411033>
7. Kuchanskiy, O.; Andrashko, Y.; Yedilkhan, D.; Nefitsov, A.; Biloshchyska, S.; Amirgaliyev, B.; Vatskel, V. (2023). Reducing Outdoor Air Pollutants through a Moss-Based Biotechnological Purification Filter in Kazakhstan. *Urban Sci.*, 7, 104. <https://doi.org/10.3390/urbansci7040104>
8. Alimbaev T., Mazhitova Zh., Omarova B., Yermagambetova K., Atanakova K., Zhumanova A. (2020). Ecology of the Western region in Kazakhstan: state and main directions of improvement // *E3S Web of Conferences* 217, 04006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021704006>
9. Interstate standard. SOST 17.5.3.01-78. Nature protection. Lands. Composition and size of suburban green plantations. P.3. 1988.
10. Huili Xie, Xinke Wang, Xiaoting Hu, Zhiyong Shi, Hong Lin, Xiangqun Xie, Lingxiu Chen, Hongxia Dai, Jiao Zhang, Mengjie Xu, Xingzhao Liu. (2023). Exploring Urban Green Space Optimization of the Urban Walking Life Circle in Fuzhou, China / *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20, 1180. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021180>
11. Statisticheskij sbornik Agentstvo RK po statistike «Social’no-ekonomicheskoe razvitie Atyrauskoj oblasti. Astana, 2025. (In Russian)
12. Saet YU. E., Revich B. A., YAnin E. P., Smirnova R. S., Basharkevich I. L., Onishchenko T. L., Pavlova L. N., Trefilova N. YA., Achkasov A. I., Sarkisyan S. SH. (1990). *Geohimiya okruzhayushchej sredy*. – M.: Nedra, 335 s. (In Russian)
13. Alekseev V.A. (1989). Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derev’ev i drevostoev // *Lesovedenie*. N 4. S. 51-57. (In Russian)
14. Evstifeeva, T.A. (2010). *Biologicheskij monitoring : metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam* / T.A.Evstifeeva; Orenburgskij gos.un-t. – Orenburg: OGU, 2010. – 41 s. (In Russian)
15. Il’chenko I.A. (2014). Sistema zelenyh nasazhdenij goroda kak sredoobrazuyushchij faktor gorodskogo mikroklimata // *Vestnik Taganrogskego instituta upravleniya i ekonomiki*. Taganrogs, №1, S. 37-42. (In Russian)
16. *Ezhemesyachnye informacionnye byulleteni o sostoyanii okruzhayushchej sredy Atyrauskoj oblasti*. Atyrau, 2025 g. (In Russian).

Авторлар туралы мәлімет:

Саянов Алексей Андреевич – география ғылымдарының кандидаты, М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Табиғатты ұтымды пайдалану кафедрасының аға оқытушысы (Мәскеу, Ресей Федерациясы, e-mail: sayanov_aa@mail.ru)

Махамбетов Мурат Жаракович (жауапты автор) – PhD, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті Экология кафедрасының профессоры (Ақтөбе, Қазақстан Республикасы, e-mail: murat.makhambetov@zhubanov.edu.kz)

Саркулова Жадырасын Сейдуллаевна – PhD, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті Экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Ақтөбе, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhadi_0691@mail.ru)

Шапалов Шермахан Қуттыбаевич – PhD, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау кафедрасының профессоры (Шымкент, Қазақстан Республикасы, e-mail: shermahan_1984@mail.ru)

Изимова Роза – медицина ғылымдарының кандидаты, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті Биология кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Ақтөбе, Қазақстан Республикасы, e-mail: roza.izimova@mail.ru)

Information about authors:

Sayanov Alexey Andreevich – Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer, Department of Rational Use of Nature, M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation, e-mail: sayanov_aa@mail.ru)

Makhambetov Murat Zharakovich (corresponding author) – PhD, Professor of the Department of Ecology of K. Zhubanov Aktobe Regional University (Aktobe, Republic of Kazakhstan, E-mail: murat.makhambetov@zhubanov.edu.kz)

Sarkulova Zhadyrasyn Seidullaevna – PhD, Associate Professor of the Department of Ecology, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhadi_0691@mail.ru)

Shapalov Shermakhan Kuttybaevich – PhD, Professor of the Department of Life Safety and Environmental Protection, M. Aueзов South Kazakhstan University (Shymkent, Republic of Kazakhstan, e-mail: shermahan_1984@mail.ru)

Roza Izimova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Biology of K. Zhubanov Aktobe Regional University (Aktobe, Republic of Kazakhstan, e-mail: roza.izimova@mail.ru)

Сведения об авторах:

Саянов Алексей Андреевич – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры рационального природопользования Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (Москва, Российская Федерация, e-mail: sayanov_aa@mail.ru);

Махамбетов Мурат Жаракович (автор-корреспондент) – PhD, профессор кафедры экологии Актыюбинского регионального университета имени К. Жубанова (Актыюбе, Казахстан, e-mail: murat.makhambetov@zhubanov.edu.kz);

Саркулова Жадырасын Сейдуллаевна – PhD, ассоциированный профессор кафедры экологии Актыюбинского регионального университета имени К. Жубанова (Актыюбе, Казахстан, e-mail: zhadi_0691@mail.ru);

Шапалов Шерхана Куттыбаевич – PhD, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова (Шымкент, Казахстан, e-mail: shermahan_1984@mail.ru);

Роза Изимова – кандидат медицинских наук, ассоциированный профессор кафедры биологии Актыюбинского регионального университета имени К. Жубанова (Актыюбе, Казахстан, e-mail: roza.izimova@mail.ru).

Поступила 02 августа 2025 года

Принята 25 сентября 2025 года

2-бөлім

ҚОРШАҒАН ОРТА ЛАСТАУШЫЛАРЫНЫҢ БИОТАҒА ЖӘНЕ ТҰРҒЫНДАР ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Section 2

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL POLLUTION ON BIOTA AND HEALTH

Раздел 2

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА БИОТУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

МРНТИ 34.23.41

<https://doi.org/10.26577/EJE20258435>

М.С. Абдуллаева¹, А.М. Касымбекова¹, Л.П. Лебедева¹,
К. Ергали¹, Л.З. Мусралина¹, А.А. Гаршин¹,
Л.Б. Джансугурова¹, Д.Н. Артыгалиева², Н.К. Алтынова^{1*}

¹Институт генетики и физиологии, Алматы, Казахстан²Аллерго Клиник, Алматы, Казахстан

*e-mail: naz10.79@mail.ru

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМОРФИЗМОВ И КОНЦЕНТРАЦИЙ $PM_{2.5}$, CO И SO_2 НА РИСК РАЗВИТИЯ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ У ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА АЛМАТЫ

Около 91% населения планеты проживает в регионах с уровнем загрязнения воздуха, превышающим нормы Всемирной организации здравоохранения. Воздействие загрязнённого воздуха признано значимым фактором риска бронхиальной астмы. В Казахстане уровень заболеваемости БА продолжает расти, и ухудшение экологической обстановки вносит значительный вклад в эту тенденцию. Исследования на близнецах показали, что наследуемость БА достигает 70%. Наряду с этим важную роль играют и внешние факторы, включая качество воздуха. Однонуклеотидные полиморфизмы (SNPs), выявляемые методом GWAS, помогают установить генетическую предрасположенность к БА и оценить влияние факторов окружающей среды, таких как загрязнители воздуха как $PM_{2.5}$, CO и SO_2 .

Целью настоящего исследования является анализ однонуклеотидных полиморфизмов, связанных с бронхиальной астмой, и их взаимодействия с загрязнителями атмосферного воздуха у жителей города Алматы. В исследование включены пациенты с БА и здоровые добровольцы; проведено микрочиповое генотипирование и сбор данных о загрязнении воздуха в течение семи месяцев. Наиболее выраженные защитные ассоциации были выявлены для rs3117098 (*TSBP-AS1*, ОШ=0.39, $p=0.000$), тогда как rs2844510 (*LINC01149*, ОШ=2.00, $p=0.047$) и два полиморфизма в *HLA-DRA/TSBP1-AS1* (rs9268516, rs3763309) ассоциировались с повышенным риском, причём воздействие CO значительно усилило генетический эффект для rs3763309 (ОШ=2.96, $p=0.002$) и rs9268516 (ОШ=2.10, $p=0.004$), тогда как взаимодействия с $PM_{2.5}$ и SO_2 оказались статистически значимыми, но слабыми.

Это первое исследование, направленное на выявление ассоциации между генетическими вариациями, связанными с БА и концентрацией загрязнителей воздуха в Алматы с акцентом на казахское население. Полученные данные позволят углубить понимание механизмов развития БА и способствовать развитию персонализированных подходов к диагностике и профилактике.

Ключевые слова: бронхиальная астма, загрязнение среды, однонуклеотидный полиморфизм, генотипирование.

M.S. Abdullayeva¹, A.M. Kassymbekova¹, L.P. Lebedeva¹,
K. Yergali¹, L.Z. Musralina¹, A.A. Garshin¹, L.B. Djansugurova¹,
D.N. Artygaliyeva², N.K. Altynova^{1*}

¹ Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan² Allergo Clinic, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: naz10.79@mail.ru

Analysis of the impact of genetic polymorphisms and concentrations of $PM_{2.5}$, CO, and SO_2 on the risk of developing bronchial asthma among residents of Almaty city

Approximately 91% of the world's population lives in regions where air pollution levels exceed the limits set by the World Health Organization. Exposure to polluted air is recognized as a significant risk factor for bronchial asthma (BA). In Kazakhstan, the prevalence of BA continues to increase, and worsening environmental conditions make a substantial contribution to this trend. Twin studies have shown that the heritability of BA reaches up to 70%. At the same time, external factors including air quality also play an important role. Single nucleotide polymorphisms (SNPs) identified through genome-wide association

studies (GWAS) help determine genetic predisposition to BA and assess the influence of environmental factors such as air pollutants $PM_{2.5}$, CO, and SO_2 .

The aim of this study is to analyze SNPs associated with bronchial asthma and their interaction with atmospheric air pollutants among residents of Almaty. The study included patients diagnosed with BA and healthy volunteers; microarray genotyping was performed, and air pollution data were collected over a seven-month period. The most pronounced protective association was identified for rs3117098 (*TSBP-AS1*, OR=0.39, $p=0.000$), whereas rs2844510 (*LINC01149*, OR=2.00, $p=0.047$) and two polymorphisms in the *HLA-DRA/TSBP1-AS1* region (rs9268516, rs3763309) were associated with increased risk. Notably, CO exposure significantly enhanced the genetic effect of rs3763309 (OR=2.96, $p=0.002$) and rs9268516 (OR=2.10, $p=0.004$), while the interactions with $PM_{2.5}$ and SO_2 were statistically significant but weak.

This is the first study aimed at identifying the association between asthma-related genetic variations and air pollutant concentrations in Almaty, with a focus on the Kazakh population. The findings will contribute to a deeper understanding of the mechanisms underlying BA development and support the advancement of personalized approaches to diagnosis and prevention.

Keywords: bronchial asthma; environmental pollution; single nucleotide polymorphism; genotyping.

М.С. Абдуллаева¹, А.М. Касымбекова¹, Л.П. Лебедева¹,
К. Ергали¹, Л.З. Мусралина¹, А.А. Гаршин¹, Л.Б. Джансугурова¹,
Д.Н. Артыгалиева², Н.К. Алтынова^{1*}

¹Генетика және Физиология институты, Алматы, Қазақстан

²Аллерго Клиник, Алматы, Қазақстан

*e-mail: naz10.79@mail.ru

Алматы қаласы тұрғындарында бронхиялық астманың даму қаупіне адамның генетикалық полиморфизмдері мен $PM_{2.5}$, CO және SO_2 концентрацияларының әсерін талдау

Әлемнің шамамен 91% халқы Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДҰ) нормаларынан асып түсетін ауа сапасы төмен аймақтарда тұрады. Ластанған ауаның әсері бронх демікпесі (БД) дамуындағы маңызды қауіп факторы ретінде танылған. Қазақстанда БД-мен сырқаттану деңгейі өсіп келеді, және экологиялық жағдайдың нашарлауы бұл үрдіске елеулі үлес қосуда. Егіздерге жүргізілген зерттеулер БД-ның тұқымқуалаушылық деңгейі 70%-ға жететінін көрсетті. Сонымен қатар сыртқы факторлар, соның ішінде ауа сапасы, маңызды рөл атқарады. GWAS әдісі арқылы анықталатын бірнуклеотидті полиморфизмдер (SNPs) БД-ға генетикалық бейімділікті анықтауға және қоршаған орта факторларының, әсіресе $PM_{2.5}$, CO және SO_2 сияқты ластағыштардың әсерін бағалауға мүмкіндік береді.

Осы зерттеудің мақсаты – Алматы қаласының тұрғындарында бронхиялық астмаға байланысты бірнуклеотидті полиморфизмдер мен атмосфералық ауа ластағыштарының арасындағы өзара байланысты талдау. Зерттеуге БД диагнозы қойылған науқастар мен дені сау еріктілер қатысты; микрочиптік генотиптеу жүргізілді және жеті ай бойы ауа сапасы туралы деректер жиналды. Ең айқын қорғаныс ассоциациясы rs3117098 (*TSBP-AS1*, ОШ=0.39, $p=0.000$) үшін анықталды, ал rs2844510 (*LINC01149*, ОШ=2.00, $p=0.047$) және *HLA-DRA/TSBP1-AS1* аймағындағы екі полиморфизм (rs9268516, rs3763309) жоғары қауіппен байланысты болды. CO газы rs3763309 (ОШ=2.96, $p=0.002$) және rs9268516 (ОШ=2.10, $p=0.004$) үшін генетикалық әсерді айтарлықтай күшейтті, ал $PM_{2.5}$ және SO_2 -пен өзара әрекеттестік статистикалық жағынан маңызды болғанымен, әсері әлсіз болды.

Бұл зерттеу Алматы қаласындағы ауа ластағыштарының концентрациясы мен БД-мен байланысты генетикалық вариациялар арасындағы байланысты, әсіресе қазақ этносы арасында, алғаш рет зерттеуге бағытталған. Алынған мәліметтер БД дамуының механизмдерін тереңірек түсінуге және диагностика мен профилактиканың дербестендірілген тәсілдерін дамытуға септігін тигізеді.

Түйін сөздер: бронх демікпесі, қоршаған ортаның ластануы, бір нуклеотидті полиморфизм, генотиптеу.

Введение

Астма считается сложным заболеванием из-за её полигенного характера. Кроме того, существенную роль в её развитии играют факторы

окружающей среды. Это по-настоящему мультифакторное заболевание, поскольку множество экологических факторов и генетических предрасположенностей могут взаимодействовать друг с другом [Thomsen, 2015:1]. Факторы, про-

воцирующие астму, включают табачный дым, ожирение, физическую нагрузку, хронический синусит, аллергии, лекарственные препараты (в том числе бета-блокаторы и аспирин), эмоциональные факторы, стресс, химические испарения, растения, насекомые, гастроэзофагеальную рефлюксную болезнь и вирусные респираторные инфекции [McCarty, 2014:112]. В особенности у детей до 5 лет причинами хрипа становятся табачный дым, выхлопные газы и продукты сгорания, шерсть и частицы кожи животных, пыльца растений, споры плесени, а также другие виды загрязнителей воздуха [Dai, 2022:1].

Согласно данным В 2020-2021 годах уровень заболеваемости бронхиальной астмой составил от 67,5 до 94,0 случаев на 100 000 населения среди мальчиков и от 38,2 до 55,0 среди девочек, при этом показатели у мальчиков были стабильно выше примерно на 60-80 % по сравнению с девочками. [Syssoyev, 2025:3]. Превышение годовой концентрации $PM_{2.5}$ в 21 городе Казахстана в период с 2015 по 2017 год привело к 8134 случаям преждевременной смерти среди взрослых, одной из причин которых стали заболевания нижних дыхательных путей [Kerimray 2020:1150]. За последние два года систематическая статистика по численности больных бронхиальной астмой в Казахстане и, в частности, в городе Алматы не представлена в опубликованных научных источниках.

Географическое расположение и горный рельеф Алматы способствуют формированию температурной инверсии, при которой затрудняется вынос загрязняющих веществ и взвешенных частиц в верхние слои атмосферы. Основными источниками загрязнения воздуха в Алматы являются угольные теплоэлектроцентрали (ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3), сжигающие миллионы тонн низкокачественного угля без современных фильтрующих систем, а также интенсивный автомобильный транспорт, включающий более полумиллиона зарегистрированных машин и поток транспорта из пригородов [Temirbekov, 2023:6770]. Основные источники загрязнения атмосферы в городе: транспорт, энергоснабжающие предприятия и частный сектор. Определить какой из этих источников вносит наибольший вклад в загрязнение атмосферы, затруднительно из-за отсутствия государственного учёта выбросов от транспортных средств.

В Алматы нередко фиксируются дни, когда суточная концентрация $PM_{2.5}$ достигает 100-200 $мкг/м^3$, однако город ни разу не входил в десятку

самых загрязнённых в мире, вероятно, из-за недостатка данных мониторинга. Кроме того, географическое распределение смога неравномерно, северо-восточная часть города имеет более загрязнённый воздух по сравнению с другими районами, в частности, Жетысуским и Турксибским районами, восточной частью Алатауского района и северной частью Ауэзовского района [Kerimray, 2020a: 1350].

Эпидемиологические исследования показали, что повышенные концентрации $PM_{2.5}$ коррелируют с увеличением заболеваемости и госпитализаций в связи с приступами астмы [Liu, 2018:1030]. Среди загрязнителей воздуха наиболее вредное воздействие на здоровье человека оказывают взвешенные частицы или твердые частицы (ТЧ): частицы диаметром $\leq 2,5$ $мкм$ ($PM_{2.5}$), а также газы, такие как озон (O_3), диоксид серы (SO_2) и монооксид углерода (CO). Примерно 40-70% всех взвешенных частиц составляют частицы диаметром менее 10 $мкм$. Основными органами-мишенями для накопления ТЧ являются легкие, печень, почки, сердце и мозг [Aalapati, 2014:787]. Кроме того, $PM_{2.5}$ и более крупные частицы (PM_{10}) проникают в дыхательные пути, вызывая воспалительные и иммунологические реакции.

Как известно, воздействие загрязнённого атмосферного воздуха способствует увеличению заболеваемости и смертности [Cohen, 2017:1908]. Обнаружена выраженная положительная корреляция ($p \leq 0.05$) между распространённостью астмы, бронхита и хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ) и концентрацией твёрдых частиц в воздухе Алматы [Liu, 2019:92]. Согласно исследованию CORE, астма диагностирована у 25.5% жителей города (255 из 1000 опрошенных). Установлены статистически значимые ассоциации между респираторными симптомами и экологическими факторами риска по всему Казахстану. Например, хрипы были значительно связаны с курением (ОШ=2.08, 95% ДИ: 1.54–2.81; $p < 0.001$), а астма с профессиональным воздействием пыли (ОШ=1.68, 95% ДИ: 1.18–2.39; $p = 0.004$) [Nugmanova, 2018:5].

Совокупность данных подтверждает необходимость комплексных мероприятий по улучшению качества воздуха, развитию экологического мониторинга и повышению доступности диагностики и лечения астмы. Кроме того, требуется индивидуализированный подход к оценке экспозиции, особенно у детей, как наиболее уязвимой группы населения.

Материалы и методы исследования

Материал для исследования, объекты исследования

Материалом исследования явились образцы цельной крови, собранные у 190 добровольцев (95 пациентов с БА и 95 здоровые люди). Объём каждой пробы составлял 200–300 мкл. Все участники предоставили письменное информированное согласие. Пробы были кодированы и сохранены при температуре -20°C до начала анализа.

Отбор участников для группы случай проводился на основании следующих критериев.

Критерии включения: лица с подтверждённым медицинским диагнозом бронхиальной астмы, участники с подтверждённым казахским происхождением как по материнской, так и по отцовской линии, участники, добровольно предоставившие подписанное информированное согласие и заполнившие анкету. Критерии исключения: участники, которые, по мнению исследователя, не обладают психическим или юридическим статусом, достаточным для предоставления информированного согласия, беременные женщины, участники с тяжёлыми формами сердечно-сосудистых, онкологических, системных и аутоиммунных заболеваний.

Выделение ДНК

ДНК выделяли из замороженных (-20°C) образцов периферической крови, содержащих в качестве антикоагуляционного агента ЭДТА с использованием набора реагентов ReliaPrep™ Blood gDNA Miniprep System (Promega, США), основанный на последовательных стадиях лизиса, связывания, промывки и элюирования. Образцы ДНК хранили при -20°C .

Качество выделенного материала оценивалось по концентрации и чистоте с использованием спектрофотометра NanoDrop; для последующего генотипирования отбирались образцы с концентрацией менее 50 нг/мкл.

Генотипирование SNP

Генотипирование проводилось с использованием Infinium HTS Assay и микрочипа Global Screening Array-24 Kit (Illumina, США), позволяющего анализировать до 654027 однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) на один образец. Экстрагированная ДНК подвергалась денатурации и амплификации при 37°C в течение ночи. Далее проводилась ферментативная фрагментация ДНК для получения оптимальной длины фрагментов. После этого осуществлялось осаж-

дение при помощи пропанола-2 с последующим ресуспендированием осадка в буфере RA1. Фрагментированная ДНК наносилась на микрочипы (BeadChips), размещённые в гибридизационной камере, где происходила гибридизация с комплементарными олигонуклеотидами. После гибридизации выполнялся ферментный синтез удлинённых цепей, на которые наносился флуоресцентный краситель, специфически связывающийся с продуктами удлинения. Завершающим этапом было сканирование микрочипов на платформе iScan (Illumina), результаты которого сохранялись в формате .idat и обрабатывались в программе GenomeStudio v.2.

Визуализация данных и биоинформатический анализ

Обработанные данные переносились в Microsoft Excel, затем использовались пакеты статистической визуализации в языке программирования R для графического представления. Обработка сырых данных: первичная фильтрация SNP проводилась в GenomeStudio. Были отфильтрованы образцы с call rate $<98\%$. Для дальнейшей обработки и расчёта генотипов применялся программный пакет PLINK. Для аннотирования и интерпретации генетических вариантов, полученных с помощью iScan использовался каталог данных Genome-Wide Association Studies (GWAS catalog – <https://www.ebi.ac.uk/gwas/>), база данных однонуклеотидных полиморфизмов (dbSNP, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/>), ClinVar (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/clinvar>) и 1000 Genomes database (1000G – <https://www.internationalgenome.org/1000-genomes-browsers>).

Сбор данных о загрязнении атмосферного воздуха

С целью изучения возможных взаимодействий между генетическими и экологическими факторами производился мониторинг почасовых ежедневных концентраций трёх загрязнителей воздуха: взвешенных частиц ($\text{PM}_{2.5}$), оксида углерода (CO) и диоксида серы (SO_2). Данные были получены с сайта AQI (<https://www.aqi.in>) с 18 автоматизированных станций наблюдения в городе Алматы. Для каждого участника были добавлены значения по месту жительства, с расчётом среднемесячных концентраций за 7-месячный период. В исследование были включены следующие станции мониторинга: Айнабулак 3, Аль-Фараби, Марков, Дуал 1, Дулат, Ерменсай, Есенова, Карасу 2, КазГУ, КазГУ 2, Муканова, Саина, Сейфуллина-Абай, Тулебаев-Курманга-

зы, ул. Тулебаева, ул. Тулебаева, Туруспекова, Жамакеев, Жана Кайрат.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программного пакета PLINK v1.9. Предварительно выполнялся контроль качества (quality control), включающий фильтрацию SNP по частоте минорного аллеля (MAF < 0.01), уровню отсутствующих данных по индивидуумам и маркерам (call rate < 95 %), а также проверку на соответствие закону Харди – Вайнберга в контрольной группе ($p < 1 \times 10^{-6}$). Анализ частот генотипов и аллелей осуществлялся с применением χ^2 -критерия Пирсона. Статистическая значимость ассоциаций определялась при уровне $p < 0.05$. Относительный риск развития астмы оценивался путём расчёта отношения шансов (odds ratio, OR) с 95 % доверительным интервалом. Для оценки влияния полиморфизмов на риск развития астмы была проведена пошаговая логистическая регрессия. На первом этапе анализировалась ассоциация каждого полиморфизма с заболеванием без учёта внешних факторов. На втором этапе использовались данные о среднем уровне загрязнения воздуха (PM_{2.5}, CO и SO₂) в течение 7 месяцев, индивидуально присвоенные каждому участнику исследования на

основе места жительства и близости к станциям мониторинга.

Результаты и их обсуждение

Характеристики участников исследования в группах случай-контроль

В исследование было включено всего 190 человек: 95 пациентов с астмой (группа случаев) и 95 здоровых (контрольная группа). В таблице 1 представлены характеристики каждой группы и пригодность для анализа. Распределение по полу было схожим между группами ($p = 0.31$): 48.4% женщин в группе с астмой и 55.8% в контрольной. Средний возраст составлял 25.6 ± 17.3 лет у пациентов и 28.1 ± 14.3 лет у здоровых людей ($p = 0.28$), различие не является статистически значимым.

Статус курения также не отличался между группами ($p = 0.975$). Большинство участников обеих групп никогда не курили: 81.7% в группе случаев и 85.8% в контрольной. Активные курильщики составили 10.7% среди пациентов и 9.8% среди контролей. Однако наличие аллергии показало статистически значимое различие ($p < 0.00001$): 91 пациент с астмой (95.8%) сообщал о наличии аллергии, тогда как только 6 человек (6.3%) из контрольной группы отметили то же самое. Это подчёркивает сильную связь между астмой и аллергией в данной выборке.

Таблица 1 – Исходные характеристики лиц, входящих в группу случай-контроль

Характеристики	Общее (N=190)	Основная группа (N=95)	Контрольная группа (N=95)	p
Пол, N (%)				0.31
Женщина	99 (52.1)	46 (48.4)	53 (55.8)	
Мужчина	91 (47.9)	49 (51.6)	42 (44.2)	
Возраст, среднее $\pm$ Станд.откл.	26.8 ± 15.9	25.6 ± 17.3	28.1 ± 14.3	0.28
Курение, N (%)				0.975
Активный курящий		11 (10.7)	12 (9.8)	
Бывший курящий		3 (2.1)	3 (4.3)	
Некурящий		81 (81.7)	80 (85.8)	
Аллергия				<.00001*
Есть		91	6	
Отсутствует		4	89	

*статистически значимая разница

Результаты генотипирования

Проведено широкогеномное генотипирование для всех 190 образцов на платформе iScan™ System с использованием биочипов Infinium Global Screening Array-24 v3.0 Kit. Общая частота вызовов генотипирования была выше 98%, что указывает на высокое качество и надежность данных. Образцы с низкой интенсивностью сигнала были повторно обработаны, и все прошли окончательные пороги контроля качества. Кластеризация генотипов и вызов аллелей выполнялись с использованием программного обеспечения GenomeStudio. В контрольной группе не было обнаружено значительных отклонений от равновесия Харди-Вайнберга ($p > 0.05$), что подтверждает достоверность данных. Из 654027 полиморфизмов в чипе для исследования были отобраны 88 SNP по GWAS-исследованиям ассоциированных с БА и подходили для анализа ассоциации.

Анализ концентрации загрязняющих веществ в воздухе

На Рисунке 1 показано распределение людей по различным уровням концентрации загрязнителей воздуха, в частности, угарного газа (CO), твердых частиц (PM_{2.5}) и диоксида серы (SO₂), в зависимости от района проживания. Самый высокий диапазон воздействия наблюдался для CO, причем большинство людей про-

живали в районах, где концентрация превышала 900 мкг/м³. Межквартильный диапазон был широким, что указывает на то, что большая часть участников подвергалась воздействию относительно высоких уровней CO, в то время как некоторые отклонения были обнаружены в районах с гораздо более низкими концентрациями, от почти нулевых до примерно 300 мкг/м³. Это говорит о значительных различиях в воздействии CO среди исследуемого населения.

Для PM_{2.5} уровни концентрации были значительно ниже, чем для CO. Большинство людей подвергались воздействию PM_{2.5} в диапазоне от 25 до 75 мкг/м³. Граница для PM_{2.5} более узкая, что указывает на меньшую вариативность уровней воздействия среди участников исследования. Присутствовало небольшое количество выбросов, но в целом концентрации PM_{2.5} были относительно стабильными и постоянными для всей группы населения, участвовавшей в исследовании.

Концентрация SO₂ была самой низкой среди трех измеренных загрязнителей. Данные показали, что большинство людей живут в районах с минимальным воздействием диоксида серы, а концентрация сосредоточена в очень низком диапазоне. Было выявлено несколько выбросов, указывающих на то, что небольшая часть участников проживала в районах с несколько повышенным уровнем SO₂ по сравнению с остальными.

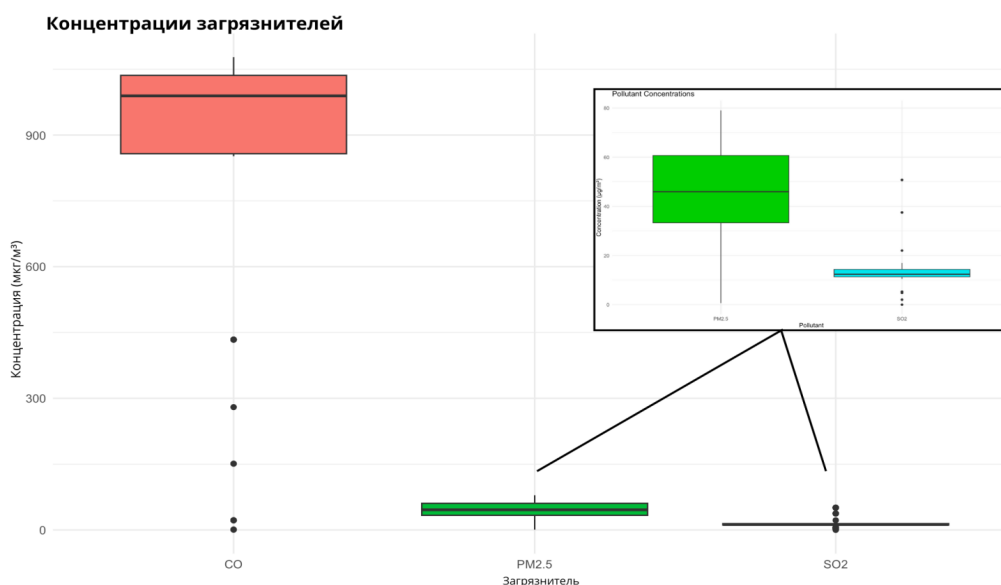


Рисунок 1 – Распределение средних концентраций воздействия загрязняющих веществ в группах

Рисунок 2 показывает анализ средних уровней загрязняющих веществ, измеренных на каждой станции, и демонстрирует заметную пространственную изменчивость концентраций трех загрязнителей. Среди них уровни CO были наиболее стабильно повышенными почти на всех станциях. Особенно высокие концентрации наблюдались на станциях, расположенных в центральных районах и зонах с интенсивным

движением, таких как «Жамакаев», «Тулебаева» и «Тулебаев/Курмангазы», на каждой из которых средние значения CO превышали 850 мкг/м^3 . Эти повышенные показатели, вероятно, отражают интенсивное движение автотранспорта и плотную городскую инфраструктуру, которые обычно встречаются в этих районах и которые, как известно, способствуют увеличению выбросов CO.

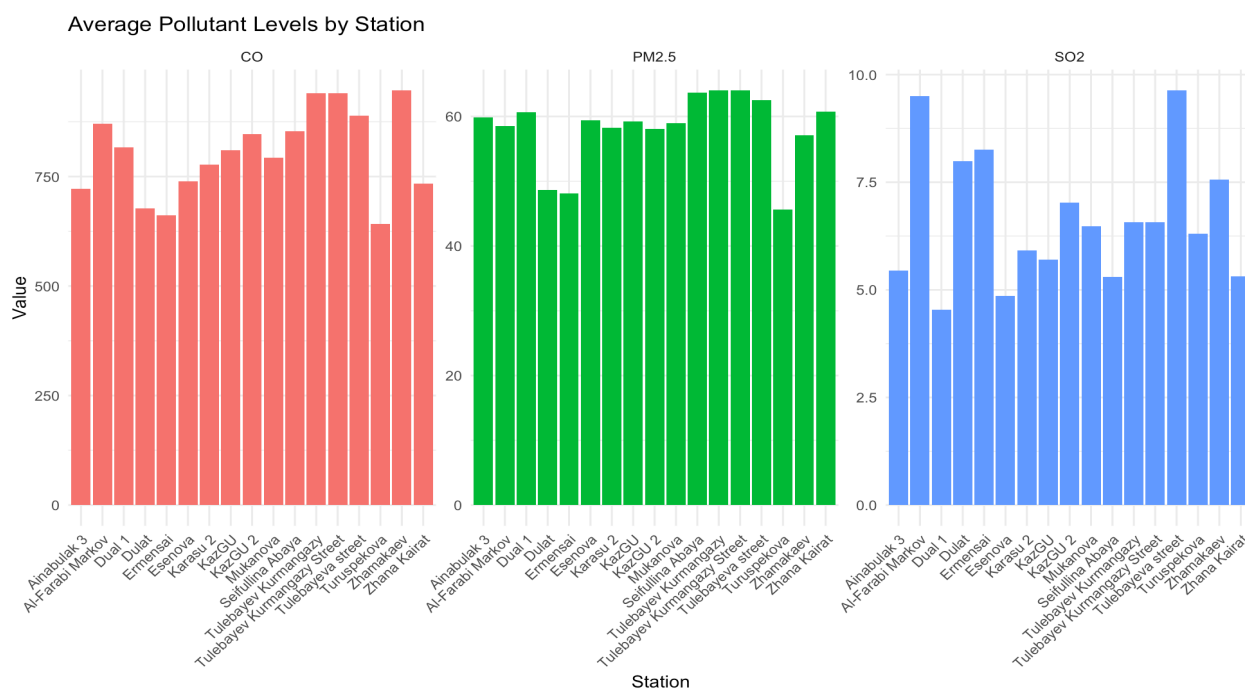


Рисунок 2 – Средние уровни загрязняющих веществ по станциям

Напротив, на таких станциях, как «Турспекова», «Ерменсай» и «Дулат», концентрация CO была сравнительно ниже, обычно около 700 мкг/м^3 или меньше. Эти станции, вероятно, расположены в менее загруженных частях города или в районах с лучшей вентиляцией и меньшим количеством источников выбросов. Наблюдаемая картина пространственного распределения указывает на прямую связь между интенсивностью движения, плотностью населения и накоплением CO в окружающей среде.

В таблице 2 представлены среднемесячные концентрации CO, которые варьировались от $467.8 \pm 16.3 \text{ мкг/м}^3$ в апреле до $969.2 \pm 22.7 \text{ мкг/м}^3$ в январе. Самое высокое среднее значение на-

блюдалось в январе, а самое низкое – в апреле. В целом, уровень CO был выше в зимние месяцы и снижался ближе к весне. В то время как в случае $PM_{2.5}$ среднее значение варьировалось по месяцам с самым высоким уровнем в январе ($100.1 \pm 9.4 \text{ мкг/м}^3$) и самым низким в апреле ($49.5 \pm 6.3 \text{ мкг/м}^3$). Постепенное увеличение наблюдалось с октября по январь, а затем снижение с февраля по апрель. Наконец, концентрация SO_2 также изменялась во времени. Самое высокое среднее значение было в январе ($22.3 \pm 20 \text{ мкг/м}^3$), а самое низкое – в апреле ($10.2 \pm 1.9 \text{ мкг/м}^3$). Как и в случае с CO и $PM_{2.5}$, уровень SO_2 достигал максимума в холодные месяцы.

Таблица 2 – Среднемесячные концентрации CO, PM_{2.5}, SO₂

Месяц	CO		PM _{2.5}		SO ₂	
	Среднее	Ст.откл	Среднее	Ст.откл	Среднее	Ст.откл
Октябрь	617.9	28.9	49.5	13.5	4.9	2.0
Ноябрь	618.4	30.2	56.0	7.4	6.3	1.7
Декабрь	941.1	32.6	93.5	6.5	10.6	1.9
Январь	967.6	45.8	99.5	8.7	11.7	2.2
Февраль	689.9	36.0	71.4	12.0	8.5	1.6
Март	658.0	28.2	35.7	11.6	4.6	1.4
Апрель	579.4	35.2	27.0	10.0	5.2	2.8

Патогенные механизмы действия частиц PM_{2.5} и меньше различаются по нескольким параметрам. Крупные частицы (PM_{2.5-10} мкм) активируют нейтрофилы и эозинофилы, что приводит к повышению уровня провоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин (IL)-8, IL-1 β , гранулоцит-макрофагальный колониестимулирующий фактор (GM-CSF) и фактор некроза опухоли-альфа (TNF- α). Они также вызывают опосредованный антигенпредставляющими клетками воспалительный ответ, снижая экспрессию рецепторов врожденного иммунитета CD11b/комплементарного рецептора 3 (CR3), CD64/Fc γ RI и антигенпредставляющих рецепторов, таких как CD40 и CD86/B7-2, и одновременно повышая экспрессию воспалительного рецептора CD16/Fc γ RIII и низкоаффинного IgE-рецептора CD23 в макрофагах. Эти изменения наблюдались у больных астмой, подвергавшихся воздействию PM_{2.5-10}. Кроме того, PM_{2.5-10} индуцирует Т-хелперы (Th)2- и Th17-опосредованный иммунный ответ, подавляя экспрессию IL-12 и интерферона-гамма (IFN- γ) и увеличивая секрецию IL-10 в антиген-специфических Т-клетках [Alexis, 2014:226].

Мелкие частицы (PM_{2.5}) способны проникать в альвеолы через воздушный поток, нарушая баланс Т-хелперных клеток путем повышения уровня TNF- α и Th2-ассоциированных цитокинов IL-4 и IL-10 при снижении уровня Th1-цитокинов, таких как IFN- γ , что приводит к дисбалансу в соотношении Th1/Th2. PM_{2.5} также значительно повышают экспрессию IL-13 и IL-17. Кроме того, они вызывают окислительный стресс, повышая экспрессию каталитической субъединицы глутамат-цистеиновой лигазы (GCLC), гемоксигеназы-1 (HO-1) и NAD(P)H:хинон-оксидоредуктазы 1 (NQO-1) в эпителии легких, что приводит к апоптозу и аутофагии

через активацию маркеров аутофагии LC3A/B и каспаз-3, -8, и -9, а также В-клеточной лимфомы 2 (BCL2) [Alexis, 2014:227].

Оксид углерода (CO) и диоксид серы (SO₂) в окружающей среде вызывают заметные ассоциации с последствиями астмы. Согласно исследованию, проведенному Cheng et al., увеличение концентрации CO на 1 мг/м³ связано с повышением относительного риска неотложных посещений и госпитализаций на 4,5% (ОШ 1,045; 95% ДИ: 1,029-1,061) [Orellano, 2017]. В другом аналогичном исследовании наблюдалось отношение шансов (ОШ) 1,045 на 1 промилле увеличения содержания CO [Yu, 2000:1209], а в исследовании, проведенном в Китае, отмечено 30-процентное увеличение вероятности ежедневных симптомов астмы у детей после увеличения содержания CO на 1 промилле [Schildcrout, 2006:510]. Другие исследования сообщают о сопоставимых размерах эффекта для педиатрических популяций [Clark 2010:280, Chen 2019].

В отношении SO₂ в исследовании отмечается, что при увеличении концентрации на интерквартильный размах в 13 мкг/м³ были зафиксированы отношения шансов 1.126 и 1.188 с задержкой в 2 и 3 дня соответственно. [Chen 2019]. Многочисленные исследования указывают на более сильные ассоциации у детей, иногда с различиями в подгруппах, например, более сильное воздействие CO на мальчиков и более сильное воздействие SO₂ на девочек, а анализы, контролирующие несколько загрязняющих веществ, показывают, что и CO, и SO₂ независимо связаны с повышенной восприимчивостью к астме [Byrwa-Hill, 2021:228].

У взрослых, но не у детей, существует связь между воздействием CO и обострениями астмы [Paruchuri, 2009:2548], однако этот загрязнитель не всегда анализируется, поэтому его роль в раз-

витии заболевания может быть недооценена. Загрязнение воздуха обычно измеряется с помощью стационарных станций, поэтому оно не отражает индивидуальное воздействие этих загрязнителей. Кроме того, бронхиальная астма во многих случаях остаётся невыявленной, что затрудняет установление достоверной связи между загрязнением воздуха и развитием заболевания.

Анализ ассоциации полиморфизмов с БА

С учетом данных опытной (case) и контрольной (control) групп проведен анализ ассоциаций выявленных аллельных вариантов и генотипов с

бронхиальной астмой. Среди проанализированных вариантов несколько полиморфизмов показали сильные ассоциации с риском развития бронхиальной астмы. В частности, rs3117098 (в гене *TSBP-ASI*) продемонстрировал протективный эффект с ОШ 0.39 ($p < 0.001$) (см. табл. 3), что свидетельствует о потенциально значимой роли в предрасположенности к астме. Аналогично, rs1837253 (*TSLP*: ОШ=0.57, $p=0.021$), rs907092 (*IKZF3*: ОШ=0.57, $p=0.021$) и rs4794820 (*LRRC3C*: ОШ=0.63, $p=0.029$) были связаны со снижением риска, что указывает на потенциальное участие в путях, модулирующих иммунные реакции.

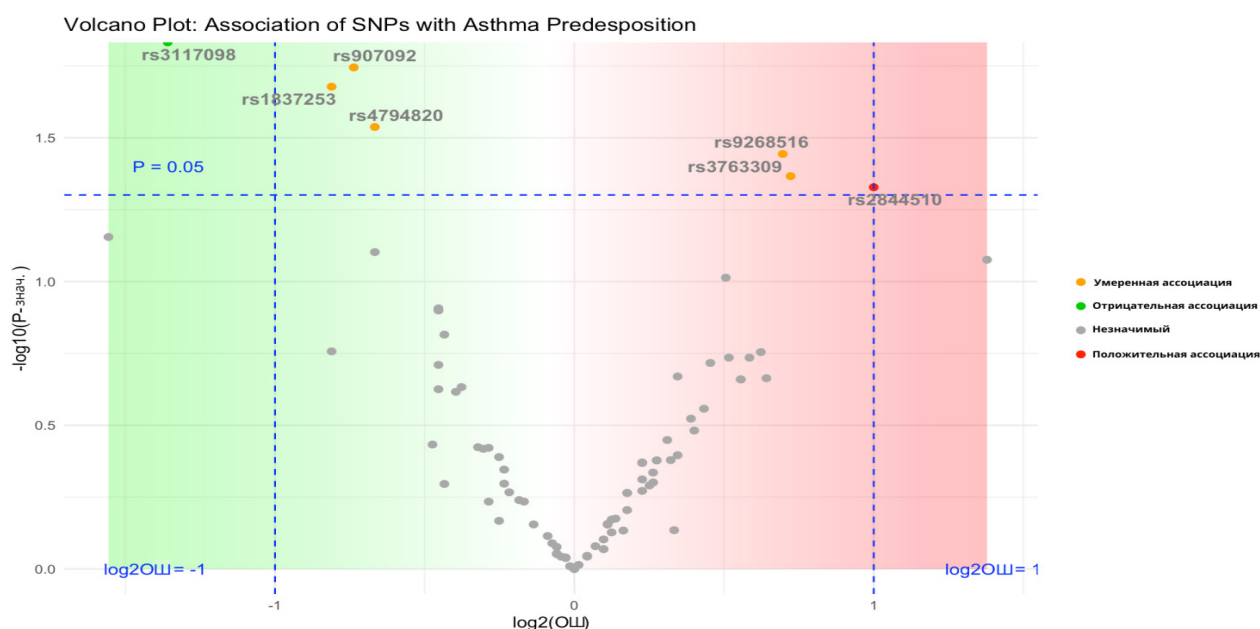


Рисунок 4 – Ассоциации полиморфизмов с предрасположенностью к астме

Другие полиморфизмы такие как rs9268516 и rs3763309 в регионе гена *HLA-DRA* показали ассоциацию с риском на БА (ОШ=1.62, $p=0.036$ и ОШ=1.65, $p=0.043$). Наиболее высокая ассоциация была выявлена для rs2844510 (*LINC01149*: ОШ=2.00, $p=0.047$).

В то время как наши результаты определяют rs3117098 как проявляющий протективный эффект, он показал значительную ассоциацию с предрасположенностью к астме в китайской популяции чжуан (ОШ: 2.135, 95% ДИ: 1.239-3.679, $P=0.006$) [Liang, 2023:4].

Следующий полиморфизм rs907092, также продемонстрировал защитный эффект. В

аналогичных исследованиях, единственным локусом, достигшим значимой ассоциации с бронхиальной астмой на уровне всего генома при анализе 2144 случаев и 2893 контролей, оказался локус на хромосоме 17q21, что подтверждается и у нас SNP rs907092 (ОШ = 0.71; $P = 1.2 \times 10^{-12}$) в гене *IKZF3*. Предполагается, что rs907092 может регулировать экспрессию генов в локусе *IKZF3-ZBP2-GSDMB-ORMDL3* [Yan, 2017:7]. В то же время другие исследования, проведенные в Китае на детях, не выявили значимых различий в распределении генотипов между пациентами и контрольной группой [Chen, 2017:433].

rs1837253 показал протективный эффект против развития астмы в Азии ОШ=0.98; 95% ДИ: 0.330-2.909; $P=0.011$, о чем свидетельствуют и наши данные [Shrestha, 2024:4687]. Они показали повышенный уровень lftSLP у лиц, несущих аллель риска С. У лиц, не имеющих копий аллеля Т или имеющих генотип риска, экспрессия lftSLP была значительно выше, чем у лиц с одной или двумя копиями аллеля Т. Кроме того, экспрессия белка TSLP была снижена у здоровых людей по сравнению с астматиками. Аллель rs1837253 Т может оказывать защитное действие против астмы за счет дифференциального связывания и регуляции экспрессии lftSLP и снижения аллергической воспалительной реакции.

Генотип rs4794820 GG и генотип rs7216389 TT гена ORMDL3 были факторами риска для детей с астмой (ОШ=2.036, 95% ДИ 1.104-3.754, $\chi^2=5.258$, $P=0.022$; ОШ=2.274, 95% ДИ 1.221-4.236, $\chi^2=6.841$, $P=0.009$), в то время как полученные результаты утверждают об обратном эффекте [Li, 2023:456].

Ассоциации варианта rs9268516 в регионе HLA были идентифицированы и надежно воспроизведены в шести популяционных когортах европейского происхождения [Ramasamy, 2012].

Этот эффект также наблюдается в настоящем исследовании (ОШ=1.62, $p=0.036$).

Вариант rs3763309 был связан с риском астмы, показывая ОШ 1.13 [ДИ]: 1.10-1.17) и высокозначимое значение $p=1,1 \times 10^{-18}$ в метаанализе исследований ассоциаций по всему геному, охватывающих 23948 случаев и 118538 контрольных лиц из этнически разнообразных популяций по всему миру. Аналогичный эффект наблюдается и в данном исследовании, что соответствует результатам многих других работ, указывая на возможное отсутствие различий между этническими группами [Demenais, 2017:48].

Анализ взаимодействия $PM_{2.5}$, CO и SO_2 и полиморфизмов связанных с БА

Рисунок 5 показывает анализ взаимодействия $PM_{2.5}$ -SNP, некоторая значимость наблюдалась для полиморфизмов, находящихся в генах некодирующей области (TSBP1-AS1), кодирующего гена (RUNX3) и в комплексе HLA (HLA-DRA). Тем не менее, значения отношения шансов для этих связей не могут служить убедительным доказательством взаимодействия гена астмы и окружающей среды. Подобных результатов для наблюдений не обнаружено.

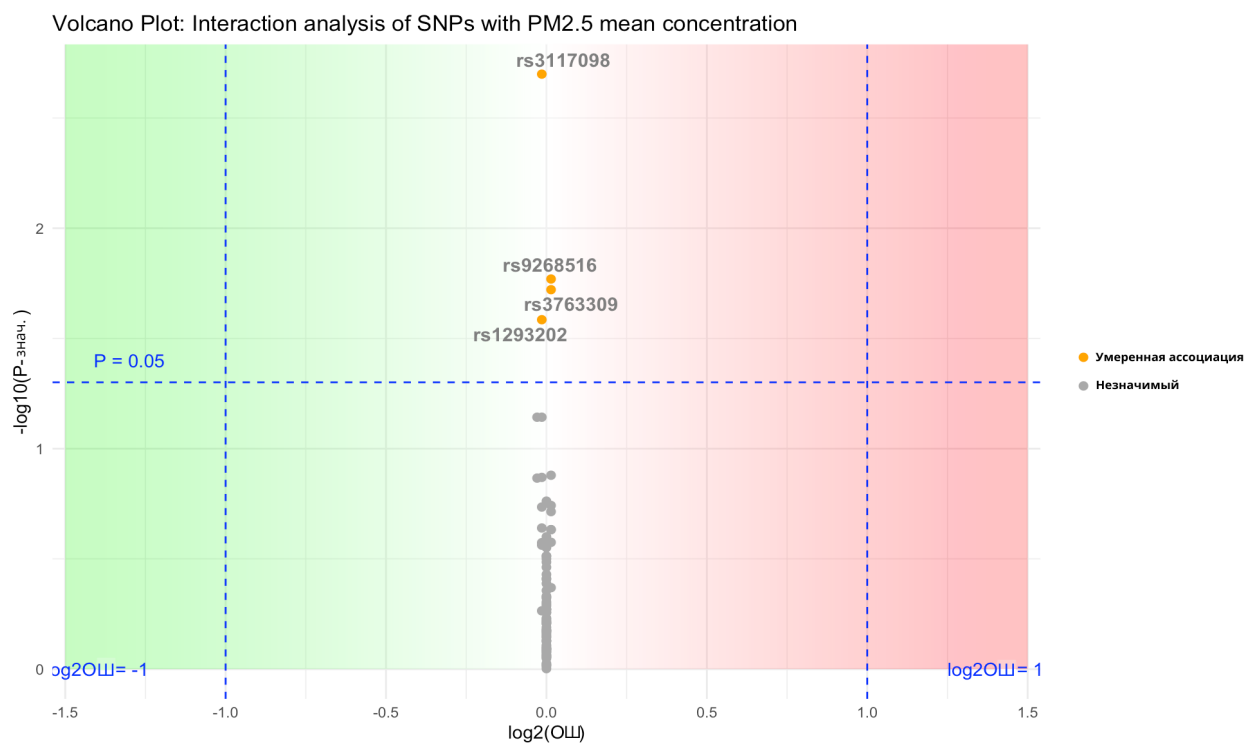


Рисунок 5 – Анализ взаимодействия SNPs со средней концентрацией $PM_{2.5}$

Результаты анализа взаимодействия CO-SNP, представленные на рисунке 6, выявили несколько значимых полиморфизмов, которые представляют риск. Среди полиморфизмов rs3763309 и rs9268516 в регионе гена *HLA-DRA* комплекса антигенов лейкоцитов человека (ОШ=1.01, $p=0.019$ и ОШ=1.01, $p=0.017$) и rs3117098 (*TSBP-ASI*: ОШ=0.99, $p=0.002$) и rs1293202 (*RUNX3*: ОШ=0.99, $p=0.026$) не показали значимую ассоциацию в комплексе с концентрацией моно-

оксида углерода (табл. 3). Несмотря на то, что средняя концентрация CO ниже рекомендуемой суточной экспозиции по стандартам ВОЗ 2024 года, он все же может выступать в качестве одного из основных триггерных загрязнителей среди прочих. Согласно исследованию Canova et al., неблагоприятное воздействие на функционирование легких происходило при уровнях содержания CO и SO_2 ниже действующих европейских стандартов [Canova, 2010:271].

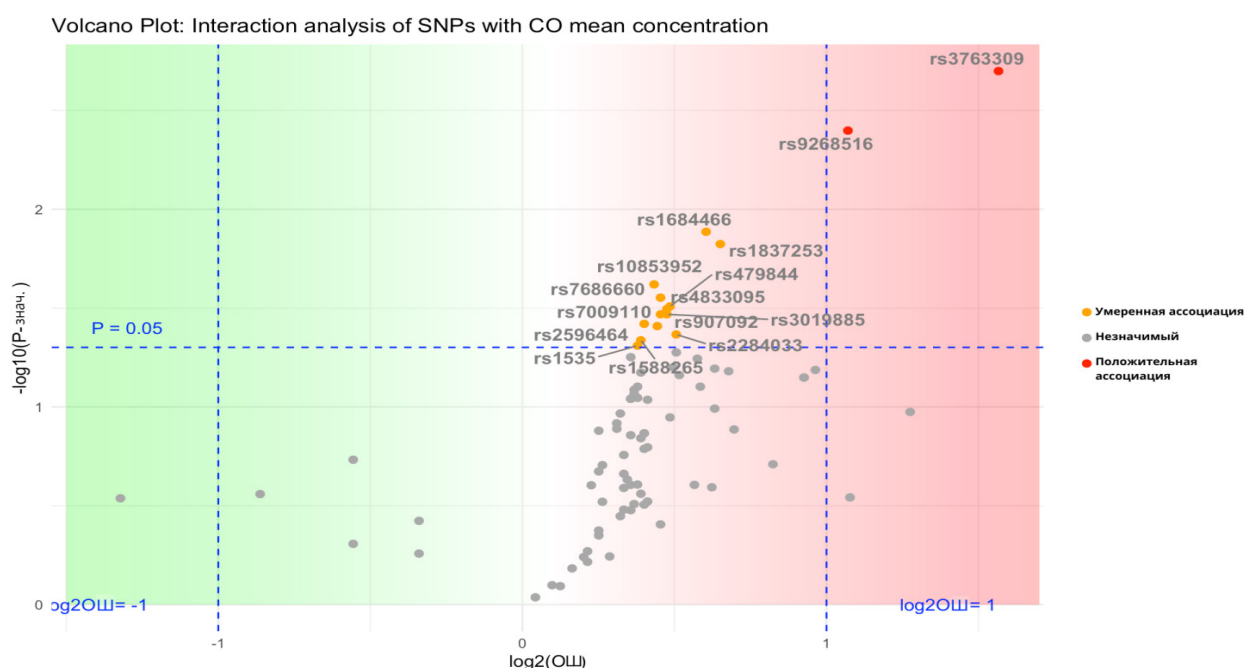


Рисунок 6 – Анализ взаимодействия полиморфизмов со средней концентрацией CO

CO может действовать как нейромедиатор в хеморецепции сонного тела и в парасимпатических ганглиях дыхательных путей человека и морской свинки. Таким образом, существует вероятность того, что CO может модулировать гиперреактивность дыхательных путей посредством воздействия на дыхательные нейроны и непосредственно через влияние на гладкую мускулатуру дыхательных путей. Один из механизмов, с помощью которого CO может регулировать сократимость гладкой мускулатуры дыхательных путей, заключается в его влиянии на cGMP. Исследования, проведенные на морских свинках, показали связь между бронходилатацией, нейротрансмиссией и высвобождением CO гладкой мускулатурой дыхательных путей. Сообщалось, что действие пептидов, активирующих аденилатциклазу, которые вызывают бронходилатацию у морских свинок, проис-

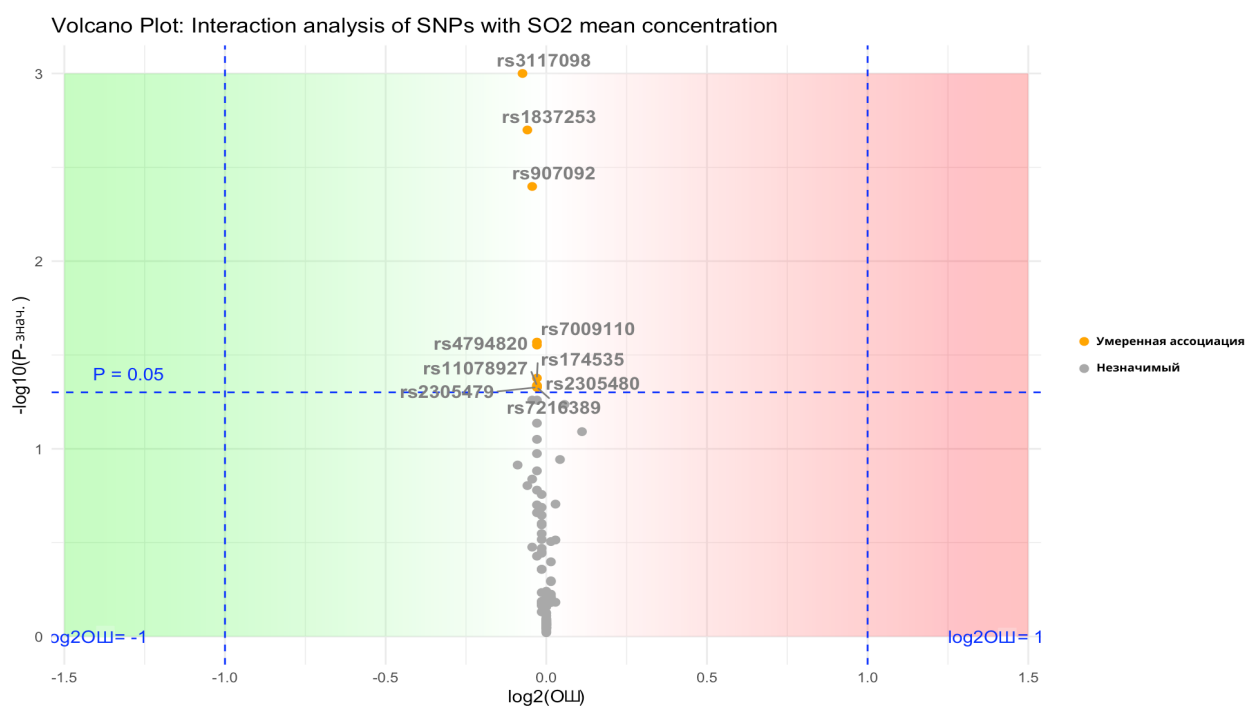
ходит через механизм с участием CO [Ameredes, 2003:1274].

CO не просто инертный газ; на клеточном уровне он взаимодействует с гемосодержащими белками и влияет на иммунную регуляцию, окислительный стресс и воспаление. Он может модулировать такие пути, как NF- κ B, MAPK и STAT, которые, как известно, влияют на выработку цитокинов и иммунную сигнализацию. CO может запускать иммунную презентацию опосредованно, влияя на цитокиновую среду, окислительный статус или сигналы клеточного стресса, которые, в свою очередь, регулируют экспрессию HLA или других генов [Liu, 2002:399].

Несколько полиморфизмов (rs3117098, rs1837253, rs907092, rs7009110, rs4794820, rs174535) показали взаимодействие с воздействием SO_2 , но, как и в случае с $PM_{2.5}$, наблюдаемые ОШ были близки к 1.00 (рис. 7).

Таблица 3 – ОШ и р-значения значимых полиморфизмов, связанных с риском астмы при взаимодействии с СО

Полиморфизм	Ген	Отношение шансов (ОШ)	Р-значение
rs3763309	<i>HLA-DRA</i>	2.96	0.002
rs9268516	<i>HLA-DRA</i>	2.10	0.004
rs1684466	<i>LINC01063</i>	1.52	0.013
rs1837253	<i>TSLP</i>	1.57	0.015
rs10853952	<i>SBNO2</i>	1.35	0.024
rs7686660	<i>USP38-DT</i>	1.37	0.028
rs479844	<i>AP5B1, OVOL1</i>	1.40	0.031
rs4833095	<i>TLR1</i>	1.39	0.032
rs7009110	<i>RNU6-1213P, RPL13AP18</i>	1.37	0.034
rs3019885	<i>SLC30A8</i>	1.39	0.034
rs2596464	<i>LINC01149</i>	1.32	0.038
rs907092	<i>IKZF3</i>	1.36	0.039
rs2284033	<i>IL2RB</i>	1.42	0.043

**Рисунок 7** – Анализ взаимодействия полиморфизмов со средней концентрацией SO₂

Не существует опубликованных исследований, которые непосредственно оценивали бы взаимодействие генов и окружающей среды с участием тестируемых полиморфизмов и других в контексте воздействия загрязнения воздуха. В отношении диоксида серы в исследовании отмечается, что каждое увеличение

на 10 мкг/м³ связано с относительным риском 1.011 (95% ДИ: 1.007-1.015) для событий, связанных с астмой [Schildcrout, 2006:512]. В сценарии острого воздействия Вугва-Hill et al. сообщает о соотношении рисков 1.76 после 25-кратного увеличения содержания SO₂ [Yu, 2000:1210].

Заключение

Наиболее выраженная защитная ассоциация была обнаружена для rs3117098 в гене TSBP-AS1 (ОШ=0.39, p=0.000), за которым следуют rs1837253 (*TSLP*, ОШ=0.57, p=0.021), rs907092 (*IKZF3*, ОШ=0.60, p=0.018) и rs4794820 (*LRRC3C*, ОШ=0.63, p=0.029). В противоположность этому, rs2844510 (*LINC01149*) показал наибольшую ассоциацию с риском (ОШ=2.00, p=0.047), наряду с rs9268516 и rs3763309 (оба в *HLA-DRA*, *TSBP1-AS1*, ОШ = 1.62 и 1.65 соответственно).

Анализ взаимодействия ген-среда выявил, что воздействие СО значительно усиливало риск, связанный с вариантами в *HLA-DRA/TSBP1-AS1*. Наиболее выраженные сигналы взаимодействия наблюдались для полиморфизмов в гене *HLA-DRA*, rs3763309 (ОШ=2.96, p=0.002) и rs9268516 (ОШ=2.10, p=0.004). Другие взаимодействия с СО были отмечены для SNP в генах *LINC01063*, *TSLP*, *SBNO2*, *USP38-DT*, *AP5B1*, *OVOL1*, *TLR1*, *RNU6-1213P*, *RPL13AP18*, *SLC30A8*, *LINC01149*, *IKZF3*, *IL2RB* и с ОШ в диапазоне от 1.35 до 1.57.

Хотя некоторые SNP продемонстрировали статистически значимые взаимодействия с PM_{2.5} и SO₂ (например, rs3117098, rs9268516,

rs1837253), их значения отношения шансов были близки к 1.00 (в диапазоне от 0.95 до 1.01), что указывает на минимальный или отсутствующий реальный эффект, несмотря на статистическую значимость.

Данная работа помогает выявить генетические маркеры, связанные с бронхиальной астмой, что может улучшить раннюю диагностику и прогноз риска. Совмещение генетических данных с экологическими факторами, такими как загрязнение воздуха, позволяет лучше понять, кто находится в группе риска и почему. Полученные результаты могут способствовать разработке целевых стратегий профилактики и формированию эффективной политики в области общественного здравоохранения для снижения заболеваемости астмой среди уязвимых групп населения.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках грантового проекта AP23488865.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Thomsen S.F. (2015). Genetics of asthma: an introduction for the clinician. *Eur Clin Respir J*. 2 (1).
2. McCarty J.C., Ferguson B.J. (2014). Identifying asthma triggers. *Otolaryngol Clin North Am.*;47(1) – P.109-18.
3. Dai X, Dharmage SC, Lodge CJ. (2022). The relationship of early-life household air pollution with childhood asthma and lung function. // *European Respiratory Review*, **31**, 220020.
4. Syssoev, Dmitriy & Mussina, Kamilla & Poddighe, Dimitri & Gaipov, Abduzhappar & Galiyeva, Dinara. (2025). All-cause hospital admissions and incidence of asthma in children in Kazakhstan: a population-based retrospective cohort study. *Scientific Reports*. 15.
5. Kerimray A., Assanov D., Kenessov B., Karaca F. (2020). Trends and health impacts of major urban air pollutants in Kazakhstan. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 70 – P. 1148–1164.
6. Temirbekov N, Temirbekova M, Tamabay D, Kasenov S, Askarov S, Tukenova Z. (2023) Assessment of the Negative Impact of Urban Air Pollution on Population Health Using Machine Learning Method. *Int J Environ Res Public Health*. 20(18)–P.6770
7. Kerimray, A., Azbanbayev, E., Kenessov, B. et al. Spatiotemporal Variations and Contributing Factors of Air Pollutants in Almaty, Kazakhstan. *Aerosol Air Qual. Res.* 20 – P. 1340–1352 (2020).
8. Liu Y., Wang H.D., Yu Z.X., Hua S.C., Zhou L.T., Peng L.P. (2018). Influence of air pollution on hospital admissions in adult asthma in northeast China // *Chin. Med. J.* 131 – P. 1030-1033.
9. Nugmanova, D., Sokolova, L., Feshchenko, Y., Iashyna, L., Gyrina, O., Malynovska, K., Mustafayev, I., Aliyeva, G., Makarova, J., Vasylyev, A., & Tariq, L. (2018). The prevalence, burden and risk factors associated with bronchial asthma in commonwealth of independent states countries (Ukraine, Kazakhstan and Azerbaijan): results of the CORE study. *BMC pulmonary medicine*, 18(1), 110.
10. Aalapati S., Ganapathy S., Manapuram S., Anumolu G., Prakya B.M. (2014). Toxicity and bio-accumulation of inhaled cerium oxide nanoparticles in CD1 mice // *Nanotoxicology*. 8 – P. 786-798
11. Cohen A.J., Brauer M., Burnett R., Anderson H.R., Frostad J., Estep K., et al. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study // *Lancet* 389(10082). – P. 1907– 1918.
12. Liu, M. B., Ibragimova, N. A., & Adambekov, D. A. (2019). Otsenka zabolevaemosti naseleniya g. Almaty legochnymi boleznyami v kontekste s zagryazneniem atmosfernogo vozdukh [Assessment of respiratory disease incidence among the population of Almaty in the context of air pollution]. *Nauka i Zdravookhranenie [Science & Healthcare]*, (4), – P. 90–99.

13. Alexis N.E., Huang Y.C., Rappold A.G., Kehrl H., Devlin R., Peden D.B. (2014). Patients with asthma demonstrate airway inflammation after exposure to concentrated ambient particulate matter // *Am J. Respir. Crit. Care Med.* 190. – P. 223-235
14. Orellano P, Quaranta N, Reynoso J, Balbi B, Vasquez J (2017) Effect of outdoor air pollution on asthma exacerbations in children and adults: Systematic review and multilevel meta-analysis. *PLoS ONE* 12(3): e0174050.
15. Yu O, Sheppard L, Lumley T, Koenig JQ, Shapiro GG. (2000). Effects of ambient air pollution on symptoms of asthma in Seattle-area children enrolled in the CAMP study. *Environ Health Perspect*;108(12) – P.1209-14.
16. Schildcrout JS, Sheppard L, Lumley T, Slaughter JC, Koenig JQ, Shapiro GG. (2006). Ambient air pollution and asthma exacerbations in children: an eight-city analysis. *Am J Epidemiol.* 164(6) – P. 505-17.
17. Clark NA, Demers PA, Karr CJ, Koehoorn M, Lencar C, Tamburic L, Brauer M. (2010). Effect of early life exposure to air pollution on development of childhood asthma // *Environ Health Perspect.* 118(2) – P. 284-90.
18. Chen J, Jiang X, Shi C, Liu R, Lu R, Zhang L. (2019). Association between gaseous pollutants and emergency ambulance dispatches for asthma in Chengdu, China: a time-stratified case-crossover study. *Environ Health Prev Med.* 18;24(1) – P.20.
19. Byrwa-Hill BM, Presto AA, Wenzel S, Fabisiak JP. (2021) Impact of a pollution breach at a coke oven factory on asthma control in nearby vulnerable adults. *J Allergy Clin Immunol.*;148(1):225-233.
20. Paruchuri, S.; Tashimo, H.; Feng, C.; Maekawa, A.; Xing, W.; Jiang, Y.; Kanaoka, Y.; Conley, P.; Boyce, J.A. (2009) Leukotriene E4-induced pulmonary inflammation is mediated by the P2Y12 receptor. *J. Exp. Med.*; 206, – P. 2543-2555.
21. Liang, S.-Q., Deng, J.-M., Wei, X., Chen, Z.-R., Yang, M.-L., Qin, H.-J., & Qin, Z.-M. (2023). Association of GWAS-supported noncoding area loci rs404860, rs3117098, and rs775228 with asthma in Chinese Zhuang population. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 37(6), e23066.
22. Yan Q, Brehm J, Pino-Yanes M, Forno E, Lin J, Oh SS, Acosta-Perez E, Laurie CC, Cloutier MM, Raby BA, Stilp AM, Sofer T, Hu D, Huntsman S, Eng CS, Conomos MP, Rastogi D, Rice K, Canino G, Chen W, Barr RG, Burchard EG, Celedón JC. (2017) A meta-analysis of genome-wide association studies of asthma in Puerto Ricans. *Eur Respir J.* ;49(5):1601505.
23. Chen, Y., Zhang, X., Li, Y., Wang, L., Liu, H., & Zhao, J. (2017). Polymorphisms of TGFB1, TLE4 and MUC22 are associated with childhood asthma in Chinese population. *Allergologia et Immunopathologia*, 45(5) – P. 433–440.
24. Shrestha AB, Pokharel P, Singh H, Shrestha S, Shrestha S, Sedhai YR. (2024) Association between bronchial asthma and TSLP gene polymorphism: a systematic review and meta-analysis. *Ann Med Surg (Lond).* 86(8) – P.4684-4694.
25. Sui X., Bi Y., Gu Y., et al. (2108) Correlation between serum mucin 1-like protein 3 gene mononucleotide polymorphism and childhood mycoplasma pneumoniae infection-related asthma [J]. *Chinese Clinical Medicine*, 25(3) – P. 378-382.
26. Ramasamy, A., Kuokkanen, M., Vedantam, S., Gajdos, Z. K., Couto Alves, A., Lyon, H. N., Ferreira, M. A. R., Strachan, D. P., Zhao, J. H., Abramson, M. J., Brown, M. A., Coin, L., Dharmage, S. C., Duffy, D. L., Haahtela, T., Heath, A. C., Janson, C., Kähönen, M., Khaw, K. T., ... Hirschhorn, J. N. (2012). Genome-Wide Association Studies of Asthma in Population-Based Cohorts Confirm Known and Suggested Loci and Identify an Additional Association near HLA. *PLoS ONE*, 7(9), Article e44008.
27. Demenais F, Margaritte-Jeannin P, Barnes KC, et al., (2017). Multiethnic association study identifies new asthma risk loci that colocalize with immune-cell enhancer marks. *Nat Genet.* 2018 Jan;50(1): – P. 42-53.
28. Canova, C., Torresan, S., Simonato, L., Scapellato, M. L., Tessari, R., Visentin, A., Lotti, M., & Maestrelli, P. (2010). Carbon monoxide pollution is associated with decreased lung function in asthmatic adults. *The European respiratory journal*, 35(2), – P. 266–272.
29. Ameredes, B. T., Otterbein, L. E., Kohut, L. K., Gligonic, A. L., Calhoun, W. J., & Choi, A. M. K. (2003). Low-dose carbon monoxide reduces airway hyperresponsiveness in mice. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 285: – P. 1270–1276.
30. Liu X.M., Chapman G.B., Peyton K.J. et al. (2002). Carbon monoxide inhibits apoptosis in vascular smooth muscle cells // *Cardiovasc Res.*– Vol. 55.– P. 396 – 405.

Информация об авторах:

Абдуллаева Мадина Сарсенгалықызы – магистр, старший лаборант лаборатории популяционной генетики Института генетики и физиологии (Алматы, Казахстан, e-mail: madessin@yandex.kz);

Касымбекова Айгерим Муратбековна – магистр, старший лаборант лаборатории популяционной генетики Института генетики и физиологии (Алматы, Казахстан, e-mail: kassymbekova01@gmail.com);

Лебедева Лина Павловна – научный сотрудник лаборатории популяционной генетики Института генетики и физиологии (Алматы, Казахстан, e-mail: lebedevaleena@gmail.com);

Ергали Канагат – младший научный сотрудник лаборатории популяционной генетики Института генетики и физиологии (Алматы, Казахстан, e-mail: ergali.0394@mail.ru);

Мурсалина Ляззат Зенураиновна – PhD, старший научный сотрудник лаборатории популяционной генетики Института генетики и физиологии (Алматы, Казахстан, e-mail: mursalinal@gmail.com);

Гаршин Александр Андреевич – PhD, научный сотрудник лаборатории популяционной генетики Института генетики и физиологии (Алматы, Казахстан, e-mail: garshin1511@gmail.com);

Джансугурова Лейла Булатовна – к. б. н., профессор, руководитель центра «Палеогенетики и этногеномики» Института генетики и физиологии (Алматы, Казахстан, e-mail: leylad@mail.ru);

Артысалиева Данаара Нурлановна – врач высшей категории медицинского центра «Аллерго Клиник», директор центра (Алматы, Казахстан, e-mail: artidanara@mail.ru);

Алтынова Назым Калихановна (корреспондентный автор) – PhD, зав. лабораторией популяционной генетики Института генетики и физиологии (Алматы, Казахстан, e-mail: naz10.79@mail.ru).

Авторлар туралы мәлімет:

Мадина Сәрсенғалиқызы Абдуллаева – ғылым магистрі, Генетика және физиология институтының популяциялық генетика зертханасының аға зертханашысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: madessin@yandex.kz)

Айгерим Мұратбекқызы Қасымбекова – ғылым магистрі, Генетика және физиология институтының популяциялық генетика зертханасының аға зертханашысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: kassymbekova01@gmail.com)

Лина Павловна Лебедева – Генетика және физиология институтының популяциялық генетика зертханасының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: lebedevaleena@gmail.com)

Ергали Қанагат – Генетика және физиология институтының популяциялық генетика зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: ergali.0394@mail.ru)

Мусралина Ләззат Зенураинқызы – PhD, Генетика және физиология институтының популяциялық генетика зертханасының аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: musralinal@gmail.com)

Гаршин Александр Андреевич – PhD, Генетика және физиология институтының популяциялық генетика зертханасының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: garshin1511@gmail.com)

Джансугурова Лейла Булатовна – PhD, профессор, Генетика және физиология институтының Палеогенетика және этногеномика орталығының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан, e-mail: leylad@mail.ru)

Артығалиева Данара Нұрланқызы – Allergo Clinic медициналық орталығының жоғары санатты дәрігері, Орталық директоры (Алматы, Қазақстан, e-mail: artdanara@mail.ru)

Алтынова Назим Қалиханқызы (корреспондент-автор) – PhD, Генетика және физиология институтының популяциялық генетика зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан, e-mail: naz10.79@mail.ru)

Information about the authors:

Madina Sarsengalikyzy Abdullaeva – Master of Science, Senior Laboratory Assistant, Population Genetics Laboratory, Institute of Genetics and Physiology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: madessin@yandex.kz)

Aigerim Muratbekovna Kassymbekova – Master of Science, Senior Laboratory Assistant, Population Genetics Laboratory, Institute of Genetics and Physiology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kassymbekova01@gmail.com)

Lina Pavlovna Lebedeva – Researcher, Population Genetics Laboratory, Institute of Genetics and Physiology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: lebedevaleena@gmail.com)

Ergali Kanagat – Junior Researcher, Population Genetics Laboratory, Institute of Genetics and Physiology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: ergali.0394@mail.ru)

Musralina Lyazzat Zenurainovna – PhD, Senior Researcher, Population Genetics Laboratory, Institute of Genetics and Physiology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: musralinal@gmail.com)

Garshin Aleksandr Andreevich – PhD, Researcher, Population Genetics Laboratory, Institute of Genetics and Physiology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: garshin1511@gmail.com)

Dzhansugurova Leila Bulatovna – PhD, Professor, Head of the Paleogenetics and Ethnogenomics Center, Institute of Genetics and Physiology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: leylad@mail.ru)

Artygalieva Danara Nurlanovna – Physician of the highest category, Allergo Clinic Medical Center, Director of the Center (Almaty, Kazakhstan, e-mail: artdanara@mail.ru)

Altynova Nazim Kalikhanovna (corresponding author) – PhD, Head of the Population Genetics Laboratory, Institute of Genetics and Physiology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: naz10.79@mail.ru)

Поступила 18 апреля 2025 года

Принята 25 сентября 2025 года

A.M. Malik^{1*}, G.Zh. Abdieva², P.S. Ualieva²,
N.Sh. Akimbekov³, K.T. Tastambek³, Zh.T. Tauanov³,
M.A. Turalieva⁴

¹Sustainability of Ecology and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³Ecology Research Institute, Khoja Akhmet Yassawi International
Kazakh Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

⁴Department of Biotechnology, M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan

*e-mail: azhar.malikkyzy@gmail.com

DETERMINATION OF MICROBIAL DIVERSITY OF INDIGENOUS MICROFLORA OF SOIL SAMPLES CONTAMINATED WITH XENOBIOTICS AND STUDY OF THEIR MICROBIOLOGICAL PROPERTIES

The microbial community that determines the biochemical properties of the soil is a set of living organisms of different species that form a certain ecological and trophic unit. Of all the biotic components of the ecosystem, the microbial community is the most sensitive to changes in environmental conditions that occur during agricultural development of ecosystems, as well as to the presence of other forms of anthropogenic impact, including pollutants. The complexity and diversity of the relationships of various microorganisms with each other and with plants, as well as with other components of the agrobiocenosis, determine the phytosanitary state of the soil and its stability as an integral system.

The aim of the work is to determine the microbial diversity of the native microflora of soil samples contaminated with xenobiotics and to study their biological properties, as well as screening for promising microorganisms. Study of the microbial diversity of the local microflora of soil samples contaminated with xenobiotics in the Turkestan and Kyzylorda regions.

Xenobiotics, getting into the soil, directly or indirectly affect microbial communities. According to modern concepts, microbiological monitoring is a priority area of environmental quality control. Currently, the most developed methods for assessing the impact of pollutants are based on the study of the structural reorganization of communities and the consideration of various groups of microorganisms. In this regard, the work studied the microbial diversity of soils contaminated with xenobiotics in the Turkestan and Kyzylorda regions, and selected promising microorganisms.

Keywords: xenobiotics, microorganisms, screening, destructor, diversity.

A.M. Мәлік^{1*}, Г.Ж. Абдиева², П.С. Уалиева², Н.Ш. Акимбеков³,
Қ.Т. Тастамбек³, Ж.Т. Тауанов³, М.А. Тұралиева⁴

¹Экологиялық тұрақтылық және биоресурстар ҒЗИ,
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Биотехнология кафедрасы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

³Экология ғылыми-зерттеу институты, Қожа Ахмет Ясауи
Халықаралық Қазақ-Түрік Университеті, Түркістан, Қазақстан

⁴Биотехнология кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік
Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

*e-mail: azhar.malikkyzy@gmail.com

Ксенобиотиктермен ластанған топырақ үлгілерінің жергілікті микрофлорасының микробтық әртүрлілігін анықтау және олардың микробиологиялық қасиеттерін зерттеу

Топырақтың биохимиялық қасиеттерін анықтайтын микробтық қауымдастық – белгілі бір эко-трофикалық бірлікті құрайтын әр түрлі түрдегі бірге тіршілік ететін организмдердің жиынтығы. Экожүйенің барлық биотикалық құрамдас бөліктерінің ішінде микробтық қауымдастық экожүйелердің ауылшаруашылық дамуы кезінде болатын экологиялық жағдайдың өзгеруіне және антропогендік әсердің басқа нысандарының, соның ішінде ластаушы заттардың

барынша сезімтал. Әртүрлі микроорганизмдердің бір-бірімен және өсімдікпен, сондай-ақ агробиоценоздың басқа компоненттерімен қарым-қатынастарының күрделілігі мен әртүрлілігі топырақтың фитосанитарлық жағдайын және тұтас жүйе ретінде оның тұрақтылығын анықтайды.

Жұмыстың мақсаты – ксенобиотиктермен ластанған топырақ үлгілерінің аборигенді микрофлорасының микробтық әртүрлілігін анықтау және олардың биологиялық қасиеттерін зерттеу, перспективалы микроорганизмдерді скринингтен өткізу. Түркістан және Қызылорда облысындағы ксенобиотиктермен ластанған топырақ үлгілерінің жергілікті микрофлорасының микробтық алуан түрлілігін зерттеу.

Топыраққа түсетін ксенобиотиктер микробтық қауымдастықтарға тікелей немесе жанама әсер етеді. Заманауи тұжырымдамаларға сәйкес микробиологиялық мониторинг қоршаған орта сапасын бақылаудың басым бағыты болып табылады. Қазіргі уақытта ластаушы заттардың әсерін бағалаудың ең жақсы дамыған әдістері қауымдастықтардың құрылымдық қайта құрылуын зерттеуге және микроорганизмдердің әртүрлі топтарын есепке алуға негізделген. Осыған байланысты жұмыста Түркістан және Қызылорда облыстарындағы ксенобиотиктермен ластанған топырақтарының микробтық алуан түрлілігі зерттеліп, перспективті микроорганизмдер іріктеліп алынды.

Түйін сөздер: ксенобиотиктер, микроорганизм, скрининг, деструктор.

А.М. Мәлік^{1*}, Г.Ж. Абдиева², П.С. Уалиева², Н.Ш. Акимбеков³,
Қ.Т. Тастамбек³, Ж.Т. Тауанов³, М.А. Туралиева⁴

¹НИИ Устойчивости экологии и биоресурсов,

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

²Кафедра биотехнологий, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³НИИ экологии, Международный казахско-турецкий университет
им. Ходжи Ахмеда Ясауи, Туркестан, Казахстан

⁴Кафедра биотехнологий, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан

*e-mail: azhar.malikzy@gmail.com

Определение микробного разнообразия аборигенной микрофлоры образцов почв, загрязненных ксенобиотиками, и изучение их микробиологических свойств

Микробное сообщество, определяющее биохимические свойства почвы, представляет собой совокупность живых организмов разных видов, образующих определенную эколого-трофическую единицу. Из всех биотических компонентов экосистемы микробное сообщество наиболее чувствительно к изменениям условий окружающей среды, происходящим в процессе сельскохозяйственного освоения экосистем, а также к наличию других форм антропогенного воздействия, в том числе загрязняющих веществ. Сложность и многообразие взаимоотношений различных микроорганизмов между собой и с растениями, а также с другими компонентами агробиоценоза определяют фитосанитарное состояние почвы и ее устойчивость как целостной системы.

Целью работы является определение микробного разнообразия аборигенной микрофлоры образцов почв, загрязненных ксенобиотиками, и изучение их биологических свойств, а также скрининг перспективных микроорганизмов. Изучение микробного разнообразия локальной микрофлоры образцов почв, загрязненных ксенобиотиками в Туркестанской и Кызылординской областях.

Ксенобиотики, попадая в почву, напрямую или косвенно влияют на микробные сообщества. Согласно современным представлениям микробиологический мониторинг является приоритетным направлением контроля качества окружающей среды. В настоящее время наиболее разработаны методы оценки воздействия загрязняющих веществ, основанные на изучении структурной перестройки сообществ и учете различных групп микроорганизмов. В связи с этим в работе изучено микробное разнообразие почв, загрязненных ксенобиотиками в Туркестанской и Кызылординской областях, и отобраны перспективные микроорганизмы.

Ключевые слова: ксенобиотики, микроорганизмы, скрининг, деструктор, разнообразие.

Introduction

Humans and their environment, as well as the nation's health, have always been a priority for the state. Human health depends 12% on the healthcare system, 18% on genetic predisposition, and as much as 70% on lifestyle, including environmental conditions and nutrition. Environmental pollution contributes to an increase in genetic burden and mutation rates within human populations. This is evidenced by the rising incidence of congenital abnormalities, hereditary and multifactorial diseases, particularly in environmentally disadvantaged areas.

In daily life, humans come into contact with numerous chemical substances, extensively used in industry, agriculture, medicine, and households. Experimental studies show that many of these chemical compounds exhibit mutagenic activity. Food products derived from plants and animals may also be contaminated by chemicals used in agriculture for pest and disease control [1].

The industrialization of agriculture has increased the chemical load on natural ecosystems. Intensive chemicalization in agriculture boosts productivity but simultaneously leads to environmental contamination with xenobiotics, pesticides, and other chemical compounds.

Pesticides are widely used in agriculture, as they prevent up to 40% of crop losses. However, poor storage practices and the application of up to 95% of pesticides in ways that fail to target the intended organisms result in significant environmental harm. Misuse of pesticides without considering the natural and climatic features of treated areas or adhering to safety regulations raises serious issues, such as declining biodiversity, wildlife and livestock deaths, poisoning, disruption of natural pest control mechanisms, accumulation of obsolete and unusable chemical substances that pose hazardous environmental risks, contamination of food and feed with pesticide residues, and pollution of surface and groundwater. Contaminated food, feed, and drinking water are the primary sources of pesticide exposure to humans.

Among chemical pollutants in the environment, persistent organic pollutants (POPs) are particularly dangerous [2]. Recently, POPs have become a pressing global environmental issue. POPs are chemical substances containing chlorine, carbon, and hydrogen. These compounds degrade slowly

and accumulate in living organisms. POPs are often transported over long distances via air, water, and migratory species, such as insects, birds, and warm-blooded animals. Even in small amounts, POPs pose a threat to humans and nature. They dissolve poorly in water but readily in fats, allowing them to accumulate in the fatty tissues of living organisms. Their concentrations can increase thousands or even tens of thousands of times through food chains [3-4].

In 2001, the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan, together with UNEP Chemicals, conducted a preliminary inventory of obsolete and unnecessary pesticides under a Memorandum of Understanding dated January 8, 2001. A report was prepared, providing information on the inventory of unused pesticide stocks (including POP pesticides) and an analysis of data collected from the official statistics of the Republic of Kazakhstan's Agency for Health Affairs and the Republican Sanitary and Epidemiological Station. With the support of the Central Asia Regional Environmental Center, the project of the "Greenwomen" Environmental News Agency (Kazakhstan) was implemented [5].

Soil salinization, particularly in semi-arid regions, has become a global issue. It is a major factor reducing agricultural productivity worldwide.

Materials and methods

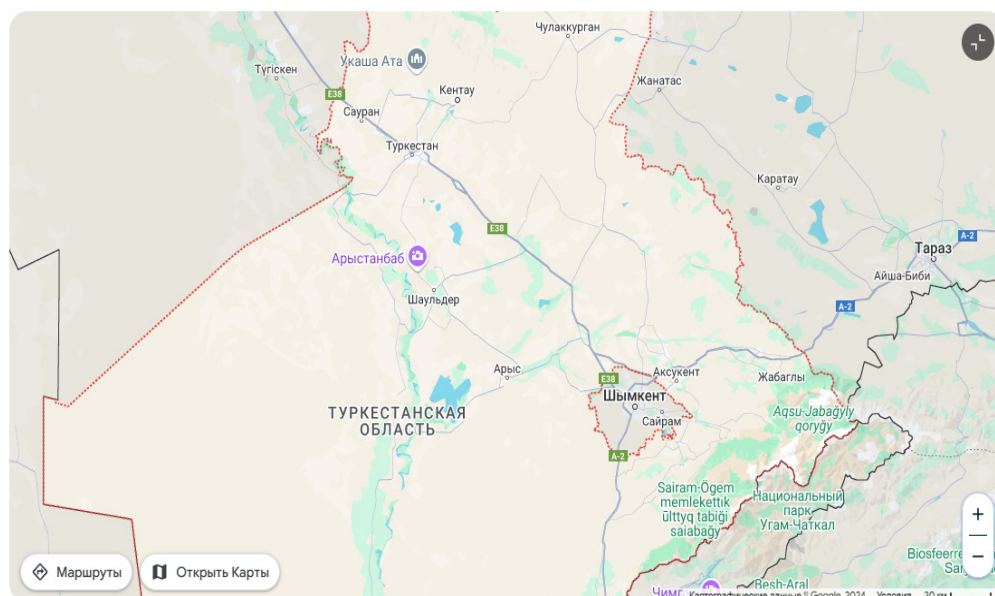
Study of soil samples

We conducted research to study the microbial diversity of soil samples in the Turkestan and Kyzylorda region (Figure 1), contaminated with xenobiotics (pesticides) (test samples) and background territory (control samples).

Collection and preparation of samples for microbiological analysis

To collect samples, use clean, sterile glass vials with tightly closing rubber stoppers and thick paper caps.

Soil samples are collected on each of the areas studied at five points diagonally or along an "envelope" (four points at the corners and one in the center). To prepare an average sample of 0.5 kg, the soil of all samples of one area is poured onto a sterile thick sheet of paper and the soil is thoroughly mixed in a jar. The size of the collected soil samples is dictated by the degree of its contamination and the planned work. Before sowing, the soil is dispersed.



a



b

Figure 1 – Soil sampling points in the Turkestan and Kyzylorda region
(a – Turkestan region, b – Kyzylorda region)

Methods for studying the microbial diversity of environmental objects in areas contaminated with xenobiotics

The determination of the number of different groups of soil microorganisms to identify physiological groups resistant to the pollutant and to compare the microbiological composition of the soil microflora was carried out using the method of successive dilutions of the soil suspension on dense

nutrient media. The number of cells was determined using the Koch method. The essence of the method is to sow a certain volume of the studied suspension of microorganisms on a dense medium in Petri dishes and count the colonies that have grown after incubation. The sowing is carried out on agarized media in Petri dishes. To determine the total number of microorganisms, meat-peptone agar (MPA) is used, to determine the content of fungi in the soil – wort

agar (WA), to determine the number of different physiological groups of microorganisms, the corresponding nutrient media are used. Mold fungi were counted on the agarized Czapek-Dox medium, ammonifying bacteria were detected on GRM-agar, nitrogen-fixing bacteria – on Ashby medium, aerobic cellulolytic bacteria were counted on the dense nutrient medium of Hutchinson and Clayton.

The crops were cultivated in a thermostat at 28°C for 2 days when isolating heterotrophic bacteria, 5-7 days when isolating actinomycetes, nitrogen-fixing and mold fungi, and 7-9 days when isolating cellulolytic bacteria. After incubation of the crops, a quantitative count of the grown colonies was carried out and the number of colony-forming units (CFU) in 1 g of soil was determined.

Determination of the titer of colony-forming units of microorganisms

The determination of the number of different groups of soil microorganisms to identify physiological groups resistant to the pollutant and to compare the microbiological composition of the soil microflora was carried out by the method of successive dilutions of the soil suspension on dense nutrient media. Fortiter distribution in samples colony forming units of microorganisms were carried out using the Koch method. The essence of the method consists of seeding a certain volume of the studied suspension of microorganisms on a dense medium in Petri dishes and counting the colonies that have grown after incubation. The seeding is carried out on agar media in Petri dishes. After incubation of the seedings, a quantitative count of the grown colonies was carried out and the number of colony-forming units (CFU) in 1 g of the sample was determined.

Methods for isolating pure cultures from soil samples. Pure cultures were obtained by mechanical separation on the surface of a dense nutrient medium (the streak method with loop burning) [7]. Individual colonies were checked for purity by microscopy and were seeded onto slanted nutrient agar for cultivation.

Methods for determining the morphological-cultural and physiological-biochemical properties of isolated pure cultures of microorganisms

The study of morphological, physiological and biochemical characteristics of bacteria was carried out using generally accepted methods. The morphological and cultural properties of the isolated pure cultures of microorganisms were studied according to the following characteristics: cell shape and arrangement, cell size, cell motility, presence of endo-

spores, Gram staining, colony description on solid nutrient media, growth pattern in liquid nutrient medium, growth pattern on slant agar. Physiological and biochemical properties of bacteria and yeast were determined according to the following characteristics: bacterial growth at 420C, hydrolysis of gelatin, starch, casein, presence of catalase and use

Pure cultures were obtained by mechanical separation on the surface of a dense nutrient medium (the streak method with loop burning). Individual colonies were checked for purity by microscopy and were seeded onto slanted nutrient agar for cultivation. For isolation, heterotrophic bacteria were cultured for 2-3 days, actinomycetes, nitrogen-fixing bacteria and mold fungi for 7-9 days.

Methods for screening microorganisms of chemical pollutants (xenobiotics)

A wide range of pesticide-resistant microorganisms and their high level of biodegradation capabilities make these organisms promising biotechnological objects for cleaning the environment from pesticides. Soil microorganisms react extremely actively to chemical components of the environment. Screening of sensitive and tolerant microorganisms allows selecting optimal test organisms and bioindicator organisms for pesticide contamination of soil [8].

To search for microorganisms, we used strains from dominant bacterial populations. For this purpose, all isolated strains were seeded on Petri dishes with M9 agar medium (composition, g/l: Na_2HPO_4 – 6.0; KH_2PO_4 – 3.0; NaCl – 0.5; NH_4Cl – 1.0; distilled water 1000 ml, 2% starvation agar) with the addition of a pesticide as a carbon source. The strains were cultured for 5 days at 28 °C [9].

Results and discussion

Determination of microbial diversity of local microflora of xenobiotic-contaminated soil samples and study of their biological properties

Isolation of local microorganisms from contaminated soil samples, study of biological properties of isolated microorganisms

Humans and their environment, as well as the nation's health, have always been a priority for the state. Human health depends 12% on the healthcare system, 18% on genetic predisposition, and as much as 70% on lifestyle, including environmental conditions and nutrition. Environmental pollution contributes to an increase in genetic burden and mutation rates within human populations. This is evidenced by the rising incidence of congenital abnormalities,

hereditary and multifactorial diseases, particularly in environmentally disadvantaged areas.

In daily life, humans come into contact with numerous chemical substances, extensively used in industry, agriculture, medicine, and households. Experimental studies show that many of these chemical compounds exhibit mutagenic activity. Food products derived from plants and animals may also be contaminated by chemicals used in agriculture for pest and disease control [209].

The industrialization of agriculture has increased the chemical load on natural ecosystems. Intensive chemicalization in agriculture boosts productivity but simultaneously leads to environmental contamination with xenobiotics, pesticides, and other chemical compounds.

Pesticides are widely used in agriculture, as they prevent up to 40% of crop losses. However, poor storage practices and the application of up to 95% of pesticides in ways that fail to target the intended organisms result in significant environmental harm. Misuse of pesticides without considering the natural and climatic features of treated areas or adhering to safety regulations raises serious issues, such as declining biodiversity, wildlife and livestock deaths, poisoning, disruption of natural pest control mechanisms, accumulation of obsolete and unusable chemical substances that pose hazardous environmental risks, contamination of food and feed with pesticide residues, and pollution of surface and groundwater. Contaminated food, feed, and drinking water are the primary sources of pesticide exposure to humans.

Among chemical pollutants in the environment, persistent organic pollutants (POPs) are particularly dangerous [10]. Recently, POPs have become a pressing global environmental issue. POPs are chemical substances containing chlorine, carbon, and hydrogen. These compounds degrade slowly and accumulate in living organisms. POPs are often transported over long distances via air, water, and migratory species, such as insects, birds, and warm-blooded animals. Even in small amounts, POPs pose a threat to humans and nature. They dissolve poorly in water but readily in fats, allowing them to accumulate in the fatty tissues of living organisms. Their concentrations can increase thousands or even tens of thousands of times through food chains [11-212].

In 2001, the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan, together with UNEP Chemicals, conducted a preliminary inventory of obsolete and unnecessary pesticides under a Memorandum of Understanding dated January 8, 2001. A report was

prepared, providing information on the inventory of unused pesticide stocks (including POP pesticides) and an analysis of data collected from the official statistics of the Republic of Kazakhstan's Agency for Health Affairs and the Republican Sanitary and Epidemiological Station. With the support of the Central Asia Regional Environmental Center, the project of the "Greenwomen" Environmental News Agency (Kazakhstan) was implemented [13].

Soil salinization, particularly in semi-arid regions, has become a global issue. It is a major factor reducing agricultural productivity worldwide.

Research results. The aim of the work is to determine the microbial diversity of the local microflora of soil samples contaminated with xenobiotics and to study their biological properties, to screen promising microorganisms.

To study the microbial diversity of the local microflora of soil samples contaminated with xenobiotics in the Turkestan and Kyzylorda regions.

The microbial community, which mainly determines the biochemical properties of the soil, is a set of coexisting organisms of different species that form a certain eco-trophic unit. Of all the biotic components of the ecosystem, the microbial community is the most sensitive to changes in the environmental conditions that occur during the agricultural development of ecosystems and the presence of other forms of anthropogenic impact, including pollutants. The complexity and diversity of the relationships of various microorganisms with each other and with plants, as well as with other components of the agrobiocenosis, determine the phytosanitary state of the soil and its stability as a whole system [14].

Xenobiotics entering the soil directly or indirectly affect microbial communities. According to modern concepts, microbiological monitoring is a priority direction of environmental quality control. Currently, the most developed methods for assessing the impact of pollutants are based on the study of the structural reorganization of communities and the accounting for various groups of microorganisms [15].

From an ecological point of view, soil is a complex heterogeneous system. Soil conditions affect the number and activity of microflora, and also determine the degree of manifestation of the toxic effect of pesticides.

In this regard, the work studied the microbial diversity of soils contaminated with xenobiotics in the Turkestan and Kyzylorda regions. The results of the study of microbial diversity in the studied soils are presented in Figure 2.

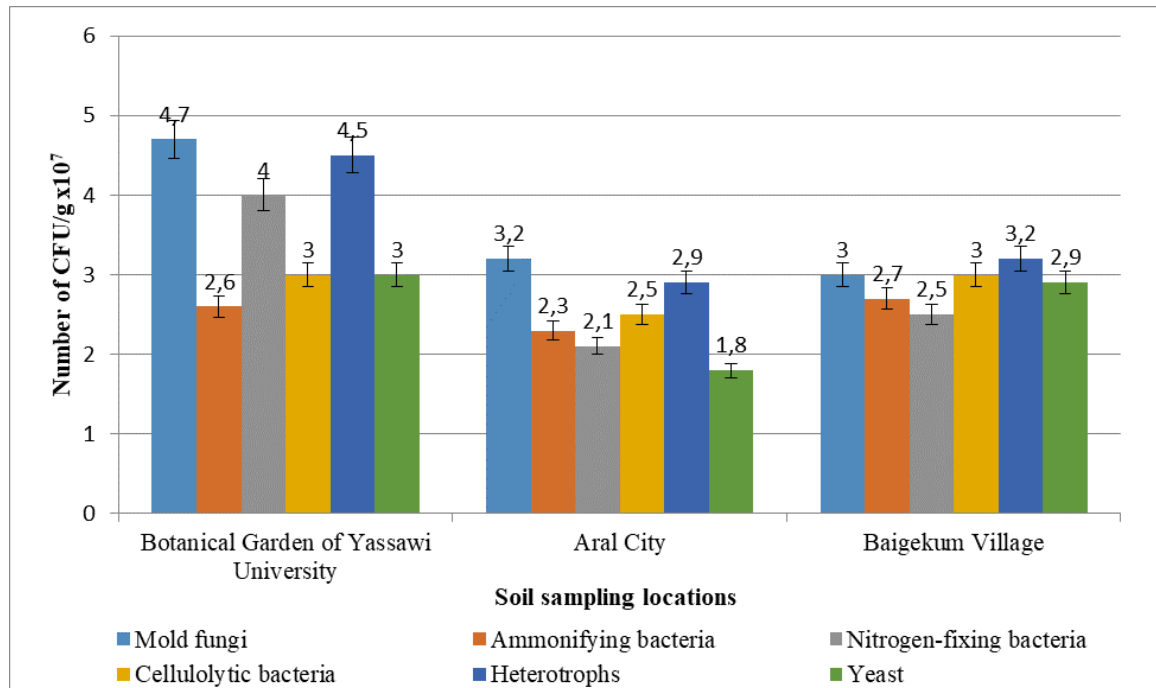


Figure 2 – Microbial diversity of soil samples from South Kazakhstan

Analysis of the microbiological composition of the soil showed that in the contaminated soil of the Turkestan region the dominant number of mold fungi is 3.2×10^7 CFU/g, heterotrophs 2.9×10^7 CFU/g, aerobic cellulolytic bacteria 2.5×10^7 CFU/g, ammonifying bacteria 2.3×10^7 CFU/g, also nitrogen-fixing bacteria 2.1×10^7 CFU/g, yeast 1.8×10^7 CFU/g.

The control sample was a soil sample not contaminated with xenobiotics. The total number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (MAFAnM) is 1.7×10^2 – 6.9×10^2 CFU/g. The quantitative indicators of nitrogen-fixing bacteria and microscopic yeasts in the contaminated soil did not differ significantly from the indicators of the control sample.

Thus, pesticides actively affect the vital activity of both individual cells of microorganisms and soil microbiocenoses. In many ways, the nature of the action of pesticides is determined by their chemical nature and the uniqueness of soil microbiota. There are groups of extremely sensitive and very tolerant microorganisms. However, the toxic effect of pesticides, as a rule, is reversible. The degree of inhibitory effect and the rate of restoration of the original structure of microbiocenoses depend on the chemical composition, dose

and stability of the xenobiotic in the environment. Changes in numbers under the influence of pesticides are confirmed by data from other researchers [215]. Also, during the work, the qualitative and quantitative composition of the microflora of the soil sample of the Turkestan region was studied. The results are presented in Figure 3.

As a result of the study of the qualitative and quantitative composition of the microflora of the soil sample of the Turkestan region, it was shown that the microflora is dominated by mold fungi (17–28%), ammonifying bacteria (15%), heterotrophic bacteria (17–18%), yeast (12–18%), and aerobic cellulolytic bacteria (20–27%). The decrease in mold fungi may be due to the presence of pesticides in the contaminated soil that inhibit their growth. Analysis of the number of microorganisms in contaminated soil showed that heterotrophic bacteria were the dominant group, so screening and selection of promising microorganisms was carried out in this group.

An important condition for further microbiological research was the necessary isolation of strains of dominant populations of microorganisms and the production of pure cultures to study their properties.

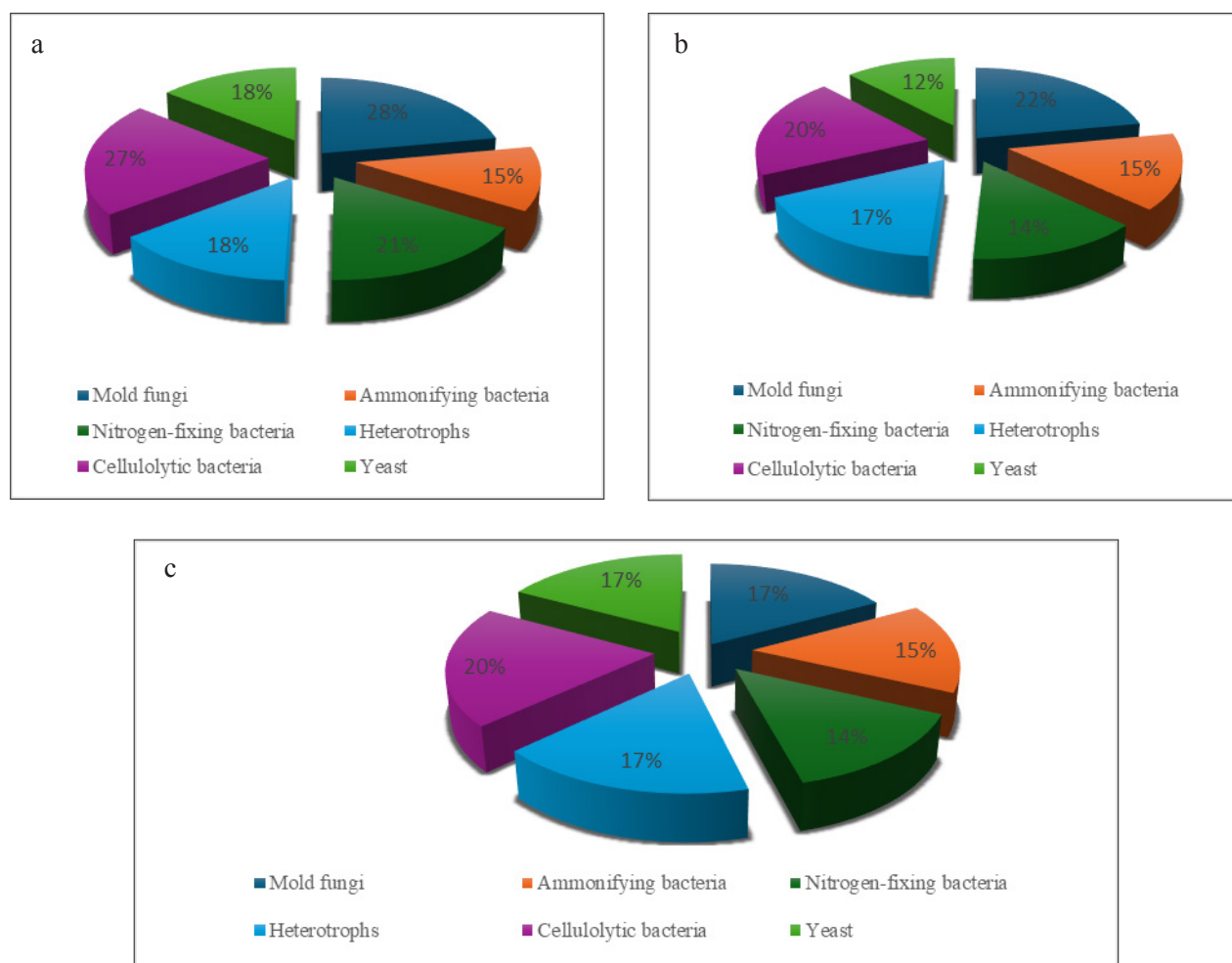


Figure 3 – Qualitative and quantitative composition of the microflora of a soil sample from the Turkestan region (a – Botanical Garden of Yassawi University, b – Aral city, c – Baigekum village)

Biotechnological methods for preventing adverse factors for the biosphere are based on the use of microorganisms capable of biotransforming xenobiotic molecules, transforming pollutants into safe forms, and preventing the formation of secondary pollution products. Soil microorganisms play a major role in the decomposition of xenobiotics in the environment. Therefore, the current stage of research into the microbiological destruction of xenobiotics is characterized by interest in studying their physiological and biochemical properties [16].

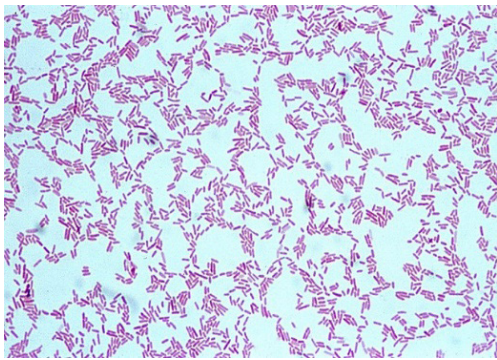
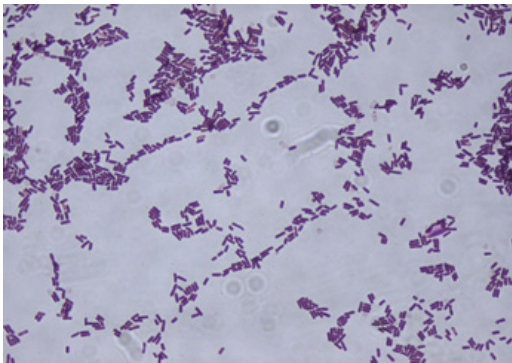
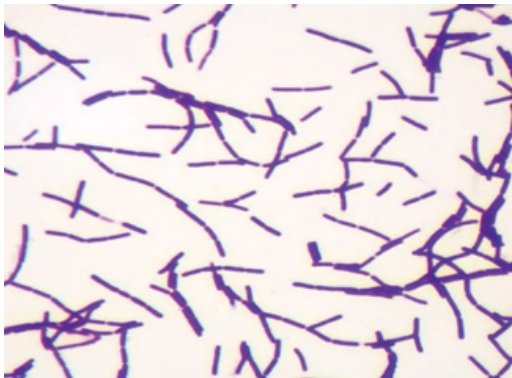
In this regard, promising strains of microorganisms were isolated in experiments from soil samples

contaminated with xenobiotics in the Turkestan and Kyzylorda regions. During the work, 4 strains were isolated for screening promising microorganisms isolated from soil samples containing chemical pollutants.

The description and identification of microorganisms was carried out by studying their cultural, morphological, tinctorial and biochemical properties [17].

The morphological-cultural and physiological-biochemical properties of isolated pure cultures of microorganisms were studied. Table 1 shows the morphological-cultural properties of microorganisms isolated from soil samples.

Table 1 – Morphological and cultural properties of microorganisms

Cell morphology	Morphological and cultural characteristics
1	2
 T1	Gram-negative, rod-shaped, motile bacteria, with straight rods and bipolar filaments, cell size $0.5-1.0 \times 1.5 - 5.0 \mu\text{m}$. On dense nutrient media, they form thin, shiny, hard, smooth-edged, convex colonies.
 T2	Gram-negative bacteria. Aerobes, small rods with a cell size of $0.9-1.6 \mu\text{m}$, a length of $1.5-2.5 \mu\text{m}$, do not form spores. On dense nutrient media, they form solid, smooth-edged, convex colonies.
 T3	Gram-positive, spore-forming, aerobic, rod-shaped, cell size $2-5 \times 0.4-0.6 \mu\text{m}$. Spores are oval, not larger than the cell size, located in the center of the cell. Filaments are peritrichous. Forms dry colonies with wavy edges on dense nutrient media.
 T4	Gram-positive, aerobic rods with centrally or paracentrally located ellipsoid spores, cell size $0.7-0.8 \times 2-3 \mu\text{m}$. Forms dense, large colonies on dense nutrient media, with uneven edges.

According to morphological and cultural properties, strains T1 and T2 are Gram-negative, short, non-spore-forming rods, while strains T3 and T4 are

Gram-positive, spore-forming, motile rods. Table 2 shows the characteristics of the isolated strains according to the main diagnostic characteristics.

Table 2 – Main morphological, tinctorial and biochemical characteristics of isolated strains

No.	Culture	Cell shape	Gram stain	Motility	Disputes	Hydrolysis of gelatin	Starch hydrolysis	Casein hydrolysis	Presence of catalase	Use of molecular nitrogen	Growth at 420C	Relation to molecular oxygen
1	T1	p	-	+	-	+++	++	++	+	+	+++	aerobes
2	T2	p	+	+	+	++	++	+	+	-	+++	aerobes
3	T3	p	+	+	+	++	+++	+++	+	-	+++	aerobes
4	T4	p	-	+	-	+	+	++	+	-	-	aerobes

Note – p – rod-shaped cells; +positive for this feature; -negative for this feature

Based on the data obtained, gram-positive rods and gram-negative rod-shaped bacteria were identified among the cultures of microorganisms isolated from soil samples. All isolated strains were motile. All cultures grew well at a temperature of 42°C and actively utilized molecular nitrogen. When studying the growth of cultures in the presence of molecular oxygen, all strains were aerobic. All strains were catalase positive, hydrolyzed starch and casein, and liquefied gelatin.

As a result of the study of morphological, cultural and physiological-biochemical properties, the isolated cultures were conditionally attributed to the genera *Bacillus* and *Pseudomonas*.

Screening and selection of the most promising strains of soil microorganisms of native crops, analysis of their properties

One of the urgent tasks of modern biotechnology is the development of biological products based on strains isolated from local microflora to solve a complex of problems related to the restoration of soils contaminated with xenobiotics [18].

It is known that soil fertility and self-purification are directly related to the activity of microbiological processes, however, as a result of high soil pol-

lution, autochthonous microflora is inhibited [19]. Therefore, the development of complex technologies aimed at restoring the basic functions of soils and increasing their fertility is of significant scientific interest for theoretical and applied microbiology. Currently, biological remediation methods are considered a priority direction for solving the problems of remediation of contaminated soils [20]. Biodestruction is considered the most promising direction in the technologies for the remediation of soil systems contaminated with organic pollutants, including xenobiotics.

The selection of promising strains was carried out among cultures obtained from dominant populations of microorganisms [21]. The activity of the cultures was assessed by their growth rate and preservation of cell viability in the presence of xenobiotics. According to the results of screening studies, 4 strains showed growth activity in a medium with the addition of xenobiotics as the sole source of carbon. Strains T1, T2, T3, T4 had high growth activity in relation to xenobiotics. As a result of the screening, 4 promising strains of microorganisms that actively grow in a nutrient medium containing xenobiotics were identified. The results are shown in Figure 4.

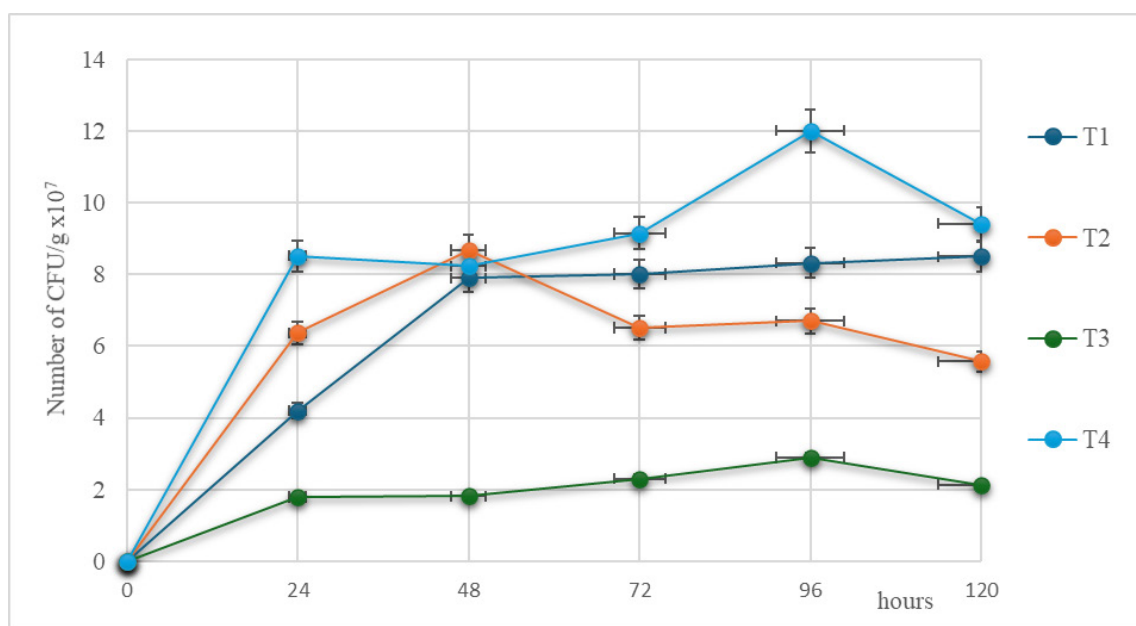


Figure 4 – Growth dynamics of crops in xenobiotic-supplemented media

The growth dynamics of cultures in a nutrient medium supplemented with xenobiotics was studied for 5 days. As can be seen from Figure 4, strains T1, T2, T4 showed active growth compared to strains T3. The cell number of the stud-

ied strains after 24 hours was 1.7×10^7 – 8.6×10^7 CFU/g, after 120 hours it was 2.1×10^7 – 1.2×10^7 CFU/g.

Figure 5 shows the growth of microbial cultures in a medium supplemented with a xenobiotic.

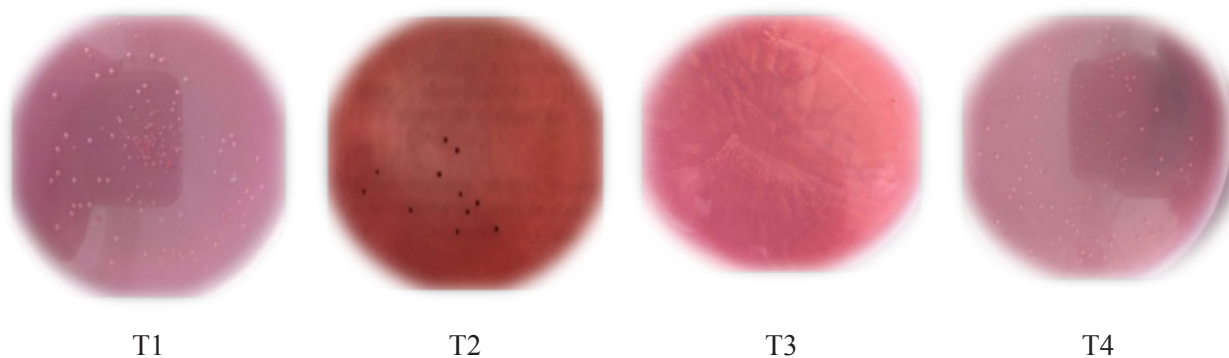


Figure 5 – Growth cultures of microorganisms on a medium with the addition of a xenobiotic

As can be seen from Figure 5, the strains formed uniform colonies of 1–2.5 mm in size in the cultures of microorganisms in the medium with the addition of xenobiotics. When the cultures of microorganisms were grown in M9 medium with the addition of pesticides, the colonies were large, measuring 1.8–3 mm. The colonies were round, with even edges and a smooth surface, dark red in color. The structure of the colonies was homo-

geneous. During surface cultivation, all strains formed S-type colonies, sometimes mucous (O) colonies appeared. In M9 medium with pesticides, transparent zones were formed around the colonies of all strains.

As a result of the study of promising strains of chemical pollutants, it was found that strains T1, T2, T3, T4 are capable of degrading xenobiotics, which is confirmed by the red color of the colonies and the

medium around them. Thus, the isolated, promising strains can be used in bioremediation of soils contaminated with xenobiotics.

Conclusion

The microbial diversity of local microflora in soil samples contaminated with xenobiotics was studied, and their quantitative and qualitative characteristics were determined. In the contaminated soils of Turkistan and Kyzylorda regions, the dominant microorganism populations were found to include fungal molds (3.2×10^7 CFU/g), heterotrophs (2.9×10^7 CFU/g), aerobic cellulolytic bacteria (2.5×10^7 CFU/g), ammonifying bacteria (2.3×10^7 CFU/g), and nitrogen-fixing bacteria (2.7×10^7 CFU/g).

Indigenous microorganisms were isolated from the contaminated soil samples, and their morphological-cultural, physiological-biochemical, and tintorial properties were studied. Based on the analysis of their morphological, cultural, and physiological-

biochemical characteristics, the isolated cultures were tentatively identified as belonging to the genera *Bacillus* and *Pseudomonas*.

Screening and selection of the most promising strains from the native soil microorganisms were performed, followed by an analysis of their properties. The growth dynamics of the studied strains showed cell counts of $1.7 \times 10^7 - 8.6 \times 10^7$ CFU/g after 24 hours, and $2.1 \times 10^7 - 1.2 \times 10^7$ CFU/g after 120 hours.

The study of promising strains isolated from contaminated soils revealed that strains T1, T2, T3, and T4 are capable of degrading xenobiotics.

Acknowledgments, conflict of interest

The study was carried out with the financial support of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (BR24992814). We declare no conflict of interest.

References

1. Mishra, S., Tripathi, V., & Pandey, S. (2021). Recent advanced technologies for the characterization of xenobiotic-degrading microbial communities: omics, high-throughput sequencing and bioinformatics. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, Article 632059. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.632059>
2. Jaiswal, S., Puškár, T., et al. (2020). Alternative strategies for microbial remediation of persistent organic pollutants: synthetic biology and omics-driven approaches. *Frontiers in Microbiology*, 11, 808. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00808>
3. Cycoń, M., Wójcik, M., Piotrowska-Seget, Z. (2016). Pyrethroid-degrading microorganisms and their potential for bioremediation of contaminated soils. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1463. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01463>
4. Miglani, R., et al. (2022). Degradation of xenobiotic pollutants: an environmentally friendly approach — review of microbial mechanisms and applications. (Open access review). *Environment, Development and Sustainability / MDPI (review)*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9505297/>
5. Pang, S., et al. (2020). Insights into microbial degradation and biochemical pathways of selected xenobiotics: enzymes, genes and metabolic networks. *Frontiers in Microbiology*, 11, 582. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00582>
6. Li, J., Guo, J., & Wang, Y. (2020). Enriching indigenous microbial consortia as a promising strategy for xenobiotics' cleanup: enrichment approaches and long-term adaptation. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121—(article). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.xxxxxx>
7. Jayaramaiah, R. H., et al. (2021). Soil initial bacterial diversity and nutrient availability as predictors of xenobiotic biodegradation potential. *Environmental Microbiology Reports / Microbial Biotechnology*, 2021. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13946>
8. Marghoob, M. U., et al. (2022). Diversity and functional traits of indigenous soil microbial communities from contaminated sites: implications for biodegradation. (Open access article). *Journal / Frontiers-style article*, 2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9676371/>
9. Pathak, V. M., & Patil, R. R. (2022). Current status of pesticide effects on environment and human health and prospects for remediation: role of microbes in pesticide biodegradation. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9428564/>
10. Picariello, E., et al. (2023). How soil microbial communities from industrial and contaminated sites differ and adapt: implications for bioremediation strategies. *Processes*, 11(1), 130. <https://doi.org/10.3390/pr11010130>
11. Ewere, E. E., et al. (2024). Soil microbial communities and degradation of pesticides: mechanisms, determinants and engineered solutions. *Science of the Total Environment / Reviews*, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.xxxxxx>
12. Wang, Q., et al. (2024). Soil microorganisms in agricultural fields: functions, responses to agropractices and interactions with xenobiotics. *Agronomy / MDPI*, 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040669>
13. Rahman, M. U., et al. (2024). Harnessing bacterial laccases and other oxidative enzymes for xenobiotic transformation in soil remediation. *Science of the Total Environment*, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.xxxxxx>
14. Priya, A. K., & colleagues (2024). Recent advances in microbial-assisted degradation and novel technologies for xenobiotic removal from soils. *Renewable & Sustainable Energy Reviews / review*, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.xxxxxx>

15. Butcher, J., et al. (2025). Microbial bioremediation of persistent organic pollutants: integrated strategies and case studies. *Nature Communications / review* (2025). <https://doi.org/10.1038/s41467-025-60918-8>
16. Chen, T. W., Tsai, W. H., Chang, Y. C., et al. (2024). Characterization of prokaryotic community dynamics and functional profiles in soils contaminated long term with petroleum hydrocarbons in response to the addition of soil bioremediation nutrients. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235, Article 588. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07405-w>
17. Rosariastuti, R., Rahmawati, Y., Sumani, S., & Hartati, S. (2023). Identification and pesticide degradation test of bacterial consortium of contaminated soil. *Sains Tanah: Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 20(1), 78-86. <https://doi.org/10.20961/stjssa.v20i1.62920>
18. Estrada-Gamboa, J., Umaña-Castro, R., Sancho-Blanco, C., & Orozco-Aceves, M. (2022). Isolation, identification, and characterization of bacterial strains with potential for degradation of the pesticides chlorothalonil and chlorpyrifos. *Uniciencia*, 36(1), Article 26. <https://doi.org/10.15359/ru.37-1.26>
19. Gangola, S., Joshi, S., Bhandari, G., Pant, G., Sharma, A., Perveen, K., Bukhari, N. A., & Rani, R. (2023). Exploring microbial diversity responses in agricultural fields: a comparative analysis under pesticide stress and non-stress conditions. *Frontiers in Microbiology*, 14, Article 1271129. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1271129>
20. Picariello, E., et al. (2023). How soil microbial communities from industrial and contaminated sites differ and adapt: implications for bioremediation strategies. *Processes*, 11(1), 130. <https://doi.org/10.3390/pr11010130>
21. Marghoob, M. U., Rodriguez-Sanchez, A., Imran, A., Mubeen, F., & Hoagland, L. (2022). Diversity and functional traits of indigenous soil microbial flora associated with salinity and heavy metal concentrations in agricultural fields within the Indus Basin region, Pakistan. *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 1020175. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1020175>
22. Singh, R., Verma, S., Sharma, P., & Kumar, A. (2025). A pan-crop metagenomic exploration of microbial communities linked to pesticide and xenobiotic degradation pathways in agricultural microbiomes. *Discover Agriculture*, 3, 75. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00237-0>
23. Khan, M. A., Petrova, O., Sidorov, D., & Müller, C. (2025). Microbial community composition of explosive-contaminated soils: A metataxonomic analysis. *Microorganisms*, 13(2), 453. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13020453>

Авторлар туралы мәлімет:

Мәлік Ажар Мәлікқызы – PhD докторы, ассистент профессор, ҚазҰУ “Экология және биоресурстардың тұрақтылығы” ҒЗИ жетекшісі ғылыми қызметкері. (Алматы, Қазақстан, email: azhar.malikkyzy@gmail.com)

Абдиева Гулжамал Жанадилловна – қауымдастырылған профессор, ҚазҰУ (Алматы, Қазақстан, email: abdievagzh@gmail.com)

Уалиева Перизат Серикказиевна – қауымдастырылған профессор, ҚазҰУ (Алматы, Қазақстан, email: ualievaps@gmail.com)

Акимбеков Нұралы Шардарбекұлы – PhD, профессор, Экология ғылыми-зерттеу институты, Қожа Ахмет Ясауи Халықаралық Қазақ – Түрік Университеті (Түркістан, Қазақстан, email: akimbeknur@gmail.com)

Тастамбек Қуаныш Талғатұлы – PhD, қауымдастырылған профессор, Экология ғылыми-зерттеу институты, Қожа Ахмет Ясауи Халықаралық Қазақ – Түрік Университеті (Түркістан, Қазақстан, email: kuanysh.tastambek@kaznu.edu.kz)

Тауанов Жандос Түреғұлович – PhD, қауымдастырылған профессор, Экология ғылыми-зерттеу институты, Қожа Ахмет Ясауи Халықаралық Қазақ – Түрік Университеті (Түркістан, Қазақстан, email: tauanov.zhandos@gmail.com)

Туралиева М.А. – PhD, қауымдастырылған профессор М. Әуезов атындағы Оңтүстік-Қазақстан университеті (Шымкент, Қазақстан, email: nazanovamoldir@mail.ru)

Information about authors:

Malik Azhar Malikkyzy – PhD, Assistant Professor, Leading Researcher, of the SRI “Sustainability of Ecology and Biore-sources” at KazNU. (Almaty, Kazakhstan, e-mail: azhar.malikkyzy@gmail.com)

Abdieva Gulzhamal Zhanadilovna – Associate Professor of KazNU (Almaty, Kazakhstan, e-mail: abdievagzh@gmail.com)

Ualieva Perizat Serikkazievna – Associate Professor of KazNU (Almaty, Kazakhstan, email: ualievaps@gmail.com)

Akimbekov Nuraly – PhD, Professor, Ecology Research Institute, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkistan, Kazakhstan, email: akimbeknur@gmail.com)

Tastambek Kuanysh – PhD, Associate Professor, Ecology Research Institute, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkistan, Kazakhstan, e-mail: kuanysh.tastambek@kaznu.edu.kz)

Tauanov Zhandos Turegulovich – PhD, Associate Professor, Ecology Research Institute, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Turkistan, Kazakhstan, email: tauanov.zhandos@gmail.com)

Turalieva M.A. – PhD, Associate Professor, M. South Kazakhstan University named after M. Auezov (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: nazanovamoldir@mail.ru)

Сведения об авторах:

Мәлік Ажар Мәлікқызы – PhD, ассистент профессор, ведущий научный сотрудник НИИ Устойчивости экологии и биоресурсов КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: azhar.malikkyzy@gmail.com);

Абдиева Гулжамал Жанадилловна – ассоциированный профессор, КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: abdievagzh@gmail.com);

Уалиева Перизат Серыкказиевна – ассоциированный профессор КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: ualievaps@gmail.com);

Акимбеков Нуралы – PhD, профессор, НИИ экологии, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясауи (Туркестан, Казахстан, e-mail: akimbeknur@gmail.com);

Тастамбек Куаныш – PhD, ассоциированный профессор, НИИ экологии, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясауи (Туркестан, Казахстан, e-mail: kuanyshtastambek@kaznu.edu.kz);

Тауанов Жандос Турегулович – PhD, ассоциированный профессор, НИИ экологии, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясауи (Туркестан, Казахстан, e-mail: tauanov.zhandos@gmail.com);

М.А. Туралиева – PhD, ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова (Шымкент, Казахстан, e-mail: pazanovamoldir@mail.ru).

Received: February 20, 2025

Accepted: August 26, 2025

3-бөлім
**БИОЛОГИЯЛЫҚ
АЛУАНТҮРЛІЛІКТІ САҚТАУДЫҢ
ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Section 3
**ACTUAL PROBLEMS
OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

Раздел 3
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОХРАНЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

К.М. Ахмеденов¹, А.Г. Бакиев², А.Е. Кузовенко³,
А.А. Кленина^{2*}, А.Б. Кишибекова¹

¹ Запдно-Казахстанский университет им. Махамбета Утемисова, Уральск, Казахстан

² Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Тольятти, Россия

³ Самарский зоопарк, Самара, Россия

*e-mail: colubrida@yandex.ru

РЕПТИЛИИ АШЦИОЗЕКСКОГО ЗАКАЗНИКА И ПРИРОДНОГО РЕЗЕРВАТА «БОКЕЙОРДА» (Республика Казахстан)

Приведены даты и координаты встреч пресмыкающихся на территориях Ащииозекского государственного природного заказника республиканского значения и Государственного природного резервата «Бокейорда», созданных в Западно-Казахстанской области Республики Казахстан в 2022 г. для сохранения популяции сайгака *Saiga tatarica* (Linnaeus, 1766). Материалом послужили результаты исследований авторов 2018, 2022, 2023, 2025 гг. и литературные сведения. Всего в 62 пунктах названных особо охраняемых природных территорий задокументированы встречи 8 видов рептилий: такырная круглоголовка *Phrynocephalus helioscopus* (Pallas, 1771); ушастая круглоголовка *Phrynocephalus mystaceus* (Pallas, 1776); разноцветная ящурка *Eremias arguta* (Pallas, 1773); прыткая ящерица *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758; песчаный удавчик *Eryx miliaris* (Pallas, 1773); обыкновенный уж *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758); узорчатый полоз *Elaphe dione* (Pallas, 1773); восточная степная гадюка *Vipera renardi* (Christoph, 1861). Герпетофауна Ащииозекского заказника включает разноцветную ящурку, прыткую ящерицу, обыкновенного ужа, узорчатого полоза и восточную степную гадюку. Герпетофауна участка «Аралсор» ГПР «Бокейорда» включает такырную круглоголовку, разноцветную ящурку, прыткую ящерицу, обыкновенного ужа, узорчатого полоза и восточную степную гадюку. Герпетофауна участка «Жанакала» ГПР «Бокейорда» включает ушастую круглоголовку, разноцветную ящурку, песчаного удавчика. Водяной уж *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768), видимо, ошибочно отмеченный предыдущими исследователями на территории проектируемого природного резервата «Бокейорда», нами не встречен ни в резервате «Бокейорда», ни в прилегающем к нему Ащииозекском заказнике. Рассмотрены возможные экологические связи встреченных видов пресмыкающихся с сайгаком.

Ключевые слова: ящерицы, змеи, особо охраняемые природные территории, Западно-Казахстанская область, сайгак.

K.M. Akhmedenov¹, A.G. Bakiev², A.E. Kuzovenko³,
A.A. Klenina^{2*}, A.B. Kishibekova¹

¹Makhambet Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan

²Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russia

³Samara Zoo, Samara, Russia

*e-mail: colubrida@yandex.ru

Reptiles of the Ashiozek sanctuary and the “Bokeyorda” nature reserve (Republic of Kazakhstan)

The dates and coordinates of reptile encounters within the Ashiozek State Nature Sanctuary of republican significance and the “Bokeyorda” State Nature Reserve, both established in 2022 in the West Kazakhstan Region of the Republic of Kazakhstan for the conservation of the saiga population *Saiga tatarica* (Linnaeus, 1766), are presented. The material is based on the authors' field studies conducted in 2018, 2022, 2023, and 2025, as well as published data. In total, encounters of eight reptile species were recorded at 62 locations within these specially protected natural areas: the sunwatcher toad-headed agama *Phrynocephalus helioscopus* (Pallas, 1771); the secret toad-headed agama *Phrynocephalus mystaceus* (Pallas, 1776); the steppe-runner *Eremias arguta* (Pallas, 1773); the sand lizard *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758; the sand boa *Eryx miliaris* (Pallas, 1773); the grass snake *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758); the dione rat snake *Elaphe dione* (Pallas, 1773); and the steppe viper *Vipera renardi* (Christoph, 1861). The herpetofauna of the Ashiozek Sanctuary includes the steppe-runner, the sand lizard, the grass snake,

the dione rat snake, and the steppe viper. The herpetofauna of the “Aralsor” section of the Bokeyorda Nature Reserve includes the sunwatcher toad-headed agama, the steppe-runner, the sand lizard, the grass snake, the dione rat snake, and the steppe viper. The herpetofauna of the “Zhanakala” section of the Bokeyorda Nature Reserve comprises the secret toad-headed agama, the steppe-runner, and the sand boa. The dice snake *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768), previously reported in the proposed reserve area by other researchers, was not recorded by us either within the Bokeyorda Reserve or in the adjacent Ashiozek Sanctuary and is likely a misidentification. Possible ecological relationships between the recorded reptile species and the saiga are discussed.

Keywords: lizards, snakes, protected natural areas, West Kazakhstan Region, saiga.

К.М. Ахмеденов¹, А.Г. Бакиев², А.Е. Кузовенко³,
А.А. Клена^{2*}, А.Б. Кишибекова¹

¹ М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал, Қазақстан

² Ресей ғылым академиясының Самара федералды зерттеу орталығы, Тольятти, Ресей

³ Самара хайуанаттар бағы, Самара, Ресей

*e-mail: colubrida@yandex.ru

Ащыөзек қаумалы мен «Бөкейорда» табиғи резерватының бауырымен жорғалаушылары (Қазақстан Республикасы)

2022 жылы Қазақстан Республикасының Батыс Қазақстан облысында *Saiga tatarica* (Linnaeus, 1766) ақбөкен популяциясын сақтау мақсатында құрылған Республикалық маңызы бар «Ащыөзек» мемлекеттік табиғи қаумалы мен Бөкейорда мемлекеттік табиғи резерватының аумақтарында бауырымен жорғалаушылардың кездесу уақыты мен координаттары келтірілген. Мәлімет ретінде 2018, 2022, 2023, 2025 жылдардағы авторлардың зерттеу нәтижелері мен әдеби мәліметтер пайдаланған. Аталған ерекше қорғалатын табиғи аумақтарда жалпы саны 62 нүктелерінде бауырымен жорғалаушылардың 8 түрінің кездесуі тіркелген: тақыр жұмырбас кесірткесі *Phrynocephalus helioscopus* (Pallas, 1771); құлақты жұмырбас кесірткесі *Phrynocephalus mystaceus* (Pallas, 1776); түрлітүсті кесірт *Eremias arguta* (Pallas, 1773); секіргіш кесіртке *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758; құм айдаһаршасы *Eryx miliaris* (Pallas, 1773); кәдімгі сарыбас жылан *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758); өрнекті қарашұбар жылан *Elaphe diene* (Pallas, 1773); шығыс дала сұржыланы *Vipera renardi* (Christoph, 1861). Ащыөзек қаумалының герпетофаунасына түрлітүсті кесірт, секіргіш кесіртке, кәдімгі сарыбас жылан, өрнекті қарашұбар жылан және шығыс дала сұржыланы кіреді. «Бөкейорда» МТҚ-ның «Аралсор» учаскесінің герпетофаунасына тақыр жұмырбас кесірткесі, түрлітүсті кесірт, секіргіш кесіртке, кәдімгі сарыбас жылан, өрнекті қарашұбар жылан және шығыс дала сұржыланы кіреді. «Бөкейорда» МТҚ-ның «Жаңақала» учаскесінің герпетофаунасына құлақты жұмырбас кесірткесі, түрлітүсті кесірт, құм айдаһаршысы кіреді. Қате белгілеген болуы мүмкін алдыңғы зерттеушілердің мәліметтеріне сәйкес «Бөкейорда» табиғи резерватының аумағында су жыланы *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) біздің зерттеулерімізде «Бөкейорда» резерватында да, оған жақын орналасқан Ащыөзек қаумалында да кездеспеді. Кездескен бауырымен жорғалаушылардың ақбөкенмен мүмкін болатын экологиялық байланыстары қарастырылды.

Түйін сөздер: кесірткелер, жыландар, ерекше қорғалатын табиғи аумақтар, Батыс Қазақстан облысы, ақбөкен.

Введение

К основным проблемам в области охраны окружающей среды относится сохранение всех компонентов живой природы. На конференции ООН по окружающей среде в 1992 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия) была принята Конвенция о биологическом разнообразии, в которой одним из важнейших способов сохранить биоразнообразие считается создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Конвенцию подписали более 180 стран, в том числе и Казахстан. Активная реализация Конвенции о биоразнообразии в Казахстане началась после Постановления Кабинета Министров Республи-

ки Казахстан от 19 августа 1994 г. № 918 «Об одобрении Республикой Казахстан Конвенции о биологическом разнообразии и организации выполнения предусмотренных ею обязательств» [1]. Недавно созданными ООПТ в Западно-Казахстанской области (ЗКО) на основании Постановления Правительства Республики Казахстан от 25 мая 2022 года № 330 [2] являются Ащыөзекский государственный природный заказник республиканского значения (Ащыөзекский заказник) и Государственный природный резерват «Бокейорда» (ГПР «Бокейорда») Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Ащыөзекский заказник общей площадью 314504 га расположен в Жа-

нибекском и Казталовском районах ЗКО, резерват «Бокейорда» общей площадью 343040 га – в Бокейординском, Жанибекском, Казталовском и Жангалинском районах ЗКО. К ГПР «Бокейорда» относятся два участка: «Аралсор» (183604 га в Бокейординском, Жанибекском и Казталовском районах) и «Жанакала» (159436 га в Жангалинском районе).

Изучение пресмыкающихся ООПТ разных категорий проводится во многих регионах мира. Приведем некоторые примеры: опубликованы работы о рептилиях национального парка «Дадья» (Греция) [3], природных заповедников «Гунунг-Пичис» и «Гунунг-Сигогор» (Индонезия) [4], национального парка «Верхний Нигер» (Гвинея) [5], национального парка «Замруд» (Индонезия) [6], природного заповедника «Тяньхай» (Вьетнам) [7], природного заповедника «Айленд» (Южно-Африканская Республика) [8], национального парка «Эндау-Ромпин» (Малайзия) [9], государственных природоохранных зон в Южной Корее [10], охотничьего заповедника «Тоталай» (Пакистан) [11]. В Казахстане и на прилегающих к нему территориях России проводятся работы по инвентаризации герпетофауны ООПТ [12–14]. Такие исследования способствуют выявлению роли пресмыкающихся в экосистемах, пониманию лимитирующих факторов, подготовке Красных книг, оценке состояния популяций рептилий, эффективной территориальной охране их местообитаний.

Задачей настоящей статьи является уточнение видового состава пресмыкающихся Ащиевского заказника и природного резервата «Бокейорда».

Материалы и методы

В качестве основного материала мы использовали наши данные, полученных в ходе экспедиционных исследований 2018, 2022, 2023 и 2025 гг.

Поиск рептилий проводили визуальным методом, осматривая потенциальные места встреч активных животных, а также укрытия естественного и антропогенного происхождения. Ящериц и неядовитых змей отлавливали руками, для отлова гадюк использовали металлические крючки. После фотографирования пойманных рептилий и их видовой идентификации выпускали в места отлова.

Одним пунктом встреч считали участок радиусом приблизительно 200 м вокруг указанных координат. Координаты мест встреч фиксирова-

ли с помощью GPS-навигаторов. Все координаты в таблице представили в формате «десятичные доли градуса». Карта была выгружена из My Google Maps и сделана с помощью программы Adobe Photoshop.

Результаты и обсуждение

Информацию о пресмыкающихся непосредственно на нынешней территории Ащиевского заказника в литературных и интернет-источниках найти не удалось. В естественно-научном обосновании создания ГПР «Бокейорда» [15] указано, что фауна рептилий исследуемого региона изучена недостаточно. Авторы обоснования сообщили, что ими здесь зарегистрированы пресмыкающиеся четырех видов (разноцветная ящурка, прыткая ящерица, водяной уж, степная гадюка). При этом они обозначили прыткую ящерицу и степную гадюку как широко распространенные виды пресмыкающихся, подчеркнув, что на территории резервата не обитают виды рептилий, занесенные в Красную книгу Казахстана. В публикации [16] сообщалось, что на проектируемой под резерват территории из пресмыкающихся обыкновенны в степи разноцветная ящурка, прыткая ящерица, степная гадюка.

Перейдем к публикациям, в которых указаны координаты встреч.

В.Ю. Ильин и соавторы [17: 22] отметили в августе 1991 г. «*L. agilis*» (прыткую ящерицу *Lacerta agilis*) и «*V. ursini*» (восточную степную гадюку *Vipera renardi*, которая в конце XX в. признавалась многими герпетологами подвидом степной гадюки *V. ursinii*) в пункте, находящемся сейчас на участке «Аралсор» ГПР «Бокейорда» – «49°00' 48°10'». Относительная численность видов оценена в 120 и 10 ос./га, доля молодых особей – 70,8 и 100% соответственно. В Зоологическом музее Саратовского университета хранится экземпляр восточной степной гадюки, добытый в этой экспедиции: «№ 61/269. 15.08.1991 г. 1 М. ad. Казахстан, Западно-Казахстанская обл., Урдинский р-н, окрестности оз. Аралсор. Д.Г. Смирнов» [18: 55].

На территории Жангалинского района ЗКО один экземпляр песчаного удавчика был пойман и сфотографирован 15.05.2012 г. в 13.00 часов в песках Нарынкум, у зимовки Балгазы (50°02'34,7''N, 48°37'24,4''E) [19: 22]. Место поимки удавчика находится теперь на участке «Жанакала» ГПР «Бокейорда».

К.М. Ахмеденов и соавторы [20: 94] опубликовали даты и координаты встреч таковой крупной

глоголовки *Phrynocephalus helioscopus* (Pallas, 1771) на территории будущего участка «Аралсор» ГПР «Бокейорда». Эти встречи относятся к июню 2018 г. («48°58.129'N, 48°20.446'E»; «48°57.533'N, 48°20.563'E») и к июлю 2021 г. («49°17.256'N, 48°14.048'E»).

В ходе наших экспедиционных исследований мы встретили пресмыкающихся еще в 57

пунктах, кроме отмеченных выше (таблица). Всего пресмыкающиеся зарегистрированы в 62 пунктах (рисунок), из которых 14 пунктов (№№ 1–12, 17, 18) относятся к Ашиозекскому заказнику, 44 пункта (№№ 13–16, 19–58) к участку «Аралсор» ГПР «Бокейорда» и четыре пункта (№№ 59–62) к участку «Жанакала» ГПР «Бокейорда».

Таблица – Номера пунктов (ранжированы по возрастанию с севера на юг), даты, координаты и источники информации встреч рептилий

Номер пункта	Виды	Дата	Координаты		Источник информации
			N	E	
1	узорчатый полоз	06.05.2025	49.748475	48.056888	наши данные
2	прыткая ящерица	06.05.2025	49.743919	48.062644	наши данные
3	обыкновенный уж	06.05.2025	49.742317	47.982655	наши данные
4	прыткая ящерица, узорчатый полоз	06.05.2025	49.740748	48.056651	наши данные
5	обыкновенный уж	06.05.2025	49.720759	47.910453	наши данные
6	прыткая ящерица	06.05.2025	49.710974	47.890144	наши данные
7	прыткая ящерица	06.05.2025	49.696523	48.021213	наши данные
8	обыкновенный уж	06.05.2025	49.656396	47.994054	наши данные
9	разноцветная ящурка	06.05.2025	49.652921	47.991746	наши данные
10	разноцветная ящурка	06.05.2025	49.63958	47.983753	наши данные
11	прыткая ящерица, обыкновенный уж, восточная степная гадюка	06.05.2025	49.626494	47.973726	наши данные
12	разноцветная ящурка	06.05.2025	49.622944	47.967834	наши данные
13	восточная степная гадюка	28.06.2023	49.617322	48.083261	наши данные
14	восточная степная гадюка	28.06.2023	49.604878	48.076811	наши данные
15	восточная степная гадюка	29.06.2023	49.603481	47.891403	наши данные
16	прыткая ящерица	26.03.2023	49.600204	48.084820	наши данные
17	обыкновенный уж	06.05.2025	49.57245	47.937798	наши данные
18	обыкновенный уж	06.05.2025	49.569795	48.217875	наши данные
19	разноцветная ящурка, прыткая ящерица, восточная степная гадюка	06.05.2025	49.551954	48.201144	наши данные
20	восточная степная гадюка	06.05.2025	49.543366	48.203075	наши данные
21	прыткая ящерица, обыкновенный уж	06.05.2025	49.542066	48.13076	наши данные
22	разноцветная ящурка, прыткая ящерица	06.05.2025	49.528488	48.208131	наши данные
23	прыткая ящерица	06.05.2025	49.519565	48.00368	наши данные
24	обыкновенный уж	28.03.2023	49.468558	48.040633	наши данные
25	такырная круглоголовка	03.07.2021	49.287600	48.234133	[20]
26	восточная степная гадюка	20.04.2023	49.09289	48.11395	наши данные
27	разноцветная ящурка	01.05.2023	49.062667	48.244328	наши данные
28	прыткая ящерица, узорчатый полоз	01.05.2023	49.061822	48.241556	наши данные

Продолжение таблицы

Номер пункта	Виды	Дата	Координаты		Источник информации
			N	E	
29	прыткая ящерица	01.05.2023	49.033506	48.250439	наши данные
30	прыткая ящерица	12.06.2018	49.01298	48.17925	наши данные
31	восточная степная гадюка	12.06.2018	49.01258	48.18001	наши данные
32	прыткая ящерица	12.06.2018	49.01180	48.17957	наши данные
33	прыткая ящерица, восточная степная гадюка	12.06.2018	49.01164	48.18188	наши данные
34	восточная степная гадюка	12.06.2018	49.01087	48.18304	наши данные
35	прыткая ящерица	12.06.2018	49.00873	48.18118	наши данные
36	прыткая ящерица	12.06.2018	49.00411	48.18211	наши данные
37	разноцветная ящурка	12.06.2018	49.00297	48.18093	наши данные
38	прыткая ящерица, восточная степная гадюка	08.1991	49.0	48.166667	[17]
39	прыткая ящерица	27.04.2022	48.995812	48.188308	наши данные
40	прыткая ящерица	27.04.2022	48.992274	48.193366	наши данные
41	восточная степная гадюка	27.04.2022	48.983335	48.166045	наши данные
42	восточная степная гадюка	12.06.2018	48.975861	48.343222	наши данные
43	восточная степная гадюка	12.06.2018	48.972243	48.345057	наши данные
44	такрынная круглоголовка	12.06.2018	48.970253	48.345743	наши данные
45	такрынная круглоголовка	12.06.2018	48.968817	48.340767	[20]
46	разноцветная ящурка	27.04.2022	48.965052	48.369528	наши данные
47	такрынная круглоголовка	12.06.2018	48.96481	48.34898	наши данные
48	разноцветная ящурка	12.06.2018	48.96445	48.34662	наши данные
49	прыткая ящерица	27.04.2022	48.960533	48.359887	наши данные
50	такрынная круглоголовка	12.06.2018	48.959217	48.342717	[20]
51	разноцветная ящурка	12.06.2018	48.95868	48.35139	наши данные
52	разноцветная ящурка, прыткая ящерица	12.06.2018	48.95857	48.35212	наши данные
53	разноцветная ящурка	27.04.2022	48.957407	48.352206	наши данные
54	разноцветная ящурка	12.06.2018	48.95672	48.34778	наши данные
55	разноцветная ящурка, прыткая ящерица, узорчатый полоз	27.04.2022	48.95360	48.350416	наши данные
56	узорчатый полоз	12.06.2018	48.94576	48.24164	наши данные
57	разноцветная ящурка, восточная степная гадюка	27.04.2022	48.945576	48.32456	наши данные
58	степная гадюка	27.04.2022	48.941111	48.292383	наши данные
59	разноцветная ящурка	17.08.2023	48.888086	49.908417	наши данные
60	разноцветная ящурка	29.04.2022	48.677864	50.548356	наши данные
61	ушастая круглоголовка, разноцветная ящурка	29.04.2022	48.651186	50.563873	наши данные
62	песчаный удавчик	15.05.2012	48.640362	49.676955	[19]

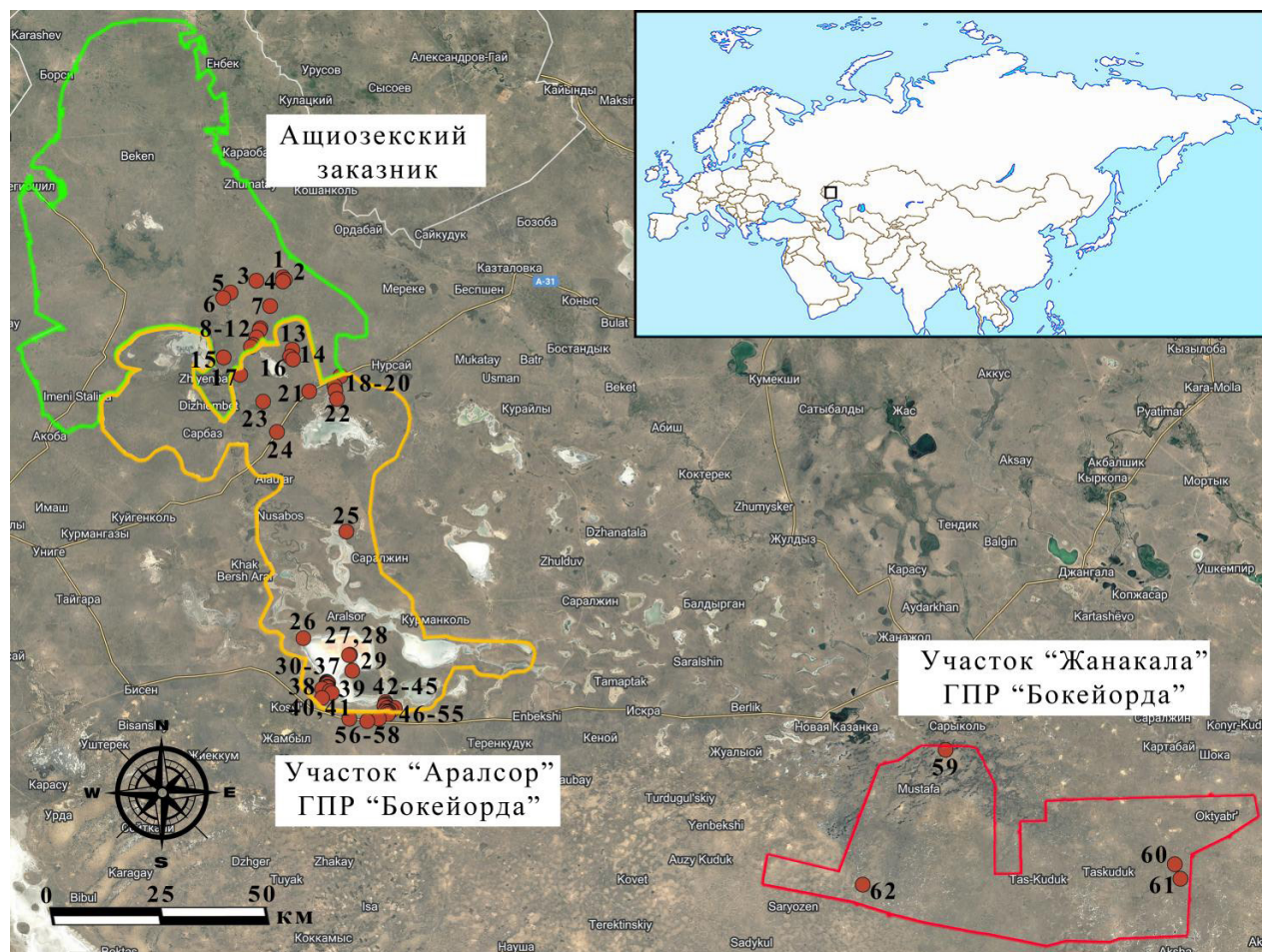


Рисунок – Места встреч пресмыкающихся в Ащииозекском заказнике и природном резервате «Бокейорда» (номера пунктов соответствуют номерам в таблице)

Такырная круглоголовка *Phrynoscephalus helioscopus* встречена на участке «Аралсор» ГПР «Бокейорда» (пункты 25, 44, 45, 47, 50). Ушастая круглоголовка *Phr. mystaceus* встречена на участке «Жанакала» ГПР «Бокейорда» (пункт 61). Разноцветная ящурка *Eremias arguta* встречена в Ащииозекском заказнике (пункты 9, 10, 12), на участке «Аралсор» ГПР «Бокейорда» (пункты 19, 22, 27, 37, 46, 48, 51–55, 57) и на участке «Жанакала» ГПР «Бокейорда» (пункты 59–61). Пряткая ящерица *Lacerta agilis* встречена в Ащииозекском заказнике (пункты 2, 4, 6, 7, 11) и на участке «Аралсор» ГПР «Бокейорда» (пункты 16, 19, 21–23, 28–30, 32, 33, 35, 36, 38–40, 49, 52, 55). Песчаный удавчик *Eryx miliaris* встречен на участке «Жанакала» ГПР «Бокейорда» (пункт 62). Обыкновенный уж *Natrix natrix* встречен в Ащииозекском заказнике (пункты 3, 5, 8, 11, 17, 18) и на участке «Аралсор» ГПР «Бокейорда» (пункты 21, 24). Узорчатый полоз

Elaphe dione встречен в Ащииозекском заказнике (пункты 1, 4) и на участке «Аралсор» ГПР «Бокейорда» (пункты 28, 55, 56). Восточная гадюка *Vipera renardi* встречена в Ащииозекском заказнике (пункт 11) и на участке «Аралсор» ГПР «Бокейорда» (пункты 13–15, 19, 20, 26, 31, 33, 34, 38, 41–43, 57, 58).

Водяной уж *Natrix tessellata* нами на обследованных ООПТ не обнаружен. Данный вид, видимо, ошибочно был отмечен на территории будущего ГПР «Бокейорда» предыдущими исследователями [15]. Полагаем, что эти исследователи перепутали его с обыкновенным ужом *Natrix natrix*, поскольку последний вид в их естественно-научном обосновании создания ГПР «Бокейорда» не упомянут.

Результаты инвентаризации герпетофауны переданы в отдел науки, информации и экологического мониторинга природного резервата «Бокейорда» рамках договора о сотрудничестве

между РГУ «Государственный природный резерват «Бокейорда» и НАО «Западно-Казахстанский университет имени Махамбета Утемисова» от 26 августа 2022 г.

Дана рекомендация: при мониторинге животных Ащиевского заказника и ГПР «Бокейорда» учитывать следующие пять новых видов рептилий – такырную круглоголовку, ушастую круглоголовку, узорчатого полоза, песчаного удавчика и обыкновенного ужа. Ранее при учетных работах фиксировались только четыре вида рептилий: прыткая ящерица, разноцветная ящурка, водяной уж и обыкновенная гадюка. При этом ошибочно, как мы указывали выше, за водяного ужа принимался обыкновенный уж; восточная степная гадюка же называлась в отчетных документах на казахском языке «Кәдімгі сұржылан», что переводится на русский как «Обыкновенная гадюка». При этом указывалось научное название вида на латинском языке не обыкновенной гадюки (*Vipera berus*), а восточной степной гадюки (*Vipera renardi*).

Заключение

Таким образом, фауна рептилий Ащиевского заказника достоверно включает разноцветную ящурку, прыткую ящерицу, обыкновенного ужа, узорчатого полоза и восточную степную гадюку. Фауна рептилий участка «Аралсор» ГПР «Бокейорда» включает такырную круглоголовку, разноцветную ящурку, прыткую ящерицу, обыкновенного ужа, узорчатого полоза и восточную степную гадюку. Фауна рептилий участка «Жанакала» ГПР «Бокейорда» включает ушастую круглоголовку, разноцветную ящурку, песчаного удавчика.

Список видов рептилий Ащиевского заказника и ГПР «Бокейорда» дополнен нами чертырьмя видами, которые ранее не были отмечены в естественно-научном обосновании создания данного ООПТ и научных публикациях: это – такырная круглоголовка, ушастая

круглоголовка, обыкновенный уж и узорчатый полоз.

Следует учитывать, что главная задача Ащиевского заказника и ГПР «Бокейорда» – сохранение уральской популяции сайгака. В связи с этим можно отметить следующее.

Рептилии фауны обоих ООПТ могут служить паратеническими (резервуарными) хозяевами нематод – паразитов копытных. Так у обыкновенного ужа и прыткой ящерицы были обнаружены личинки нематод семейства Protostrongylidae [21–24]. С одной стороны рептилии участвуют в сохранении инвазионного начала в биоценозе, с другой – по-видимому являются экологическим тупиком для этих личинок, поскольку передача личинок от рептилий к копытным маловероятна (за исключением кабанов).

Укус восточной степной гадюки, возможно, представляет опасность для сайгака, особенно для новорожденных и истощенных особей. Однако никакой информации об укусах гадюками сайгаков нам найти не удалось.

Нападающие на сайгака хищники – волк (единственный хищник, нападающий на взрослых сайгаков), лисица, степной орел, беркут, ворон – являются потребителями и пресмыкающихся [25, 26].

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (проект № AP19675960).

Благодарим РГУ «Государственный природный резерват «Бокейорда» за содействие в осуществлении полевых научно-исследовательских работ на территории государственного природного резервата «Бокейорда» и заказника «Ащиевск».

Конфликт интересов. Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Литература

1. Об одобрении Республикой Казахстан Конвенции о биологическом разнообразии и организации выполнения предусмотренных ею обязательств. Постановление Кабинета Министров Республики Казахстан от 19 августа 1994 г. N 918 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P940000918_
2. О создании Ащиевского государственного природного заказника республиканского значения и республиканского государственного учреждения «Государственный природный резерват «Бокейорда» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан». Постановление Правительства Республики Казахстан от 25 мая 2022 года № 330 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200000330>

3. Kati V., Fougopoulos J., Ioannidis Y., Papaioannou H., Poirazidis K., Lebrun Ph. Diversity, ecological structure and conservation of herpetofauna in a Mediterranean area (Dadia National Park, Greece) // *Amphibia-Reptilia*. – 2007. – Vol. 28. – P. 517-529.
4. Kadafi A. M., Fatiqin A., Priambodo B., Firmansyah R., Aji F. D. N., Widodo T. W., Gunawan, Permana D., Adiba F. Y., Ristanto Y. Herpetofauna Diversity and Conservation Value in The Mountain Ecosystems of Gunung Sigogor and Gunung Picis Nature Reserve, East Java, Indonesia // *Biotropika: Journal of Tropical Biology*. – 2024. – Vol. 12. – N. 3. – P. 128-137. <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2024.012.03.03>
5. Greenbaum E., Carr J. L. The herpetofauna of Upper Niger National Park, Guinea, West Africa // *Scientific Papers. Natural History Museum. The University of Kansas*. – 2005. – N. 37. – P. 1-21. <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/8470>
6. Leo S., Suherman M., Permatasari A., Suganda D., Zulamri, Winarni N. L. Herpetofauna diversity in Zamrud National Park, Indonesia: baseline checklist for a Sumatra peat swamp forest ecosystem // *Amphibian and Reptile Conservation*. – 2020. – Vol. 14. – N. 2. – P. 250-263. <https://archive.org/details/biostor-286479/page/n13/mode/2up>
7. Le D. T., Lo N. T., Tran H. N. Biodiversity and composition of the herpetofauna from the Tien Hai Wetland Nature Reserve, North Vietnam // *Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics*. – 2020. – Vol. 3. – Issue 2. – P. 116-121. <https://doi.org/10.5455/jabet.2020.d115>
8. Reeves B., Mdoko S., Douglas A., Conradie W. Herpetological survey of The Island Nature Reserve in Nelson Mandela Bay Municipality, Eastern Cape Province, South Africa // *Herpetology Notes*. – 2021. – Vol. 14. – P. 1087-1099.
9. Shahriza S., Ibrahim J., Shahrl Anuar M. S., Abdul Muin M. A. Herpetofauna of Peta Area of Endau-Rompin National Park, Johor, Malaysia // *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. – 2012. – Vol. 35 – N. 3. – P. 553-567.
10. Do M.S., Son S.-J., Choi G., Yoo N., Kim D., Koo K.-S., Nam H.-K. The establishment of ecological conservation for herpetofauna species in hotspot areas of South Korea // *Scientific Reports*. – 2022. – Vol. 12. – Article number 14839. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19129-0>
11. Ullah A., Nadeem M. S., Ahmed W., Rehan, S. Conservation challenges and hope: A study on herpeto-fauna in the Totalai Game Reserve (District Buner) in Khyber Pakhtunkhwa's Pakistan. *Sustainability and Biodiversity Conservation*. – 2025. – Vol. 4. – N. 1. – P. 22-31. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14962317>
12. Дуйсебаева Т. Н., Архипов Е. В., Балташева С. Ж. На стыке лесов и степей: герпетофауна ГНПП «Бурабай» и задачи ее изучения // *Инновации в сохранении и устойчивом развитии лесных экосистем.* – Пос. Бурабай, Акмолинская обл-ка, Казахстан, 2020. – С. 216-220.
13. Пестов М. В., Нурмухамбетов Ж. Е. Амфибии и рептилии Устьюртского государственного заповедника (Казахстан) // *Selevinia*. – 2012. – Т. 20. – С. 77-82.
14. Bakiev A. G., Gorelov R. A., Klenina A. A. Post-fire abundance and age composition dynamics of *Lacerta agilis* (Reptilia, Lacertidae) in the Orenburg State Nature Reserve (Russia) // *Nature Conservation Research*. – 2019. – Vol. 4. – Suppl. 1. – P. 105-109. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2019.047>
15. Карагойшин Ж., Ахмеденов К., Рамазанов С., Салихов Т., Галимов М., Светлаков В. Естественное обоснование создания Государственного природного резервата «Бокейорда». – Астана, 2012. – 104 с.
16. Карагойшин Ж. М., Ахмеденов К. М., Салихов Т. К., Асылбеков А. Д., Агажаева А. К., Рамазанов С. К. Комплексная характеристика проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области // *Материалы VI международного симпозиума «Степи Северной Евразии и VIII международной школы-семинара «Геоэкологические проблемы степных регионов».* – Оренбург, 2012. – С. 363-369.
17. Ильин В. Ю., Смирнов Д. Г., Титов С. В. Стационная приуроченность и относительная численность пресмыкающихся в полупустыне Западного Казахстана // *Первая конференция герпетологов Поволжья: Тезисы докладов.* – Тольятти, 1995. – С. 20–22.
18. Завьялов Е. В., Табачишин В. Г., Шляхтин Г. В., Кайбелева Э. И., Мосолова Е. Ю., Табачишина И. Е., Якушев Н. Н. Фондовые коллекции в системе мониторинга герпетофауны / *Каталогизация зоологических коллекций.* – Вып. 2. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2006. – 96 с.
19. Ахмеденов К. М., Карагойшин Ж. М. О новых находках песчаного удавчика (*Eryx miliaris* Pallas, 1773) на западе Казахстана // *Вестник Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева.* – 2017. – № 6, II часть. – С. 20–26.
20. Ахмеденов К. М., Бакиев А.Г., Мухамбетова У. С. Распространение *Phrynocephalus helioscopus* (Pallas, 1771) (Agamidae, Reptilia) в Западно-Казахстанской и Атырауской областях Республики Казахстан // *Современная герпетология.* – 2021. – Т. 21. – Вып. 3/4. – С. 91-100. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2021-21-3-4-91-100>
21. Шарпило В. П. Паразитические черви пресмыкающихся фауны СССР. – Киев: Наукова думка. – 1976. – 287 с.
22. Lewin J. Parasitic worms in a slowworm (*Anguis fragilis* L.) population from the Bieszczady Mountains (Poland) // *Acta Parasitologica Polonica*. – 1990. – Vol. 35. – N. 3. – P. 207-215.
23. Kirillov A.A., Kirillova N. Yu., Ruchin A. B., Fayzulin A. I., Shchenkov S. V. Diversity of Helminths of Reptiles (Serpentes and Lacertilia) in the Middle Volga Region (European Russia) // *Diversity*. – 2025. – Vol. 17, 380. <https://doi.org/10.3390/d17060380>
24. Kirillov A. A., Kirillova N. Y., Ruchin A. B., Vekhnik V. A. Helminths of reptiles (Reptilia) in the Middle Volga Region (European Russia). Institute of Ecology of the Volga river basin of Russian Academie of Sciences. – 2025. – Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/yntugs> accessed via GBIF.org on 2025-06-09
25. Гаранин В.И. Амфибии и рептилии в питании позвоночных // *Природные ресурсы Волжско-Камского края. Животный мир.* – Вып. 4 – Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 1976. – С. 86-111.
26. Бакиев А. Г. Змеи Волжского бассейна в питании позвоночных животных // *Современная герпетология* – 2007. – Т. 7, вып. 1/2. – С. 124-132.

References

1. Ob odobrenii Respublikoy Kazakhstan Konventsii o biologicheskom raznoobrazii i organizatsii vypolneniya predusmotrennykh yeyu obyazatel'stv. Postanovleniye Kabineta Ministrov Respubliki Kazakhstan ot 19 avgusta 1994 g. N 918 [On the approval by the Republic of Kazakhstan of the Convention on Biological Diversity and the organization of the fulfillment of the obligations provided for by it. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Kazakhstan dated August 19, 1994 N 918]: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P940000918> (In Russian).
2. O sozdanii Ashchiozetskogo gosudarstvennogo prirodnogo zakaznika respublikanskogo znacheniya i respublikanskogo gosudarstvennogo uchrezhdeniya "Gosudarstvennyy prirodnyy rezervat "Bokeyorda" Komiteta lesnogo khozyaystva i zhivotnogo mira Ministerstva ekologii, geologii i prirodnnykh resursov Respubliki Kazakhstan" [On the establishment of the Ashiozek State Nature Reserve of Republican significance and the Republican State Institution "Bokeyorda State Nature Reserve" of the Committee for Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. Postanovleniye Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 25 maya 2022 goda № 330]: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200000330> (In Russian).
3. Kati V., Foutopoulos J., Ioannidis Y., Papaioannou H., Poirazidis K. and Lebrun Ph. Diversity, ecological structure and conservation of herpetofauna in a Mediterranean area (Dadia National Park, Greece). *Amphibia-Reptilia*. 2007. 28: 517-529.
4. Kadafi A. M., Fatiqin A., Priambodo B., Firmansyah R., Aji F. D. N., Widodo T. W., Gunawan, Permana D., Adiba F. Y. and Ristanto Y. Herpetofauna Diversity and Conservation Value in The Mountain Ecosystems of Gunung Sigogor and Gunung Picis Nature Reserve, East Java, Indonesia. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*. 12, 3 (2024): 128-137 <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2024.012.03.03>
5. Greenbaum E. and Carr J. L. The herpetofauna of Upper Niger National Park, Guinea, West Africa. *Scientific Papers. Natural History Museum. The University of Kansas*. 37 (2005): 1-21 <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/8470>
6. Leo S., Suherman M., Permatasari A., Suganda D., Zulamri and Winarni N. L. Herpetofauna diversity in Zamrud National Park, Indonesia: baseline checklist for a Sumatra peat swamp forest ecosystem. *Amphibian and Reptile Conservation*. 14, 2 (2020): 250-263 <https://archive.org/details/biostor-286479/page/n13/mode/2up>
7. Le D. T., Lo N. T. and Tran H. N. Biodiversity and composition of the herpetofauna from the Tien Hai Wetland Nature Reserve, North Vietnam *Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics* 3, 2 (2020): 116-121 <https://doi.org/10.5455/jabet.2020.d115>
8. Reeves B., Mdoko S., Douglas A. and Conradie W. Herpetological survey of The Island Nature Reserve in Nelson Mandela Bay Municipality, Eastern Cape Province, South Africa *Herpetology Notes* 14 (2021): 1087-1099.
9. Shahrizi S., Ibrahim J., Shahrul Anuar M. S. and Abdul Muin M. A. Herpetofauna of Peta Area of Endau-Rompin National Park, Johor, Malaysia *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 35, 3 (2012): 553-567.
10. Do M.S., Son S.-J., Choi G., Yoo N., Kim D., Koo K.-S. and Nam H.-K. The establishment of ecological conservation for herpetofauna species in hotspot areas of South Korea *Scientific Reports* 12, 14839 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19129-0>
11. Ullah A., Nadeem M. S., Ahmed W. and Rehan, S. Conservation challenges and hope: A study on herpetofauna in the Totalai Game Reserve (District Buner) in Khyber Pakhtunkhwa's Pakistan *Sustainability and Biodiversity Conservation* 4, 1 (2025): 22-31. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14962317>
12. Duysebayeva T. N., Arkhipov Ye. V. and Baltasheva S. Zh. Na styke lesov i stepey: gerpetofauna GNPP «Burabay» i zadachi yeye izucheniya [At the junction of forests and steppes: herpetofauna of the Burabay State National Nature Park and the tasks of its study] *Innovatsii v sokhraneni i ustoychivom razviti lesnykh ekosistem. – Pos. Burabay, Akmolinskaya oblast', Kazakhstan*, 2020: 216-220 (In Russian)
13. Pestov M. V. and Nurmukhambetov Zh. Ye. Amfibii i reptilii Ustyurtskogo gosudarstvennogo zapovednika (Kazakhstan) [Amphibians and reptiles of the Ustyurt State Reserve (Kazakhstan)] *Selevinia* 20 (2012): 77-82 (In Russian)
14. Bakiev A. G., Gorelov R. A. and Klenina A. A. Post-fire abundance and age composition dynamics of *Lacerta agilis* (Reptilia, Lacertidae) in the Orenburg State Nature Reserve (Russia) *Nature Conservation Research* 4, 1. (2019): 105-109 <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2019.047>
15. Karagoysheyn Zh., Akhmedenov K., Ramazanov S., Salikhov T., Galimov M. and Svetlakov V. Yestestvenno-nauchnoye obosnovaniye sozdaniya Gosudarstvennogo prirodnogo rezervata «Bokeyorda» [Natural-scientific substantiation of the creation of the State Nature Reserve "Bokeyorda"] Astana, 2012 (In Russian)
16. Karagoysheyn Zh.M., Akhmedenov K.M., Salikhov T.K., Asylbekov A.D., Agazhaeva A.K. and Ramazanov S.K. Kompleksnaya kharakteristika proyektiruyemogo gosudarstvennogo prirodnogo rezervata «Bokeyorda» Zapadno-Kazakhstanskoy oblasti [Comprehensive characteristics of the planned state nature reserve "Bokeyorda" of the West Kazakhstan region] Proceedings of the VI international symposium "Steppes of Northern Eurasia and the VIII international school-seminar "Geoecological problems of steppe regions". – Orenburg, 2012: 363-369 (In Russian)
17. Ilyin V. Yu., Smirnov D. G. and Titov S. V. Statsial'naya priurochennost' i otnositel'naya chislennost' presmykayushchikhsya v polupustyne Zapadnogo Kazakhstana [Stationary confinement and relative abundance of reptiles in the semi-desert of Western Kazakhstan] First Conference of Herpetologists of the Volga Region: Abstracts of Reports. – Togliatti, 1995: 20–22 (In Russian)
18. Zavyalov E. V., Tabachishin V. G., Shlyakhtin G. V., Kaibeleva E. I., Mosolova E. Yu., Tabachishina I. E. and Yakushev N. N. Fondovyye kollektzii v sisteme monitoringa gerpetofauny / Katalogizatsiya zoologicheskikh kollektsiy. – Vypusk 2 [Stock collections in the herpetofauna monitoring system / Cataloguing of zoological collections. – Issue 2] Saratov: Publishing House of Saratov University, 2006 (In Russian)
19. Akhmedenov K. M. and Karagoysheyn Zh. M. [On new finds of the sand boa (*Eryx miliaris* Pallas, 1773) in western Kazakhstan] *Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University* 6, II (2017): 20-26 (In Russian)

20. Akhmedenov K. M., Bakiev A. G. and Mukhambetova U. S. Rasprostraneniye *Phrynocephalus helioscopus* (Pallas, 1771) (Agamidae, Reptilia) v Zapadno-Kazakhstanskoy i Atyrauskoy oblastiakh Respubliki Kazakhstan [Distribution of *Phrynocephalus helioscopus* (Pallas, 1771) (Agamidae, Reptilia) in the West Kazakhstan and Atyrau regions of the Republic of Kazakhstan] *Sovremennaya gerpetologiya* 21, 3/4. (2021): 91-100 (In Russian) <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2021-21-3-4-91>
21. Sharpilo V. P. Paraziticheskiye chervi presmykayushchikhsya fauny SSSR [Parasitic worms of reptiles of the USSR fauna] Kiyev: Naukova dumka, 1976 (In Russian)
22. Lewin J. Parasitic worms in a slowworm (*Anguis fragilis* L.) population from the Bieszczady Mountains (Poland) *Acta Parasitologica Polonica*. 35, 3 (1990): 207-215.
23. Kirillov A. A., Kirillova N. Yu., Ruchin A. B., Fayzulin A. I. and Shchenkov S. V. Diversity of Helminths of Reptiles (Serpentes and Lacertilia) in the Middle Volga Region (European Russia) *Diversity* 17, 380 (2025) <https://doi.org/10.3390/d17060380>
24. Kirillov A. A., Kirillova N. Y., Ruchin A. B. and Vekhnik V. A. Helminths of reptiles (Reptilia) in the Middle Volga Region (European Russia). Institute of Ecology of the Volga river basin of Russian Academie of Sciences (2025) Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/yntugs> accessed via GBIF.org on 2025-06-09
25. Garanin V. I. Amfibii i reptilii v pitanii pozvonochnykh [Amphibians and reptiles in the nutrition of vertebrates] Prirodnyye resursy Volzhsko-Kamskogo kraya. Zhivotnyy mir. Vypusk 4. Kazan': Izdatel'stvo Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta, 1976: 86-111 (In Russian)
26. Bakiev A. G. Zmei Volzhskogo basseyna v pitanii pozvonochnykh zhivotnykh [Snakes of the Volga basin in the diet of vertebrates] *Sovremennaya gerpetologiya* 7, 1/2 (2007): 124-132 (In Russian) https://www.zin.ru/societies/nhs/curstudherp/content/2007/CurStudHerp_2007_1-2_124-132.pdf

Сведения об авторах:

Ахмеденов Кажмурат Максutowич – к. г. н., профессор, проректор по научной работе и международным связям Западно-Казакштанского университета им. Махамбета Утемисова (Уральск, Казахстан, e-mail: kazhmurat78@mail.ru);

Бакиев Андрей Геннадьевич – к. б. н., старший научный сотрудник лаборатории зоологии и паразитологии Института экологии Волжского бассейна Российской академии наук Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Тольятти, Россия, e-mail: herpetology@list.ru);

Кузовенко Александр Евгеньевич – к. б. н., заместитель директора по развитию и научно-просветительской работе Самарского зоопарка (Самара, Россия, e-mail: prirodnick@yandex.ru);

Кленина Анастасия Александровна – к. б. н., научный сотрудник лаборатории зоологии и паразитологии Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Тольятти, Россия, e-mail: colubrida@yandex.ru);

Кишибекова Асель Болатовна – магистр, эксперт отдела науки и послевузовской подготовки Западно-Казакштанского университета им. Махамбета Утемисова (Уральск, Казахстан, e-mail: aselek_kb92@mail.ru).

Авторлар туралы мәлімет:

Ахмеденов К.М. – география ғылымдарының кандидаты, профессор, Махамбет Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университетінің ғылыми жұмыс және халықаралық байланыстар жөніндегі проректоры (Орал, Қазақстан, e-mail: kazhmurat78@mail.ru)

Бакиев А.Г. – биология ғылымдарының кандидаты, Ресей Ғылым академиясының Самара федералды зерттеу орталығының зоология және паразитология зертханасының аға ғылыми қызметкері (Тольятти, Ресей, e-mail: herpetology@list.ru)

Кузовенко А.Е. – биология ғылымдарының кандидаты, Самара хайуанаттар бағы директорының даму және ғылыми-ағарту жұмыс жөніндегі орынбасары (Самара, Ресей, e-mail: prirodnick@yandex.ru)

Кленина А.А. – биология ғылымдарының кандидаты, Ресей Ғылым академиясының Самара федералды зерттеу орталығының зоология және паразитология зертханасының ғылыми қызметкері (Тольятти, Ресей, e-mail: colubrida@yandex.ru)

Кишибекова А.Б. – магистр, Махамбет Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университетінің ғылым және жоғары оқу орнынан кейінгі дайындық бөлімінің сарапшысы (Орал, Қазақстан, e-mail: aselek_kb92@mail.ru)

Information about authors:

Akhmedenov K. M. – Candidate of Geographical Sciences, Professor, Vice-rector for Research and International Relations of the Makhambet Utemisov West Kazakhstan University (Uralsk, Kazakhstan, e-mail: kazhmurat78@mail.ru)

Bakiev A. G. – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Zoology and Parasitology of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Tolyatti, Russia, e-mail: herpetology@list.ru)

Kuzovenko A. E. – Candidate of Biological Sciences, Deputy Director for Development and Scientific and Educational Work of the Samara Zoo (Samara, Russia, e-mail: prirodnick@yandex.ru)

Klenina A. A. – Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Laboratory of Zoology and Parasitology of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Tolyatti, Russia, e-mail: colubrida@yandex.ru)

Kishibekova A. B. – Master's degree, expert of the Department of Science and Postgraduate Education of the Makhambet Utemisov West Kazakhstan University (Uralsk, Kazakhstan, e-mail: aselek_kb92@mail.ru)

Поступила 11 августа 2025 года
Принята 29 сентября 2025 года

Л.А. Димеева¹, Ж.К. Салмуханбетова^{1, 2*}

¹Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

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

ПРИРОДНАЯ И АНТРОПОГЕННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ПОЛЫНИ БЕЛОЗЕМЕЛЬНОЙ (*ARTEMISIA TERRAE-ALBAE* KRASCH.) В СЕВЕРНОМ ПРИАРАЛЬЕ

В статье рассмотрены динамические процессы, происходящие в зональных белоземельно-полюнных сообществах Северного Приаралья. Выявлены природные и антропогенные факторы динамики. Конассоциация Б.А. Быкова выбрана в качестве ключевого понятия для иллюстрации коренных и переменных состояний растительности в пределах генетически однородной территории. Коренная ассоциация – эфемероидно-белоземельнополюнная с итсигеком (*Artemisia terrae-albae* Krasch., *Anabasis aphylla* L., *Rheum tataricum* L.f., *Poa bulbosa* L., *Catabrosella humilis* (M.Bieb.) Tzvelev). Природная динамика белоземельнополюнников определяется эндоэкогенетическими сукцессиями, обусловленными жизнедеятельностью доминантов и субдоминантов сообществ и экзогенными сукцессиями, связанными с локальной эрозией почвы и появлением микропонижений с ковыльными микроценозами (*Stipa sareptana* A.K.Becker, *S. lessingiana* Trin. & Rupr.).

Антропогенная динамика вызвана пастбищной и дорожной дигрессией. При выпасе доминантная роль полыни белоземельной переходит к итсигеку (*Anabasis aphylla*) – индикатору нарушений. Дорожная дигрессия приводит к замене коренных сообществ на однолетнесолянковые, эфемеровые, горцевые (*Polygonum aviculare* L.) группировки и проценозы на техногенном рельефе. Природно-антропогенный характер имеют смены белоземельнополюнников на мятликовые (*Poa bulbosa*) сообщества. Освобождение экологических ниш для внедрения мятлика происходит под воздействием выпаса, формирования сети полевых дорог и гибели полыни в результате естественного старения. Выявленные закономерности природной и антропогенной динамики представляют собой основу для разработки мероприятий по рациональному природопользованию и ресурсному освоению территории.

Ключевые слова: сукцессия, конассоциация, зональная растительность, *Poa bulbosa*, дигрессия, экологическая ниша.

L.A. Dimeyeva¹, Zh.K. Salmukhanbetova^{1, 2*}

¹Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

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

Natural and anthropogenic dynamics of *Artemisia terrae-albae* Krasch. communities in the Northern Aral region

The article examines the dynamic processes occurring in the zonal *Artemisia terrae-albae* Krasch. communities of the Northern Aral region. Factors of natural and anthropogenic dynamics have been identified. B.A. Bykov's con-association was chosen as a key concept to illustrate the indigenous and variable vegetation conditions within a genetically homogeneous territory. The natural association is ephemeroïd-sagebrush with *Anabasis aphylla* L. (*Artemisia terrae-albae*, *Rheum tataricum* L.f., *Poa bulbosa* L., *Catabrosella humilis* (M.Bieb.) Tzvelev). The natural dynamics of *Artemisia terrae-albae* communities is determined by endoecogenetic successions caused by the vital activity of dominants and subdominants of communities and exogenous successions associated with local soil erosion and the appearance of micro-depressions with *Stipa sareptana* A.K.Becker and *S. lessingiana* Trin. & Rupr. microceneses.

Anthropogenic dynamics is caused by pasture and road digression. During grazing, the dominant role *Artemisia terrae-albae* passes to *Anabasis aphylla*, an indicator of disturbance. Road digression leads to the replacement of natural communities by annual saltwort, ephemeral, *Polygonum aviculare* L. aggregations and procenoses on a technogenic relief. The change of *Artemisia terrae-albae* to *Poa bulbosa* communities has a mixed natural and anthropogenic origin. The release of ecological niches for the colonization of *Poa bulbosa* occurs as a result of grazing, the formation of field roads and the death

of *Artemisia terrae-albae* as a result of natural aging. The revealed patterns of natural and anthropogenic dynamics form the basis for the development of measures for sustainable use and development of natural resources of the territory.

Keywords: succession, conassociation, zonal vegetation, *Poa bulbosa*, digression, ecological niche.

Л.А. Димеева¹, Ж.К. Салмуханбетова^{1, 2*}

¹Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

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

Солтүстік Арал маңындағы тамыржусан қауымдастықтарының (*Artemisia terrae-albae* Krasch.) табиғи және антропогенді динамикасы

Мақалада Солтүстік Арал маңының зоналды тамыржусан қауымдастықтарындағы жүріп жатқан динамикалық үрдістер қарастырылған. Динамиканың табиғи және антропогенді факторлары анықталды. Генетикалық тұрғыда біртекті аумақ шегіндегі өсімдікжабынының түпкілікті және өзгермелі жағдайын сипаттауға бағытталған негізгі ұғым ретінде Б.А. Быковтың конассоциация ұғымы таңдалды. Жергілікті қауымдастық – итсигек аралас эфемероидты-тамыржусан (*Artemisia terrae-albae* Krasch., *Anabasis aphylla* L., *Rheum tataricum* L.f., *Poa bulbosa* L., *Catabrosella humilis* (M.Bieb.) Tzvelev) қауымдастығы. Тамыржусан қауымдастықтарының табиғи динамикасы доминаттар мен субдоминаттардың тіршілік әрекетімен байланысты эндоэкогенетикалық сукцессиялармен және жергілікті топырақ эрозиясы, сонымен қатар, қау микроценоздары (*Stipa sareptana* A.K. Becker, *S. lessingiana* Trin. & Rupr.) бар микрооипандарда пайда болуымен байланысты экзогенді сукцессиялармен анықталады.

Антропогенді динамика себептері – жайылым және жол дигрессиясы. Шамадан тыс жайылым ретінде пайдалану барысында тамыр жусанның доминантты рөлі бұзылу индикаторы (*Anabasis aphylla*) итсигекке ауысады. Жол дигрессиясы жергілікті өсімдік қауымдастықтарының бір жылдық соранды, эфемерлі, техногенді рельефтегі таран (*Polygonum aviculare* L.) топтары мен проценоздарына ауысуына әкеліп соқтырады. Табиғи-антропогенді сипаттағы өзгерістер барысында тамыржусан қауымдастықтары қоңырбас (*Poa bulbosa*) қауымдастықтарына ауысады. Қоңырбастың енуіне жағдай жасайтын экологиялық қуыстардың босауы жайылымды шамадан тыс пайдалану, далалық жолдар жүйесінің пайда болуы және табиғи қартаю әсерінен жусанның қурауы нәтижесінде жүзеге асырылады. Анықталған табиғи және антропогенді заңдылықтар өз кезегінде аумақты ресурстық игеру және табиғатты тиімді пайдалану бойынша іс-шараларды даярлаудың негізі болып табылады.

Түйін сөздер: сукцессия, конассоциация, зоналды өсімдікжабыны, *Poa bulbosa*, дигрессия, экологиялық қуыс.

Введение

Центральная Азия, будучи одним из крупнейших засушливых и полузасушливых регионов Северного полушария, особенно подвержена влиянию засухи и антропогенному воздействию [6, 11, 12]. Динамика растительности является важным индикатором экологической среды и проявляет значительную чувствительность к климатическим и антропогенным факторам [1, 3, 9, 13]. В связи с этим изучение динамики растительности и трендов смены фитоценозов под воздействием как природных, так и антропогенных факторов, ответной реакции на изменение климата представляет собой важную стратегическую задачу для засушливых и полузасушливых территорий [5, 7, 14].

Под динамикой растительности понимают постепенные направленные изменения, которые могут быть вызваны как внутренними, так

и внешними факторами и имеют необратимый характер [29, 31]. Природная динамика определяется тремя типами смен (сукцессий) [32, 33]: сингенезом (заселение растениями первично или вторично свободной территории), эндоэкогенезом (обусловлено изменениями среды, вызванными жизнедеятельностью доминантов и компонентов фитоценоза), экзогенезом (происходит под влиянием внешнего фактора). Антропогенные сукцессии являются частным случаем экзогенных смен. Антропогенные смены делятся на: дигрессии (обратимые или необратимые); демутации (восстановительные, квазивосстановительные); дигрессионно-восстановительные – связаны с импульсивным нарушением, при постоянном антропогенном воздействии могут формироваться квазикоренные сообщества, контролируемые режимом воздействия [16].

Исследования проводились в Северном Приаралье, где белоземельнопопынные (*Artemisia*

terrae-albae Krasch.) сообщества господствуют на плакорной части равнины на бурых пустынных нормальных и солонцеватых почвах, которые были выбраны в качестве объекта исследований.

Для понимания коренных и переменных состояний растительности в пределах генетически однородных территорий мы использовали понятие *конассоциация*, которое было предложено Б.А. Быковым. Этот термин предполагает существование на определенной территории стабильных фитоценозов и относящихся к ним серийных ценозов, связанных с нарушением среды и однородности условий и предполагает коренное и переменное состояние единого в генетическом отношении участка растительности [19]. Конассоциация является динамической, экологической, территориальной и генетической единицей [27]. Название конассоциации дается по коренной ассоциации (материнскому ядру).

Изучение конассоциаций предполагает их практический аспект, на который указывал Б.А. Быков. Выявление серийных ценозов позволяет определить положение в ряду и скорость демулационных смен, что в условиях пустыни необходимо для оценки пастбищного и ресурсного потенциала территории. Также важен аспект механизма устойчивости в конассоциации, который различается на разных уровнях организации фитоценосистемы: организменный – экобиоморфный – ценопопуляционный – субституционный (замещающий, компенсационный) – блочно-системный (меняются основные доминанты ярусов и синузий, происходит деструктуризация). Устойчивость рассматривается как способность растительности, при воздействии извне, находиться в исходно-«коренном» состоянии за счет механизмов уровня статичности, быстро восстанавливать исходно-«коренное» состояние из динамического за счет механизмов уровня пластичности [28].

В Северном Приаралье были определены основные составляющие белоземельно-полынной конассоциации [36], среди естественных сообществ: эфемерово-итсигеково-белоземельно-полынное, эфемерово-белоземельно-полынное, ковыльно-белоземельно-полынное; антропогенные варианты: итсигеково-белоземельно-полынное, эбелеково-белоземельно-полынный агроценоз. При разных стадиях пастбищной дигрессии коренные сообщества сменяются на белоземельно-полынно-эфемеровые, сорнотравно-белоземельно-полынно-итсигековые, сорнотравно-итсигековые,

эфемерово-сорнотравные сообщества и группировки.

Цель исследований состояла в выявлении природных и антропогенных факторов динамики белоземельно-полынных сообществ Северного Приаралья на основе анализа современных и ретроспективных данных.

Материалы и методы

Исследования проводились на ботаническом стационаре «Терескент» и прилегающей территории в Шалкарском районе Актюбинской области в течение двух сезонов 2024 г. (апрель и август). Кроме того, в статье были использованы фондовые материалы, полученные в результате выполнения гранта МОН РК «Устойчивое функционирование и возможности реабилитации зональных экосистем Северного Приаралья» (2015-2017 гг.).

Применялись традиционные геоботанические методы исследований [18]. На пробных площадках размером 100 м², фиксированных на местности прибором GPS, проводились геоботанические описания растительных сообществ. Описание растительности выполнялось на специальных бланках, включающих разделы, отражающие основные компоненты ландшафта, рельеф, почвы, растительность и их состояние. Особое внимание уделялось изучению пространственной структуры растительных сообществ и их связи с рельефом, почвами, увлажнением. При описании растительных сообществ учитывается: 1) флористический состав; 2) общее проективное покрытие; 3) фенофаза; 4) обилие видов по шкале Друде; 5) характер распределения видов. Определяются факторы воздействия на растительность (природные или антропогенные).

Сбор гербария проводился при описании растительных сообществ. Определение незнакомых видов растений осуществлялось при камеральной обработке собранного материала с использованием «Иллюстрированного определителя растений Казахстана» в 2-х томах (1969, 1972) и «Флоры Казахстана» в 9 томах (1956-1966) [24, 35]. Таксономия видов сверялась с интернет-ресурсом «Plants of the World Online» [8].

Результаты и их обсуждение

Наши исследования в 2015-2017 гг. выявили основное ядро (коренную / зональную) ассоциацию – эфемероидно-белоземельно-полынную

с итсигеком (*Artemisia terrae-albae*, *Anabasis aphylla* L., *Rheum tataricum* L.f., *Poa bulbosa* L., *Catabrosella humilis* (M.Bieb.) Tzvelev).

На 4 ключевых участках белоземельнопопынников зарегистрировано 53 вида растений (таблица 1). Флористический состав сообществ варьирует от 6 до 24 видов, среди них высокая доля эфемеров и эфемероидов, таких как: *Prangos odontalgica* (Pall.) Herrnst. & Heyn, *Poa bulbosa*, *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl, *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. & Spach, некоторые из них увеличивают обилие при пастбищной нагрузке (*Alyssum desertorum* Stapf, *Filago arvensis* L.). Обязательными компонентами сообществ являются однолетние солянки, среди которых можно выделить ряд видов, индицирующих выпас умеренной степени (*Pyankovia brachiata* (Pall.) Akhani & Roalson, *Grubovia sedoides* (Pall.) G.L.Chu, *Polycnemum arvense* L.).

Общее проективное покрытие изученных сообществ в среднем составляет 40-45 %, доля полыни белоземельной – от 24 до 40 %. Увеличение / снижение общего проективного покрытия определяется обилием эфемеров и эфемероидов, что связано с разными по количеству осадков годами. Численность полыни варьировала от 475 до 991 экземпляра на 100 кв. м.

При слабом изменении микрорельефа с микропонижениями формируются эфемерово-белоземельно-попынные сообщества с микроценозами тырсика (*Stipa sareptana* A.K.Becker). Также встречаются микрофитоценозы ковылка (*Stipa lessingiana* Trin. & Rupr.), в которых можно найти степные виды (*Artemisia austriaca* Jacq., *Tanacetum achilleifolium* (M.Bieb.) Sch.Bip.) [23].

Антропогенные модификации зональных фитоценозов связаны с сильной степенью нарушения, обусловленной выпасом и дорожной дигрессией. На участке с сильным нарушением в окрестностях аула Шоқысу растительный покров представлен эфемерово-белоземельно-попынно-итсигековым (*Anabasis aphylla*, *Artemisia terrae albae*, *Ranunculus falcatus* L., *Eremopyrum triticeum* (Gaertn.) Nevski) сообществом. Общее проективное покрытие – 50 %. Полынь белоземельная занимает только 5 %, итсигек – 10 %, рогозавник и мортук – 20 %, эбелек (*Ceratocarpus arenarius* L.) – 10 %. В сообществе также присутствуют *Peganum harmala* L., *Pyankovia brachiata*, *Bassia eriophora* (Schrader) Asch. Доминантная роль полыни белоземельной переходит к итсигеку (*Anabasis aphylla*) – индикатору нарушений. Общее проективное покрытие сообщества снижается на 5-10 %, проективное покрытие доминанта – на 35-40 % [22].

Таблица 1 – Фитоценотическая характеристика белоземельнопопынных сообществ

Виды	Территория стационара									За пределами стационара		
	Участок 1 (3)			Участок 2 (9)			Участок 3 (15)			Участок 4 (10)		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
	Обилие											
Кустарники и кустарнички												
<i>Atraphaxis spinosa</i> L.	sol	sol	sol	-	un-sol	sol	-	-	-	-	-	-
<i>Ephedra distachya</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	un-sol	-	-	-
<i>Oreosalsola arbusculiformis</i> (Drobow) Sennikov	-	-	-	-	-	-	-	-	un-sol	-	-	-
Полукустарники и полукустарнички												
<i>Anabasis aphylla</i> L.	sol	sol	sol	-	sol	sol	-	sol-sp	-	sol	sp	sol
<i>Anabasis salsa</i> (Ledeb.) Benth. ex Volkens	-	-	-	-	-	-	sol-sp	sol	un-sol	-	-	-
<i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch.	cop ₁₋₂	cop ₁₋₂	cop ₁₋₂	cop ₁₋₂	cop ₁₋₂	cop ₁	cop ₁₋₂	cop ₁₋₂	cop ₁₋₂	cop ₁₋₂	cop ₁	cop ₁₋₂
<i>Atriplex cana</i> Ledeb.	-	-	-	-	-	-	-	-	un-sol	-	-	-
<i>Bassia prostrata</i> (L.) Beck	-	-	-	sol	sol	-	sol	sol	-	sol-sp	-	-
<i>Caroxylon orientale</i> (S.G.Gmel.) Tzvelev	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sp

Продолжение таблицы

Виды	Территория стационара									За пределами стационара		
	Участок 1 (3)			Участок 2 (9)			Участок 3 (15)			Участок 4 (10)		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
	Обилие											
Многолетние травы												
<i>Agropyron desertorum</i> (Fisch. ex Link) Schult.	-	-	-	-	sol	-	-	-	-	-	-	-
<i>Allium decipiens</i> Fisch. ex Schult. & Schult.f.	sol	sol	-	-	un-sol	-	-	-	-	-	sol	-
<i>Allium schubertii</i> Zucc.	-	-	-	-	-	-	un-sol	sol	-	sol	-	-
<i>Asparagus breslerianus</i> Schult. & Schult.f.	-	-	-	-	-	-	un-sol	un-sol	-	un-sol	-	-
<i>Astragalus testiculatus</i> Pall.	-	-	-	-	-	-	-	un-sol	-	-	-	-
<i>Carex pachystylis</i> J.Gay	-	-	sol	-	-	-	-	-	-	-	-	sol
<i>Catabrosella humilis</i> (M.Bieb.) Tzvelev	-	-	-	sol	sol-sp	un-sol	-	sol	-	-	-	-
<i>Cistanche salsa</i> (C.A.Mey.) Beck	-	-	-	-	-	-	-	un-sol	-	-	-	-
<i>Eremurus inderiensis</i> (M.Bieb.) Regel	sol	un-sol	sol	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ferula caspica</i> M.Bieb.	-	-	sol	-	-	-	un-sol	sol	-	-	-	-
<i>Fritillaria karelinii</i> (Fisch. ex D.Don) Baker	sol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Schult. & Schult.f.	-	-		-	-	-	-	-	-	sol	-	-
<i>Leontice incerta</i> Pall.	sol	un-sol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Megacarpaea megalocarpa</i> (Fisch. ex DC.) Schischk. ex B.Fedtsch.	-	sol	-	-	-	-	un-sol	sol	-	-	-	-
<i>Phlomoides uralensis</i> Salmaki	-	-	-	-	-	-	-	un-sol	-	-	-	-
<i>Poa bulbosa</i> L.	sol-sp	sp	sol-sp	sol	cop ₁	sp	sol-sp	sp-cop ₁	un-sol	sol	cop ₁	sol
<i>Prangos odontalgica</i> (Pall.) Herrnst. & Heyn	sol	sol	-	sol	sol	-	un-sol	un-sol	-	sol	-	-
<i>Rheum tataricum</i> L.f.	sol	sol	sol	-	sol	-	sol	sol	-	sol	sol	-
<i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr.	sol	sol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stipa sareptana</i> A.K.Becker	sol	sol	-	sol-sp	sol-sp	sp	-	-	-	-	sol-sp	sol
<i>Takhtajaniantha pusilla</i> (Pall.) Nazarova	-	-	-	-	un-sol	-	-	-	-	-	sol	-
<i>Tanacetum achilleifolium</i> (M.Bieb.) Sch.Bip.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sol	-	-
<i>Thalictrum isopyroides</i> C.A.Mey.	sol-sp	sol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tulipa buhseana</i> Pall.	-	-	-	sol	un-sol	-	un-sol	-	-	sol	sol	-
<i>Ziziphora tenuior</i> L.	sol	sol	-	-	-	-	-	-	-	sol	-	-
Однолетники												
<i>Alyssum turkestanicum</i> Regel & Schmalh.	sol-sp	sol	-	sol	sol-sp	sol	sol	sol	-	cop ₁₋₂	sp	-
<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. & Kralik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sol	-	-

Продолжение таблицы

Виды	Территория стационара									За пределами стационара		
	Участок 1 (3)			Участок 2 (9)			Участок 3 (15)			Участок 4 (10)		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
	Обилие											
<i>Bassia sedoides</i> (<i>Grubovia sedoides</i> (Pall.) G.L.Chu)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sp	cop ₁₋₂	-
<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	sol	sol	sol	sol	sol-sp	sol	sol	sol	-	sol	sp	sol
<i>Chorispora tenella</i> (Pall.) DC.	-	-	-	-	un-sol	-	un-sol	-	-	-	-	-
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	sp	sol-sp	sol	-	-	-	-	-	-	sol	-	-
<i>Eremopyrum orientale</i> (L.) Jaub. & Spach	sp	sp-cop ₁	sp	-	-	un-sol	sol	sol	-	-	-	-
<i>Eremopyrum triticeum</i> (Gaertn.) Nevski	-	-	sol	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Filago arvensis</i> L.	sp	sol	-	-	sol	-	-	un-sol	-	sol-sp	sp-cop ₁	-
<i>Girgensohnia oppositiflora</i> (Pall.) Fenzl	-	-	-	sol	-	sol	-	-	-	sol	-	-
<i>Koelpinia linearis</i> Pall.	-	-	-	-	-	-	un-sol	un-sol	-	-	-	-
<i>Lappula patula</i> (Lehm.) Menyh.	sol	-	sol	-	-	-	-	sol	-	sol	sol-sp	-
<i>Lepidium perfoliatum</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sol	-	-
<i>Medicago medicaginoides</i> (Retz.) E.Small	sol	sol	-	-	-	-	-	-	-	sol	-	-
<i>Polycnemum arvense</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	un-sol	-	sol-sp	-	-
<i>Polygonum acetosum</i> M.Bieb.	sol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoheterocaryum rigidum</i> (A.DC.) Kaz.Osaloo & Saadati	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sp	-
<i>Pyankovia brachiata</i> (Pall.) Akhani & Roalson	-	-	-	-	-	-	-	sol	-	sp	-	-
<i>Ranunculus testiculatus</i> Crantz	sol	sol	-	sol	sol	-	sol	sol	-	-	-	-
Общее проективное покрытие (ОПП) сообщества / ПП полыни (%)	45:35	45:30	45:30	45:30	50:30	45:30	45:24	50:30	40:40	40:39	80:40	40:30
Всего видов в сообществе: 53	23	21	12	11	18	10	17	24	6	24	14	7

В весенний период эти нарушенные пастбища становятся белоземельнопопынно-эфемероидными (*Rheum tataricum*, *Ranunculus platyspermus* Fisch. ex DC., *R. falcatus*, *Alyssum desertorum* Stapf, *Descurainia sophia*, *Artemisia terrae-albae*, *Anabasis aphylla*) с общим проективным покрытием 60-70%. Проективное покрытие ценного ресурсного вида ревеня татарского составляет 32-44 % с урожайностью сухого корня от 23,5 до 41,5 ц/га, что может представлять интерес для заготовки лекарственного сырья.

Дорожная дигрессия приводит к замене коренных сообществ на однолетнесолянковые (*Atriplex aucheri* Moq., *Salsola australis*

R.Br., *Grubovia sedoides*, *Soda foliosa* (L.) Akhani, *Petrosimonia brachiata* (Pall.) Bunge, *Girgensohnia oppositiflora* (Pall.) Fenzl, *Pyankovia brachiata*, *Ceratocarpus arenarius*), эфемеровые (*Eremopyrum orientale*, *Lepidium perfoliatum* L.), горцевые (*Polygonum aviculare* L.) группировки и проценозы на техногенном рельефе с общим проективным покрытием до 60 %. Участие полыни белоземельной единично.

Другим аспектом, в котором трудно выявить природный или антропогенный характер смен, является формирование сообществ с доминированием и субдоминированием мятлика луковичного (*Poa bulbosa*).

Для выявления закономерностей были заложены три площадки (таблица 2), на которых фиксировался видовой состав, фитоценотические показатели и степень антропогенной нарушенности. На площадках произрастает 30 видов растений, от 7 до 22, что связано с разными годами и сезонами обследования. В зависимости от степени антропогенной нарушенности меняется процентное соотношение мятлика и коренного ценообразователя – полыни белоземельной. На площадке 1 сильная степень нарушенности сохраняется в течение 10 лет. Доминантом сообщества остается мятлик. На участке были отмечены единичные всходы полыни. Мониторинг 2024 года показал, что в мятликовом сообществе появились группировки полыни (2 %) и итсигека (3-5 %), отмечены очаги сильного нарушения, связанного не только с выпасом, но и влиянием грызунов. Основной фактор преобразования сообщества – антропогенный, однако не исключено естественное старение полыни белоземельной и заполнение свободных ниш мятликом, который через 10 лет сформировал дернину, занимающую 50-70 % площади сообщества, что снижает возможность прорастания всходов из-за конкуренции за влагу. Площадка 2: наблюдения 2016 г. выявили антропогенную нарушенность средней степени (дорожная дигрессия и выпас). Полынь – субдоминант сообщества, большая

часть особей старые и погибшие, но есть имматурные, генеративные особи и всходы. Мониторинг 2024 г. показал восстановление доминантной роли полыни, даже при наличии дернины, занимающей до 60 % площади сообщества. Всходов нет, но отмечены имматурные экземпляры. Вероятнее всего, появление мятлика в сообществе связано с естественным старением полыни, плохим возобновлением и заполнением свободных экологических ниш мятликом. Возобновление полыни, особенно в благоприятные по осадкам годы, позволило восстановить доминантную роль коренного вида. Площадка 3: наблюдения 2016 г. показали, что антропогенная нарушенность была слабой с очагами средней, о чем свидетельствовало также наличие пустынного мха. При этом на обследованной территории выделялись два компонента белоземельно-полынной конассоциации: полынное сообщество занимало 25 %, мятликовое – 30 %. Преобладали старые особи полыни, в понижениях отмечены всходы. Мониторинг 2024 г. показал восстановление доминантной роли полыни при средней степени нарушенности (выпас, норы грызунов) и наличии дернины 65-75 %. Всходов нет, но много молодых генеративных особей. Появление мятликовых сообществ внутри белоземельно-полынной конассоциации произошло по причине старения полыни.

Таблица 2 – Фитоценотическая характеристика мятликовых сообществ

Виды / № площадки / дата обследования	1			2		3	
	13/06/2015	31/05/2016	23/08/2024	29/05/2016	23/08/2024	29/05/2016	23/08/2024
Координаты	N 47,387823° E 61,089235°			N 47,305564° E 60,997212°		N 47,311984° E 60,977311°	
Обилие							
Полукустарники и полукустарнички							
<i>Anabasis aphylla</i> L.	sol	sol	sol	-	sol	sol	0,5-1%
<i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch.	sol	sol-sp	sol	sp	sp-cop ₁	sp	sp-cop ₁
<i>A. semiarida</i> (Krasch. & Lavrenko) Filatova	-	-	-	-	-	sol	-
<i>Bassia prostrata</i> (L.) Beck	sol	-	-	-	-	-	-
Многолетние травы							
<i>Carex pachystylis</i> J.Gay	sol	-	-	-	-	-	-
<i>Catabrosella humilis</i> (M.Bieb.) Tzvelev	-	-	sol	sol-sp	-	sol	-
<i>Koeleria glauca</i> (Spreng.) DC.	sol	-	-	-	-	-	-
<i>Poa bulbosa</i> L.	cop ₁	cop ₁	sp-cop ₁	cop ₂	sp	cop ₂	sp-cop ₁

Продолжение таблицы

Виды / № площадки / дата обследования	1			2		3	
	13/06/2015	31/05/2016	23/08/2024	29/05/2016	23/08/2024	29/05/2016	23/08/2024
Координаты	N 47,387823° E 61,089235°			N 47,305564° E 60,997212°		N 47,311984° E 60,977311°	
<i>Rheum tataricum</i> L.f.	sol	-	-	-	sol	-	-
<i>Takhtajaniantha pusilla</i> (Pall.) Nazarova	sol	-	-	-	-	-	-
<i>Tanacetum achilleifolium</i> (M.Bieb.) Sch.Bip.	sol	sol	-	-	-	-	-
<i>Tulipa biflora</i> Pall.	sol	sol	sol	sol	sol	sol	-
Однолетники							
<i>Alyssum desertorum</i> Stapf	sol	sol-sp	-	sp	sol	sp	sol
<i>Bassia eriophora</i> (Schrad.) Asch.	sp	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	sol	sp	sol-sp	-	sol-sp	sol	sol
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	sol	-	-	-	sol	-	sol
<i>Eremopyrum orientale</i> (L.) Jaub. & Spach	sol	sol	-	-	-	sol-sp	-
<i>Filago arvensis</i> L.	-	sp-cop ₁	-	sp-cop ₁	-	sp	-
<i>Girgensohnia oppositiflora</i> (Pall.) Fenzl	-	-	sol	sol	sol	-	-
<i>Grubovia sedoides</i> (Pall.) G.L.Chu	-	-	-	sol	-	sol	-
<i>Lappula patula</i> (Lehm.) Menyh.	sol	-	-	sol-sp	-	sol-sp	-
<i>Medicago medicaginoides</i> (Retz.) E.Small	sol	-	-	-	-	-	-
<i>Oxybasis glauca</i> (L.) S.Fuentes, Uotila & Borsch	sol	-	-	-	-	-	-
<i>Petrosimonia brachiata</i> (Pall.) Bunge	-	-	-	cop _{1,2} 3-5%	-	-	-
<i>Polycnemon arvense</i> L.	sol-sp	sol	sol	sol-sp (gr)	sol	sol	sol
<i>Polygonum aviculare</i> L.	sol	-	sol	-	sol	-	-
<i>Prangos odontalgica</i> (Pall.) Herms. & Heyn	sol	-	-	-	-	-	-
<i>Pyrankovia brachiata</i> (Pall.) Akhani & Roalson	sol	sp-cop ₁	sol	-	-	sp (cop ₁)	-
<i>Ranunculus testiculatus</i> Crantz	-	sol	sol	sol	sol	sp	-
<i>Soda foliosa</i> (L.) Akhani	-	-	-	-	sol	-	-
Мхи							
<i>Tortula caninervis</i> (Mitt.) Broth.	-	-	-	-	-	sol-sp	-
Общее проективное покрытие (ОПП) сообщества / ПП мятлика/ ПП полыни (%)	50-60 /40 /0,5	35 /25-30 /2	45 /30 /2 дернина мятлика – 50- 70 %	75-80 /45-50 (до 70) /5-7	60 /10 /30- 35 дернина мятли- ка – 10-15 (до 60) %	50-60 /35-40 / 10-15	50 /15-20 /25-30 дернина мятли- ка – 65-75 %

Продолжение таблицы

Виды / № площадки / дата обследования	1			2		3	
	13/06/2015	31/05/2016	23/08/2024	29/05/2016	23/08/2024	29/05/2016	23/08/2024
Координаты	N 47,387823° E 61,089235°			N 47,305564° E 60,997212°		N 47,311984° E 60,977311°	
Название сообщества	мятlikовое	мятlikовое	мятlikовое с группировками полыни и итсигека	белоземельно-полынно-мятlikовое	мятlikово-белоземельно-полынное	белоземельно-полынно-мятlikовое	мятlikово-белоземельно-полынное с итсигеком
Степень антропогенной нарушенности	сильная	сильная	средняя с очагами сильной (выпас, норы грызунов)	средняя	средняя (выпас, дороги)	слабая с очагами средней	средняя (выпас, норы грызунов)
Примечание	всходы полыни единичны	всходы полыни единичны	всходов полыни нет	есть всходы, имматурные и генеративные особи полыни, много сенильных и погибших особей	всходов нет, много имматурных особей полыни	есть всходы в микро-понижениях, в основном сенильные особи полыни	всходов нет, много молодых генеративных особей полыни
Всего видов в сообществе: 30	22	12	11	11	13	16	7

Ареал полыни белоземельной простирается от 52° на севере до 40° – на юге [15]. Наиболее широко белоземельно-полынная формация распространена в подзоне средних пустынь. В подзоне северных пустынь часто образует комплексы с биюргуном. Белоземельно-полынные сообщества являются осенне-зимними пастбищами, их продуктивность составляет в среднем 3-4 ц/га. Подают полынью овцы и верблюды [17]. Состояние пастбищ, проективное покрытие доминанта зависят от интенсивности использования.

Видовой состав эфемероидно-итсигеково-белоземельно-полынной ассоциации на территории стационара в конце 60-х годов прошлого века насчитывал 74 вида, численность полыни была 1438-1560 экз./100 кв. м [30]. Заповедный режим, существовавший на стационаре до 90-х годов, оказывал благоприятное влияние на флористический состав, синузальную структуру сообществ и полноту использования ресурсов окружающей среды. Уменьшение биологических показателей в белоземельно-полынных сообществах связано с нарушением заповедного режима.

Природная динамика белоземельно-полынных в Северном Приаралье определяется эндоэкогенетическими сукцессиями, обусловленными жизнедеятельностью доминантов и субдоминантов сообществ; экзогенными сукцессиями, связанными с локальной эрозией почвы и появлением микропонижений.

Антропогенная динамика вызвана пастбищной и дорожной дигрессией, ведущей к снижению функциональной значимости и продуктивности растительности. Пастбищная дигрессия на полукустарничковых пастбищах глинистых пустынь Северного Приаралья проходит 5-7 фаз до полного сбоя [25].

Природно-антропогенный характер имеют смены белоземельно-полынных на мятlikовые сообщества. Мятлик в сообществах полыни белоземельной – естественный компонент, который может менять свое обилие в зависимости от климатических условий и воздействия природных и антропогенных факторов.

Антропогенные смены коренных сообществ на мятlikовые описывают многие авторы. В Калмыкии мятлик становится субдоминантом лерхо-полынных, дерновинно-злаково-ромашниково-лерхо-полынных, типчаково-лерхо-полынных (*Artemisia lercheana* Weber ex Stechm., *Tanacetum achilleifolium*, *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin, *Stipa lessingiana*) сообществ на светлокаштановых почвах при пастбищной дигрессии III степени [34]. На солонцах Сарпинской низменности мятлик, эфемеры (*Lepidium perfoliatum*, *L. ruderales* L., *Alyssum turkestanicum* Regel & Schmalh.) и однолетние солянки (*Ceratocarpus arenarius*, *Grubovia sedoides*, *Petrosimonia oppositifolia* (Pall.) Litv.) под воздействием усиленного выпаса формируют модифицированные

фитоценозы и становятся основными ценозообразователями. При этом коренные сообщества на средних солонцах при умеренном выпасе образуют многолетние злаки (*Festuca valesiaca*, *Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult., *Leymus ramosus* (K.Richt.) Tzvelev) и полукустарнички (*Bassia prostrata* (L.) Beck, *Artemisia lercheana*, *Tanacetum achilleifolium*) [20]. За пределами своего ареала, который простирается от западной Европы и Северной Африки до Синьцзяна и Монголии [8], мятлик может проявлять агрессивность. В США показал себя как высококонкурентный инвазионный вид. Этому способствует сложная репродуктивная стратегия. Он может размножаться семенами посредством амфимиксиса и апомиксиса, а также вегетативно-базальными луковичками, развивающимися в основании вегетативных побегов, и луковичками (бульбочками), образующимися в соцветиях [4]. Достаточно одного растения, чтобы дать начало новой колонии [10].

Освобождение экологических ниш для внедрения мятлика в Северном Приаралье происходит под воздействием выпаса, формирования сети полевых дорог и гибели полыни в результате естественного старения. Для пустынных сообществ характерно массовое прорастание семян полыни в весенний период, в благоприятный по осадкам год сохраняется от 14 до 30 % всходов [22], которые могут сформировать одновозрастные фитоценозы, приходящие к сенильной стадии одновременно. При постоянном сильном антропогенном воздействии демутиация не происходит, мятликовые ценозы остаются на стадии инициальных группировок полыни. Антропогенное воздействие средней степени не тормозит восстановительные смены, мы можем отметить, что за 9-летний период доминантная роль полыни восстанавливается при сохранении субдоминантного положения мятлика.

Белоземельнополюнная конассоциация с ее составными элементами представляет собой территориальную единицу с выраженной в пространстве гетерогенностью и неравнозначными компонентами (микроценозами): полынь – 30-40 % / мятлик – 15-20 % / климакоптера – 15 %; полынь – 25 % / мятлик – 30 %; мятлик – 80 % / полынь – 15 % / тырлик – 5 %.

Заключение

В зональных растительных сообществах Северного Приаралья доминируют эндоэкогенетические процессы, обусловленные жизнедеятель-

ностью доминантов. Для конассоциации полыни белоземельной отмечена цикличность субдоминирования и доминирования мятлика луковичного (*Poa bulbosa*). Эндоэкогенетическая сукцессия не достигает терминальной стадии и тормозится по модели ингибирования [2]. Смена доминирования полыни на эфемероиды близка к флуктуациям, объяснимым также засухами. Доминирование эфемероидов способствует иссушению верхних биогоризонтов почвы и препятствует возобновлению полукустарничков. Их развитие возможно из-за ранней и короткой вегетации. В условиях бурых пустынных почв полынь развивает вторичные корни в биогоризонте 3-20 см, но позже отрастания мелкотравья. Белоземельнополюнники на основе саморегуляции сохраняют зональную структуру при снижении пастбищных нагрузок (в период охраны участков стационара), но частично подвержены процессам деструктуризации, т.е. замене доминанта (*Artemisia terrae-albae*) на итсигек, субдоминированию и доминированию мятлика и сорных однолетников при влиянии экзогенных факторов, в том числе антропогенных. Нарушается возрастной спектр ценопопуляций, проективное покрытие, продуктивность по сезонам года [26].

Выявленные закономерности природной и антропогенной динамики представляют собой основу для разработки мероприятий по рациональному природопользованию. Участки сильно сбитых пастбищ у поселков следует исключить из использования и проводить мероприятия по полукоренному улучшению. При средней степени нарушенности пастбищ их используют на 50-65 %, при сильной – на 30-40 %. Слабонарушенные белоземельнополюнные пастбища могут быть использованы на 70 %. Среди необходимых мероприятий для поддержания устойчивой продуктивности пастбищ рекомендуются: ограничение выпаса (в зависимости от степени нарушенности); пастбищеоборот; полукоренное улучшение; исключение использования пастбищ [21].

Припоселковые сильно нарушенные пастбища представляют собой ресурсный потенциал для использования лекарственного сырья ревеня татарского при соблюдении научно обоснованного рекомендуемого объема ежегодной заготовки фитомассы.

Благодарность, конфликт интересов

Источник финансирования данного исследования: Комитет науки Министерства науки

и высшего образования Республики Казахстан ИРН: BR21882122 «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ,

концепция, прогнозные оценки и сценарии» (2023-2025 гг.).

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

Литература

1. Chuai X.W., Huang X.J., Wang W.J., Bao G. NDVI, temperature and precipitation changes and their relationships with different vegetation types during 1998–2007 in Inner Mongolia, China // *Int. J. Clim.* – 2013. – Vol. 33. – Pp. 1696–1706. <https://doi.org/10.1002/joc.3543>
2. Connel J., Slatyer R. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization // *Am. Nat.* – 1977. – Vol. 111: 982. – Pp. 1119–1144. <https://www.jstor.org/stable/2460259>
3. Han H., Bai J., Ma G., Yan J. Vegetation Phenological Changes in Multiple Landforms and Responses to Climate Change // *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* – 2020. – Vol. 9 (2): 111. <https://doi.org/10.3390/ijgi9020111>
4. Kaybeleva E. I., Arkhipova E. A., Yudakova O. I., Voronin M. Yu. The Poa bulbosa L. Reproductive Strategy in the Steppe Phytocenoses of the Lower Volga Region // *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology.* – 2020. – Vol. 20, iss. 4. – Pp. 395–403. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-395-403>
5. Lin Q., Wu Z., Singh V.P., Sadeghi S.H.R., He H., Lu G. Correlation between hydrological drought, climatic factors, reservoir operation, and vegetation cover in the Xijiang Basin, South China // *J. Hydrol.* – 2017. – Vol. 549. – Pp. 512–524. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.04.020>
6. Luo N., Mao D., Wen B., Liu X. Climate Change Affected Vegetation Dynamics in the Northern Xinjiang of China: Evaluation by SPEI and NDVI // *Land.* – 2020. – Vol. 9 (3), 90. <https://doi.org/10.3390/land9030090>
7. Luo Z., Song Q., Wang T., Zeng H., He T., Zhang H., Wu W. Direct Impacts of Climate Change and Indirect Impacts of Non-Climate Change on Land Surface Phenology Variation across Northern China // *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* – 2018. – Vol. 7, 451. <https://doi.org/10.3390/ijgi7110451>
8. Plants of the World Online. (POWO, 2024). – [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.plantsoftheworldonline.org/>
9. Seddon A.W.R., Macias-Fauria M., Long P.R., Benz D., Willis K.J. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability // *Nature.* – 2016. – Vol. 531. – Pp. 229–232. <https://doi.org/10.1038/nature16986>
10. Sheffer E., Meron E., Shachak M. Self-organization and vegetation pattern formation: Poa bulbosa L. as a model species // *Israel Journal of Ecology and Evolution.* – 2007. – Vol. 52. – P. 159–204.
11. Xu H., Zhao C., Wang X. Spatiotemporal differentiation of the terrestrial gross primary production response to climate constraints in a dryland mountain ecosystem of northwestern China // *Agric. For. Meteorol.* – 2019. – Vol. 276–277, 107628. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192319302369>
12. Yu H., Bian Z., Mu S., Yuan J., Chen F. Effects of Climate Change on Land Cover Change and Vegetation Dynamics in Xinjiang, China // *International Journal of Environmental Research and Public Health.* – 2020. – Vol. 17(13), 4865. <https://doi.org/10.3390/ijerph17134865>
13. Zhang F., Quan Q., Ma F., Tian D., Hoover D.L., Zhou Q., Niu S. When does extreme drought elicit extreme ecological responses? // *J. Ecol.* – 2019. – Vol. 107. – Pp. 2553–2563. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13226>
14. Zhou Y., Zhang L., Fensholt R., Wang K., Vitkovskaya I., Tian F. Climate Contributions to Vegetation Variations in Central Asian Drylands: Pre- and Post-USSR Collapse // *Remote Sens.* – 2015. – Vol. 7. – Pp. 2449–2470. <https://doi.org/10.3390/rs70302449>
15. Акжигитова Н.И., Брекле З.-В., Винклер Г., Волкова Е.А., Вухрер В., Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б., Огарь Н.П., Рачковская Е.И., Сафронова И.Н., Храмов В.Н. (под ред). Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). – СПб., 2003. – 424 с.
16. Антропогенная динамика растительного покрова Арктики и Субарктики: принципы и методы изучения // *Тр. БИН РАН.* Под ред. Б.А. Юрцева. – СПб, 1995. – Вып. 15. – 185 с.
17. Быков Б.А. Берегите пастбища. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 112 с.
18. Быков Б.А. Геоботаника. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 288 с.
19. Быков Б.А. Геоботанический словарь. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1973. – 214 с.
20. Гавинова А.Н., Джапова Р.Р. Изменения растительности солонцов Сарпинской низменности за четверть века // *Современные проблемы науки и образования.* – 2015. – №6. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=23002>
21. Димеева Л.А., Курочкина Л.Я., Пермитина В.Н., Усен К., Садвокасов Р.Е., Салмуханбетова Ж.К., Иманалинова А.А. Устойчивое функционирование пастбищных экосистем Северного Приаралья и рекомендации по их рациональному использованию // *Материалы Международной научно-практической конференции «Изучение, сохранение и рациональное использование растительного мира Евразии». 7-9 сентября 2022 г., Алматы (Казахстан).* – С. 172–180.
22. Димеева Л.А., Пермитина В.Н., Султанова Б.М., Усен К., Лысенко В.В. Оценка восстановительной динамики белоземельнополынных (*Artemisia terrae-albae*) в Северном Приаралье // *Аридные экосистемы.* – 2017. – Т. 23, №4 (73). – С. 50–60.
23. Димеева Л.А., Султанова Б.М., Салмуханбетова Ж.К. Степные растительные сообщества в Северном Приаралье // *Материалы III Международной научной конференции «Биологическое разнообразие азиатских степей». Костанай, 24-27 апреля 2017.* – С. 70–74.

24. Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1969. – Т. 1. – 644 с.; – 1972. – Т. 2. – 572 с.
25. Кириченко Н.Г. Антропогенные смены на пастбищах глинистых пустынь / Смены пустынной и субальпийской растительности при пастбищном использовании. – Алма-Ата, 1982. – С. 34-48.
26. Курочкина Л.Я. Мониторинг и картографирование деградации растительных формаций в экосистемах аридного Приаралья // Аридные экосистемы. – 2015. – Т. 21. – №4 (65). – С. 5-21.
27. Курочкина Л.Я., Вухрер В.В. Классификационные единицы пространственно-временной динамики растительности / Комплексная характеристика пастбищ пустынной зоны Казахстана. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1990. – С. 5-8.
28. Мирзадинов Р.А. Механизмы устойчивости растительности в пределах инварианта эпи(кон)ассоциации // Труды конф. «Актуальные проблемы геоботаники», посвящ. 100-летию акад. Б.А.Быкова. – Алматы, 2011. – С. 24-29.
29. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломеш А. Современная наука о растительности. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
30. Продуктивность пастбищ Северного Приаралья / под редакторством Бедарева С.А., Быков Б.А. – М.: Гидрометиздат, 1971. – 289 с.
31. Работнов Т.А. Фитоценология. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 384 с.;
32. Сукачев В.Н. Идея развития в фитоценологии // Советская ботаника. – 1942. – №1-3. – С. 5-17.
33. Сукачев В.Н. Растительные сообщества (Введение в фитоценологию). – Л.-М.: Книга, 1926. – 240 с.
34. Федорова Н.Л., Лиджиева Н.Ц., Уланова С.С. Результаты мониторинга пастбищных земель сухостепной зоны Республики Калмыкия // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 8 (122). <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-monitoringa-pastbischnyh-zemel-suhostepnoy-zony-respubliki-kalmykiya>
35. Флора Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1956. – Т. 1. – 354 с.; 1958. – Т. 2. – 292 с.; 1960. – Т. 3. – 460 с.; 1961. – Т. 4. – 548 с.; 1961. – Т. 5. – 515 с.; 1963. – Т. 6. – 465 с.; 1964. – Т. 7. – 497 с.; 1965. – Т. 8. – 447 с.; 1966. – Т. 9. – 640 с.
36. Шабанова Л.В., Лысенко В.В. Комплексная характеристика пастбищ пустынной зоны Казахстана. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1990. – 232 с.

References

1. Chuai X.W., Huang X.J., Wang W.J. and Bao G. (2013). NDVI, temperature and precipitation changes and their relationships with different vegetation types during 1998–2007 in Inner Mongolia, China. *Int. J. Clim.*, 33, 1696-1706. <https://doi.org/10.1002/joc.3543>
2. Connel J. and Slatyer R. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Am. Nat.*, 111: 982, 1119–1144. <https://www.jstor.org/stable/2460259>
3. Han H., Bai J., Ma G. and Yan J. (2020). Vegetation Phenological Changes in Multiple Landforms and Responses to Climate Change. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 9 (2): 111. <https://doi.org/10.3390/ijgi9020111>
4. Kaybeleva E. I., Arkhipova E. A., Yudakova O. I. and Voronin M. Yu. (2020). The *Poa bulbosa* L. reproductive strategy in the steppe phytocenoses of the Lower Volga Region. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 20 (4), 395-403. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-395-403>
5. Lin Q., Wu Z., Singh V.P., Sadeghi S.H.R., He H. and Lu G. (2017). Correlation between hydrological drought, climatic factors, reservoir operation, and vegetation cover in the Xijiang Basin, South China. *J. Hydrol.*, 549, 512-524. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.04.020>
6. Luo N., Mao D., Wen B. and Liu X. (2020). Climate Change Affected Vegetation Dynamics in the Northern Xinjiang of China: Evaluation by SPEI and NDVI. *Land.*, 9 (3), 90. <https://doi.org/10.3390/land9030090>
7. Luo Z., Song Q., Wang T., Zeng H., He T., Zhang H. and Wu W. (2018). Direct Impacts of Climate Change and Indirect Impacts of Non-Climate Change on Land Surface Phenology Variation across Northern China. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 7, 451. <https://doi.org/10.3390/ijgi7110451>
8. Plants of the World Online. (POWO, 2024). – [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.plantsoftheworldonline.org/>
9. Seddon A.W.R., Macias-Fauria M., Long P.R., Benz D. and Willis K.J. (2016). Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature*, 531, 229-232. <https://doi.org/10.1038/nature16986>
10. Sheffer E. and Shachak M. (2007). Self-organization and vegetation pattern formation: *Poa bulbosa* L. as a model species. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 52, 159-204.
11. Xu H., Zhao C. and Wang X. (2019). Spatiotemporal differentiation of the terrestrial gross primary production response to climate constraints in a dryland mountain ecosystem of northwestern China. *Agric. For. Meteorol.*, 276-277, 107628. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192319302369>
12. Yu H., Bian Z., Mu S., Yuan J. and Chen F. (2020). Effects of climate change on land cover change and vegetation dynamics in Xinjiang, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(13), 4865. <https://doi.org/10.3390/ijerph17134865>
13. Zhang F., Quan Q., Ma F., Tian D., Hoover D.L., Zhou Q. and Niu S. (2019). When does extreme drought elicit extreme ecological responses? *J. Ecol.*, 107, 2553-2563. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13226>
14. Zhou Y., Zhang L., Fensholt R., Wang K., Vitkovskaya I., and Tian F. (2015). Climate Contributions to Vegetation Variations in Central Asian Drylands: Pre- and Post-USSR Collapse. *Remote Sensing*, 7(3), 2449-2470. <https://doi.org/10.3390/rs70302449>
15. Akzhigitova, N.I., Breckle Z.-V., Winkler, G., Volkova, E.A., Wuhrer, V., Kurochkina, L.Ya., Makulbekova G.B., Ogar N.P., Rachkovskaya E.I., Safronova I.N. and Khramtsov, V.N. (Eds.) (2003). *Botanicheskaja geografija Kazahstana i Srednej Azii*

(v predelah pustynnoj oblasti) [Botanical geography of Kazakhstan and Central Asia (within the desert region)]. St. Petersburg [in Russian].

16. B.A.Yurcev. (Eds.) (1995). Antropogennaya dinamika rastitel'nogo pokrova Arktiki i Subarktika: principy i metody izucheniya [Anthropogenic dynamics of vegetation cover in the Arctic and Subarctic: principles and methods of study]. *Trudy BIN RAN*, vol. 15. St. Petersburg

17. Bykov, B.A. (1985). *Beregite pastbishcha* [Take care of the pastures]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].

18. Bykov, B.A. (1978). *Geobotanika* [Geobotany]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].

19. Bykov, B.A. (1973). *Geobotanicheskiy slovar'* [Geobotanical Dictionary]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].

20. Gavina A.N. and Dzhapova R.R. (2015). Izmeneniya rastitel'nosti soloncov Sarpinskoy nizmennosti za chetvert' veka [Changes in vegetation of saline soils of the Sarpinskaya lowland over a quarter of a century]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 6. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=23002> [in Russian].

21. Dimeeva L.A., Kurochkina L.Ya., Permitina V.N., Usen K., Sadvokasov R.E., Salmuhanbetova Zh.K. and Imanalinova A.A. (2022). Ustojchivoe funkcionirovanie pastbishchnyh ekosistem Severnogo Priaral'ya i rekomendacii po ih racional'nomu ispol'zovaniyu [Sustainable functioning of pasture ecosystems of the Northern Aral Sea region and recommendations for their rational use] // *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Izuchenie, sohranenie i racional'noe ispol'zovanie rastitel'nogo mira Evrazii»*, Almaty (Kazakhstan), 172-180.

22. Dimeyeva L.A., Permitina V.N., Sultanova B.M., Usen K. and Lysenko V.V. (2017). Ocenka vosstanovitel'noj dinamiki belozemel'nopolyannikov (*Artemisia terrae-albae*) v Severnom Priaral'e [Assessment of the restoration dynamics of white-earth wormwood (*Artemisia terrae-albae*) in the Northern Aral Sea region]. *Arid ecosystems*, 23: 4 (73), 50-60.

23. Dimeyeva L.A., Sultanova B.M. and Salmuhanbetova Zh.K. (2017). Stepnye rastitel'nye soobshchestva v Severnom Priaral'e [Steppe plant communities in the Northern Aral Sea region]. *Proceedings of the III International Scientific Conference "Biological Diversity of the Asian Steppes"*, Kostanay, 70-74.

24. (1969, 1972) *Illjustrirovannyj opredelitel' rastenij Kazahstana* [Illustrated Guide for Identification of Plants of Kazakhstan], vol. 1, 2. Alma-Ata: Nauka, [in Russian].

25. Kirichenko N.G. (1982). Antropogennye smeny na pastbishchah glinistyh pustyn' [Anthropogenic changes in clay desert pastures]. *Smeny pustynnoj i subal'piskoj rastitel'nosti pri pastbishchnom ispol'zovanii*, Alma-Ata, 34-48.

26. Kurochkina L.Ya. (2015). Monitoring i kartografirovaniye degradacii rastitel'nyh formacij v ekosistemah aridnogo Priaral'ya [Monitoring and mapping the degradation of plant formations in the ecosystems of the arid Aral Sea region]. *Arid ecosystems*, 21: 4 (65), 5-21.

27. Kurochkina L.Ya. and Wucherer V.V. (1990). Klassifikacionnye edinicy prostranstvenno-vremennoj dinamiki rastitel'nosti [Classification units of spatio-temporal dynamics of vegetation] / *Kompleksnaya harakteristikapastbishch pustynnoj zony Kazahstana*, Alma-Ata: Nauka, 5-8.

28. Mirzadinov R.A. (2011). Mekhanizmy ustojchivosti rastitel'nosti v predelah invarianta epi(kon)associacii [Mechanisms of vegetation stability within the limits of the epi(con)association invariant]. *Trudy konf. «Aktual'nye problemy geobotaniki», posvyashch. 100-letiyu akad. B.A.Bykova*, Almaty, 24-29.

29. Mirkin B.M., Naumova L.G. and Solomeshch A. (2001). *Sovremennaya nauka o rastitel'nosti* [Modern science of vegetation]. Moscow: Logos.

30. Bedareva S.A. and Bykov B.A. (1971). *Produktivnost' pastbishch Severnogo Priaral'ya* [Productivity of pastures of the Northern Aral Sea region], Moscow: Gidrometizdat.

31. Rabotnov T.A. (1978). *Fitocenologiya* [Phytocenology]. Moscow: MGU.

32. Sukachev V.N. (1942). Ideya razvitiya v fitocenologii [The idea of development in phytocenology]. *Sovetskaya botanika*, vol. 1-3, 5-17.

33. Sukachev V.N. (1926). *Rastitel'nye soobshchestva (Vvedenie v fitocenologiyu)* [Plant communities (Introduction to phytocenology)]. Leningrad-Moscow: Kniga.

34. Fedorova N.L., Lidzheva N.C. and Ulanova S.S. (2022). Rezul'taty monitoringa pastbishchnyh zemel' suhostepnoj zony Respubliki Kalmykiya [Results of monitoring of grasslands in the dry steppe zone of the Republic of Kalmykia]. *International Scientific Research Journal*, 8 (122). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.88>

35. (1956-1966). *Flora Kazahstana* [Flora of Kazakhstan], vol. 1-9. Alma-Ata: Science [in Russian].

36. Shabanova L.V. and Lysenko V.V. (1990). *Kompleksnaya harakteristika pastbishch pustynnoj zony Kazahstana* [Comprehensive characteristics of pastures in the desert zone of Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka.

Авторлар туралы мәлімет:

Лилия Аминовна Димеева – биология ғылымдарының докторы, Ботаника және фитоинтродукция институтының геоботаника зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: l.dimeyeva@mail.ru)

Жұлдыз Қанатқызы Салмұханбетова (корреспондент-автор) – Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биология және биотехнология факультетінің биоәртүрлік және биоресурстар кафедрасының екінші курс PhD докторанты; Ботаника және фитоинтродукция институтының геоботаника зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: zhuldyz.kanatkyzy@mail.ru)

Информация об авторах:

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

Салмуханбетова Жулдыз Канаткызы (автор корреспонденции) – PhD докторант второго курса кафедры биоразнообразия и биоресурсов факультета биологии и биотехнологии Казахского национального университета имени аль-Фараби; младший научный сотрудник лаборатории геоботаники Института ботаники и фитоинтродукции (Алматы, Казахстан, e-mail: zhuldyz.kanatkyzy@mail.ru).

Information about authors:

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

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

Поступила 20 февраля 2025 года

Принята 30 сентября 2025 года

М. Ербай², И.Г. Отрадных¹, И.А. Съедина¹,
Н.К. Корбозова^{2*}, Н.О. Кудрина¹, Н.В. Терлецкая¹

¹РГП на ПХВ «Институт генетики и физиологии» МНВО РК, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: Naz-ik@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИТОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ РАСТЕНИЙ *RHODIOLA LINEARIFOLIA* BORISS. ИЗ РАЗНЫХ ЭКОПОПУЛЯЦИЙ ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ

Климатические условия оказывают значительное влияние на фармакологическую активность лекарственных растений, обуславливая количественные и качественные изменения в составе биологически активных веществ (БАВ). Температура, влажность, уровень освещённости и другие экологические факторы могут изменять метаболические пути растений, что сказывается на продукции вторичных метаболитов – ключевых соединений, определяющих терапевтический потенциал фитопрепаратов. В разных географических зонах и условиях культивирования концентрации БАВ могут существенно варьировать, что является результатом адаптивной реакции растений на стрессовые воздействия окружающей среды. Поэтому важно не только определять количество ценных метаболитов, но также учитывать условия, влияющих на их синтез и аккумуляцию. Для исследования из двух экопопуляций, произрастающих на одинаковой высоте над уровнем моря в ущельях Кимасар и Бутаковка, были отобраны образцы *R. Linearifolia* в фазе цветения. Был проведен анализ фитохимических компонентов экстрактов родиолы линейнолистной и проанализированы возможные экологические и микроклиматические факторы, повлиявшие на существенную разницу их фитохимического состава. Полученные в процессе этой работы результаты важны для лучшего понимания адаптационных механизмов, происходящих в популяциях *R. linearifolia*, для выбора оптимальных условий произрастания вида с целью разработки стратегий по сохранению этого вида в естественных условиях, а также для разработки эффективной стратегии по оптимизации условий будущей интродукции этого вида без потери фармакологически ценных свойств.

Ключевые слова: экопопуляция, микроклиматические факторы, фитохимия, интродукция, адаптация.

M. Erbay ², I.G. Otradnykh ¹, I.A. Sedina ¹,
N.K. Korbozova ^{2*}, N.O. Kudrina ¹, N.V. Terletskaia ¹

¹RSE REM Institute of Genetics and Physiology SCMES RK, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: Naz-ik@mail.ru

Comparative analysis of the phytochemical composition of the above ground part of *rhodiola linearifolia boriss* plants. from different ecopopulations of the Zaili Alatau

Climatic conditions have a significant impact on the pharmacological activity of medicinal plants, causing quantitative and qualitative changes in the composition of biologically active substances (BAS). Temperature, humidity, light levels and other environmental factors can change the metabolic pathways of plants, which affects the production of secondary metabolites – key compounds that determine the therapeutic potential of herbal medicines. In different geographical zones and cultivation conditions, the concentrations of biologically active substances can vary significantly, which is the result of the plant's adaptive response to environmental stress. Therefore, it is important not only to determine the amount of valuable metabolites, but also to take into account the conditions affecting their synthesis and accumulation. For the study, samples of *R. Linearifolia* in the flowering phase were selected from two Eco populations growing at the same altitude above sea level in the Kimasar and Butakovka gorges. An analysis of the phytochemical components of *Rhodiola linearifolia* extracts was carried out and possible environmental and microclimatic factors that influenced the significant difference in their phytochemical composition were analyzed. The results obtained in the course of this work are important for a better understanding of the adaptive mechanisms occurring in populations of *R. linearifolia*, for choosing optimal growing conditions for the species in order to develop strategies for preserving this species in natural

conditions, as well as for developing an effective strategy for optimizing the conditions for the future introduction of this species without loss of pharmacologically valuable properties.

Keywords: ecopopulation, microclimatic factors, phytochemistry, introduction, adaptation.

М. Ербай ², И.Г. Отрадных ¹, И.А. Съедина ¹,
Н.К. Корбозова ^{2*}, Н.О. Кудрина ¹, Н.В. Терлецкая ¹

¹РМК ШЖК Генетика және физиология институты ҒЖБМ ҚР, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: Naz-ik@mail.ru

**Іле Алатауының әртүрлі экопопуляцияларынан жиналған
Rhodiola linearifolia boriss өсімдіктерінің жер үсті бөлігінің
фитохимиялық құрамына салыстырмалы талдау**

Климаттық жағдайлар дәрілік өсімдіктердің фармакологиялық белсенділігіне айтарлықтай әсер етіп, биологиялық белсенді заттардың құрамындағы сандық және сапалық өзгерістерді тудырады (БА3). Температура, ылғалдылық, жарық деңгейі және басқа да қоршаған орта факторлары өсімдіктердің метаболизм жолдарын өзгертуі мүмкін, бұл екіншілік метаболиттер – шөптік препараттардың емдік әлеуетін анықтайтын негізгі қосылыстар өндірісіне әсер етеді. Әртүрлі географиялық аймақтарда және өсіру жағдайында биологиялық белсенді заттардың концентрациясы айтарлықтай өзгеруі мүмкін, бұл өсімдіктің қоршаған ортаның күйзелісіне бейімделу реакциясының нәтижесі. Сондықтан бағалы метаболиттердің мөлшерін анықтау ғана емес, олардың синтезі мен жинақталуына әсер ететін жағдайларды да ескеру маңызды. Зерттеу мақсатында *R. linearifolia* өсімдігінің Қимасар және Бутаковка шатқалдарында теңіз деңгейінен бір биіктікте өсетін екі экопопуляциядан гүлдену фазасындағы үлгілері таңдалды. *Rhodiola linearifolia* сығындыларының фитохимиялық құрамдас бөліктеріне талдау жүргізілді және олардың фитохимиялық құрамындағы елеулі айырмашылыққа әсер еткен ықтимал экологиялық және микроклиматтық факторлар талданды. Осы жұмыс барысында алынған нәтижелер *R. linearifolia* популяцияларында болатын бейімделу механизмдерін жақсы түсіну үшін, осы түрді табиғи жағдайда сақтау стратегиясын әзірлеу мақсатында түрдің оңтайлы өсу шарттарын таңдау үшін, сондай-ақ осы түрді фармакологиялық және фармакологиялық қасиеттерін жоғалтпай болашақта енгізу шарттарын оңтайландырудың тиімді стратегиясын әзірлеу үшін маңызды.

Түйін сөздер: эко популяция, микроклиматтық факторлар, фитохимия, интродукция, бейімделу.

Введение

В условиях глобальных климатических изменений, включающих потепление, засухи и изменения режима осадков, исследования по адаптации лекарственных растений и их метаболизма приобретают особую значимость. Оптимизация условий выращивания позволит целенаправленно управлять биосинтезом ценных метаболитов, повышая их выход и стабильность. Учитывая эти факторы, можно считать, что комплексное изучение влияния климатических факторов на фитохимический состав растений необходимо для прогнозирования и обеспечения устойчивого производства высокоактивного растительно-го сырья [1,2]

Согласно современной литературе, растения, произрастающие в жестких климатических условиях, чаще обладают более высокими концентрациями вторичных метаболитов, чем те же виды растений, выращиваемые в более благоприятных условиях [3,4]. Газо-

вая хроматография-масс-спектрометрия (ГХ-МС) – один из наиболее эффективных современных методов идентификации данных соединений. Считается, что этот метод нередко имеет ключевую роль в исследовании стресс-чувствительных метаболитов [5,6]. Благодаря использованию масс-детектора и доступных библиотек ГХ-МС, он позволяет выделять и анализировать соединения в рамках одного этапа, предоставляя ценную информацию о физиологическом состоянии растений на разных стадиях их развития, а также в ответ на воздействие внешних факторов [7,8].

Многие виды рода *Rhodiola* являются перспективными лекарственными растениями, имеющими долгую и богатую историю. Результаты исследований растительных экстрактов представителей данного семейства демонстрируют возможность их применения как в качестве прямых противомикробных средств, так и в качестве модификаторов устойчивости, которые повышают эффективность антибиотиков [9]. Экстракты

родиолы, содержащие салидрозид, модулируют микробиоту кишечника, тем самым устраняя физиологические и метаболические расстройства и положительно влияя на здоровье человека. Это демонстрирует высокий терапевтический потенциал *Rhodiola* sp.

Родиола линейнолистная *Rhodiola linearifolia* Boriss. из сем. толстянковых (Crassulaceae) – малоизученный вид, обладающий лекарственными свойствами [10,11]. Является многолетником, с мощным корневищем, покрытым чешуевидными листьями. В одной особи числится 2–6 (20) стеблей, высотой до 40 см, с густо расположенными линейными листьями длиной 2–5 см. Представлено щитковидным многоцветковым соцветием, цветение происходит в июне–июле. Это психрофитное растение с коротким вегетационным периодом, который завершается под влиянием ранних заморозков или засухи (в конце июля – начале августа). *R. linearifolia* относится к видам с низкой способностью к восстановлению из-за суровых климатических условий произрастания и наличия очень мелких семян, неспособных конкурировать с другими видами. Обитает на лесных лугах, скалах и берегах рек, поднимаясь на высоты до 3000 м над уровнем моря.

Ранее проведенные исследования популяции *R. linearifolia* описывают, что вид чаще встречается рассеянно, одиночными кустами, изредка небольшими группами. Площадь выявленных популяций варьирует от 100 м² до 2000 м². В различных растительных сообществах доля участия *R. linearifolia* изменялась от 3 (5) до 10 (15) %. На площади 100 м² насчитывается 8–10 генеративных особей с количеством побегов от 3 до 6 и 5 молодых вегетативных растений с 2–3 побегами [12].

Постоянными спутниками *Rh. linearifolia* являются: *Juniperus pseudosabina*, *J. sibirica*, *Picea schrenkiana*, *Alfredia nivea*, *Archangelica brevicaulis*, *Aconitum rotundifolium*, *A. nemorum*, *A. leucostomum*, *Aconogonon coriarium*, *Alchemilla sibirica*, *Bistorta vivipara*, *Chamaenerion angustifolium*, *Ligularia macrophylla*, *Hedysarum flavescens*, *H. neglectum*, *Phlomis oreophila*, *Geranium saxatile*, *Solidago virgaurea* и др.

Учитывая, что растения собраны на противоположных склонах одного хребта, они могут существенно различаться по фитохимическому составу из-за различных микроклиматических условий. Разница в инсоляции, температурном режиме, влажности и почвенных условиях могут иметь существенную роль в накоплении БАВ

[13,14,15,16]. Ранее проведенные нами исследования показали, что высотный градиент также может существенно влиять на метаболомный профиль растений [11], поэтому, чтобы нивелировать фактор высоты, для данного сравнительного эксперимента с эконопуляциями растения отбирали на одинаковой высоте над уровнем моря.

Но мы предполагаем, что восточная экспозиция (Бутаковское ущелье) подвергается утреннему солнечному облучению, что может способствовать более активному фотосинтезу растений в утренние часы. В результате растения с восточной экспозиции могут демонстрировать повышенный синтез фенольных соединений, адаптирующих их к утренней инсоляции. Западные склоны (ущелье Кимасар) могут быть более сухими, что стимулирует накопление осмотически активных веществ, таких как терпеноиды и дубильные вещества, защищающих растения от стресса. Также растения западной экспозиции могут быть богаче эфирными маслами.

Таким образом, изучение фитохимических различий между эконопуляциями из разных экспозиций может быть важным для выбора оптимальных условий культивирования лекарственных растений и получения стандартизированного сырья с высокой фармакологической активностью.

Материалы и методы исследования

Условия сбора растительного материала

В качестве объекта исследования были выбраны растения вида *Rhodiola linearifolia* Boriss. собранные в фазе цветения в хребтах Заилийского Алатау из двух эконопуляций: Восточной экспозиции Бутаковского ущелья (БУТ) и западной экспозиции ущелья Кимасар (КИМ) в одинаковых высотах.

Регион отличается высокогорным континентальным климатом, характеризующимся резкими суточными и сезонными колебаниями температуры. На его формирование влияют теплые субтропические воздушные массы из Ирана и Центральной Азии, способные вызывать кратковременные зимние потепления. В то же время вторжение холодного воздуха из Сибири приводит к ясной морозной погоде. Атлантические ветры способствуют образованию облачности, обильным снегопадам зимой и летним ливням. Среднегодовое количество солнечных часов в регионе составляет 2467, при этом их продолжительность возрастает от 124–140 часов в зимние

месяцы до 285–316 часов в месяц летом. Общий уровень годовой солнечной радиации при ясной погоде достигает 7439 МДж/м². Зимой пря-

мая солнечная радиация варьируется от 266 до 391 МДж/м², а летом увеличивается до 824–958 МДж/м² [11].

Таблица 1 – Координаты и условия сбора образцов *Rhodiola linearifolia*

Локация	Координаты сбора	Высота м.н.у.м.	Температура и влажность воздуха
Алматинская область, Талгарский район, ущелье Бутаковка	N 43°10'10» E 77°06'25»	2 000	22,00°C, 65,21%
Алматинская область, Талгарский район, ущ. Кимасар	N 43°09'33» E 77°04'56»	2 000	17,00°C 64,33%

Для горных почв Северного Тянь-Шаня характерны высокая карбонатность, что усиливается с глубиной, и отсутствие засоленности. Еловые и осиново-березовые леса характеризуются лесной темно-серой почвой. Горно-луговые субальпийские и альпийские почвы, формирующиеся под соответствующими лугами, содержат высокую концентрацию гумуса достигающим до 15–16 % [12].

Бутаковское ущелье (каз. Бутаковка шатқалы) – горное ущелье, расположенное в хребтах Заилийского Алатау на территории города Алматы. Высота над уровнем моря варьируется от 1700 до 2900 м. По дну ущелья протекает река Бутаковка, являющаяся правым притоком Малой Алматинки. Общая длина ущелья составляет 14 км. Растительность представлена тянь-шаньской елью, осиной, рябиной, барбарисом, а также яблоневыми садами. [17]. Родиола линейнолистная была собрана на склонах с уклоном в северо-восточном направлении, в елово-кустарниково-разнотравном сообществе. Доля участия родиолы – 3-5%.

Ущелье Кимасар (также Ким-Асар или Комиссаровское) – горное ущелье, сформированное рекой Комиссаровка, левым притоком Малой Алматинки. Его общая протяжённость составляет 6 км. Целевые растения были собраны на склоне западной экспозиции, с уклоном на юг. *Rh. linearifolia* здесь замечена в составе кустарниково-бузульниково-разнотравного сообщества. Доля участия родиолы составляет 10%.

Среднегодовая температура воздуха в регионе составляет 5,8 °С, достигая максимума в 19,5 °С в июле и снижаясь до -8,0 °С в январе. Годовое количество осадков составляет 1050,4 мм, в период с апреля по октябрь выпадает 787,5 мм

(75% от общего годового количества), самым влажным месяцем считается май..

В этих регионах повышена пастбищная нагрузка, что выражено тропами, набитыми скотом и преобладанием рудерального вида *Rumex tianschanicus* Losinsk. на местах стойбищ [12]. Так же в данных местах преобладает *Ligularia macrophylla*, свидетельствуя о засоренности почвы. Особи родиолы линейнолистной приурочены к крупным камням и можжевельнику. Целевой вид встречается в основном одиночными кустами, иногда небольшими группами. По измерениям ростовых параметров, проведенным в полевых условиях, высота побегов растений *R. Linearifolia* в Бутаковском ущелье и в ущелье Кимасар составило 35-45 см.

Фитохимический анализ и обработка полученных данных

Анализ образцов проводился методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (7890A/5975C). Объем вводимого образца составлял 0,5 мкл, температура ввода – 280 °С, без деления потока. Разделение осуществлялось с использованием капиллярной хроматографической колонки DB-17MS (длина – 60 м, внутренний диаметр – 0,25 мм, толщина пленки – 0,25 мкм) при постоянной скорости газа-носителя (гелий) 1 мл/мин. Температурный режим хроматографирования программировался от 60 °С до 300 °С (выдержка 5 минут) со скоростью нагрева 5 °С/мин. Общее время анализа составляло 53 минуты. Детектирование выполнялось в режиме SCAN m/z 34-800.

Для управления системой, регистрации и обработки данных использовалось программное обеспечение Agilent MSD ChemStation (версия 1701EA). Обработка результатов включала

определение времен удерживания, площадей пиков и спектральный анализ данных, полученных с масс-спектрометрического детектора. Идентификация соединений проводилась с использованием библиотек Wiley 7th edition и NIST'11, содержащих свыше 550 тыс. спектров.

Результаты и их обсуждение

Из результатов анализа фитохимического состава цветков растений двух экопопуляций, приведенных в рисунках 1 и 2, можно заметить, что растительные экстракты обеих экопопуляций обладают сравнительно схожим количеством углеводов и их производных (9,49% в БУТ и 9,04% в КИМ), но значительной разницей в концентрации других веществ.

В образцах, собранных из ущелья Кимасар было выявлено значительное количество жирных кислот (6,01%) и их эфиров (51,29%), в то время как в образцах из Бутаковского ущелья они выявлены не были. Нитрилы, оксимы и азотосодержащие соединения, наоборот, отсутство-

вали в образцах из ущелья Кимасар, тогда как в Бутаковском ущелье их количество составляло 15,09%, 18,65% и 2,01% соответственно. Также отличительной чертой образцов из ущелья Кимасар является присутствие в цветках алканов (2,78%), карбоновых кислот и их производных (2,66%), эфиров диоксолана (1,01%), терпенов (5,17%) и стеролов (4,79%). Показатели циклических кетонов и лактонов и их производных (4,36% в КИМ и 3,44% в БУТ) и фенольных соединений (7,62% в КИМ и 11,59% в БУТ) в цветках имеют сравнительно небольшую разницу в этих двух популяциях. Алкоголи, альдегиды, кетоны, эфиры и их производные (25,30%), производные фурана и пирана (14,43%) в БУТ выявлены в значительно большем количестве по сравнению с КИМ (3,2%, 2,07% соответственно), превышая их концентрацию в 7,91 и 6,97 раза соответственно.

Данные, приведенные на рисунках 3 и 4, также показывают значительную разницу в фитохимическом составе растительных экстрактов побегов родиолы из двух экопопуляций.

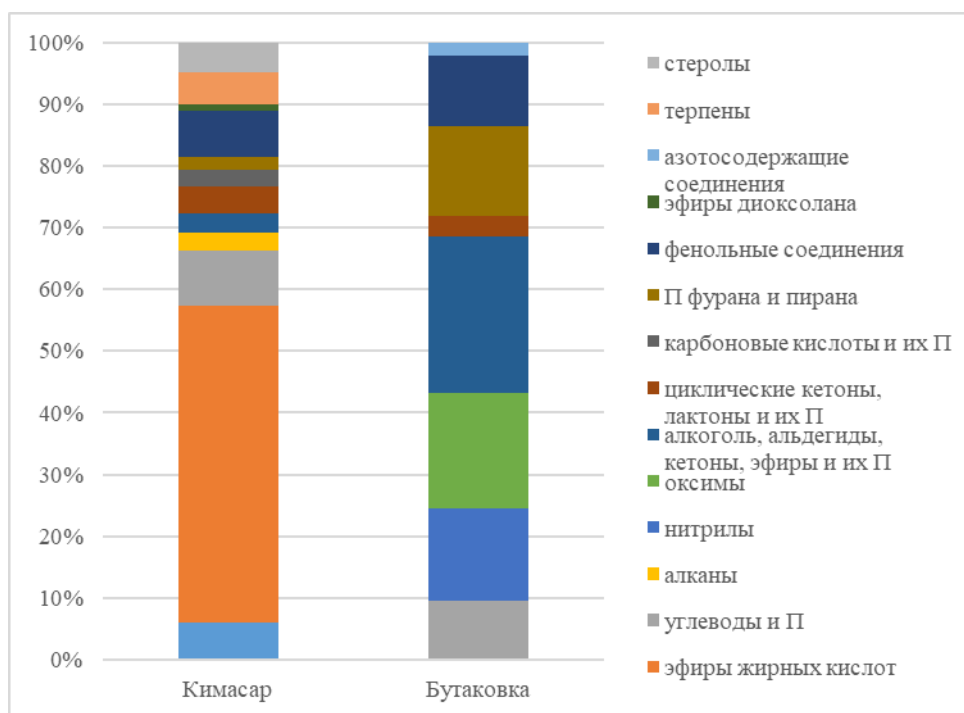
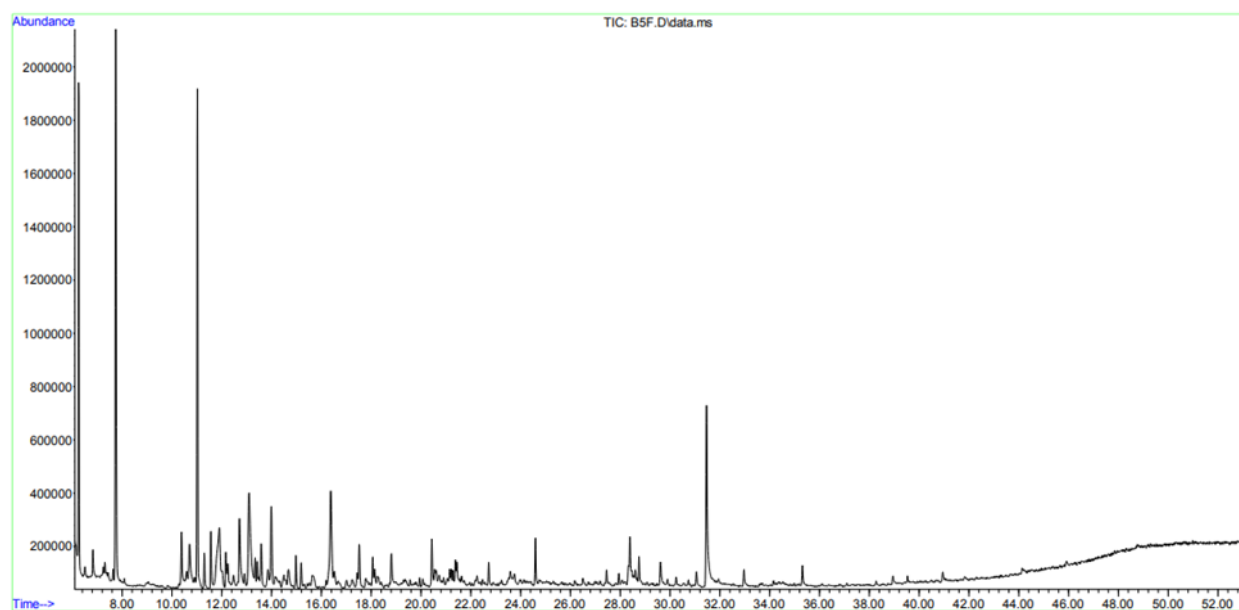
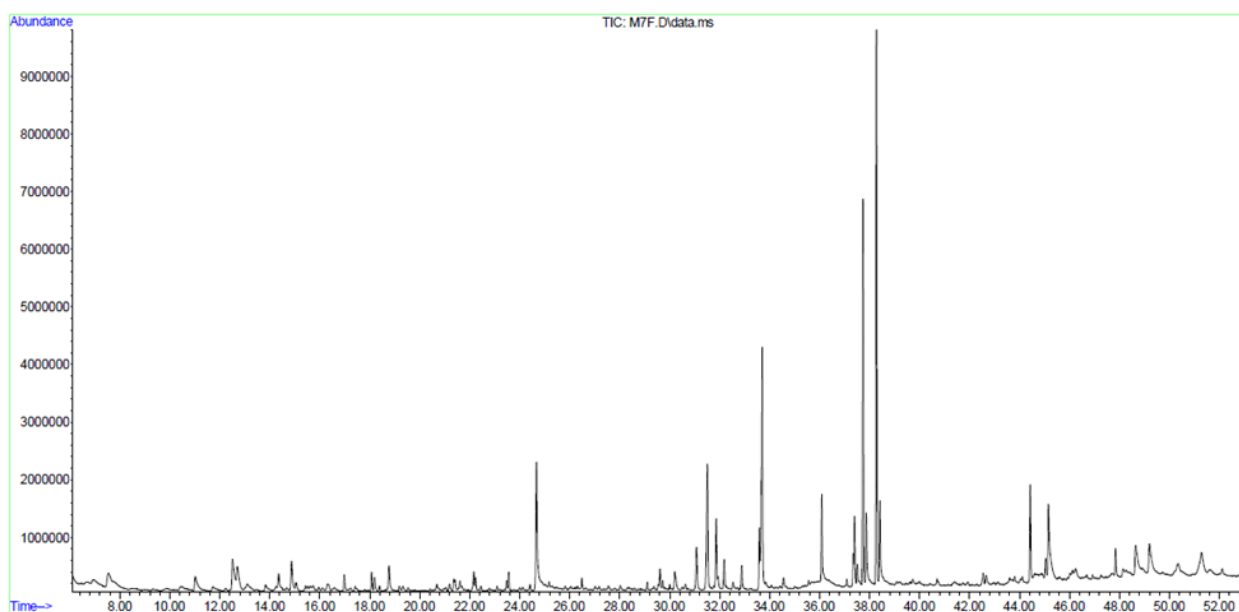


Рисунок 1 – Фитохимический анализ цветков *R. Linearifolia*

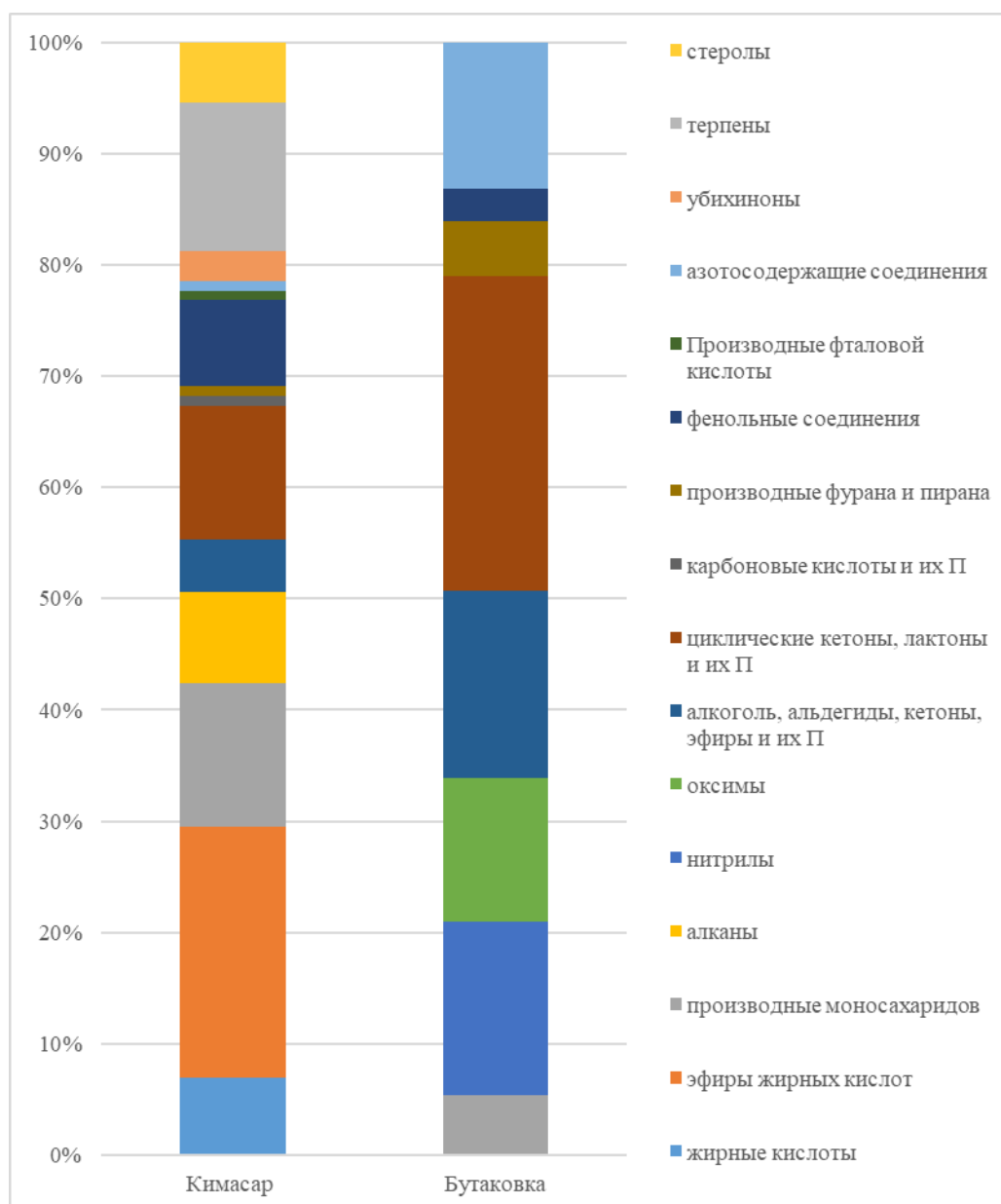


А



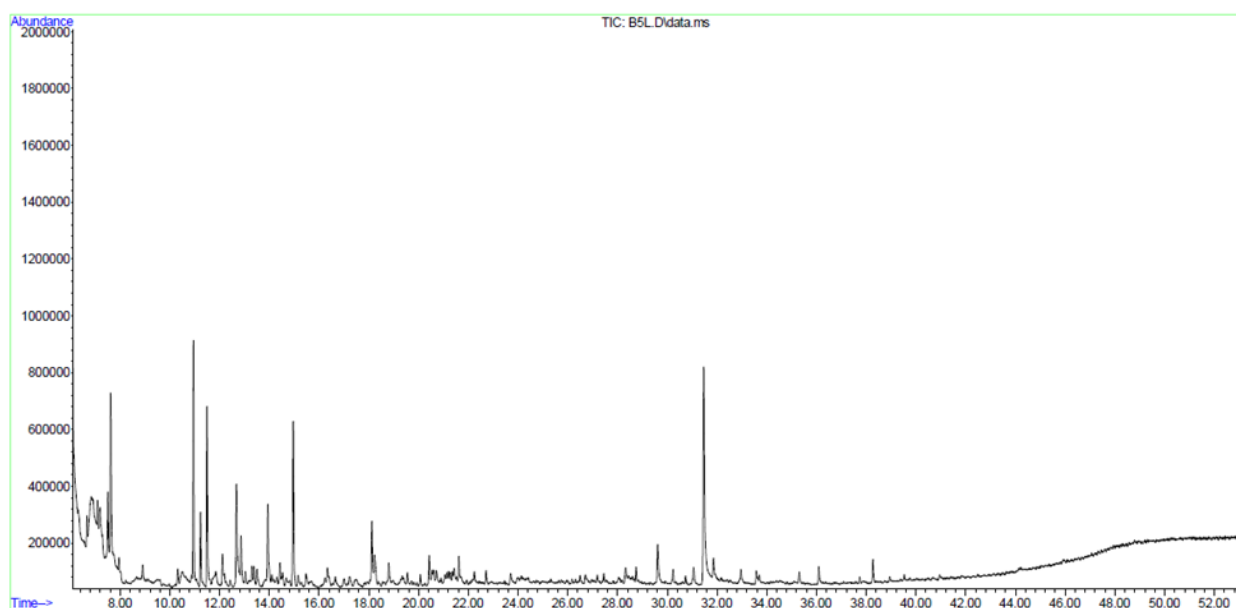
Б

Рисунок 2 – Хроматограмма экстрактов цветков *R. Linearifolia*: А – БУТ, Б – КИМ

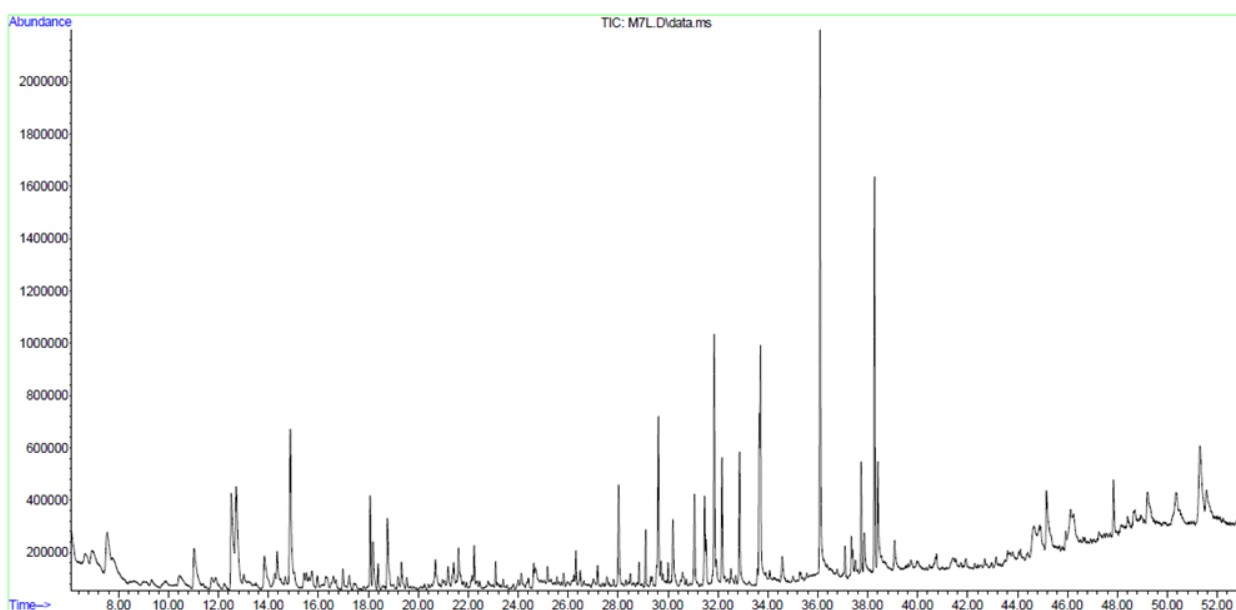
Рисунок 3 – Фитохимический анализ побегов *R. Linearifolia*

В побегах БУТ, как и в цветках, были обнаружены нитрилы (15,6%) и оксимы (12,88%), в то время как в побегах КИМ, как и в цветках они не были выявлены. В этих образцах из ущелья Кимасар в отличие от образцов из Бутаковского ущелья, присутствуют жирные кислоты (6,97%) и их эфиры (22,51%), алканы (8,24%), карбоновые кислоты и их производные (0,97%), производные фталовой кислоты (0,79%), уби-

хиноны (2,65%), терпены (13,44%) и стеролы (5,35%). В обеих точках были обнаружены моносахариды и их производные (5,39% в БУТ и 12,88% в КИМ), циклические кетоны, лактоны и их производные (28,29% в БУТ и 12,01% в КИМ), фенольные соединения (2,86% БУТ, 7,76% КИМ), спирты, кетоны, альдегиды, эфиры и их производные (16,87% БУТ, 4,66% КИМ).



А



Б

Рисунок 4 – Хроматограмма экстрактов побегов А – БУТ, Б – КИМ

Помимо этого образцы из Бутаковского ущелья отличились значительным «перевесом» азотосодержащих соединений (13,16%), которые в образцах из ущелья Кимасар составили 0,93%. Производные пирана и фурана, также, в БУТ (4,95%) выявлены в значительно превышающем (в 6 раз) количестве чем в КИМ (0,84%).

Растениям для обеспечения нормального роста и развития необходим постоянный баланс между ростом и защитой от разнообразных стрессов, что оказывает влияние на их первичный и вторичный метаболизм [18,19]. И в неблагоприятных условиях вторичные метаболиты играют решающую роль в адаптации растений,

помогая справляться с такими типичными для горных экосистем стрессовыми факторами, как низкие температуры, давление и повышенное УФ-излучение [20,21].

В качестве адаптивной реакции при окислительном стрессе в пластидах запускается синтез жирных кислот (ЖК) [22,23]. Жирные кислоты в растительных тканях входя в состав клеточных мембран, регулируют их свойства, служат запасными резервами углерода и энергии, участвуют в формировании внеклеточного барьера, а также выступают предшественниками биоактивных молекул и регуляторами стрессовых сигналов [24,25]. Установлена связь между уровнем ненасыщенных ЖК в плазматической мембране и ее текучестью, что играет ключевую роль в сохранении клеточных функций при воздействии стрессовых факторов [26]. В то время как в экстрактах образцов родиолы, собранных в Бутаковском ущелье, ЖК не были обнаружены, масс-спектры показали, что жирные кислоты были обнаружены и в свободной форме, и в виде эфиров как в цветах, так и в побегах родиолы линейнолистной, растущей в ущелье Кимасар. В частности, это также может свидетельствовать об особенностях функционирования фотосинтезирующих систем в данном склоне, так как есть литературные данные, указывающие, что повышение содержания ненасыщенных ЖК во внутренних мембранах хлоропластов и митохондрий при стрессе способствует снижению фотоингибирования фотосистемы II. [27,28]. В целом, жирные кислоты и их эфиры составляли значительную часть метаболитов в цветках (57,3%) и были менее распространены в побегах (29,48%) в этих образцах. Необходимо учитывать транспорт веществ из подземных органов к надземным, включая цветки, поскольку это обеспечивает растения необходимыми субстратами для дальнейшего размножения [29,30]. В то время как основная роль побегов в период цветения заключается в фиксации CO₂ за счет фотосинтеза, цветки в значительной степени зависят от поступления органических молекул извне [31].

Наши результаты показывают также отсутствие насыщенных углеводов и карбоновых кислот и их производных в метаболомных спектрах цветов и побегов в БУТ, сопровождающееся низкой концентрацией (по сравнению с КИМ) углеводов и их производных в побегах. Эти показатели могут косвенно отражать нарушения фотосинтеза в этой популяции. Уровни производных фурана и пирана, которые содержат активные спиртовые, альдегидные и кетоновые группы

и известны своей высокой биологической активностью [32], наоборот, были обнаружены в БУТ в большей концентрации, в несколько раз превышающей их концентрацию в КИМ. Такое же различие наблюдается в случае кетонов и других летучих компонентов (альдегиды, спирты и эфиры). При этом в обеих популяциях количество этих веществ было больше в цветках, чем в побегах. Такое распределение, вероятно, обусловлено динамической регуляцией метаболизма, которая оптимально направляет метаболиты – основные строительные блоки – в развивающиеся органы и ткани [33]. Подобные различия в популяциях предполагают, что кетоны и их производные могут повышать стрессоустойчивость цветков *R. linearifolia* под воздействием сложных абиотических факторов, характерных для условий с повышенной утренней инсоляцией.

Терпены, обнаруженные в образцах из ущелья Кимасар, служат сигналами стресса от растения к растению [34]. Эти метаболиты играют ключевую роль в обеспечении роста и развития растений, процессов дыхания и в защите репродуктивных органов от абиотических и биотических стрессовых факторов. [11,35,36,37]. Терпены и стеролы участвуют в защите от УФ-излучения и насекомых, а также регулируют проницаемость мембран, что может быть важно для более засушливых и солнечных условий западного склона. Фитолы, входящие в состав хлорофилла, неразрывно связаны с реакцией *R. linearifolia* на стресс, когда фотосинтетическая активность значительно изменяется [14]. Исследования показывают, что летучие терпены могут смягчать эффекты окислительного стресса либо путем прямых межклеточных реакций с окислителями, либо путем модификации сигнальных путей АФК [27,38]. Наблюдаемое увеличение накопления терпенов и стеролов в побегах в популяции КИМ, подчеркивает как возможные нарушения фотосинтеза из-за повышенного УФ излучения, так и возможные адаптивные реакции возникшие с более засушливыми условиями склона.

Оксимы способны выполнять функцию летучих защитных агентов, а их последующая дегидратация может приводить к образованию гидроксинитрилов [39]. Оксимы и нитрилы связаны с азотным обменом и могут быть предшественниками глюкозинолатов или других защитных соединений, играя роль в химической защите растений, особенно в условиях повышенной влажности или риска бактериальных и грибковых инфекций. В наших экспериментах окси-

мы и нитрилы были выявлены как в цветках, так и в побегах *R. linearifolia* в популяции БУТ, что может указывать на данные риски, учитывая, что в восточной экспозиции за повышенной утренней инсоляцией следует большее затенение, что может приводить к более влажным условиям и отличающемуся температурному режиму.

Множество литературных данных подтверждают значительную роль фенольных соединений в фотозащите и регулировании антиоксидантной активности [40,41], что обуславливается их способностью поглощать УФ-излучение в диапазоне 210–350 нм, снижая накопление активных форм кислорода (АФК) и тем самым повышая устойчивость к стрессовым условиям горной местности [42,43]. В наших исследованиях фенольные соединения были обнаружены в растениях из обеих популяций, но в сравнительно повышенной концентрации они наблюдаются в цветках растений из БУТ (11,59%). Это может быть связано не только с функциями фотозащиты из-за повышенного утреннего солнечного излучения и регулированием антиоксидантной активности, но и с защитой от патогенов. Цветки уязвимы к нападению насекомых и микроорганизмов. Фенольные соединения обладают антимикробными и репеллентными свойствами, защищая цветки от грибковых, бактериальных

инфекций и поедания насекомыми, что также обуславливается более влажными условиями восточной экспозиции.

Заключение

Таким образом, выявленные фитохимические различия между двумя эколопопуляциями одного вида на разных склонах, скорее всего, обусловлены разными условиями окружающей среды, что демонстрирует гибкость метаболических адаптаций растений к освещенности, влажности и другим стрессовым факторам. Дальнейшие исследования в этом направлении будут способствовать оптимизации сбора лекарственного сырья в естественных условиях произрастания, а также будут полезны при разработке условий для интродукции данного вида.

Финансирование

Работа выполнена в рамках программы целевого финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования BR 21882180 «Разработка программы сохранения и развития ресурсной базы перспективных для медицины и ветеринарии растений Казахстана в условиях изменяющегося климата».

Литература

1. Caretto, S.; Linsalata, V.; Colella, G.; Mita, G.; Lattanzio, V. Carbon Fluxes between Primary Metabolism and Phenolic Pathway in Plant Tissues under Stress. *Int. J. Mol. Sci.* 2015; 16, pp. 26378–26394, doi:10.3390/ijms161125967
2. Akhi, M.Z.; Haque, M.M.; Biswas, M.S.; Akhi, M.Z.; Haque, M.M.; Biswas, M.S. Role of Secondary Metabolites to Attenuate Stress Damages in Plants. In *Antioxidants – Benefits, Sources, Mechanisms of Action*; IntechOpen, 2021, ISBN 978-1-83968-865-2.
3. Futuyma, D.J.; Agrawal, A.A. Macroevolution and the Biological Diversity of Plants and Herbivores. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2009, 106, 18054–18061, doi:10.1073/pnas.0904106106
4. Li, D.; Baldwin, I.T.; Gaquerel, E. Navigating Natural Variation in Herbivory-Induced Secondary Metabolism in Coyote Tobacco Populations Using MS/MS Structural Analysis. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2015, 112, E4147–E4155, doi:10.1073/pnas.1503106112
5. Fernie, A.R.; Trethewey, R.N.; Krotzky, A.J.; Willmitzer, L. Metabolite Profiling: From Diagnostics to Systems Biology. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 2004, 5, 763–769, doi:10.1038/nrm1451
6. Obata, T.; Fernie, A.R. The Use of Metabolomics to Dissect Plant Responses to Abiotic Stresses. *Cell. Mol. Life Sci.* 2012, 69, 3225–3243, doi:10.1007/s00018-012-1091-5
7. Harb, A.; Krishnan, A.; Ambavaram, M.M.R.; Pereira, A. Molecular and Physiological Analysis of Drought Stress in *Arabidopsis* Reveals Early Responses Leading to Acclimation in Plant Growth. *Plant Physiol.* 2010, 154, 1254–1271, doi:10.1104/pp.110.161752
8. Barton, K.E.; Boege, K. Future Directions in the Ontogeny of Plant Defence: Understanding the Evolutionary Causes and Consequences. *Ecol. Lett.* 2017, 20, 403–411, doi:10.1111/ele.12744
9. Klancnik, Anja & Kunčič, Ajda & Smole Možina, Sonja & Bucar, Franz. (2024). The antibacterial potential and effects of *Rhodiola* sp. on gut microbiota. *Phytochemistry Reviews*. 1-20. 10.1007/s11101-024-09965-5
10. Chaldanbayeva, A.K. Biological, Pharmacognostic, and Pharmacological Properties of *Rhodiola Linearifolia* in Kyrgyzstan.; Saint Petersburg: Saint Petersburg, Russia, June 27 2006; pp. 364–370.
11. Terletskaya, N.V.; Erbay, M.; Mamirova, A.; Ashimuly, K.; Korbozova, N.K.; Zorbekova, A.N.; Kudrina, N.O.; Hoffmann, M.H. Altitude-Dependent Morphophysiological, Anatomical, and Metabolomic Adaptations in *Rhodiola Linearifolia* Boriss. *Plants* 2024, 13, 2698, doi:10.3390/plants13192698

12. Отрадных И.Г., Съедина И.А., Рамазанова М.С. Эколого-ценотическая характеристика растительных сообществ с участием *Rhodiola linearifolia* Boriss. (Crassulaceae) в горах Северного Тянь-Шаня // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2024. – Т. 23, № 1 DOI: 10.14258/pbssm.2024038. – С. 206–210.
13. Li, Y.; Kong, D.; Fu, Y.; Sussman, M.R.; Wu, H. The Effect of Developmental and Environmental Factors on Secondary Metabolites in Medicinal Plants. *Plant Physiol. Biochem.* 2020, 148, 80–89.
14. Terletskaia, N.V.; Korbozova, N.K.; Kudrina, N.O.; Kobylina, T.N.; Kurmanbayeva, M.S.; Meduntseva, N.D.; Tolstikova, T.G. The Influence of Abiotic Stress Factors on the Morphophysiological and Phytochemical Aspects of the Acclimation of the Plant *Rhodiola semenovii* Boriss. *Plants* 2021, 10, 1196.
15. Terletskaia, N.V.; Seitimova, G.A.; Kudrina, N.O.; Meduntseva, N.D.; Ashimuly, K. The Reactions of Photosynthetic Capacity and Plant Metabolites of *Sedum hybridum* L. in Response to Mild and Moderate Abiotic Stresses. *Plants* 2022, 11, 828.
16. Terletskaia, N.V.; Shadenova, E.A.; Litvinenko, Y.A.; Ashimuly, K.; Erbay, M.; Mamirova, A.; Nazarova, I.; Meduntseva, N.D.; Kudrina, N.O.; Korbozova, N.K.; et al. Influence of Cold Stress on Physiological and Phytochemical Characteristics and Secondary Metabolite Accumulation in Microclones of *Juglans regia* L. *Int. J. Mol. Sci.* 2024, 25, 4991 p.
17. Природа Заилийского Алатау / М. Ж. Жандаев ... – Алма-Ата: Казахстан, 1978. – 158, с.
18. Pan, L.; Yang, N.; Sui, Y.; Li, Y.; Zhao, W.; Zhang, L.; Mu, L.; Tang, Z. Altitudinal Variation on Metabolites, Elements, and Antioxidant Activities of Medicinal Plant *Asarum*. *Metabolites* 2023, 13, 1193.
19. Terletskaia, N.V.; Korbozova, N.K.; Grazhdannikov, A.E.; Seitimova, G.A.; Meduntseva, N.D.; Kudrina, N.O. Accumulation of Secondary Metabolites of *Rhodiola semenovii* Boriss. In Situ in the Dynamics of Growth and Development. *Metabolites* 2022, 12, 622 p.
20. Rodríguez-Hernández, D. Secondary Metabolites as a Survival Strategy in Plants of High Mountain Habitats. *Boletín Latinoam. Y Del Caribe Plantas Med. Y Aromática* 2019, 18, 444–458.
21. Körner, C. Alpine Treelines. In *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain E.*
22. He, M.; He, C.-Q.; Ding, N.-Z. Abiotic Stresses: General Defenses of Land Plants and Chances for Engineering Multistress Tolerance. *Front. Plant Sci.* 2018, 9, 1771.
23. Boncan, D.A.T.; Tsang, S.S.K.; Li, C.; Lee, I.H.T.; Lam, H.-M.; Chan, T.-F.; Hui, J.H.L. Terpenes and Terpenoids in Plants: Interactions with Environment and Insects. *Int. J. Mol. Sci.* 2020, 21, 7382.
24. Yuldasheva, N.K.; Gusakova, S.D.; Nurullaeva, D.K.; Farmanova, N.T.; Zakirova, R.P.; Kurbanova, E.R. Neutral Lipids of Oats Fruit (*Avena sativa* L.). *Drug Dev. Regist.* 2020, 9, 40–43.
25. Lee, J.; Moraes-Vieira, P.M.; Castoldi, A.; Aryal, P.; Yee, E.U.; Vickers, C.; Parnas, O.; Donaldson, C.J.; Saghatelian, A.; Kahn, B.B. Branched Fatty Acid Esters of Hydroxy Fatty Acids (FAHFAs) Protect against Colitis by Regulating Gut Innate and Adaptive Immune Responses. *J. Biol. Chem.* 2016, 291, 22207–22217.
26. Martinière, A.; Gayral, P.; Hawes, C.; Runions, J. Building Bridges: Formin1 of *Arabidopsis* Forms a Connection between the Cell Wall and the Actin Cytoskeleton. *Plant J.* 2011, 66, 354–365.
27. Sui, N.; Han, G. Salt-Induced Photoinhibition of PSII Is Alleviated in Halophyte *Thellungiella halophila* by Increases of Unsaturated Fatty Acids in Membrane Lipids. *Acta Physiol. Plant* 2014, 36, 983–992.
28. Liu, S.; Wang, W.; Li, M.; Wan, S.; Sui, N. Antioxidants and Unsaturated Fatty Acids Are Involved in Salt Tolerance in Peanut. *Acta Physiol. Plant* 2017, 39, 207.
29. Chang, T.-G.; Zhu, X.-G. Source–Sink Interaction: A Century Old Concept under the Light of Modern Molecular Systems Biology. *J. Exp. Bot.* 2017, 68, 4417–4431, doi:10.1093/jxb/erx002
30. Ho, L.C. Metabolism and Compartmentation of Imported Sugars in Sink Organs in Relation to Sink Strength. *Annu. Rev. Plant Biol.* 1988, 39, 355–378, doi:10.1146/annurev.pp.39.060188.002035
31. Yang, J.; Zhang, J.; Huang, Z.; Wang, Z.; Zhu, Q.; Liu, L. Correlation of Cytokinin Levels in the Endosperms and Roots with Cell Number and Cell Division Activity during Endosperm Development in Rice. *Ann. Bot.* 2002, 90, 369–377, doi:10.1093/aob/mcf198
32. Polturak, G.; Heinig, U.; Grossman, N.; Battat, M.; Leshkowitz, D.; Malitsky, S.; Rogachev, I.; Aharoni, A. Transcriptome and Metabolic Profiling Provides Insights into Betalain Biosynthesis and Evolution in *Mirabilis jalapa*. *Mol. Plant* 2018, 11, 189–204.
33. Cara, C.; Gauvin-Lepage, J.; Lefebvre, H.; Létourneau, D.; Alderson, M.; Larue, C.; Beauchamp, J.; Gagnon, L.; Casimir, M.; Girard, F.; et al. Le Modèle humaniste des soins infirmiers-UdeM: Perspective novatrice et pragmatique. *Rech. En Soins Infirm.* 2016, 125, 20–31.
34. Farmer, E.E. Surface-to-Air Signals. *Nature* 2001, 411, 854–856.
35. Rohmer, M.; Seemann, M.; Horbach, S.; Bringer-Meyer, S.; Sahm, H. Glyceraldehyde 3-Phosphate and Pyruvate as Precursors of Isoprenic Units in an Alternative Non-Mevalonate Pathway for Terpenoid Biosynthesis. *J. Am. Chem. Soc.* 1996, 118, 2564–2566, doi:10.1021/ja9538344
36. Borghi, M.; Fernie, A.R. Outstanding Questions in Flower Metabolism. *Plant J.* 2020, 103, 1275–1288, doi:10.1111/tip.14814
37. Borghi, M.; Perez de Souza, L.; Yoshida, T.; Fernie, A.R. Flowers and Climate Change: A Metabolic Perspective. *New Phytol.* 2019, 224, 1425–1441, doi:10.1111/nph.16031
38. Sharkey, T.D.; Yeh, S. Isoprene Emission from Plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2001, 52, 407–436.
39. Sibbesen, O.; Koch, B.M.; Rouze, P.; Moller, B.L.; Halkier, B.A. Biosynthesis of Cyanogenic Glucosides. In *Elucidation of the Pathway and Characterization of the Cytochromes P-450 Involved in Amino Acids and Their Derivatives in Higher Plants*; Wallsgrave, R.M., Ed.; University Press: Cambridge, UK, 1995; pp. 227–241, ISBN 0309-6831

40. Camas, N.; Radusiene, J.; Ivanauskas, L.; Jakstas, V.; Cirak, C. Altitudinal Changes in the Content of Bioactive Substances in *Hypericum Orientale* and *Hypericum Pallens*. *Acta Physiol. Plant.* 2014, 36, 675–686, doi:10.1007/s11738-013-1446-z
41. Padilla-González, G.F.; Diazgranados, M.; Da Costa, F.B. Biogeography Shaped the Metabolome of the Genus *Espeletia*: A Phytochemical Perspective on an Andean Adaptive Radiation. *Sci. Rep.* 2017, 7, 8835, doi:10.1038/s41598-017-09431-7
42. Nasri, Z.; Ahmadi, M.; Striesow, J.; Ravandeh, M.; von Woedtke, T.; Wende, K. Insight into the Impact of Oxidative Stress on the Barrier Properties of Lipid Bilayer Models. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23, 5932, doi:10.3390/ijms23115932
43. Hashim, A.M.; Alharbi, B.M.; Abdulmajeed, A.M.; Elkelish, A.; Hozzein, W.N.; Hassan, H.M. Oxidative Stress Responses of Some Endemic Plants to High Altitudes by Intensifying Antioxidants and Secondary Metabolites Content. *Plants* 2020, 9, 869, doi:10.3390/plants9070869

References

1. Caretto, S.; Linsalata, V.; Colella, G.; Mita, G., & Lattanzio, V. (2015). Carbon Fluxes between Primary Metabolism and Phenolic Pathway in Plant Tissues under Stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(11), 26378–26394. <https://doi.org/10.3390/ijms161125967>
2. Akhi, M. Z., Haque, M. M., & Biswas, M. S. (2021). Role of secondary metabolites to attenuate stress damages in plants. *In IntechOpen eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95495>. ISBN 978-1-83968-865-2.
3. Futuyma, D. J., & Agrawal, A. A. (2009). Macroevolution and the biological diversity of plants and herbivores. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(43), 18054–18061. <https://doi.org/10.1073/pnas.0904106106>
4. Li, D., Baldwin, I. T., & Gaquerel, E. (2015). Navigating natural variation in herbivory-induced secondary metabolism in coyote tobacco populations using MS/MS structural analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(30). <https://doi.org/10.1073/pnas.1503106112>
5. Fernie, A. R., Trethewey, R. N., Krotzky, A. J., & Willmitzer, L. (2004). Metabolite profiling: from diagnostics to systems biology. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 5(9), 763–769. <https://doi.org/10.1038/nrm1451>
6. Obata, T., & Fernie, A. R. (2012). The use of metabolomics to dissect plant responses to abiotic stresses. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 69(19), 3225–3243. <https://doi.org/10.1007/s00018-012-1091-5>
7. Harb, A., Krishnan, A., Ambavaram, M. M., & Pereira, A. (2010). Molecular and physiological analysis of drought stress in *Arabidopsis* reveals early responses leading to acclimation in plant growth. *PLANT PHYSIOLOGY*, 154(3), 1254–1271. <https://doi.org/10.1104/pp.110.161752>
8. Barton, K. E., & Boege, K. (2017). Future directions in the ontogeny of plant defence: understanding the evolutionary causes and consequences. *Ecology Letters*, 20(4), 403–411. <https://doi.org/10.1111/ele.12744>
9. Klančnik, A., Kunčič, A., Možina, S. S., & Bucar, F. (2024). The antibacterial potential and effects of *Rhodiola* sp. on gut microbiota. *Phytochemistry Reviews*. <https://doi.org/10.1007/s11101-024-09965-5>
10. Chaldanbaeva, A. K. (2006). Biological-Pharmacognostic and Pharmacological Properties of *Rhodiola linearifolia* of Kyrgyzstan. In *Proceedings of the 10th International Congress of Phytopharm.*
11. Terletskaya, N. V., Erbay, M., Mamirova, A., Ashimuly, K., Korbozova, N. K., Zorbekova, A. N., Kudrina, N. O., & Hoffmann, M. H. (2024). Altitude-Dependent Morphophysiological, Anatomical, and Metabolomic Adaptations in *Rhodiola linearifolia* Boriss. *Plants*, 13(19), 2698. <https://doi.org/10.3390/plants13192698>
12. Otradnykh I.G., Sedina I.A., Ramazanova M.S. (2024). Ekologo-cenoticheskaya karakteristika rastitelny soobshestv s uchastiem *Rhodiola linearifolia* Boriss. (Crassulaceae) v gorah Severnogo Tyan-Shana [Ecological and cenotic characteristics of plant communities with the participation of *Rhodiola linearifolia* Boriss. (Crassulaceae) in the Northern Tien Shan mountains]. *Problemy botanicy Yujnoi Sibiri i Mongolii*. 1(23), 206–210. (In Russian)
13. Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R., & Wu, H. (2020). The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant physiology and biochemistry*, 148, 80-89.
14. Terletskaya, N. V., Korbozova, N. K., Kudrina, N. O., Kobylina, T. N., Kurmanbayeva, M. S., Meduntseva, N. D., & Tolstikova, T. G. (2021). The influence of abiotic stress factors on the morphophysiological and phytochemical aspects of the acclimation of the plant *Rhodiola semenovii* Boriss. *Plants*, 10(6), 1196.
15. Terletskaya, N. V., Seitimova, G. A., Kudrina, N. O., Meduntseva, N. D., & Ashimuly, K. (2022). The reactions of photosynthetic capacity and plant metabolites of sedum hybridum l. In response to mild and moderate abiotic stresses. *Plants*, 11(6), 828.
16. Terletskaya, N. V., Shadenova, E. A., Litvinenko, Y. A., Ashimuly, K., Erbay, M., Mamirova, A., ... & Djangalina, E. D. (2024). Influence of cold stress on physiological and phytochemical characteristics and secondary metabolite accumulation in microclones of *Juglans regia* L. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(9), 4991.
17. Jandaev M. J. (1978). Priroda Zailiskogo Alatau [Nature of the Trans-Ili Alatau]. *Alma-Ata: Kazakhstan*. 158.
18. Pan, L., Yang, N., Sui, Y., Li, Y., Zhao, W., Zhang, L., ... & Tang, Z. (2023). Altitudinal variation on metabolites, elements, and antioxidant activities of medicinal plant *asarum*. *Metabolites*, 13(12), 1193.
19. Terletskaya, N. V., Korbozova, N. K., Grazhdannikov, A. E., Seitimova, G. A., Meduntseva, N. D., & Kudrina, N. O. (2022). Accumulation of secondary metabolites of *rhodiola semenovii* boriss. In situ in the dynamics of growth and development. *Metabolites*, 12(7), 622.
20. Rodríguez-Hernández, D. (2019). Secondary metabolites as a survival strategy in plants of high mountain habitats. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, 18(5).

21. Körner, C. (2021). Alpine treelines. In *Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems* (pp. 141-173). Cham: Springer International Publishing.
22. He, M., He, C. Q., & Ding, N. Z. (2018). Abiotic stresses: general defenses of land plants and chances for engineering multistress tolerance. *Frontiers in plant science*, 9, 1771.
23. Boncan, D. A. T., Tsang, S. S., Li, C., Lee, I. H., Lam, H. M., Chan, T. F., & Hui, J. H. (2020). Terpenes and terpenoids in plants: Interactions with environment and insects. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19), 7382.
24. Yuldasheva, N. K., Gusakova, S. D., Nurullaeva, D. K., Farmanova, N. T., Zakirova, R. P., & Kurbanova, E. R. (2020). Neutral lipids of oats fruit (*Avena Sativa* L.). *Drug development & registration*, 9(4), 40-43.
25. Lee, J., Moraes-Vieira, P. M., Castoldi, A., Aryal, P., Yee, E. U., Vickers, C., ... & Kahn, B. B. (2016). Branched fatty acid esters of hydroxy fatty acids (FAHFAs) protect against colitis by regulating gut innate and adaptive immune responses. *Journal of biological chemistry*, 291(42), 22207-22217.
26. Martiniere, A., Gayral, P., Hawes, C., & Runions, J. (2011). Building bridges: formin1 of *Arabidopsis* forms a connection between the cell wall and the actin cytoskeleton. *The Plant Journal*, 66(2), 354-365.
27. Sui, N., & Han, G. (2014). Salt-induced photoinhibition of PSII is alleviated in halophyte *Thellungiella halophila* by increases of unsaturated fatty acids in membrane lipids. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(4), 983-992.
28. Liu, S., Wang, W., Li, M., Wan, S., & Sui, N. (2017). Antioxidants and unsaturated fatty acids are involved in salt tolerance in peanut. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(9), 207.
29. Chang, T. G., & Zhu, X. G. (2017). Source-sink interaction: a century old concept under the light of modern molecular systems biology. *Journal of Experimental Botany*, 68(16), 4417-4431.
30. Ho, L. C. (1988). Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39(1), 355-378. doi:10.1146/annurev.pp.39.060188.002035
31. Yang, J., Zhang, J., Huang, Z., Wang, Z., Zhu, Q., & Liu, L. (2002). Correlation of cytokinin levels in the endosperms and roots with cell number and cell division activity during endosperm development in rice. *Annals of Botany*, 90(3), 369-377. doi:10.1093/aob/mcf198
32. Polturak, G., Heinig, U., Grossman, N., Battat, M., Leshkowitz, D., Malitsky, S., ... & Aharoni, A. (2018). Transcriptome and metabolic profiling provides insights into betalain biosynthesis and evolution in *Mirabilis jalapa*. *Molecular Plant*, 11(1), 189-204.
33. Cara, C., Gauvin-Lepage, J., Lefebvre, H., Létourneau, D., Alderson, M., Larue, C., ... & Mathieu, C. (2016). Le Modèle humaniste des soins infirmiers-UdeM: perspective novatrice et pragmatique. *Recherche en soins infirmiers*, 125(2), 20-31.
34. Farmer, E. E. (2001). Surface-to-air signals. *Nature*, 411(6839), 854-856.
35. Rohmer, M., Seemann, M., Horbach, S., Bringer-Meyer, S., & Sahm, H. (1996). Glyceraldehyde 3-phosphate and pyruvate as precursors of isoprenic units in an alternative non-mevalonate pathway for terpenoid biosynthesis. *Journal of the American Chemical Society*, 118(11), 2564-2566. doi:10.1021/ja9538344
36. Borghi, M., & Fernie, A. R. (2020). Outstanding questions in flower metabolism. *The Plant Journal*, 103(4), 1275-1288. doi:10.1111/tpj.14814
37. Borghi, M., Perez de Souza, L., Yoshida, T., & Fernie, A. R. (2019). Flowers and climate change: a metabolic perspective. *New Phytologist*, 224(4), 1425-1441. doi:10.1111/nph.16031
38. Sharkey, T. D., & Yeh, S. (2001). Isoprene emission from plants. *Annual review of plant biology*, 52(1), 407-436.
39. Sibbesen, O., Koch, B. M., Rouze, P. I. E. R. R. E., Möller, B. L., Halkier, B. A., & Wallsgrove, R. M. (1995). Biosynthesis of cyanogenic glucosides. Elucidation of the pathway and characterization of the cytochromes P-450 involved. In SEMINAR SERIES-SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY (Vol. 56, pp. 227-227). Cambridge University Press. ISBN 0309-6831
40. Camas, N., Radusiene, J., Ivanauskas, L., Jakstas, V., & Cirak, C. (2014). Altitudinal changes in the content of bioactive substances in *Hypericum orientale* and *Hypericum pallens*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36(3), 675-686. doi:10.1007/s11738-013-1446-z
41. Padilla-González, G. F., Diazgranados, M., & Da Costa, F. B. (2017). Biogeography shaped the metabolome of the genus *Espeletia*: A phytochemical perspective on an Andean adaptive radiation. *Scientific reports*, 7(1), 8835. doi:10.1038/s41598-017-09431-7
42. Nasri, Z., Ahmadi, M., Striesow, J., Ravandeh, M., von Woedtke, T., & Wende, K. (2022). Insight into the impact of oxidative stress on the barrier properties of lipid bilayer models. *International journal of molecular sciences*, 23(11), 5932. doi:10.3390/ijms23115932
43. Hashim, A. M., Alharbi, B. M., Abdulmajeed, A. M., Elkelish, A., Hozzein, W. N., & Hassan, H. M. (2020). Oxidative stress responses of some endemic plants to high altitudes by intensifying antioxidants and secondary metabolites content. *Plants*, 9(7), 869. doi:10.3390/plants9070869

Авторлар туралы мәлімет:

Ербай Малика – Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биология және биотехнология факультетінің PhD докторанты, Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің Генетика және физиология институтының кіші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: malika.isa99@mail.ru)

Ирина Геннадьевна Отрадних – Ботаника және фитоинтродукция институтының аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: phyto_bot15@mail.ru)

Ирина Анатольевна Седина – Ботаника және фитоинтродукция институтының аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: iren_2311@mail.ru)

Назым Құрманбайқызы Корбозова – PhD докторы, аға ғылыми қызметкер, Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің Генетика және физиология институты (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: naz-ik@mail.ru)

Наталья Олеговна Кудрина – PhD докторы, доцент. ҚР Денсаулық сақтау және жоғары білім министрлігінің Генетика және физиология институтының профессоры, жетекші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: kudrina_nat@mail.ru)

Нина Владимировна Терлецкая – PhD, профессор, ҚР Денсаулық сақтау және жоғары білім министрлігінің Генетика және физиология институтының Экологиялық өсімдіктер физиологиясы зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: teni02@mail.ru)

Сведения об авторах:

Ербай Малика – PhD докторант факультета биологии и биотехнологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, младший научный сотрудник РГП на ПХВ «Институт генетики и физиологии» МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: malika.isa99@mail.ru);

Отрадных Ирина Геннадьевна – старший научный сотрудник, Институт ботаники и фитоинтродукции (Алматы, Казахстан, e-mail: phyto_bot15@mail.ru);

Сьедина Ирина Анатольевна – старший научный сотрудник, Институт ботаники и фитоинтродукции (Алматы, Казахстан, e-mail: iren_2311@mail.ru);

Корбозова Назым Курманбаевна – PhD, старший научный сотрудник РГП на ПХВ «Институт генетики и физиологии» МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: naz-ik@mail.ru);

Кудрина Наталья Олеговна – к. б. н., ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник РГП на ПХВ «Институт генетики и физиологии» МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: kudrina_nat@mail.ru);

Терлецкая Нина Владимировна – к. б. н., профессор, заведующая лабораторией экологической физиологии растений РГП на ПХВ «Институт генетики и физиологии» МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: teni02@mail.ru).

Information about authors:

Yerbay Malika – PhD doctoral student at the Faculty of Biology and Biotechnology of Al-Farabi Kazakh National University, junior researcher RSE REM Institute of Genetics and Physiology SCMES RK (Almaty, Kazakhstan, email: malika.isa99@mail.ru)

Otradnykh Irina Gennadievna – Senior Researcher. Institute of Botany and Phytointroduction (Almaty, Kazakhstan, email: phyto_bot15@mail.ru)

Sedina Irina Anatolyevna – Senior Researcher. Institute of Botany and Phytointroduction (Almaty, Kazakhstan, e-mail: iren_2311@mail.ru)

Korbozova Nazym Kurmanbaevna – PhD, senior researcher RSE REM Institute of Genetics and Physiology SCMES RK (Almaty, Kazakhstan, e-mail: naz-ik@mail.ru)

Kudrina Natalya Olegovna – c.b.s., associate. professor, leading researcher RSE REM Institute of Genetics and Physiology SCMES RK (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kudrina_nat@mail.ru)

Terletskaia Nina Vladimirovna – c.b.s., professor, Head of the Laboratory of Environmental Plant Physiology RSE REM Institute of Genetics and Physiology SCMES RK (Almaty, Kazakhstan, e-mail: teni02@mail.ru)

Поступила: 18 февраля 2025 года

Принята: 15 сентября 2025 года

А.Б. Есжанов*, С.В. Колов, Л.В. Ким

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

*e-mail: aidyn.yezhanov@zool.kz

К РАЦИОНУ ПАУКА *STEGODYPHUS LINEATUS* (LATREILLE, 1817) В ПУСТЫНЕ ЖУСАНДАЛА

В настоящем исследовании изучен рацион паука *Stegodyphus lineatus* (Latreille, 1817) в условиях пустыни Жусандала (Жамбылский район, Алматинской области) на основе анализа остатков насекомых, зафиксированных в его ловчих сетях. Это первое подобное исследование не только для данной территории, но и в Казахстане поскольку ранее вопросам рациона паукообразных и их трофических взаимосвязей с другими животными должного внимания не уделяли, это относится и к рассмотренному виду – *S. Lineatus*. Полученная информация имеет важное прикладное значение: во-первых, она необходима для успешного содержания и разведения данного вида в лабораторных условиях, в том числе с целью получения паучьих ядов, пептидов и других биологически активных соединений; во-вторых, знание рациона *S. lineatus* позволяет оценить его роль как потенциального регулятора численности насекомых, включая вредных видов; в-третьих, уделение остаткам насекомых в ловчих сетях пауков может быть использовано специалистами для различных целей, например выявления фаунистического состава на той или иной территории, поиске конкретных видов или групп беспозвоночных, занимающих аналогичную экологическую нишу.

Ключевые слова: паукообразные, насекомые, фауна, рацион, экология.

A.B. Yeszhanov*, S.V. Kolov, L.V. Kim

Institute of Zoology of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education
of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: aidyn.yezhanov@zool.kz

On the diet of the spider *Stegodyphus lineatus* (Latreille, 1817) in the Zhusandala desert

In this study, we studied the diet of the spider *Stegodyphus lineatus* (Latreille, 1817) in the Zhusandala desert (Zhambyl district, Almaty region) based on the analysis of insect remains recorded in its webs. This is the first study of its kind not only for this area but also in Kazakhstan, since the diet of arachnids and their trophic relationships with other animals have not received due attention before, and this also applies to the species under consideration, *S. lineatus*. The information obtained has important practical significance: firstly, it is necessary for successful maintenance and breeding of this species in laboratory conditions, including for the purpose of obtaining spider venoms, peptides and other biologically active compounds; secondly, knowledge of the diet of *S. lineatus* allows us to assess its role as a potential regulator of insect numbers, including harmful species; thirdly, the analysis of insect remains in spider webs can be used by specialists for various purposes, such as identifying the faunal composition in a particular area, searching for specific species or groups of invertebrates occupying a similar ecological niche;

Keywords: arachnids, insects, fauna, diet, ecology.

А.Б. Есжанов*, С.В. Колов, Л.В. Ким

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі
Ғылым комитетінің Зоология институты, Алматы, Қазақстан

*e-mail: aidyn.yezhanov@zool.kz

Жусандала шөліндегі *Stegodyphus lineatus* (Latreille, 1817) өрмекшінің рационы туралы

Бұл зерттеуде Жусандал шөлінде (Алматы облысы Жамбыл ауданы) *Stegodyphus lineatus* (Latreille, 1817) өрмекшінің қоректенуін оның торларында тіркелген жәндік қалдықтарын талдау негізінде зерттедік. Бұл тек осы аймақ үшін ғана емес, Қазақстанда да осындай бірінші зерттеу, өйткені өрмекшітәрізділердің қоректенуіне және олардың басқа жануарлармен трофикалық

рым-қатынасына бұрын тиісті көңіл бөлінбеген, бұл қарастырылып отырған түрге де қатысты, *S. lineatus*. Алынған ақпараттың маңызды практикалық мәні бар: біріншіден, бұл түрді зертханалық жағдайларда сәтті күтіп-баптау және өсіру үшін, соның ішінде өрмекші уларын, пептидтерді және басқа да биологиялық белсенді қосылыстарды алу мақсатында қажет; екіншіден, *S. lineatus* рационын білу оның жәндіктер санының, оның ішінде зиянды түрлердің потенциалды реттеушісі ретіндегі рөлін бағалауға мүмкіндік береді; үшіншіден, өрмекші торларындағы жәндіктердің қалдықтарын талдауды мамандар әр түрлі мақсатта пайдалана алады, мысалы, белгілі бір аумақтағы фауналық құрамын анықтау, ұқсас экологиялық ұяны алып жатқан омыртқасыздардың белгілі бір түрлерін немесе топтарын іздеу.

Түйін сөздер: өрмекшітәрізділер, жәндіктер, фауна, рацион, экология.

Введение

Паукообразные (Arachnida) представляют собой один из наиболее крупных классов членистоногих, преимущественно наземных организмов, уступающих по видовому разнообразию только насекомым (Insecta). В настоящее время описано более 114 тыс. видов паукообразных, из которых около 2 тыс. известны по ископаемым находкам [1, 2]. Наибольшую численность среди современных представителей класса демонстрируют отряды клещей (Acari) – свыше 50 тыс. видов, и пауков (Araneae) – более 40 тыс. видов [2, 3].

Арахниды распространены на всех континентах и играют важную роль в функционировании наземных экосистем, будучи значимыми компонентами трофических сетей [4-7]. Среди них пауки (Araneae) представляют особый интерес, так как являются продуцентами ядов, пептидов и других биологически активных веществ, находящих применение в медицине и фармакологии [8, 9, 10].

Несмотря на широкое распространение и значительное разнообразие пауков, сведения об их экологии остаются фрагментарными. В частности, рацион питания многих видов до настоящего времени изучен недостаточно. Так, для *Stegodyphus lineatus* (Latreille, 1817) – одного из наиболее широко распространённых представителей рода *Stegodyphus* в Евразии – в литературе отсутствуют данные о составе добычи.

Stegodyphus lineatus (Latreille, 1817) (рис. 1) относится к крибеллянтным паукам (Cribellatae), характеризующимся особым типом паутины, производимым с помощью специального органа *cribellum*, обеспечивающего высокую липкость нитей. Этот вид предпочитает строить паутину между ветвями низких колючих кустарников, его ловчая сеть представляет собой полотнище диаметром около **30 см**, соединённое с коническим шелковым логовом длиной

примерно **5 см**, которое замаскировано растительным мусором и остатками добычи (рис. 2). Согласно мировому каталогу пауков находки этого вида известны из Алжира, Армении, Азербайджана, Греции, Египта, Грузии, Крита, Италии, Ливии, Марокко, Испании, Туниса, Турции [3]. Такое широко распространение делает этот вид отличным индикатором состояния окружающей среды, так как: 1) этот паук строит свои гнезда на кустарниковой растительности определённого характера; 2) ведёт оседлый и колониальный образ жизни; 3) не является узкоспециализированным хищником.

Как уже отмечалось выше, несмотря на своё широкое распространение, сведения о питании *Stegodyphus lineatus* остаются крайне фрагментарными. В изученной нами литературе отсутствуют данные о видовом составе его жертв в Казахстане, тогда как информация о пищевых предпочтениях необходима для понимания экологии вида и его роли в трофических цепях аридных экосистем. Более того, в ходе изучения литературы выяснилось, что изучение рациона пауков в целом требует отдельного и пристального внимания. Нами было обнаружено небольшое количество работ, изучавших рацион пауков, но с использованием баркодинга [11, 12]. Этот метод очень информативный, но дорогостоящий, в то же время выявление видового состава жертв также возможно с использованием морфологических методов [13]. К достоинствам этого метода можно отнести его дешевизну, тогда его недостатками являются медлительность и трудоемкость, а также невозможность выявить виды жертв, которых пауки переваривают полностью. К таким видам можно отнести прежде всего мелких и мягкотелых насекомых. Принимая это во внимание, мы задались целью изучения рациона *Stegodyphus lineatus*, ниже приводятся сведения полученные в ходе обследования пустыни Жусандала, в юго-восточном Казахстане.

Материалы и методы

Материал собирался с ловчих сетей пауков *Stegodyphus lineatus* в пустыне Жусандала (N43.889606, E75.549858). Биотоп, где проводились исследования представлял собой глинисто-щебнистую пустыню, где доминировали типчаково-ковыльно-полынные растительные сообщества (рисунок 3).

Поиск гнёзд пауков проводился площадочным методом и визуальным обследованием местности, с особым вниманием к отдельно стоящим кустарникам, так как *Stegodyphus lineatus* тесно связан с растительностью такого типа. Для исследования было заложено три пробные площадки на типичных для ландшафта участках, каждая размером 100×100 м. Учёт проводился по трансектам, проложенным внутри площадок: наблюдатель перемещался по маршруту, не вы-

ходя за их границы, при этом ширина его учётной зоны составляла 15 м в каждую сторону от линии движения.

При обнаружении кустарника с гнездом паука *Stegodyphus lineatus*, фиксировались координаты местонахождения, затем гнездо с остатками насекомых аккуратно изымались и помещались в контейнеры (рисунок 4), тогда как самого паука оставляли на кустарнике. Таким образом всего было собрано 32 контейнера.

Последующий анализ собранных материалов (рисунок 5) проводился в лабораторных условиях. Так, остатки жертв из гнёзд пауков сортировались и классифицировались по таксонам, например жуки (Coleoptera), перепончатокрылые (Hymenoptera), стрекозы (Odonata) и т.д. Дальнейшее определение до родового и видового уровней, проводилось с использованием существующих определителей [14-19].



Рисунок 1 – *Stegodyphus lineatus*
(<https://www.inaturalist.org/observations/28485183>)



Рисунок 2 – Ловчая сеть и гнездо *Stegodyphus lineatus*



Рисунок 3 – Типчаково-ковыльно-полынные растительные сообщества равнины Жусандала



Рисунок 4 – Остатки жертв из гнезд пауков *Stegodyphus lineatus*

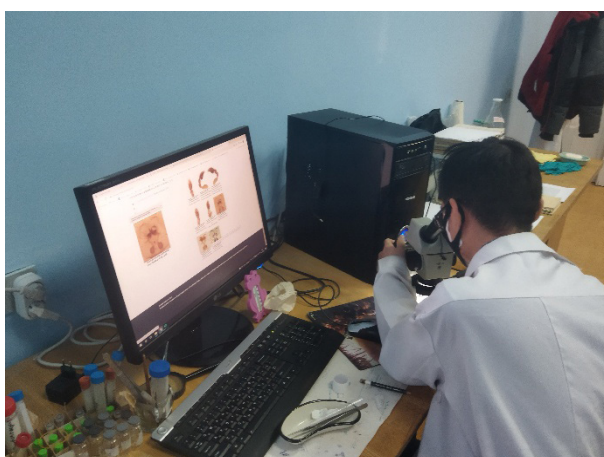


Рисунок 5 – Камеральная обработка останков жертв из гнезд пауков *Stegodyphus lineatus*

Результаты и их обсуждение

В результате обработки и анализа 184 собранных образцов, удалось установить 109 видов беспозвоночных, из которых 105 (96,3%) видов насекомых (Insecta) и 4 (3,6%) вида паукообразных (Arachnida).

По количеству видов доминировали жуки (Coleoptera) – 58 (53,2%), перепончатокрылые (Hymenoptera) – 31 (28,4%) и двукрылые (Diptera) – 8 (7,3%), паукообразные (Arachnida) – 4 (3,6%), чешуекрылые (Lepidoptera) – 3 (2,7%), тогда как другие отряды были представлены гораздо меньше (рисунок 6).

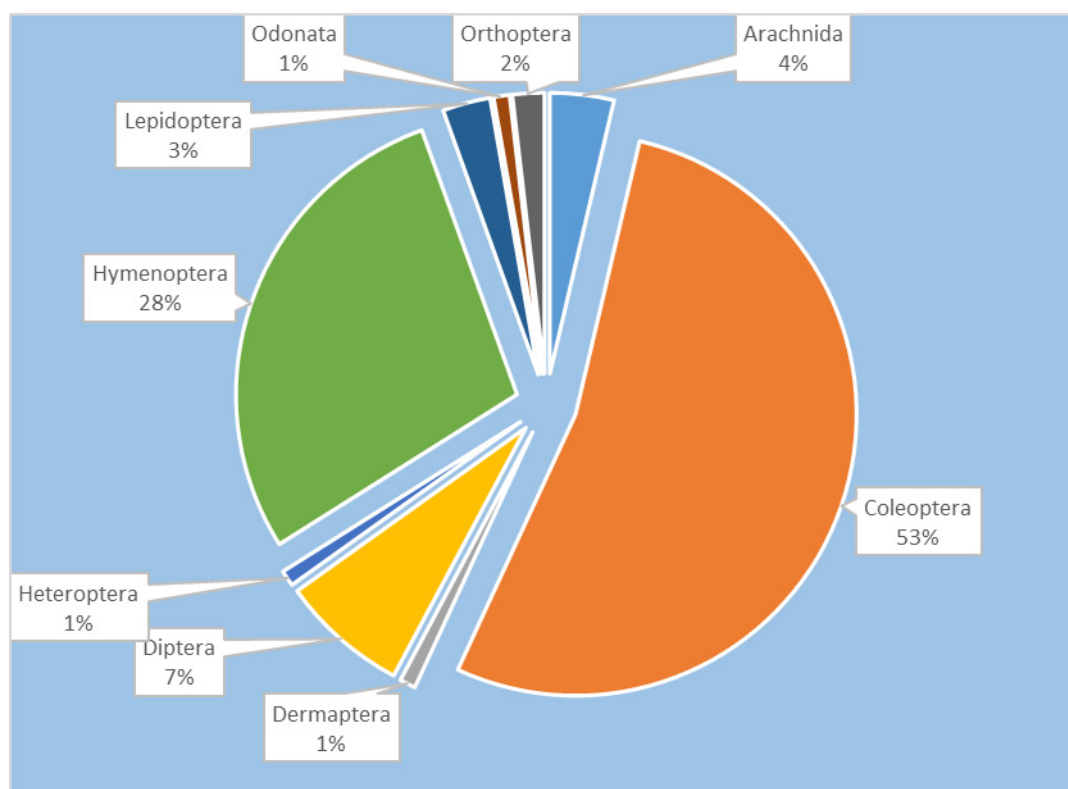


Рисунок 6 – Таксономический состав беспозвоночных, обнаруженных в гнездах *Stegodyphus lineatus*

Также как и с видовым составом, по количеству экземпляров, обнаруженных в сетях и гнездах пауков *St. lineatus* доминировали жуки. Так, общее количество экземпляров составило 184, на жуков (Coleoptera) пришлось 109 (59,2%), следом по количеству найденных экземпляров

шли перепончатокрылые (Hymenoptera) – 52 (28,2%), затем двукрылые (Diptera) – 9 (4,8%), паукообразные (Arachnida) – 5 (2,7%) и чешуекрылые (Lepidoptera) – 4 (2,1%). Другие виды беспозвоночных были представлены менее широко (рисунок 7).

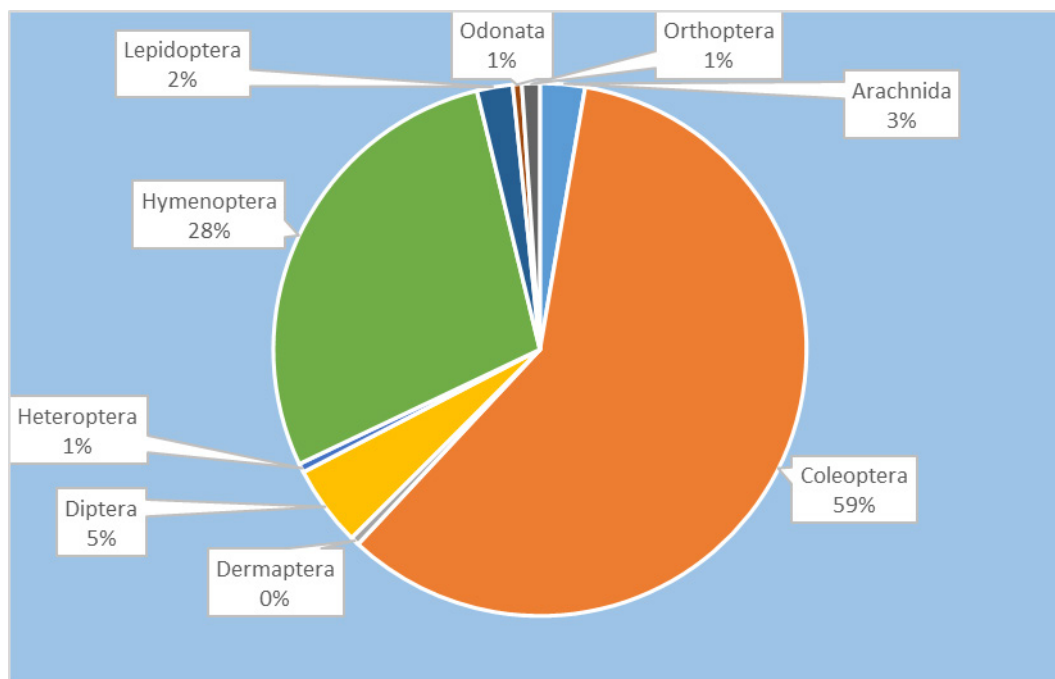


Рисунок 7 – Количественные характеристики отрядов беспозвоночных, обнаруженных в гнездах *Stegodyphus lineatus*

Заключение

Полученные нами данные показывают, что анализ останков насекомых и других беспозвоночных из гнезд пауков на примере *St. lineatus* является достаточно информативным способом выявления фаунистического состава конкретной территории. Такой подход позволяет не только определить спектр потенциальных жертв исследуемого вида, но и косвенно охарактеризовать биоразнообразие членистоногих в исследуемом биотопе.

Разумеется, современные молекулярно-генетические методы (ДНК-баркодирование, метабаркодирование) способны дать более полное представление как о рационе конкретного вида паука, так и о составе сообществ членистоногих беспозвоночных, обитающих в тех же экосистемах. Однако их применение требует гораздо более сложного материально-технического оснащения и сопряжено с большими финансовыми затратами.

Традиционный морфологический метод, напротив, хотя и является более трудоёмким и требует высокой квалификации исследователя, остаётся надёжным и доступным инструментом, позволяющим получать значимые эколого-фаунистические данные даже при ограниченных ресурсах.

Наше исследование показало, что пауки, ведущие оседлый образ жизни и не утилизирующие полностью свою жертву, могут рассматриваться как своеобразные биологические маркеры или «информаторы» о составе фауны беспозвоночных животных на конкретной территории. Накопленные ими остатки добычи в гнездах и ловчих сооружениях позволяют реконструировать спектр насекомых и других членистоногих, встречающихся в исследуемых экосистемах.

Подобный подход может быть востребован не только в рамках фундаментальных фаунистических исследований, но и как дополнительный инструмент экологического мониторинга, включая проекты, связанные с промышленным освоением территорий и деятельностью недропользователей. Это открывает перспективы применения морфологического анализа остатков жертв пауков для оценки биоразнообразия и состояния экосистем в условиях антропогенного воздействия.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что далеко не все виды пауков могут быть эффективно использованы в подобных целях. Их применимость определяется как экологическими особенностями (образ жизни, тип ловчих сооружений, характер утилизации добычи), так

и физиологическими ограничениями. В связи с этим перспективным направлением исследований является выявление наиболее подходящих видов-индикаторов, которые способны аккумулировать репрезентативные данные о фауне беспозвоночных в различных биотопах.

Примечательно, что суммарно 93,5% от общего числа обнаруженных в гнёздах пауков (109 видов) беспозвоночных относятся к таксонам, имеющим сельскохозяйственное значение в качестве вредителей растениеводства и животноводства. Таким образом, роль паука *St. lineatus* как потенциального регулятора численности беспозвоночных-вредителей представляется весьма наглядной. Это подчёркивает его воз-

можное значение в поддержании трофического баланса экосистем и косвенно указывает на перспективность дальнейшего изучения функциональной роли данного вида в агроландшафтах и естественных сообществах.

Благодарность, конфликт интересов

Данная работа финансировалась Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан была и выполнена в рамках программы BR21882199 «Кадастр диких животных аридных территорий Балхаш-Алакольского бассейна с оценкой угроз для их сохранения и устойчивого использования».

Литература

1. Dunlop J. A., Penney D., Jekel D. A summary list of fossil spiders and their relatives // The World Spider Catalog. – 2012. – version. Vol. 13.
2. Zhang Z. Q. Phylum Arthropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013) // Zootaxa. – 2013. – Vol. 3703(1). – P. 17-26. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3703.1.6>
3. World Spider Catalog. Version 22.5. Natural History Museum Bern. 2021. – Available at: <http://wsc.nmbe.ch> (accessed 25.08.2025), doi: 10.24436/2.
4. Wise D. H. Spiders in ecological webs. – Cambridge University Press, 1995.
5. Nyffeler M. Field studies on the ecological role of the spiders as insect predators in agroecosystems (abandoned grassland, meadows, and cereal fields): Dissertation. ETH Zurich, 1982
6. Reháček J. Ecological relationships between ticks and rickettsiae // European Journal of Epidemiology. – 1989. – Vol. 5. – P. 407-413. <https://doi.org/10.1007/BF00140130>
7. Hoogstraal H. Argasid and nuttalliellid ticks as parasites and vectors // Advances in Parasitology. – 1985. – Vol. 24. – P. 135-238. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60563-1](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60563-1)
8. Jackson H., Parks T. N. Spider toxins: recent applications in neurobiology // Annual Review of Neuroscience. – 1989. – Vol. 12(1). – P. 405-414.
9. Rádis-Baptista, G.; Konno, K. Arthropod Venom Components and Their Potential Usage. Toxins 2020, 12, 82. <https://doi.org/10.3390/toxins12020082>
10. Peigneur, S.; Tytgat, J. Toxins in Drug Discovery and Pharmacology. Toxins 2018, 10, 126. <https://doi.org/10.3390/toxins10030126>
11. Irene M. van Schroyen Lantman, Eero J. Vesterinen, Lionel R. Hertzog, An Martel, Kris Verheyen, Luc Lens, Dries Bonte. Body size and tree species composition determine variation in prey consumption in a forest-inhabiting generalist predator // Ecology and Evolution. – 2021. – T. 11. – № 12. – P. 8295-8309.
12. Xu C.C., Yen I.J., Bowman D., Turner C.R. Spider Web DNA: A New Spin on Noninvasive Genetics of Predator and Prey // PLoS One. – 2015. – Nov 25. 10(11): e0142503. doi: 10.1371/journal.pone.0142503. PMID: 26606730; PMCID: PMC4659541. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142503>
13. Huseynov E. F. Natural prey of the crab spider *Thomisus onustus* (Araneae: Thomisidae), an extremely powerful predator of insects // Journal of Natural History. – 2007. – 41(37–40). – P. 2341–2349. <https://doi.org/10.1080/00222930701589707>
14. Байтенов М.С. Жуки-долгоносики Средней Азии и Казахстана. –Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1974. – 280 с.
15. Кержнер И.М., Ячевский Т.Л. Отряд Hemiptera (Heteroptera) – Полужесткокрылые, или клопы // Определитель насекомых европейской части СССР (под ред. Г.Я. Бей-Биенко). – Т. 1. – М.-Л.: Наука, 1964. – С. 655–845.
16. Лопатин И.К. Жуки-листоеды (Insecta, Coleoptera, Chrysomelidae) Центральной Азии. – Минск: БГУ. – 2010. – 511 с.
17. Николаев Г.В. Пластинчатосые жуки Казахстана и Средней Азии. – Алма-Ата: Наука, 1987. – 232 с.
18. Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 3: Перепончатокрылые. Ч. 1 / АН СССР, Зоолог. ин-т; под общ. ред. Г. С. Медведева. – Л.: Наука, 1978. – 584 с.
19. Штакельберг А.А. Двукрылые, блохи. Ч. 1. // Определитель насекомых европейской части СССР. – Ленинград: Наука, 1969. – Т. 5. – 261 с.

References

1. Dunlop J. A., Penney D., Jekel D. A summary list of fossil spiders and their relatives // The World Spider Catalog. – 2012. – version. Vol. 13.
2. Zhang Z. Q. Phylum Arthropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013) // Zootaxa. – 2013. – Vol. 3703(1). – P. 17-26. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3703.1.6>
3. World Spider Catalog. Version 22.5. Natural History Museum Bern. 2021. – Available at: <http://wsc.nmbe.ch> (accessed 25.08.2025), doi: 10.24436/2.
4. Wise D. H. Spiders in ecological webs. – Cambridge University Press, 1995.
5. Nyffeler M. Field studies on the ecological role of the spiders as insect predators in agroecosystems (abandoned grassland, meadows, and cereal fields): Dissertation. ETH Zurich, 1982
6. Reháček J. Ecological relationships between ticks and rickettsiae // European Journal of Epidemiology. – 1989. – Vol. 5. – P. 407-413. <https://doi.org/10.1007/BF00140130>
7. Hoogstraal H. Argasid and nuttalliellid ticks as parasites and vectors // Advances in Parasitology. – 1985. – Vol. 24. – P. 135-238. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60563-1](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60563-1)
8. Jackson H., Parks T. N. Spider toxins: recent applications in neurobiology // Annual Review of Neuroscience. – 1989. – Vol. 12(1). – P. 405-414.
9. Rádis-Baptista, G.; Konno, K. Arthropod Venom Components and Their Potential Usage. Toxins 2020, 12, 82. <https://doi.org/10.3390/toxins12020082>
10. Peigneur, S.; Tytgat, J. Toxins in Drug Discovery and Pharmacology. Toxins 2018, 10, 126. <https://doi.org/10.3390/toxins10030126>
11. Irene M. van Schroyen Lantman, Eero J. Vesterinen, Lionel R. Hertzog, An Martel, Kris Verheyen, Luc Lens, Dries Bonte. Body size and tree species composition determine variation in prey consumption in a forest-inhabiting generalist predator // Ecology and Evolution. – 2021. – T. 11. – № 12. – R. 8295-8309.
12. Xu C.C., Yen I.J., Bowman D., Turner C.R. Spider Web DNA: A New Spin on Noninvasive Genetics of Predator and Prey // PLoS One. – 2015. – Nov 25. 10(11): e0142503. doi: 10.1371/journal.pone.0142503. PMID: 26606730; PMCID: PMC4659541. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142503>
13. Huseynov E. F. Natural prey of the crab spider *Thomisus onustus* (Araneae: Thomisidae), an extremely powerful predator of insects // Journal of Natural History. – 2007. – 41(37–40). – R. 2341–2349. <https://doi.org/10.1080/00222930701589707>
14. Bajtenov M.S. Zhuki-dolgonosiki Srednej Azii i Kazahstana. – Alma-Ata: Nauka Kazahskoj SSR, 1974. – 280 s.
15. Kerzhner I.M., Yachevskij T.L. Otryad Hemiptera (Heteroptera) – Poluzhestkokrylye, ili klopy // Opredelitel' nasekomyh evropejskoj chasti SSSR (pod red. G.YA. Bej-Bienko). – T. 1. – M.-L.: Nauka, 1964. – S. 655–845.
16. Lopatin I.K. Zhuki-listoedy (Insecta, Coleoptera, Chrysomelidae) Central'noj Azii. – Minsk: BGU. – 2010. – 511 s.
17. Nikolaev G.V. Plastinchatousye zhuki Kazahstana i Srednej Azii. – Alma-Ata: Nauka, 1987. – 232 s.
18. Opredelitel' nasekomyh Evropejskoj chasti SSSR. T. 3: Pereponchatokrylye. CH. 1 / AN SSSR, Zoolog. in-t; pod obshch. red. G. S. Medvedeva. – L.: Nauka, 1978. – 584 s.
19. SHtakel'berg A.A. Dvukrylye, blohi. CH. 1. // Opredelitel' nasekomyh evropejskoj chasti SSSR. – Leningrad: Nauka, 1969. – T. 5. – 261 s.

Информация об авторах:

Есжанов Айдын Бауржанович – заведующий лабораторией арахнологии и других беспозвоночных, Институт зоологии Комитета науки Министерства высшего образования и науки Республики Казахстан, e-mail: aidyn.yezzhanov@zool.kz;

Колов Сергей Владимирович – заведующий лабораторией энтомологии, Институт зоологии Комитета науки Министерства высшего образования и науки Республики Казахстан, e-mail: sergei.kolov@zool.kz;

Леонид Викторович – научный сотрудник Лаборатории арахнологии и других беспозвоночных, Институт зоологии Комитета науки Министерства высшего образования и науки Республики Казахстан, e-mail: leonid.kim@zool.kz.

Авторлар туралы мәлімет:

Есжанов Айдын Бауржанұлы – Қазақстан Республикасы Жоғары білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің арахнология және басқа да омыртқасыздар зертханасының меңгерушісі, Зоология институты, e-mail: aidyn.yezzhanov@zool.kz

Колов Сергей Владимирович – Қазақстан Республикасы Жоғары білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің энтомология зертханасының, Зоология институтының меңгерушісі, e-mail: sergei.kolov@zool.kz

Ким Леонид Викторович – арахнология және басқа омыртқасыздар зертханасының ғылыми қызметкері, Қазақстан Республикасы Жоғары білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің Зоология институты, e-mail: leonid.kim@zool.kz

Information about the authors:

Aidyn Baurzhanovich Yeszhanov – Head of the Laboratory of Arachnology and Other Invertebrates, Institute of Zoology, Science Committee, Ministry of Higher Education and Science of the Republic of Kazakhstan, e-mail: aidyn.yeszhanov@zool.kz

Sergey Vladimirovich Kolov – Head of the Laboratory of Entomology, Institute of Zoology, Science Committee, Ministry of Higher Education and Science of the Republic of Kazakhstan, e-mail: sergei.kolov@zool.kz

Leonid Viktorovich Kim – Researcher, Laboratory of Arachnology and Other Invertebrates, Institute of Zoology, Science Committee, Ministry of Higher Education and Science of the Republic of Kazakhstan, e-mail: leonid.kim@zool.kz

Поступила 02 августа 2025 года

Принята 28 сентября 2025 года

А.С. Муратбаева^{1*}, А.С. Нурмаханова¹, А.Ж. Чилдибаева¹,
С.Д. Атабаева¹, А.А. Омирбекова¹, А.Б. Мылтықбаева¹,
Г.У. Байташева², К.Т. Абидкулова¹, Э.А. Кырбасова²

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

²Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: ms.moon16@mail.ru

ЖАРТЫТӨБЕ АУЫЛДЫҚ ОКРУГІНДЕ СИРЕК КЕЗДЕСЕТІН *SPIRAEANTHUS SCHRENKIANUS* FISCH. & С.А. МЕУ. ӨСІМДІГІНІҢ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯЛАРЫН ГЕОБОТАНИКА НЕГІЗІНДЕ ТАЛДАУ

Мақалада Сырдария Қаратауы бөктерінде орналасқан Жартытөбе ауылдық округінде кездесетін сирек, эндемдік *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & С.А. Меу. өсімдігінің өсу ортасына геоботаникалық тұрғыдан зерттеу жұмыстары жасалған. Ценопопуляциядағы өсімдіктің жастық спектрі, репродуктивтілігі, сандық көрсеткіштері, жастық құрылымы, таралуы мен түрге жіктелуі геоботаникалық әдістер қолданылды. Өсімдіктің ортаға бейімделуін деңгейінің жастық құрамын анықтауда 10x10 м² трансекталар салынды. Жүргізілген 1 м² аудандағы түрдің дарақтар санының жиілігімен популяцияның тығыздығы анықталады, және бағаланады. *S. schrenkianus* өсімдігінің екі ценопопуляциясынан өсімдіктер қауымдастықтары мен өсімдіктердің проекциялық жабынының пайыздық көрсеткіштері, өсімдіктер жамылғысы және олардың ярустары сипаттап көрсетілген. Зерттеу объектісі жүргізілген аймақта GPS бойынша бірінші ценопопуляцияның координаттары N: 43°34'09.10" с.ш. және E: 069°05'57.9" ш.б. теңіз деңгейінен биіктігі 758 м деңгейінен, ал екінші ценопопуляция N: 43°34'03.78" с.ш. және E: 069°05'21.09" ш.б. теңіз деңгейінен биіктігі 793 м. табылды. Шренк тобылғытүсі анықталған ценопопуляциялардың топырақ құрамы – таулы сұр-қоңыр топырақ болып келеді. Топырақтың механикалық құрамы жеңіл құмбалшық. Анықталған аймақтағы әрбір ценопопуляция бойынша 10x10 м² өлшемді трансекта салынды, сонымен қатар жастық спектрі анықталды. Шренк тобылғытүсі өсімдігі таралған ценопопуляциясынан виргинильді кезеңдер толықтай және репродуктивті кезеңнің ішінде толық жетілген генеративтік жастық күйіндегі дарақтар кездесті, даму циклі қалыпты жағдайда екендігі айқындалды. Зерттелген нысан жыл сайын гүл беріп, тұқым салады. *S. schrenkianus* өсімдігі таралған ценопопуляцияларға тікелей төніп тұрған қауіп жоқ деуге негіз бар. Бірақ Шренк тобылғытүсі сирек кездесетін болғандықтан, оның таралуы бойынша алып жатқан жер көлемі аз екендігін байқауға болады.

Түйін сөздер: флора, эндем, доминант, кондоминант, популяция, ценопопуляция, проективті жамылғы.

A.S. Muratbayeva^{1*}, A.S. Nurmahanova¹, A. Z. Childibayeva¹,
C.D. Atabayeva¹, A.A. Omirbekova¹, A.B. Myltykbayeva¹,
G.U. Baytasheva², K. T. Abidkulova¹, E.A. Kyrbassova²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: ms.moon16@mail.ru

Analysis of cenopopulations based on geobotany of rare *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey. plants in Zhartytobe rural district

The article presents the results of geobotanical research on the ecotope of the rare endemic plant *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey., growing in the foothills of the Syrdarya Karatau range (Turkistan Region, Saryagash District, Zhartytobe Rural District). Generally accepted geobotanical methods were used to investigate the species' age structure, reproductive potential, quantitative characteristics, and to describe the cenoflora. As the result of the study two coenopopulations of *S. schrenkianus* were identified and described, including the species composition of the coenoflora, total projective cover by plants, and vertical structure of the vegetation. The GPS coordinates of the first population were N 43°34'09.10" and E 69°05'57.9", with an elevation of 758 meters above sea level. The second population was located at N 43°34'03.78" and E 69°05'21.09", at an elevation of 793 meters above

sea level. The soil in these populations are classified as mountainous gray-brown with a light loamy texture. To assess the plant's age structure and its level of adaptation to environmental conditions, transects measuring 10×10 meters were laid. Sample plots of 1 m² were used to count individuals and evaluate population density. On transects measuring 10×10 m for each coenopopulation, the age spectrum was determined by considering individuals of *S. schrenkianus* of different age groups. It was found that the coenopopulations of this species are complete and normal: they contain all age groups of plants, from seedlings to mature generative individuals. The species studied blooms and forms seeds annually. There are no grounds for asserting a direct threat to the existence of coenopopulations in the study area. However, given the rarity of *S. schrenkianus*, it is noted that its area of distribution is limited.

Keywords: flora, endem, dominant, condominium, population, cenopopulation, projective cover.

А.С. Муратбаева^{1*}, А.С. Нурмаханова¹, А.Ж. Чилдибаева¹,
С.Д. Атабаева¹, А.А. Омирбекова¹, А.Б. Мылтықбаева¹,
Г.У. Байташева², К.Т. Абидулова¹, Э.А. Кырбасова²

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан

*e-mail: ms.moon16@mail.ru

Анализ ценопопуляций на основе геоботаники редкие растения *Spiraeanthus Schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey. в сельском округе Жартытөбе

В статье представлены геоботанические исследования экотопа редкого эндемичного растения *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey., произрастающего в предгорьях Сырдарьинского Каратау (Туркестанская область, Созакский район, Жартытобинский сельский округ). Для изучения возрастной структуры вида, его репродуктивности, количественных характеристик и описания ценофлоры использовались общепринятые геоботанические методы. В результате проведенных исследований были описаны две ценопопуляции *S. schrenkianus*, установлен видовой состав ценофлоры, общее проективное покрытие и ярусная структура растительного покрова. Координаты первой ценопопуляции по GPS: N 43°34'09.10» и E 69°05'57.9»; она располагалась на высоте 758 м над уровнем моря. Вторая ценопопуляция имела координаты N 43°34'03.78» и E 69°05'21.09», располагалась на высоте 793 м над уровнем моря. Почвы в ценопопуляциях представлены горными серо-коричневыми грунтами с легкосуглинистой механической структурой. Для определения возрастного состава и уровня адаптации растения к условиям среды были заложены трансекты размером 10×10 м. На учетных площадках размером 1 м² подсчитывалось количество особей для оценки плотности популяции. На трансектах размером 10×10 м для каждой ценопопуляции было проведено определение возрастного спектра путем учета особей *S. schrenkianus* разных возрастных групп. Выявлено, что ценопопуляции данного вида полночленные и нормальные: в них присутствуют все возрастные группы растений, начиная от проростков и заканчивая зрелыми генеративными особями. Изучаемый вид ежегодно цветет и формирует семена. Оснований для утверждения о прямой угрозе существованию ценопопуляций в зоне исследования не выявлено. Однако, учитывая редкость таволгоцвета Шренка, отмечено, что его площадь распространения ограничена.

Ключевые слова: флора, эндем, доминант, кондоминант, популяция, ценопопуляция, проективті жамылғы.

Кіріспе

Жер планетасында өсімдіктердің 480 мыңға жуық түрі [1], ал Қазақстан Республикасы аумағында өсімдіктердің 15 мыңға жуық түрлері кездеседі. Оның 2 мың түрден астамы – балдырлар, 5 мыңдай саңырауқұлақтардың түрлері, 600-дей – қыналар, 500-ге жуық мүк тәрізділер, сонымен қатар, 6 мыңнан астам – жоғары сатыдағы түтікті өсімдіктер болып келеді. Қазақстанда кездесетін жоғары сатыдағы өсімдіктердің түр байлығын, интродукцияға енгізілген өсімдік

түрлерін, мәдени дақылдар мен кейбір сырттан әкелінген түрлерді қоспағанда, 161 тұқымдасқа топталған, 1120 туысқа біріктірілген 6100-ге жуық түрден тұрады. Оның ішіндегі 730 түр тек Қазақстанда ғана кездесетін эндемдік өсімдік түрлері болып келеді [2]. Эндем деп географиялық таралу аймағы шағын және басқа жерде кездеспейтін түрлерді айтамыз[3].

Өсімдіктердің Қазақстан аумағында таралуы, табиғи аймақтар мен таудың түрлі белдеулерінде өсімдіктердің топтасып өсуі алуантүрлі. Өсімдіктер дүниесінің байлығы Республикамыз-

дың биологиялық, экологиялық, эволюциялық ерекшеліктеріне байланысты әртүрлі қауымдас-тықтарда айқындалған [4].

Сонымен қатар, отандық ғалым М.С. Бай-теновтың «В мире редких растений» атты ең-бегінде Қазақстан Қызыл кітабына енген сирек кездесетін немесе жойылып бара жатқан өсім-діктерге сипаттама берілген. Бұл кітаптың негіз-гі ерекшелігі Қазақстанның әр аймағында сирек кездесетін өсімдіктері сипатталған, сирек кезде-сетін өсімдіктердің түсі әртүрлі болуында деп түсіндірген [5]. Сонымен қоса, осы бағытта орыс ғалымдары П.П. Бессчетнов және С.Н. Малызев-тердің «Редкие и ценные расстания Казахстана» атты еңбектерінде Қазақстан флорасында сирек кездесетін және бағалы өсімдіктерге сипаттама берілген [6].

Қазақстанның табиғи флорасы пайдалы өсімдіктердің қайнар көзі. Республикамыздың таулы экожүйелерінің аумағы 18,6 млн. га ал-қапты алып жатыр, ол біздің өлкенің 7%-ын құ-райды. Бұл жерде тек қана 4-5 биіктік белдеулі биік таулар алып жатыр. Тау экожүйелерінің флорасында шамамен 3400-3600 түр кездеседі. Оның ішінде Қаратаудың флорасында 165-170 эндемик түрлер жиынтығынан тұрады. Мұнда малазықтық өсімдіктердің 700-ден астам түрі, дәрілік өсімдіктердің 400-ге жуық, декоратив-тік 700 – 800, ширнелік (300-ден астам), эфир-майлы (450-ге жуық), улы-зиянды (250-ден астам) өсімдіктер алуантүрлілігі кездеседі [5]. Солардың ішінде Оңтүстік Қазақстан аймағын-да Қазақстан Республикасының флорасында тір-келген эндем өсімдік түрлерінің 41% құрайды [7].

Rosaceae Juss. тұқымдасына енетін өсімдік-тердің тіршілік формасы ағаштар, бұталар және шөптесін өсімдіктер, олардың морфологиялық құрылысындағы вегетативті және генеративті мүшелерінің құрылымы ерекше, яғни гүлдері қосжынысты, жабық тұқымды болып келеді. Әлемде бұл тұқымдасқа енетін 100 туысы белгі-лі. [8]. Сонымен қатар, әлем бойынша *Rosaceae* Juss. тұқымдасына жататын бағалы жеміс-жи-декті өсімдіктердің 3000-нан астам түрі кездесе-ді [9]. Бұл тұқымдасқа енген түрлерді зерттеу-дің маңыздылығы өте жоғары, ол декоративті, тағамдық, техникалық қолданысқа ие. [10]. Еу-разия ғалымдарының зерттеулеріне сүйенсек, *Rosaceae* Juss. тұқымдасына енетін кейбір өсім-дік түрлерінен медицинада қолдануға болатын белгілі ауруларды емдеуге қажетті антимик-робтық қасиетке ие белсенді заттар анықтал-ған. [11-13]. Сонымен қатар, Қытай ғалымдары

да, Раушангүлділер тұқымдасының кейбір түр-лерін халықтық медицинада қолдана отырып, олардың генетикалық ерекшеліктері мен өзге-рістеріне зерттеу жүргізген [14]. Үндістандық этноботаниктердің зерттеулері бойынша аталған тұқымдасқа жататын өсімдіктердің халықтық медицинада респираторлық, тері ауруларын, эпилепсия және т.б. ауру түрлеріне қолданылға-ны анықталған [15].

Раушангүлділер тұқымдасына енетін өсімдік түрлері тек тағамдық және медициналық тұрғы-дан емес, парфюмерияда, бақтар мен парктерді әсемдеу үшін де қолданылуда [16]. Түрік және отандық ғалымдардың зерттеулеріне қарайтын болсақ, *Rosaceae* Juss. тұқымдасының өкілі бо-лып саналатын эндемик *Rosa iliensis* түрінен фармакологиялық зерттеу барысында ұшқын заттар мен май қышқылдары анықталған [17].

Қазіргі таңда, жылдан-жылға климаттың өз-геруі, жауын-шашын мөлшерінің төмендеуі, то-пырақ эрозиясы, антропогендік факторлардың әсеріне байланысты биоалуантүрлілікті сақ-тау үшін геоботаникалық зерттеу жұмыстарын популяциялық деңгейде жүргізу өте маңызды болып отыр. Биоалуантүрлілікті сақтау шара-ларын ұсыну және жүзеге асыру үшін жойылу қаупі төнген, сирек кездесетін, эндем өсімдіктер кездесетін популяциялардың қазіргі жағдайын бағалау өзекті мәселе. Осы орайда зерттеу жү-мыстарын жүргізіп жүрген Аметов А.А., Тыны-беков Б.М., Нұрмаханова А.С. және т.б. отандық ғалымдарды атап өтуге болады [18-21].

Қазақстанда және Қырғызстанда сирек кез-десетін және жойылу қаупі төнген *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey. түр болып табы-лады. Шренк тобылғыгүлі отанымыздың Борал-дай таулары мен Бетпақдала өңірінен табылған [22]. *Spiraeanthus schrenkianus* өсімдігінің атауы-ның синонимі ретінде кейбір шетелдік әдебиет-терде *Spiraea schrenkiana* Fisch. & C.A. Mey. қол-данылатындығы жайында мәліметтер берілген [23]. Жалпы, өсімдіктердің пайдалы өнімдерін зерттеу үшін, олардың құрылымын, өсу және даму, таралу аймағын білу маңызды [24].

Орта Азияда кездесетін Шренк тобыл-ғыгүсі (*Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey) жалғыз эндемик түр болып табылады. Ор-талық Қазақстан даласынан ең алғаш рет 1840 жылы Санкт-Петербургтік ботаник А. Шренк тапқан. Халық мұқтаждығына орай отын ретін-де шабылғандықтан таралу ареалы қысқарған. Антропогендік факторлардың әсерінен сирек кездесуіне байланысты Қаратау мемлекеттік та-биғи қорығына қорғауға алынған және Қызыл

кітапқа енгізілген. Шренк тобылғыгүлі аласа таулардың бөктерінде, тақыр және шөлді аймақтарда, тасты топырақтарда кездеседі. Қаратау, Шу-Іле тауларында, Бетпақдала және Түркістанда кездесетіні анықталған [25].

Rosaceae Juss. тұқымдасына жататын *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey. декоративті өсімдік. Биіктігі 2-3 м дейін жетеді. Тамыры топыраққа терең енген, жапырақтары жіңішке, жиектері ұзынша тісті, гүлдері қос жынысты. Тұқымы арқылы және қолайлы жағдайда тамыр өсінділері арқылы көбейеді. Бұталарының тіршілік ету ұзақтығы орташа есеппен 40-50 жыл [26].

Қазіргі таңда биоалуантүрлілік әлемдік экожүйенің қазынасы болып табылады. Биоалуантүрлілікті сақтауда геоботаникалық зерттеулердің маңызы зор [27]. Сонымен қатар, геоботаникалық зерттеулер ауылшаруашылығы экожүйелерін зерттеуде де қолданылып келеді [28]. Геоботаникалық зерттеу жүргізу барысында өсімдіктер биоалуантүрлілігін бағалау үшін зерттеу аймағында таралған барлық өсімдіктердің түрін және санын анықтаудан басталады [29].

Материалдар мен әдістер

Зерттеу материалы: *Rosaceae* Juss. тұқымдасына жататын, *Spiraeanthus* Maxim. туысының монотипті, таралу аймағы шектеулі, эндемдік түр *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey. өсімдігі.

Сырдария Қаратауына қарасты Жартытөбе ауылдық округінен табылған сирек кездесетін әрі эндемдік *Spiraeanthus schrenkianus* өсімдігі анықталған популяциялардан гербарийлер жинап және оларды кептіру А.К. Скворцовтың әдісі бойынша жасалды [30]. Популяцияларда таралған өсімдіктерді анықтау үшін Қазақстан флорасы [25], Қазақстан өсімдіктерінің иллюстрациялық анықтағышы [26] кілттері қолданылды. Анықталған өсімдіктердің қазақша атауы С.А.Арыстанғалиевтің (2013ж) ботаникалық сөздіктерімен тексерілді [31].

Геоботаникалық зерттеу әдістері. Зерттеу жүргізілген аймақтан табылған әр ценопопуляциядағы өсімдіктің жастық спектрін анықтау Ю.А.Злобин әдісімен жасалды [32]. Жұмыс барысында жалпы (Nt), репродуктивтік (Nr), тиімді (Ne) сандық есептеулер жүргізілді. Ценопопуляцияның (ЦП) жастық құрылымы қалпына келтіру индекстері (Iv) негізінде анықтаулар

жүргізіледі [33]. А.Работнов [34], Ю.А.Злобин [32], Л.А.Животовский [35] әдістері бойынша зерттеу объектісінің ценопопуляция түрлері мен жіктелуі қолданылды. Таралу ортасының флоралық түрлік құрамы мен өсімдіктер жабыны анықталды [36]. Т.А.Работновтың [37], А.А.Урановтың [38] әдістемелері негізінде бірінші популяция өсімдіктерінің тіршілік күйін анықталды және қосымша морфологиялық сипаттамалары берілді. Зерттеу түрінің жастық құрамын анықтауда және бөліп қарастыруда Т.А. Работнов [37], А.А.Уранов [38] әдістері қолданылды. Өсімдіктің ортаға бейімделуін деңгейінің жастық құрамын анықтауда 10x10 м² трансекталар салынды. Жүргізілген 1 м² аудандағы түрдің дарақтар санының жиілігімен популяцияның тығыздығы анықталады, және бағаланады. Зерттелу аймағындағы өсімдіктің таралу нүктесі «GARMIN 60CSx» (Garmin Ltd., АҚШ) GPS навигаторының көмегімен координаттары анықталды.

Нәтижелер және талқылау

Зерттеу жүргізуде барысында 2024 жылы мамыр-маусым айларында ұйымдастырылған экспедицияда Сырдария Қаратауына қарасты Жартытөбе ауылдық округі маңынан *Spiraeanthus schrenkianus* өсімдігінің бірінші популяциясы табылды және таралу ортасының флоралық құрамына талдау жүргізілді.

Зерттеу объектісі *Spiraeanthus schrenkianus* өсімдігінің *бірінші ценопопуляциясы* бұталы-астықтұқымдасты-әртүрлі шөпті өсімдіктер қауымдастығынан анықталды. Өсімдіктердің проективті жамылғысы 85% құрайды. Сырдария Қаратау жотасының солтүстік беткейінің толықын-төбелі жабынында кездесті. GPS бойынша координаттары: N: 43°34'09.10" с.ш. және E: 069°05'57.9" ш.б. теңіз деңгейінен биіктігі 758 м деңгейінде табылды (1-сурет).

Осу ортасы топырақ жамылғысы – таулы сұр-қоңыр топырақ. Механикалық құрамы – *жеңіл құмбалшық*.

Жүргізілген зерттеуде анықталған ценопопуляцияға *S. schrenkianus* өсімдігінің жастық күйін анықтауда белгіленген өлшемі 10 × 10 м² болатын екі трансектадан салынды. Әрбір жүргізілген трансекта ішіндегі *S. schrenkianus* өсімдігінің жастық күйін анықтауда латенттік кезеңінен постгенеративтік кезеңіне дейінгі дарақтарының саны анықталды, жастық спектрін анықтау берілген талаптарға сай жүргізілді.



1-сурет – Бірінші ценопопуляция *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey. табиғаттағы көрінісі

Бірінші популяцияның бірінші ценопопуляцияның өсімдіктер жабынында доминант және кондоминантты бұталы өсімдіктер кездесті: *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey., *Spiraea hypericifolia* L., *Astragalus arbuscula* Pall. Осы аталған ортаның субдоминантты ретінде астықтұқымдастар *Agropyron pectiniforme* Roem. et Schult., *Festuca sulcata* Hack. кездесеті. Ал, үшінші компонент ретінде әртүрлі шөптесін өсімдіктердің түрлік құрамы анықталды: *Achillea micrantha* Willd., *Galium verum* L., *Ziziphora bungeana* Juz., *Salvia deserta* Schangin, *Ephedra intermedia* Schrenk & C.A. Mey.

Анықталған бірінші ценопопуляцияның өсімдіктер жамылғысы 3 ярустан тұрады.

I ярус бұталы өсімдіктер жамылғысын құрайды:

1. *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey. (70-160 см)

2. *Spiraea hypericifolia* L. (70-90 см), *Astragalus arbuscula* Pall. (70-80 см).

II ярус әртүрлі шөптесін өсімдіктер:

1. *Achillea micrantha* Willd. (20-30 см), *Galium verum* L. (25-30 см), *Ziziphora bungeana* Juz. (20-25

см), *Salvia deserta* Schangin (30-40 см), *Ephedra intermedia* Schrenk & C.A. Mey. (20-30 см),

2. *Agropyron pectiniforme* Roem. et Schult. 30-45 см дейін биіктікте кездесті.

III ярус 10-20 см аралығында кездесетін өсімдіктер жамылғысы *Festuca sulcata* Hack. кездесті.

Бірінші ценопопуляцияның бірінші трансектасынан 6 өскін, 16 ювенильдік, 15 имматурлық, 14 вергинильдік, 7 жас генеративтік, 12 толық жетілген генеративтік дарақ кездесті. Анықталған ортада субсенильді, сенильді дарақтар кездеспеді. Екінші трансектадан 8 өскін, 20 ювенильдік, 12 имматурлық, 16 виргинильдік, 9 жас генеративтік, 13 толық жетілген генеративтік дарақтар саны анықталды. Осы жүргізілген екі трансектада зерттеу объектісінің даму қарқындылығы толық жетілген, субсенильдік және сенильдік дарақтар анықталмады. Бірінші ценопопуляцияда өсімдіктердің тіршілік күйін анықтау және оған сипаттама беру Т.А.Работновтың және А.А.Урановтың әдістемелеріне сүйене отырып талдау жасалды.

1-кесте – *Spiraeanthus schrenkianus* өсімдігінің бірінші ценопопуляциясының жастық спектрі

Кезең	Жастық жағдайлары	Ценопопуляция 1	
		Трансекта 1	Трансекта 2
Латентті (алғашқы тыныштық күйі) (Se)	Тұқым	-	-
Виргинильді	Өскіндер (P)	6	8
	Ювенильдік (J)	16	20
	Имматурлық (Im)	15	12
	Виргинильдік (V)	14	16
Репродуктивті	Жас генеративтік (G1)	7	9
	Толық жетілген генеративтік (G2)	12	13
	Қартайған генеративтік (G3)	-	-
Сенильді (қартайған, репродуктивті емес)	Субсенильдік (Ss)	-	-
	Сенильдік (Se)	-	-

Екінші ценопопуляция Сырдария Қаратауының оңтүстік беткейінің етегінен бұталы-әртүрлішөптесін өсімдіктер қауымдастығы анықталды. Бұл қауымдастықта да *S. schrenkianus* өсімдігі өсу ортасында басымдылық деңгейді көрсетті. Өсімдіктер жамылғысы шамамен 80% құрайды. Зерттеу объектісі жүргізілген аймақтық GPS бойынша координаттары: N: 43°34'03.78'' с.ш. және E: 069°05'21.09'' ш.б. теңіз деңгейінен биіктігі 793 м. табылды. Таралған ортаның топырақ құрамы таулы сұр-қоңыр түсті. Механикалық құрамы жеңіл құмбалшық болып табылды.

Анықталған екінші ценопопуляцияның өсімдіктер жабынын *Spiraeanthus schrenkianus*, *Taeniatherum crinitum*, *Alyssum desertorum*, *Hulthemia persica* Bornm., *Gypsophila paniculata* L., *Ferula syreitschikowii* Koso-Pol. бірлестігін құрайды. Екінші ценопопуляцияның өсімдіктер жамылғысынан өсу биіктігіне байланысты 2 ярустық деңгейі байқалды.

Зерттеу барысында I ярус бұталы өсімдіктер жамылғысымен анықталды. Жалпы 70-135 см құрайды: *Spiraeanthus schrenkianus* Fisch. & C.A. Mey. (70-135 см). II ярусты әртүрлі шөптесін өсімдіктер құрайды.

Taeniatherum crinitum (Schreb.) Nevski. (25-30 см), *Alyssum desertorum* Stapf. (15-20 см), *Hulthemia persica* Bornm. (20-35 см), *Gypsophila paniculata* L. (40-50 см), *Ferula syreitschikowii* Koso-Pol. (40-45 см). Төменде екінші ценопопуляцияға салынған трансектаның табиғаттағы көрінісі келтірілген (2-сурет).

**2-сурет** – *Spiraeanthus schrenkianus* өсімдігінің екінші ценопопуляциясының табиғи көрінісі

Жүргізілген зерттеу барысында екінші ценопопуляциядан *S. schrenkianus* өсімдігінің жастық спекторына талдау жүргізіу барсында көлемі 10 x10 м² берілген әдістер негізіне сүйене отырып екі трансекта салынды. Анықталған талдау бойынша бірінші трансектадан 9 өскін, 11 ювенильдік, 13 имматурлық, 9 вергинильдік, 14 жас генеративтік, 6 нағыз жетілген генеративтік дарақтар кездесті. Келесі кезекте талдау жастық күйінің субсенильді, сенильдік даму кезеңдері байқалмады. Екінші трансектадан 7 өскін, 8 ювенильдік, 10 имматурлық, 8 виргинильдік, 10 жас генеративтік, 6 толық жетілген генеративтік дарақ кездесті. Екінші ценопопуляцияның екі трансектасынан субсенильдік және сенильдік жастық күйлері анықталмады.

2-кесте – *Spiraeanthus schrenkianus* өсімдігінің екінші ценопопуляциясының жастық спектрі

Кезең	Жастық жағдайлары	Ценопопуляция 1	
		Трансекта 1	Трансекта 2
Латентті (алғашқы тыныштық күйі) (Se)	Тұқым	-	-
Виргинильді	Өскіндер (P)	9	7
	Ювенильдік (J)	11	8
	Имматурлық (Im)	13	10
	Виргинильдік (V)	9	8
Репродуктивті	Жас генеративтік (G1)	14	10
	Толық жетілген генеративтік (G2)	6	6
	Қартайған генеративтік (G3)	-	-
Сенильді (қартайған, репродуктивті емес)	Субсенильдік (Ss)	-	-
	Сенильдік (Se)	-	-

Анықталған Сырдария Қаратаудың Жарты-төбе ауылдық округы маңынан табылған сирек кездесетін және эндем *S. schrenkianus* өсімдігінің бірінші популяциясының таралу барысына баға жасалды. Кез-келген өсімдіктің ортаға бейімделу деңгейі әртүрлі болады, оған тікелей микроклимат қажет. Жалпы өсу ортаның тау белдеуінде қалыптасуы теңіз деңгейінен биіктігі 793-758 м абсолюттік биіктік аралығында қалыптасады. Сонымен қоса, ескеретін жәйт, бұталы және жартылай бұталы өсімдіктердің өсуі тікелей күннің жақсы түсетін, оңтүстік және оңтүстік шығыс белдеулерінде өсу қарқындылығын жоғарылатады. *S. schrenkianus* өсімдігі кездесетін ценопопуляцияларға трансекталар салынып, олардың жастық құрамы анықталып, олардың сандық көрсеткіштері нақтыланды. Популяциялық деңгейде жүргізілген зерттеу жұмыстарын талдау барысында төмендегідей нәтижелер алынды.

Зерттеу нәтижелерін талдай келе, *Spiraeanthus schrenkianus* өсімдігінің екі ценопопуляцияның 4 трансекта бойынша анықталған жастық күйінің анықтау көрсеткіші бойынша өскіннен бастап, генеративтік жетілуге дейінгі дарақтар кездесті. Жүргізілген экспедиция барысында анықталғаны зерттеу нысаны жылда гүлдеп, тұқым беретіндігі байқалды. Демек, Сырдария Қаратауының бөктерінде орналасқан Жартытөбе округына қарасты ортада Шренк тобылғытүсі өсімдігіне күн сәулесінің жеткілікті деңгейде түсетіндігі нақтыланды. Әрбір салынған трансекталардан өсімдіктің жастық құрамындағы кейбір өзгешеліктерді байқауға болады. Мұнда, Сырдария Қаратауы шатқалының тау белдеуінде, қандай экспозицияда таралғаны,

жер бедерінің әртүрлілігіне қарай өсу қарқындылығы да ерекшеленеді. Сәйкесінше таралу аймағындағы *S. schrenkianus* өсімдігінің жастық спектрын сипаттайтын сандық көрсеткіштерге тікелей әсерін тигізген. Өйткені жер бедерінің ерекшеліктері сол жердің топырағының ылғалдылық мөлшеріне байланысты өзгереді. Осыған сәйкес өсімдіктер жабынында және оның түрлік құрылымында да біршама өзгерістер болатындығы байқалды. Анықталған Шренк тобылғытүс бірінші популяциядағы субсенильдік және сенильдік дарақтардың анықталмауы морфологиялық тұрғысынан вегетативті мүшесінің тамырсабақты болуымен түсіндіруге негіз бар. Бұталы ағаштарға тән, тамырсабақты жерасты өскіндерінде өнім бүршіктері кезектесіп жыл сайын жетелетіндігі байқалды. Түзілген жаңа жерасты өскіндері топырақ бетіне шығып жас өркендерін береді. Жаңадан өсуге бастама алған жас түп аналық дарақтың өзі көктем сайын жаңарып жаңа өркендер бере отырып біршама тарамдалған клон түзеді. Түзілген клондар өзара жалғасып қалың қопа қалыптастырады. Жоғарыда берілген нәтижелер бойынша жыл сайын жаңаруға бет алған клоннан субсенильдік және сенильдік дарақтарды кездестіру мүмкін емес деп болжам жасауға болады.

Қорытынды

Қорытындылай келе таралу ареалы қысқарған, сирек кездесетін, эндем *S. schrenkianus* өсімдігінің екі ценопопуляцияларына трансекта салынды, нәтижесінде Сырдария Қаратауында орналасқан Жартытөбе ауылдық округін-

де зерттелген түрдің ценопопуляцияларының даму циклы қалыпты жағдайда деуге болады. *S.schrenkianus* өсімдігінің әрбір ценопопуляциясынан виргинильді кезеңдердің барлығын және репродуктивті кезеңнің соның ішінде, толық жетілген генеративтік жастық спектріне дейінгі особьтарды байқалды. Зерттелген өсімдік жылда гүлдеугей бейім және тұқым шашады. Дегенмен, *S.schrenkianus* өсімдігі кездесетін ценопопуляцияларға төніп тұрған қауіп жоқ. Қолайсыз қоршаған ортаның жағдайынан немесе антропогендік факторлардың әсерінен өрттің туындауы

мүмкін. Күтпеген жағдайда өрт болса, мұндай кішігірім ареалда кездесетін өсімдік түрі толықтай жойылып кетуі мүмкін. Алайда зерттеу жалған аймақ Қаратау қорығына қарайтын болғандықтан, бұл жерде таралған өсімдіктер қоры бақылауға алынған. Алынған зерттеу нәтижелерін талдауда *S.schrenkianus* өсімдігінің таралған ареалы табиғи жағдайда ең қолайлы орта болып табылады. Биоалуантүрлілікті сақтау мақсатында сирек және жойылу қаупі төнген эндемді өсімдіктерді сақтау, қорғау, көбейту мақсатында алдағы уақытта интродукцияға енгізуді ұсынамыз.

Әдебиеттер

1. Pullaiah, T., Bahadur, B., Krishnamurthy, K.V. (2015). Plant Biodiversity. In: Bahadur, B., Venkat Rajam, M., Sahijram, L., Krishnamurthy, K. (eds) Plant Biology and Biotechnology. Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6_6
2. Банников А.Г. Заповедники Советского союза. –М., 1967. -167с.
3. Н.М.Мухитдинов, Геоботаника, 2011. -136с.
4. Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной зоны). –Спб, 2003. -424 с.
5. Байтенов М.С. В мире редких растений. –Алматы: Қайнар, 1986. -175с.
6. Бессчетнов П.П., Мальцев С.Н. Редкие и ценные растения Казахстана. –Алматы: Наука, 1982. -223с.
7. Государственный Кадастр растений Южно-Казахстанской области. Конспект видов высших сосудистых растений. – Алматы, 2002. – С. 304-314.
8. Thomas N. Taylor, Edith L. Taylor, Michael Krings (2009). 22 – Flowering Plants. Paleobotany (Second Edition). The Biology and Evolution of Fossil Plants 2009, Pages 873-997.<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373972-8.00022-X>
9. Yezi Xiang, Chien-Hsun Huang, Yi Hu, Jun Wen, Shisheng Li, Tingshuang Yi, Hongyi Chen, Jun Xiang, Hong Ma. Evolution of Rosaceae Fruit Types Based on Nuclear Phylogeny in the Context of Geological Times and Genome Duplication. Molecular Biology and Evolution, Volume 34, Issue 2, February 2017, Pages 262–281, <https://doi.org/10.1093/molbev/msw242>
10. Muz Li, Yuwei Xiao, Steve Mount, Zhongchi Liu. An Atlas of Genomic Resources for Studying Rosaceae Fruits and Ornamentals. Front. Plant Sci., 01 April 2021. Sec. Plant Development and EvoDevo. Volume 12 – 2021 | <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.644881>
11. Liliana Primo da Silva, Eliana Pereira, Tânia C.S.P. Pires, Maria José Alves, Olívia R. Pereira, Lillian Barros, Isabel C.F.R. Ferreira. Rubus ulmifolius Schott fruits: A detailed study of its nutritional, chemical and bioactive properties. Food Research International. Volume 119, May 2019, Pages 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.052>
12. Camille S. Bowen-Forbes, Yanjun Zhang, Muraleedharan G. Nair. Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. Journal of Food Composition and Analysis. Volume 23, Issue 6, September 2010, Pages 554-560. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.012>
13. Lillian Barros, Sónia Oliveira, Ana Maria Carvalho, Isabel C.F.R. Ferreira. In vitro antioxidant properties and characterization in nutrients and phytochemicals of six medicinal plants from the Portuguese folk medicine. Industrial Crops and Products. Volume 32, Issue 3, November 2010, Pages 572-579. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.07.012>
14. Lan Jiang, Xiaoxu Li, Kun Lyu, Han Wang, Zhiyuan Li, Wang Qi, Lin Zhang, Yunpeng Cao. Rosaceae phylogenomic studies provide insights into the evolution of new genes. Horticultural Plant Journal. Volume 11, Issue 1, January 2025, Pages 389-405. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2024.02.002>
15. Singh, K., Sharma, Y. P., & Gairola, S. (2023). Distribution status and ethnomedicinal importance of genus Rosa L. (Rosaceae) in India. Ethnobotany Research and Applications, 25, 1–22. Retrieved from <https://ethnobotanyjournal.org/index.php/era/article/view/4637>
16. Boskabady MH, Shafei MN, Saberi Z, Amini S. Pharmacological effects of rosa damascena. Iran J Basic Med Sci. 2011 Jul;14(4):295-307.
17. Gulmira Özek, Assel Chidibayeva, Abybulla Ametov, Akmaral Nurmahanova and Temel Özek. Chemical Composition of Flower Volatiles and Seeds Fatty Acids of Rosa iliensis Chrshan, an Endemic Species from Kazakhstan. Rec. Nat. Prod. 16:3 (2022) 225-235.
18. Nurmahanova Akmaral, Akhmetova Aigul, Ussenbekova Ainagul, Atabayeva Saule, Alipova Raushan, Kartbayeva Elmira, Mukhitdin Meruyert. The study of comparative anatomical features of populations of the plant Cichorium intybus L. Research on Crops.
19. Akmaral Nurmahanova, Nazerke Ibisheva, Natalia Kurbatova, Saule Atabayeva, Ainur Seilkhan, Bekzat Tynybekov, Karimi Abidkulova, Assel Chidibaeva, Aigul Akhmetova, Gulbanu Sadyrova. Comparative Anatomical and Morphological Study of Three Populations of Salvia aethiopis L. Growing in the Southern Balkhash Region. September 2023. Journal of Ecological Engineering 24(9):27-38. DOI:10.12911/22998993/168252

20. Bekzat Tynybekov, Moldir Imanaliyeva, Askhat Kuantbayev, Gulmira Satybaldiyeva, Elmira Boribay, Kanat Kulymbet, Zoya Umirbayeva, Nurgul Mamytova, Nazerke Bekbossyn, Ussen Kurmanbay, Gulbanu Sadyrova, Murat Toktar, Saltanat Nazarbekova, Bagila Abdullayeva and Akmaral Nurmahanova. Adaptation Features of *Gentiana tianschanica* Rupr. Populations to Environmental Factors in Kazakhstan. *ES Energy & Environment*, 2024, 26, 1361. <http://dx.doi.org/10.30919/ese1361>
21. Moldir Imanaliyeva, Elzira Kyrbassova, Ahmet Aksoy, Mert Can Vardar, Gulbanu Sadyrova, Meruert Parmanbekova, Samal Issabayeva, Zhadyra Ashirova, Birlikbay Yeszhanov, Abibulla Ametov, Yeskendir Satekov, Ussen Kurmanbay, Zifa Askarova, Gulziya Sraileva, Alibek Ydyrys and Bekzat Tynybekov. Ecological Monitoring of *G. olivieri* Griseb Populations, A Medicinal and Food Plant. *ES Food & Agroforestry*, 2024, 17, 1245. DOI: 10.30919/esf1245
22. A.A. Abduova, O.A. Kupriyanov, A. Yessengeldi, A.N. Kupriyanov, M.I. Sataev, B.M. Moshkalov. Coenoflora of *Spiraeanthus schrenkianus* (Fisch. and C.A. Mey.) Maxim. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics* 54 (1) 184-192, 2022. <http://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.1.17>
23. Govaerts, R., Nic Lughadha, E., Black, N. et al. The World Checklist of Vascular Plants, a continuously updated resource for exploring global plant diversity. *Sci Data* 8, 215 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00997-6>
24. Bir Bahadur, Manchikatl Venkat Rajam, Leela Sahijram, K.V. Krishnamurthy. *Plant Biology and Biotechnology. Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement*. New Delhi. Springer India 2015. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6>
25. Флора Казахстана. Под. ред. Н.В.Павлова. -Алма-Ата.- издво. АН КазССР. 1961.4 том, 394.
26. Иллюстрированный определитель растений Казахстана. Издательство “Наука” Казахской ССР, Алматы1969, 1 том, 402.
27. Pott, R. (2016). Fundamentals and Perspectives of Geobotanical Research in the Twenty-First Century. In: Box, E. (eds) *Vegetation Structure and Function at Multiple Spatial, Temporal and Conceptual Scales*. Geobotany Studies. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21452-8_24
28. Alibek Ydyrys, Nurshat Abdolla, Ainur Seilkhan, Muratshan Masimzhan and Lazzat Karasholakova. Importance of the geobotanical studying in agriculture (with the example of the Sugaty region). *E3S Web of Conferences* 222, 04003 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022204003>
29. Franco Pedrotti. *Plant and Vegetation Mapping*. Springer Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30235-0>
30. Скворцов А.К. Гербарий Пособие по методике и технике //М.: Наука.- 1977.- С.199
31. Арыстанғалиев С.А. Қазақстан өсімдіктері атауларының қазақша-орысша-латынша сөздігі.- Көкшетау. – 2013.
32. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений // Казань Изд-во Казанск. гос. университета. – 1989. – С.196.
33. Голубев В.Н., Молчанов Е.Ф. Методические указания к популяционно-количественному и эколого-биологическому изучению редких, исчезающих и эндемичных растений Крыма// Ялта: Изд-во Никитского ботанического сада. – 1978. – С.41.
34. Работнов Т.А. Структура и методы изучения ценопопуляций многолетних травянистых растений//*Экология*.- 1978. – №2 – С. 5-13.
35. Животовский Л.А. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификации популяций// *Экология*.-2001. – №1. – С.3-7.
36. Полевая геоботаника. // М. Л.: Изд-во АН СССР.1959. – Т.1.С-24.-1964.- Т. 3.С.17- 1972. – Т. 4.-С.141.- 1976. – Т. 5.-С.62.
37. Работнов Т.А. Методы изучения семенного возобновления травянистых растений в сообществах. // *Полевая геоботаника*. М.Л.-1960. -Т.2. – С.20-40.
38. Уранов А.А. Онтогенез и возрастной состав популяций // *Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений*. – М., -1967. – С. 1-12.

References

1. Pullaiah, T., Bahadur, B., Krishnamurthy, K.V. (2015). Plant Biodiversity. In: Bahadur, B., Venkat Rajam, M., Sahijram, L., Krishnamurthy, K. (eds) *Plant Biology and Biotechnology*. Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6_6
2. Bannikov A.G. *Zapovedniki Sovetskogo soйъza*. –М., 1967. – 167с.
3. З.Н.М.Мýhitdinov, *Geobotanika*, 2011. -136с.
4. *Botanicheskaya geografiya Kazahstana i Srednei Azii (v predelakh pýstynnoi zony)*. –Spb, 2003. -424 s.
5. Baitenov M.S. *V mire redkih rastenii*. –Almaty: Qainar, 1986. -175с.
6. Besschetnov P.P., Malsev S.N. *Redkie i sennye rastenia Kazahstana*. –Almaty: Naýka, 1982. -223с.
7. *Gosýdarstvennyi Kadastr rastenii Iýjno-Kazahstanskoi oblasti. Konspekt vidov vysshih sosýdistyh rastenii*. – Almaty, 2002. – С. 304-314.
8. Thomas N. Taylor, Edith L. Taylor, Michael Krings (2009). 22 – Flowering Plants. *Paleobotany (Second Edition)*. The Biology and Evolution of Fossil Plants 2009, Pages 873-997.<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373972-8.00022-X>
9. Yezi Xiang, Chien-Hsun Huang, Yi Hu, Jun Wen, Shisheng Li, Tingshuang Yi, Hongyi Chen, Jun Xiang, Hong Ma. Evolution of Rosaceae Fruit Types Based on Nuclear Phylogeny in the Context of Geological Times and Genome Duplication. *Molecular Biology and Evolution*, Volume 34, Issue 2, February 2017, Pages 262–281, <https://doi.org/10.1093/molbev/msw242>

10. Muz Li, Yuwei Xiao, Steve Mount, Zhongchi Liu. An Atlas of Genomic Resources for Studying Rosaceae Fruits and Ornamentals. Front. Plant Sci., 01 April 2021. Sec. Plant Development and EvoDevo. Volume 12 – 2021 | <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.644881>
11. Liliana Primo da Silva, Eliana Pereira, Tânia C.S.P. Pires, Maria José Alves, Olívia R. Pereira, Lillian Barros, Isabel C.F.R. Ferreira. Rubus ulmifolius Schott fruits: A detailed study of its nutritional, chemical and bioactive properties. Food Research International. Volume 119, May 2019, Pages 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.052>
12. Camille S. Bowen-Forbes, Yanjun Zhang, Muraleedharan G. Nair. Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. Journal of Food Composition and Analysis. Volume 23, Issue 6, September 2010, Pages 554-560. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.012>
13. Lillian Barros, Sónia Oliveira, Ana Maria Carvalho, Isabel C.F.R. Ferreira. In vitro antioxidant properties and characterization in nutrients and phytochemicals of six medicinal plants from the Portuguese folk medicine. Industrial Crops and Products. Volume 32, Issue 3, November 2010, Pages 572-579. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.07.012>
14. Lan Jiang, Xiaoxu Li, Kun Lyu, Han Wang, Zhiyuan Li, Wang Qi, Lin Zhang, Yunpeng Cao. Rosaceae phylogenomic studies provide insights into the evolution of new genes. Horticultural Plant Journal. Volume 11, Issue 1, January 2025, Pages 389-405. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2024.02.002>
15. Singh, K., Sharma, Y. P., & Gairola, S. (2023). Distribution status and ethnomedicinal importance of genus Rosa L. (Rosaceae) in India. Ethnobotany Research and Applications, 25, 1–22. Retrieved from <https://ethnobotanyjournal.org/index.php/era/article/view/4637>
16. Boskabady MH, Shafei MN, Saberi Z, Amini S. Pharmacological effects of rosa damascena. Iran J Basic Med Sci. 2011 Jul;14(4):295-307.
17. Gulmira Özek, Assel Chidibayeva, Abybulla Ametov, Akmaral Nurmahanova and Temel Özek. Chemical Composition of Flower Volatiles and Seeds Fatty Acids of Rosa iliensis Chrshan, an Endemic Species from Kazakhstan. Rec. Nat. Prod. 16:3 (2022) 225-235.
18. Nurmahanova Akmaral, Akhmetova Aigul, Ussenbekova Ainagul, Atabayeva Saule, Alipova Raushan, Kartbayeva Elmira, Mukhitdin Meruyert. The study of comparative anatomical features of populations of the plant Cichorium intybus L. Research on Crops.
19. Akmaral Nurmahanova, Nazerke Ibisheva, Natalia Kurbatova, Saule Atabayeva, Ainur Seilkhan, Bekzat Tynybekov, Karimi Abidkulova, Assel Chidibayeva, Aigul Akhmetova, Gulbanu Sadyrova. Comparative Anatomical and Morphological Study of Three Populations of Salvia aethiopis L. Growing in the Southern Balkhash Region. September 2023. Journal of Ecological Engineering 24(9):27-38. DOI:10.12911/22998993/168252
20. Bekzat Tynybekov, Moldir Imanaliyeva, Askhat Kuatbayev, Gulmira Satybaldiyeva, Elmira Boribay, Kanat Kulymbet, Zoya Umirbayeva, Nurgul Mamytova, Nazerke Bekbossyn, Ussen Kurmanbay, Gulbanu Sadyrova, Murat Toktar, Saltanat Nazarbekova, Bagila Abdullayeva and Akmaral Nurmahanova. Adaptation Features of Gentiana tianschanica Rupr. Populations to Environmental Factors in Kazakhstan. ES Energy & Environment, 2024, 26, 1361. <http://dx.doi.org/10.30919/esee1361>
21. Moldir Imanaliyeva, Elzira Kyrbassova, Ahmet Aksoy, Mert Can Vardar, Gulbanu Sadyrova, Meruert Parmanbekova, Samal Issabayeva, Zhadyra Ashirova, Birlikbay Yeszhanov, Abibulla Ametov, Yeskendir Satekov, Ussen Kurmanbay, Zifa Askarova, Gulziya Srailova, Alibek Ydyrys and Bekzat Tynybekov. Ecological Monitoring of G. olivieri Griseb Populations, A Medicinal and Food Plant. ES Food & Agroforestry, 2024, 17, 1245. DOI: 10.30919/esfaf1245
22. A.A. Abduova, O.A. Kupriyanov, A. Yessengeldi, A.N. Kupriyanov, M.I. Sataev, B.M. Moshkalov. Coenoflora of *Spiraeanthus schrenkianus* (Fisch. and C.A. Mey.) Maxim. SABRAO Journal of Breeding and Genetics 54 (1) 184-192, 2022. <http://doi.org/10.54910/sabao2022.54.1.17>
23. Govaerts, R., Nic Lughadha, E., Black, N. et al. The World Checklist of Vascular Plants, a continuously updated resource for exploring global plant diversity. Sci Data 8, 215 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00997-6>
24. Bir Bahadur, Manchikatla Venkat Rajam, Leela Sahijram, K.V. Krishnamurthy. Plant Biology and Biotechnology. Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement. New Delhi. Springer India 2015. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6>
25. Flora Kazakhstana. Pod. red. N.V.Pavlova. --Alma-Ata.- izd vo AN Kazssr. 1961.4 tom, 394.
26. Illústrirovannyi opredelitel rastenii Kazakhstana. Izdatelstvo “Naýka” Kazahskoi SSR, Almaty 1969, 1 tom, 402.
27. Pott, R. (2016). Fundamentals and Perspectives of Geobotanical Research in the Twenty-First Century. In: Box, E. (eds) Vegetation Structure and Function at Multiple Spatial, Temporal and Conceptual Scales. Geobotany Studies. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21452-8_24
28. Alibek Ydyrys, Nurshat Abdolla, Ainur Seilkhan, Muratzhan Masimzhan and Lazzat Karasholakova. Importance of the geobotanical studying in agriculture (with the example of the Sugaty region). E3S Web of Conferences 222, 04003 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022204003>
29. Franco Pedrotti. Plant and Vegetation Mapping. Springer Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30235-0>
30. Skvorsov A.K. Gerbarii Posobie po metodike i tehnike //M.: Naýka.- 1977.- S.199
31. Arystangaliev S.A., Ramazanov E.R. Qazaqstan ósimdikteri.- Almaty. – Gylym baspasy. – 1977.
32. Zlobin Iý.A. Prinsipy i metody izýchenia senoticheskikh popýls rastenii // Kazan Izd-vo Kazansk. gos. ýniversiteta. – 1989. – S.196.

33. Golýbev V.N., Molchanov E.F. Metodicheskie ýkazania k popýlýsionno-kolichestvennomý i ekologo-biologicheskomy ízycheníy redkih, ischezaiýshih i endemichnyh rastenii Kryma// Ialta: Izd-vo Nikitskogo botanicheskogo sada. – 1978. – S.41.
34. Rabotnov T.A. Strýktýra i metody ízychenia senopopýlýsú mnogoletnih travánistyh rastenii//Ekologia.- 1978. – № 2 – S. 5-13.
35. Jivotovskii L.A. Ontogeneticheskoe sostoianie, effektivnaia plotnos i klassifikasú popýlýsú// Ekologia. -2001. –№1. – S.3-7.
36. Polevaia geobotanika. // M. L.: Izd-vo AN SSSR.1959. – T.1.S-24.-1964.- T. 3.S.17 – 1972. – T. 4.-S.141.- 1976. – T. 5.-S.62.
37. Rabotnov T.A. Metody ízychenia semennogo vozobnovlenia travánistyh rastenii v soobshestvah. // Polevaia geobotanika. M.L.-1960. -T.2. – S.20-40.
38. Ýranov A.A. Ontogenez i vozrastnoi sostav popýlýsú // Ontogenez i vozrastnoi sostav popýlýsú svetkovyh rastenii. – M., -1967. – S. 1-12.

Авторлар туралы мәлімет:

Муратбаева Айтолкын Сандибаевна – PhD-доктарант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: ms.moon16@mail.ru)

Нурмаханова Акмарал Садыққызы – (корреспондент-автор) PhD, ботаника және агроэкология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: akmaral.nurmahanova@gmail.com)

Чилдибаева Асел Жумагуловна – PhD, биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: a.zh.childebaeva@gmail.com)

Атабаева Сауле Джумағалиевна – б.ғ.д., биотехнология кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: Saule.Atabayeva@kaznu.kz)

Омирбекова Анель Адилевна – PhD, биотехнология кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: anel.omirbekova@kaznu.edu.kz)

Мылтықбаева Асия Байбековна – PhD-доктарант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: asiya_m87@mail.ru)

Байташева Гаухар Умиралиевна – б.ғ.к., биология кафедрасының профессоры, Қазақ ұлттық педагогикалық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: baitasheva2004@gmail.com)

Абидкулова Каримә Тулегеновна – ботаника және агроэкология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: Karime.Abidkulova@kaznu.kz) Кырбасова Эльзира Артыкбаевна – PhD., биология кафедрасының доценті, Қазақ ұлттық педагогикалық университеті (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Elzira@mail.ru)

Information about the authors:

Muratbaeva Aitalyn Sandibaevna – PhD-doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: ms.moon16@mail.ru)

Nurmahanova Akmaral Sadykovna – (corresponding author) PhD, Associate Professor of the Department of Botany and Agroecology, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: akmaral.nurmahanova@gmail.com)

Childibayeva Assel Zhumagulovna – PhD, Senior Lecturer at the Department of Botany and Agroecology, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.zh.childebaeva@gmail.com)

Atabayeva Saule Dzhumagaliyevna – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Saule.Atabayeva@kaznu.kz)

Omirebekova Anel Adilevna – PhD, Associate Professor of the Department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: anel.omirbekova@kaznu.edu.kz)

Mylytkbaeva Asiya Baybekovna – PhD-doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: asiya_m87@mail.ru)

Gaukhar Umiraliyevna Baytasheva – Candidate of Biological Sciences, Professor of the Department of Biology, Kazakh National Women's Pedagogical University, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: baitasheva2004@gmail.com)

Abidkulova Karime Tulegenovna – Senior lecturer at the Department of Botany and Agroecology (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Karime.Abidkulova@kaznu.kz)

Kirbasova Elzira Artykbayevna – PhD., Associate Professor of the Department of Biology, Kazakh National Women's Pedagogical University, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Elzira@mail.ru)

Сведения об авторах:

Муратбаева Айтолкын Сандибаевна – PhD-докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: ms.moon16@mail.ru);

Нурмаханова Акмарал Садыққызы (корреспондент-автор) – PhD, ассоциированный профессор кафедры ботаники и агроэкологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: akmaral.nurmahanova@gmail.com);

Чилдибаева Асел Жумагуловна – PhD, старший преподаватель кафедры ботаники и агроэкологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: a.zh.childebaeva@gmail.com);

Атабаева Сауле Джумагалиевна – д. б. н., профессор кафедры биотехнологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: Saule.Atabayeva@kaznu.kz);

Омирбекова Анель Адилевна – PhD, доцент кафедры биотехнологии Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: anel.omirbekova@kaznu.edu.kz);

Мылтықбаева Асия Байбековна – PhD-докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: asiya_m87@mail.ru);

Байташева Гаухар Умиралиевна – к. б. н., профессор кафедры биологии Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: baitasheva2004@gmail.com);

Абидкулова Каримэ Тулегеновна – старший преподаватель кафедры ботаники и агроэкологии (Алматы, Казахстан, e-mail: Karime.Abidkulova@kaznu.kz);

Кырбасова Эльзира Артыкбаевна – PhD, доцент кафедры биологии Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: Elzira@mail.ru).

Келіп түсті: 14 ақпан 2025 жыл
Қабылданды: 20 қыркүйек 2025 жыл

С.К. Мухтубаева^{1,2,5} , А.Б. Достемесова³ , К.С. Избастина^{1,4,*} ,

С.А. Кобланова⁵ , Б.К. Жумабекова⁶ , Ж.А. Абдукадирова³ 

¹Қазақстан Республикасы экология және табиғи ресурстар министірілігі орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты

ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы», Астана, Қазақстан

²Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

³Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

⁴С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық Зерттеу Университеті, Астана, Қазақстан

⁵Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

⁶Ө. Марғұлан атындағы Павлодар педагогикалық университеті, Павлодар, Қазақстан

*e-mail: izbastina.k@gmail.com

КҮНГЕЙ АЛАТАУЫ ЖОТАСЫНЫҢ ШЫҒЫС БӨЛІГІНДЕГІ НЕГІЗГІ ДӘРІЛІК ӨСІМДІКТЕР ҚОРЫН БАҒАЛАУ

Мақалада Күнгеі Алатауы жотасының шығыс бөлігіндегі негізгі дәрілік өсімдіктердің шикізат қоры мен пайдалану перспективаларын бағалауға бағытталған далалық зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Зерттеудің мақсаты аймақтың табиғи популяцияларын сақтау және олардың ұтымды пайдалану мүмкіндіктерін негіздеу үшін жабайы дәрілік өсімдіктердің ресурстық әлеуетін зерделеу. *Achillea millefolium* L., *Aconitum leucostomum* Vorosch., *Berberis sphaerocarpa* Kar. & Kir.* (*B. heteropoda* Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.), *Chelidonium majus* L., *Ephedra equisetina* Bunge., *Epilobium angustifolium* L., *Hippophae rhamnoides* L., *Hypericum perforatum* L., *H. scabrum* L., *Inula helenium* L., *Origanum vulgare* L., *Patrinia intermedia* (Hornem.) Roem. & Schult., *Polygonum nitens* (Fisch. & C.A.Mey.) Petrov* (*Bistorta elliptica* (Willd. ex Spreng.) V.V.Petrovsky, D.F.Murray & Elven), *Rosa alberti* Regel, *R. beggeriana* Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey., *Tanacetum vulgare* L., *Thymus marschallianus* Willd.* (*Thymus pannonicus* All.), *Tussilago farfara* L., *Urtica dioica* L., *Valeriana turkestanica* Sumnev. және *Ziziphora clinopodioides* Lam. секілді болашағы зор түрлер зерттелді. Бұл өсімдіктер жоғары шикізат әлеуетіне ие және болашақ фармацевтикалық және медициналық әзірлемелер үшін маңызды нысандар болып табылады.

Мақалада табиғи ортаны бұзбай және популяциялардың қалпына келу қабілетін ескере отырып, ғылыми негізделген шикізат жинауға болатын әлеуетті орындар туралы мәліметтер берілген. Зерттеу нәтижелері табиғи ресурстарды ұтымды пайдалануды қамтамасыз ететін бағдарламаларды әзірлеуде, дәрілік шикізатты жоспарлы жинауды ұйымдастыруда және болашағы зор түрлердің плантацияларын құруда практикалық мәнге ие.

Алынған деректер бүлінген экожүйелерді қалпына келтіру іс-шараларын жоспарлау және жабайы дәрілік өсімдіктердің құндылығы туралы халықтың хабардарлығын арттыру бойынша білім беру бағдарламаларын әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін. Жүргізілген зерттеулердің негізінде жабайы өсетін дәрілік өсімдіктерді қорғау және ұтымды пайдалану бойынша ұсыныстар әзірленді, бұл аймақтың биоалуантүрлілігін сақтау, экожүйелердің тұрақтылығын қолдау және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану үшін маңызды.

Түйін сөздер: флористикалық құрамы, молшылық, шикізат қорлары, таралу аймақтары, дәрілік.

S.K. Mukhtubayeva^{1,2,5}, A.B. Dostemessova³, K.S. Izbastina^{1,4*},
S.A. Koblanova⁵, B.K. Zhumabekova⁶, Zh.A. Abdukadirova³

¹RSE on the REM "Astana Botanical Garden" Committee of Forestry and Animal World
of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, Astana, Kazakhstan

²Astana International University, Astana, Kazakhstan

³Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

⁴S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Astana, Kazakhstan

⁵L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

⁶Pavlodar Pedagogical University named after Alkey Margulan, Pavlodar, Kazakhstan

*e-mail: izbastina.k@gmail.com

Assessment of medicinal plant reserves in the eastern part of the Kungey Alatau ridge

The article presents the results of field studies aimed at assessing the raw material reserves and utilization prospects of major medicinal plant species in the eastern part of the Kungey Alatau Ridge. The objective of the study was to investigate the resource potential of wild medicinal plants in the region to substantiate opportunities for their sustainable use and the conservation of natural populations.

Promising species such as *Achillea millefolium* L., *Aconitum leucostomum* Vorosch., *Berberis sphaerocarpa* Kar. & Kir.*(*B. heteropoda* Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.), *Chelidonium majus* L., *Ephedra equisetina* Bunge., *Epilobium angustifolium* L., *Hippophae rhamnoides* L., *Hypericum perforatum* L., *H. scabrum* L., *Inula helenium* L., *Origanum vulgare* L., *Patrinia intermedia* (Hornem.) Roem. & Schult., *Polygonum nitens* (Fisch. & C.A.Mey.) Petrov*(*Bistorta elliptica* (Willd. ex Spreng.) V.V.Petrovsky, D.F.Murray & Elven), *Rosa alberti* Regel, *R. beggeriana* Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey., *Tanacetum vulgare* L., *Thymus marschallianus* Willd.*(*Thymus pannonicus* All.), *Tussilago farfara* L., *Urtica dioica* L., *Valeriana turkestanica* Sumnev. and *Ziziphora clinopodioides* Lam. were studied. These species possess high raw material potential and are important for future pharmaceutical and medical developments.

The study results have practical significance for developing sustainable natural resource management programs, organizing planned harvesting of medicinal raw materials, and creating plantations of promising species. The collected data can be used to plan ecosystem restoration activities and develop educational programs aimed at raising public awareness of the value of wild medicinal plants. Based on the research findings, recommendations for the conservation and sustainable use of wild medicinal plants have been developed, contributing to the preservation of biodiversity, ecosystem stability, and the effective use of natural resources.

Keywords: floristic composition, abundance, stratification, raw material reserves, distribution areas, medicinal.

С.К. Мухтубаева^{1, 2, 5}, А.Б. Достемесова³, К.С. Избастина^{1, 4*},
С.А. Кобланова⁵, Б.К. Жумабекова⁶, Ж.А. Абдукадирова³

¹«Астанинский ботанический сад», филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции»
Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов
Республики Казахстан, Астана, Казахстан

²Международный университет Астана, Астана, Казахстан

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

⁴Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

⁵Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

⁶Павлодарский педагогический университет им. Э. Марғұлан, Павлодар, Казахстан

*e-mail: izbastina.k@gmail.com

Оценка запасов основных видов лекарственных растений восточной части хребта Кунгей Алатау

В статье представлены результаты полевых исследований, направленных на оценку сырьевых запасов и перспектив использования основных видов лекарственных растений восточной части хребта Кунгей Алатау. Целью работы являлось изучение ресурсного потенциала дикорастущих лекарственных растений региона для обоснования возможностей их рационального использования и сохранения природных популяций.

Были изучены такие перспективные виды, как *Achillea millefolium* L., *Aconitum leucostomum* Vorosch., *Berberis sphaerocarpa* Kar. & Kir.*(*B. heteropoda* Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.), *Chelidonium majus* L., *Ephedra equisetina* Bunge., *Epilobium angustifolium* L., *Hippophae rhamnoides* L., *Hypericum perforatum* L., *H. scabrum* L., *Inula helenium* L., *Origanum vulgare* L., *Patrinia intermedia* (Hornem.) Roem. & Schult., *Polygonum nitens* (Fisch. & C.A.Mey.) Petrov*(*Bistorta elliptica* (Willd. ex Spreng.) V.V.Petrovsky, D.F.Murray & Elven), *Rosa alberti* Regel, *R. beggeriana* Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey., *Tanacetum vulgare* L., *Thymus marschallianus* Willd.*(*Thymus pannonicus* All.), *Tussilago farfara* L.,

Urtica dioica L., *Valeriana turkestanica* Sumnev. и *Ziziphora clinopodioides* Lam. Эти виды обладают высоким сырьевым потенциалом и являются важными объектами для будущих

Результаты исследований имеют практическое значение для разработки программ устойчивого природопользования, организации плановых заготовок лекарственного сырья, а также для создания плантаций перспективных видов. Полученные данные могут быть использованы при планировании мероприятий по восстановлению нарушенных экосистем и для проведения образовательных программ, направленных на повышение осведомленности населения о ценности дикорастущих лекарственных растений. На основе проведенных исследований разработаны рекомендации по охране и рациональному использованию дикорастущих лекарственных растений, что способствует сохранению биоразнообразия, поддержанию устойчивости экосистем региона и эффективному использованию природных ресурсов.

Ключевые слова: флористический состав, обилие, запасы сырья, ареалы распространения, лекарственный.

Кіріспе

Қазақстанның табиғи флорасы дәрілік өсімдіктердің түрлік құрамына және табиғи қорларына бай. Алайда пайдалы өсімдік түрлерінің табиғи тоғайларын ұтымды пайдалану және сақтау үшін кешенді ресурстық зерттеулер жүргізу қажет. Осындай зерттеулер негізінде өсімдік ресурстарының қазіргі жай-күйін жыл сайын бағалап, табиғаттан алу нормаларын белгілеуге болады. Табиғи экожүйелердің ажырамас бөлігі болып табылатын өсімдік ресурстары қазіргі кезде экологиялық және антропогендік факторлардың әсерінен елеулі, көбінесе қайтымсыз өзгерістерге ұшырауда. Нәтижесінде тұтас өсімдік кешендері мен қауымдастықтары біржола жойылуда.

Қазақстанның дәрілік флорасының ресурстық әлеуетіне қазіргі баға беру, бірқатар фармакопейлық өсімдік түрлерін қолдану жөніндегі ұсыныстармен бірге, оларды сақтау мен ұтымды пайдалану үшін ғылыми негіз болып табылады. Бұл антропогендік әсерді азайтып, пайдаланылатын түрлердің алуан түрлілігін келешек ұрпақ үшін сақтауға мүмкіндік береді [1].

Өсімдіктердің қалпына келу қабілетін бұзатын қарқынды пайдалану шабындықтардың өнімділігін тез төмендетуге әкеледі. Мұндай жағдайдың алдын алу үшін дәрілік өсімдік шикізатын жинау ережелерін қатаң сақтау қажет. Өсімдіктердің вегетативті және тұқымдық қалпына келуін жүйелі түрде бұзу – оларды шамадан тыс, дұрыс емес жинау, жыл сайын бір алқапты үздіксіз пайдалану популяциялардың жас құрылымының бұзылуына және олардың сандық құрамының айтарлықтай өзгеруіне әкеледі. Бұл фитоценоздағы компоненттер санының тепе-теңдігін бұзып, өсімдік қауымдастығының деградациясына себеп болуы мүмкін [2,3]. Шикізат қорына қазіргі баға беру, жыл

сайынғы мүмкін дайындық көлемін анықтау және зерттелетін түрлердің өндірістік алқаптарын ұтымды пайдалану бойынша ұсыныстар әзірлеу – табиғи популяцияларға зиян келтірмей, дәрілік өсімдік шикізатын дайындау көлемін жоспарлауға мүмкіндік береді. Өсу барысында дәрілік өсімдіктер тамырынан бастап жемісіне дейін түрлі емдік қасиеті бар заттарды жинайды, бұл олардың табиғаттағы ерекше рөлін көрсетеді [4].

Синтетикалық дәрілік препараттар саласындағы жетістіктерге қарамастан, дәрілік өсімдіктер әлі күнге дейін өз маңызын жоғалтқан жоқ – олар барлық медициналық дәрі-дәрмектер мен құралдардың шамамен 40% қамтамасыз етеді. Өсімдік шикізатына деген сұраныс үнемі өсуде, бұл – жабайы өсетін өсімдіктердің кеңінен пайдаланылуына үлкен әлеует ашады. Қазақстанда әртүрлі өнеркәсіп салалары үшін жаңартылатын өсімдік шикізатының көзі ретіндегі экономикалық маңызы бар өсімдіктер арасында Солтүстік Тянь-Шань жоталарында өсетін дәрілік өсімдіктер ғылыми және практикалық тұрғыда үлкен қызығушылық тудырады. Бұл аймақта 110 тұқымдасқа жататын 829-дан астам түр кездеседі, бұл Қазақстанның дәрілік флорасының жалпы санының 59%-ын құрайды [5].

Күнгей Алатау жотасы – Солтүстік Тянь-Шаньның бірегей және қызықты табиғи аймақтарының бірі. Ол Қырғыз Республикасымен шекаралас жатқан, ботаникалық әртүрлілігі жоғары аймақ ретінде қызығушылық тудырады. Десек те, Күнгей Алатауы жотасының шығыс бөлігіндегі флора конспектісінде өсімдіктердің шаруашылық маңызы сипатталған [6]. Жүргізілген зерттеулер бұл өңірдегі көптеген табиғи учаскелердің флорасы өз табиғи қалпында жақсы сақталғанын көрсетті. Бұл, ең алдымен, жотаның географиялық орналасу ерекшеліктеріне,

адам ықпалының салыстырмалы түрде төмен болуына және экожүйелердің салыстырмалы тұтастығына байланысты.

Мұндағы табиғи флора халықтық және дәстүрлі медицинада қолданылатын жекелеген дәрілік өсімдіктердің түрлік құрамы мен табиғи қорларына бай. Бірақ оларды тиімді пайдалану мен сақтау үшін толыққанды ресурс зерттеулерін жүргізу қажет. Осы зерттеулер негізінде жыл сайын табиғи жағдайы мен жинау нормалары белгіленеді. Күнгей Алатауының шығыс бөлігінде жүргізілген зерттеулер нәтижесінде фармакологиялық зерттеулер циклінің қажеттіліктерін қамтамасыз ете алатын бірқатар перспективалы дәрілік өсімдік түрлері анықталды. Бұл өңірде 497 туыс пен 90 тұқымдасқа жататын 1541 түрлі тамырлы өсімдіктер кездеседі, олардың шамамен 221 түрі шартты түрде дәрілік өсімдіктерге жатады [6,7]. Түр саны бойынша Asteraceae Dumort., Rosaceae Juss. және Lamiaceae Lindl. тұқымдастары басым. Авторлар кешенді ботаникалық зерттеулер мен флораны түгендеу негізінде болашағы бар дәрілік өсімдік түрлері жөнінде ғылыми негізделген, жан-жақты деректер қорын қалыптастырды.

Материалдар мен әдістер

2023–2024 жылдары Күнгей Алатауы жотасының шығыс бөлігіндегі шатқалдарда құнды дәрілік өсімдіктер қорының таралу аймағы мен көлемін анықтау мақсатында кешенді ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізілді. Зерттеу маршруттық-барлау әдісі бойынша ұйымдастырылып [8], «Дәрілік өсімдіктер қорының қорын анықтау әдістемесі» [9] мен басқа да салалық әдістемелік нұсқаулықтар [10] негізге алынды.

Зерттеу барысында дәрілік өсімдіктердің түрлік құрамы, олардың табиғи таралу аймақтары және шикізаттық қорлары айқындалды. Өсімдіктердің ресурстық әлеуетін сипаттау үшін стандартты геоботаникалық әдістер қолданылды. Бұл жұмыстар әрқайсысының ауданы 100 м² болатын үлгілік алаңдарда жүргізілді [11, 12].

Дәрілік өсімдіктердің экологиялық-биологиялық ерекшеліктері М.Ф. Голубев пен Е.Ф. Молчанов әзірлеген әдістемеге сәйкес зерттелді [13], ал олардың тіршілік циклі мен фенологиялық фазалары А.А. Урановтың әдістемесі негізінде анықталды [14]. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде 21-ден астам дәрілік маңызы бар өсімдік түрінің табиғи қоры бағаланып, олардың

ресурстық мүмкіндіктері ғылыми тұрғыдан дәлелденді.

Дәрілік түрлердің жазылуын нақтылау үшін <http://powo.science.kew.org> және <https://www.plantarium.ru/> қосымша іздеу жүйелері пайдаланылды [15-16]. Дәрілік өсімдіктердің қазақша атауы Қазақстан өсімдіктерінің қазақша орысша-латынша атаулар сөздігімен берілді [17].

Нәтижелер мен талқылау

Дәрілік өсімдіктердің қоры Күнгей Алатау жотасының шығыс бөлігіндегі Талды, Құрметты, Саты, Қайыңды, Көлсай және Батыс Қарабұлақта шатқалдарында зерттелді. Әрбір шатқалдың өзіне тән табиғи ерекшеліктері бар, олар флора құрамына және дәрілік өсімдіктердің алуан түрлілігіне әсер етеді (1-сурет).

Талды шатқалы ылғалдылығы орташа климатымен және аралас ормандарымен сипатталады. Мұнда *Achillea millefolium*, *Epilobium angustifolium*, *Ephedra equisetina*, *Thymus marschallianus* және *Hippophae rhamnoides* және тағы басқа 11 дәрілік өсімдік түрі тіркелген.

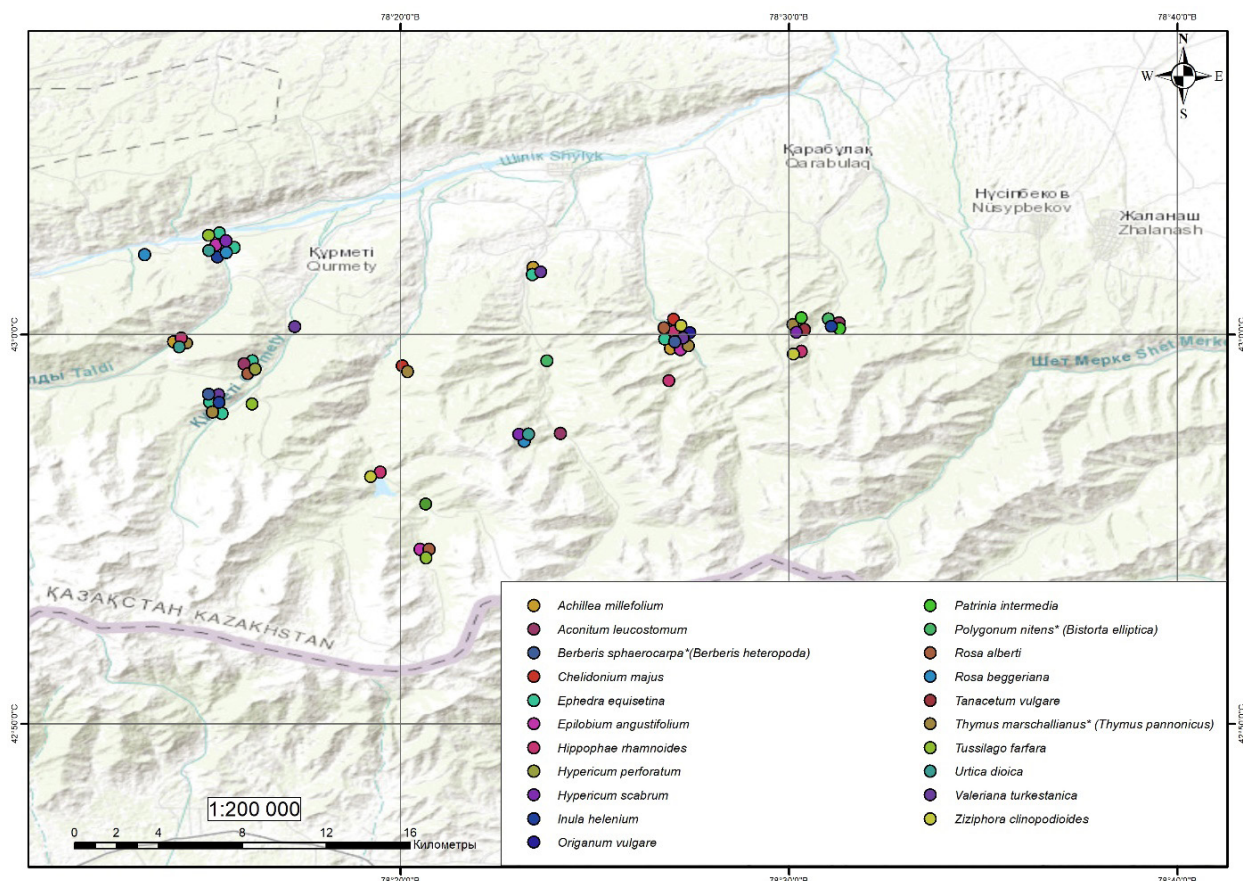
Құрметі түрлік құрамы бойынша ең бай шатқалдардың бірі. Мұнда *Achillea millefolium*, *Ephedra equisetina*, *Polygonum nitens*, *Aconitum leucostomum* және *Valeriana turkestanica* сияқты 18 дәрілік өсімдік түрі кездеседі. Шатқал жер бедерінің әртүрлілігімен ерекшеленеді, оған таулы беткейлер мен шабындық алқаптар кіреді.

Саты – субальпілік шалғындар мен қылқанжапырақты ормандар тән шатқал. Мұнда *Ephedra equisetina*, *Aconitum leucostomum*, *Valeriana turkestanica* және *Hypericum scabrum* секілді 7 дәрілік өсімдік түрі тіркелген.

Қайыңды өз көлімен және қалың қылқанжапырақты ормандарымен әйгілі. Бұл шатқалда *Chelidonium majus*, *Epilobium angustifolium*, *Thymus marschallianus*, *Origanum vulgare* және *Ziziphora clinopodioides* секілді 11 дәрілік өсімдік түрі кездеседі.

Көлсай шатқалы бірегей биік таулы көлдері мен бай өсімдігімен ерекшеленеді. Мұнда *Chelidonium majus*, *Thymus marschallianus*, *Polygonum nitens*, *Aconitum leucostomum* және *Hippophae rhamnoides* сияқты 10 дәрілік өсімдік түрі тіркелген.

Батыс Қарабұлақ – тасты беткейлер мен бұталы тоғайлары бар шатқал. Мұнда *Thymus marschallianus*, *Aconitum leucostomum*, *Patrinia intermedia*, *Tanacetum vulgare* және *Hypericum scabrum* секілді 8 дәрілік өсімдік түрі тіркелген.



1-сурет – Күнгей Алатауы жотасының шығыс бөлігіндегі дәрілік өсімдіктер популяциялар картасхемасы

Соңғы дереккөздерге сәйкес «Көлсай көлдері» мемлекеттік табиғи паркі аумағында дәрілік өсімдіктердің 221 түрі өсетіні берілген, бұл бүкіл флора құрамының шамамен 14,3%-ын құрайды[7]. Бұл түрлердің бір бөлігі Қазақстан Республикасының Мемлекеттік фармакопеясына ресми түрде енгізілген, кейбір түрлері тек гомеопатиялық, ал көпшілігі халық медицинасында қолданылады.

Ресурстық түрлер саны бойынша жетекші тұқымдастар: Asteraceae Dumort. (9), Rosaceae Juss. (8) және Lamiaceae Lindl. (6). Екі түрден кездесетін тұқымдастар: Polygonaceae Juss., Ranunculaceae Juss., Valerianaceae Batsch; ал Melanthiaceae Batsch, Berberidaceae Juss., Ephedraceae Juss., Hypericaceae Juss., Urticaceae Juss. тұқымдастарында бір ресурстық түрден тіркелген. Дәрілік өсімдіктердің таралуына және қорына олардың белгілі бір экологиялық жағдайларға бейімділігі айтар-

лықтай әсер етеді. Аталған түрлер қор көлемі жағынан бірдей емес – кейбіреулері кең таралған және мол, яғни оларды жергілікті тұрғындар жеке қажеттілікке де, дәрі шөп ретінде жүйе үшін де жинай алады. Басқалары сирек және кездейсоқ кездесетіндіктен, оларды жинауға болмайды. Бұл топқа барлық жеміс-жидекті өсімдіктер жатады: *Hippophae rhamnoides*, *Rosa alberti*, *R. beggeriana*, *Berberis sphaerocarpa* (*B. heteropoda*), шөптесін өсімдіктерден – *Valeriana turkestanica*, *Inula helenium*, *Hypericum perforatum* және *H. scabrum*, *Ziziphora clinopodioides*, *Urtica dioica*, *Tussilago farfara*, *Patrinia intermedia*, *Tanacetum vulgare*, *Chelidonium majus*, *Epilobium angustifolium*, *Aconitum leucostomum*, *Ephedra equisetina*, *Achillea millefolium* және басқа да көптеген түрлер кіреді. 21 түрдің дәрілік өсімдіктер қорлары анықталды 1-кестеде келтірілген, жеке түрлері сипаттамалары төменде берілген.

1-кесте – Күнгей Алатау жотасының шығыс бөлігі аумақтарында анықталған дәрілік өсімдіктердің шикізат қорлары

№	Өсімдік түрлері	Жалпы аумағы, га	Шикізаттың эксплуатациялық қоры, т (құрғақ-ауа салмағы)			Жыл сайынғы жиналым қоры, т (құрғақ-ауа салмағы)		
			шөп	тамыр	жеміс	шөп	тамыр	жеміс
1.	<i>Achillea millefolium</i> L.	41,0	12±4,1	-	-	39,3	-	-
2.	<i>Aconitum leucostomum</i> Worosch.	56,0	32,6±0,02	7,7±0,4	-	108,2	27,61	-
3.	<i>B. heteropoda</i> Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.	169,4	-	-	22,9± 0,08	-	-	79,2
4.	<i>Chelidonium majus</i> L.	27,3	4,7±0,09	-	-	22,2	-	-
5.	<i>Ephedra equisetina</i> Bunge	35,0	18,5±0,01	-	-	56,8 0,02	-	-
6.	<i>Epilobium angustifolium</i> L.	59,0	15,06±0,001	-	-	44,6	-	-
7.	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	137,7	-	-	6,9±0,2	-	-	28,6
8.	<i>Hypericum perforatum</i> L.	20,6	2,5±0,02	-	-	11,4	-	-
9.	<i>Hypericum scabrum</i> L.	9,3	4,3±0,5	-	-	13,2	-	-
10.	<i>Inula helenium</i> L.	22,5	0	7,9±0,02	-	-	29,3	-
11.	<i>Origanum vulgare</i> L.	41,8	5,5±7,5	-	-	28,4	-	-
12.	<i>Patrinia intermedia</i> (Hornet.) et Schult.	41,7	8±0,7	-	-	22,6	-	-
13.	<i>Bistorta elliptica</i> (Willd. ex preng.) V.V.Petrovsky, D.F.Murray&Elven)	92,7	-	-	16,4±0,03	-	-	58,4
14.	<i>Rosa alberti</i> Regel	156,0	-	-	18,7±0,4	-	-	78,5
15.	<i>Rosa beggeriana</i> Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.	31,0	-	-	11,2±0,2	-	-	66,1
16.	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	92,7	14±0,5	-	-	33,4	-	-
17.	<i>T. pannonicus</i> All.	10,0	08,0±2,5	-	-	5,3	-	-
18.	<i>Tussilago farfara</i> L.	29,0	12±0,4	-	-	55,3	-	-
19.	<i>Urtica dioica</i> L.	72,0	6,7±0,06	-	-	41,5	-	-
20.	<i>Valeriana turkestanica</i> Sumnev.	11,5	-	1,1±0,4	-	-	7,4	-
21.	<i>Ziziphora clinopodioides</i> Lam.	32,0	1,8±0,9	-	-	6,9	-	-

Ақбас мыңжапырақ (*Achillea millefolium*) – шалғындарда, жол жиегінде, дала және шалғынды-далалық беткейлерде өседі. Ескі мал жайылымдарына кең тараған (Қайыңды өзенінің төменгі бөлігі). Бұталармен араласқан жерде, түрлігүлаяқ бөріқарат (*Berberis heteropoda*), Алтай ұшқаты (*Lonicera altmanii*) және доланамен (*Crataegus korolkowii*) бірге кездеседі. Өсімдіктер жабынының проекциялық жамылғысы – 80%. Шөпқұрам биіктігі 35-50 см. Дәрілік түр асқазан-ішек жолдары ауруларына қарсы қабынуға қарсы және бактерицидтік дәрі ретінде, сондай-ақ өкпе, мұрын және қан кетуін тоқтату үшін, тері ауруларын емдеуде қолданылады. Жалпы аумағы – 41,0 га. Жыл сайын-

ғы жиналатын көлемі шатқалдарда шамалас. Қайыңды (2,5 т), Күрметі (3,0 т), Талды (3,30 т) және Саты (3,2 т) жинауға болады. Пайдалану қорлары – 39,3 т. Жылдық жеміс қоры – 12 т, ал жергілікті дәріхана желісі үшін 7,8 т шөп жинау ұсынылады.

Ақезу бәрпі (*Aconitum leucostomum*) – тауларда, ормандарда, орман жиектері мен алқаптарында, биік шөпті субальпілік шалғындарда, өзендер мен бұлақтардың жағаларында өседі. Талды шатқалында мол өседі, кейде тығыз бұталар түзеді. Көлсай өзенінің оң жағалауы, орманды алаңдар мен екінші және үшінші көлдер арасындағы сирек шыршалы ормандарда кездеседі. Дәрілік өсімдіктің шикізатынан антиаритмия-

лық әсері бар «аллапинин» препараты алынған. Жинау кезінде топырақ бетіне 3-4 см биіктікте кеседі. Ауадағы құрғақ шикізатын Саты шатқалында – 5,2 т, Көлсай шатқалында – 14,3 т, Күрметі шатқалында – 9,4 т, Батыс Қарабұлақ шатқалында – 3,7 т жыл сайын жинауға болады. Өсімдіктің жалпы аумағы – 27,3 га, ауадай құрғақ шикізаттың пайдалану қоры – 22,2 т. Жылдық жеміс қоры – 4,7 т.

Түрлігүлаяқ бөріқарат (*Berberis heteropoda*) – Berberidaceae тұқымдасына жататын бұта. Зерттелген аумақтың барлық жерінде, әсіресе далалық белдеуде және орман белдеулерінің төменгі бөлігінде таралған. Мамыр-маусым айларында гүлдейді, тамыз-қыркүйек айларында жеміс береді [4]. Жер асты бөліктері мен жапырақтары пайдаланылады, олар өт айдайтын, қабынуға қарсы және жүрек-қан тамырлары жүйесінің қызметін ынталандыратын препараттар ретінде қолданылады. Жалпы аумағы – 229,4 га, пайдалануға болатын ауада құрғатылған шикізат қоры – 79,2 т, ал жылдық қор 22,9 т құрайды.

Үлкен сүйелшөп (*Chelidonium majus*) – төменгі тау далалары мен орманды-шалғынды белдеудің көлеңкелі жерлерінде, бұталы өсімдіктер арасында өседі. Талды, Көлсай және Қайыңды шатқалдарындағы өзен алқаптарында және ор-

ман шеттерінде шашыраңқы түрде өсетін орманды-шалғынды түр.

Дәрілік шикізат ретінде гүлдеу кезеңінде жиналған шөптері пайдаланылады, олар бауыр, өт қабы ауруларында, тері туберкулезі мен гинекологиялық мәселелерде қолданылады. Эксперименттік зерттеулер көрсеткендей, үлкен сүйелшөп шөбі қатерлі ісіктердің өсуін тежейді [15]. Бұл өсімдік сондай-ақ гомеопатиялық дәрі ретінде кеңінен танымал. Шикізат құрамында изохинолинді алкалоидтар, оның ішінде негізгі компоненті коптизин бар. *Chelidonium majus* шөбі антимикробтық дәрілік заттарды алу үшін перспективалы көзі болып табылады. Қазақстанда медициналық тәжірибеде үлкен сүйелшөптің тамырлары қолданылмайды, сондықтан оның шикізат ресурстарын тиімді пайдалану мәселесі өзекті болып табылады.

Chelidonium majus өсімдігінің қорлары жақсы, оны жинауға болады. Өсімдіктің жер үсті бөлігін гүлдену алдында, маусым айының басында жинайды. Шөпті топырақ бетіне 3-4 см биіктікте кеседі. Көлсай шатқалында – 2,03 т, Қайыңды шатқалында – 1,04 т, Талды шатқалында – 1,7 т ауадай құрғақ шикізатты жыл сайын жинауға болады. Өсімдіктің жалпы аумағы – 27,3 га, ауадай құрғақ шикізаттың пайдалану қоры – 22,2 т. Жылдық жеміс қоры – 4,7 т.



2-сурет – *Aconitum leucostomum* Worosch. және *Chelidonium majus* L.

Қырықбуын қылша (*Ephedra equisetina*) – мәңгі жасыл бұта, төменгі және орта тау белдеулеріндегі құрғақ, тасты және ұсақ тасты беткейлерде өседі. Ұлттық парк аумағында ең жақсы массивтер Көлсай өзенінің аңғарында (төменгі көлдің сол жағалауындағы

тасты беткейлер) және Қайыңды өзенінің төменгі ағысында орналасқан. Саты өзенінің жоғарғы ағысында, теңіз деңгейінен 2800-2900 м биіктікте және Саты өзенінің төменгі ағысында, оңтүстік тасты беткейде (1600 м биіктікте) кездеседі. Қырықбуын қылшаның бұтақта-

рынан алынған белгілі медициналық шөптік жиынтық бронхтық астма, тұмау, лихорадкада қолданылады. Халық медицинасы ревматизм, жара ауруы, безгек ауруында қолданады. Соңғы уақытта бұл өсімдік есірткі құралдары ретінде бақылауда. Улы өсімдік ретінде де қарастырылады. Шикізаттардың қорлары

өнеркәсіптік жинауға жарамды. Шатқалдардағы жылдық ауа-құрғақ шикізаттың мүмкін болатын жинақтау көлемі: Саты (11,1 т), Күрметі (5,2 т), Талды (1,6 т), Қайыңды (8,6 т), Көлсай (3,1 т). Жалпы аумағы – 35,0 га, өндірістік шикізаттың ауа-құрғақ қоры – 56,8 т. Жылдық жеміс қоры – 18,5 т.



3-сурет – *Ephedra equisetina* Bunge және *Polygonum nitens* (Fisch. et Mey.) V. Petr. қорлары

Жіңішке жапырақты иваншай (*Epilobium angustifolium*) – зерттеу аймағында 1300–1550 м биіктікте өсетін өсімдік. Дәрілік өсімдік кең экологиялық ауқымға ие, орманды алаңдарда, әсіресе кесілген және өрт шалған жерлерде, сондай-ақ шалғындар мен сирек ормандарда жиі кездеседі. Жалпы таралған. Субальпийлі шалғындар үстіндегі тік жартасты беткейлерде акезу бәрпі (*Aconitum leucostomum*) өсімдігімен бірге өседі. *Lonicera karelinii* Bunge ex P. Kir., *Crataegus*

korolkowii L. Henry өсетін шыршалы-қарағайлы субальпілік сирек ормандарда аз мөлшерде (40 кг/га) өседі. Гүлдеу кезеңінде жиналған жапырақтар мен шөптер қабынуға қарсы, қатандатқыш, жұмсартқыш және ас қорыту жүйесінің аурулары, зат алмасу бұзылыстары, анемия кезінде қолданылады. Антибактериалды және ісікке қарсы белсенділігі бар. Бұл өсімдік дәрілік қасиеттерінен басқа, шайдың орнына, көкөніс ретінде және жақсы бал жинаушы ретінде қолданылады.



4-сурет – Аралас шөпті-дөңді шалғындардағы *Epilobium angustifolium* L.

Итшомыр (*Hippophae rhamnoides*) – өсімдік өзендердің жағалауларында, жайылмаларда, құлама жерлерде және көшкіндерде төменгі және орташа таулы белдеулерде кездеседі. Көлсай өзенінің аңғарында жас ағаштар мен бұтақтар бөгет аумағында өседі, ал ескі ағаштар сирек кездеседі. Биіктігі 5 м-ге дейін, діңінің диаметрі 12-15 см болатын алып өсімдіктер Қайыңды, Батыс Қарабұлақ, Талды өзендерінің төменгі бөлігінде таралған. Итшомыр жемістері мен оның майы – бағалы дәрілік өсімдік және полидөрумен кешені, терінің сәулелік зақымдануы, ісіктер мен асқазан мен ішек жараларына қолданылады. Бағалы тағамдық өсімдік. Жыл сайынғы шикізат жинау көлемі: Көлсай (2,0 т), Талды (1,5 т), Қайыңды (3,0 т), Батыс Қарабұлақ (2,5 т). Жалпы аумағы – 137,7 га, пайдалануға болатын ауада құрғатылған шикізат қоры – 38,6 т. Жылдық қор 6-9 т құрайды.

Бұдыр шайқурай (*Hypericum scabrum*) және Шайшөп (*Hypericum perforatum*) – екі түр де ерекше қорғалатын табиғи аумақтың барлық бөлігінде сирек таралған.

Шайшөп шабындықтарда, орман шеттерінде және алаңқайларда өседі.

Бұдыр шайқурай құрғақ тасты беткейлерде және құрғақ далаларда, төмен таулы белдеуден орман белдеуінің төменгі бөлігіне дейін таралған. Дәрілік мақсатта гүлдеу кезеңінде жиналған жер үсті бөлігі (шөбі) қолданылады. Бұл шөптен дайындалатын дәрілер жараны, күйікті, бауыр, асқазан-ішек жолдары мен қуық ауруларын емдеуде қолданылады. Сонымен қатар, әртүрлі кешенді шөптік қоспалар құрамында пайдаланылады, жоғары антибактериалдық және вирусқа қарсы белсенділікке ие.

Бұдыр шайқурай жалпы таралу аумағы – 9,3 га, қоры – 13,2 т, жыл сайынғы орташа қоры – шамамен 4,3 т. Шайшөптің жалпы таралу аумағы – 20,6 га, ауада құрғақ күйіндегі пайдалануға жарамды қоры – 11,4 т. Жыл сайынғы орташа қоры шамамен 2,5 т.

Қара андыз (*Inula helenium*) – зерттеліп отырған аумақта бұл өсімдік кең таралған, бірақ сирек кездеседі, тығыз шоғырлар түзбейді. Көбінесе орман шеттерінде, өзен жағалауларындағы терраса беткейлерінде және шабындықтарда өседі. Дәрілік мақсатта ерте көктемде немесе күзде, тұқымдары пісіп, түспей тұрып, оның тамырсабағы мен тамырлары жиналады. Құрамынан дайындалатын дәрілер асқазан-ішек жолдары, тыныс алу жолдары ауруларын емдеуде және зат алмасуды ынталандыру үшін қолданылады. Халық медицинасында және гомеопатиялық шөп қоспаларында тері ауруларын, қотырды және тірек-қимыл аппаратының қызмет бұзылуын емдеуге қолданылады. Жалпы таралу аумағы – 22,5 га. Ауадан құрғақ күйіндегі пайдалануға жарамды қоры – 29,3 т. Жыл сайынғы орташа қоры – шамамен 7-9 т.

Киікшөп жұпаргүл (*Origanum vulgare*) – көп мөлшерде шөлейтті шалғындарда және тау орманды белдеудің төменгі бөлігіндегі бұталарда, әсіресе Көлсай және Қайыңды өзендерінің аңғарларында өседі. Медицинада гүлдеп тұрған жоғарғы бөлігін қолданады. Жұпаргүл көптеген функцияларымен емдік қасиетке ие, оның ішінде өт айдайтын, тыныштандыратын, қабынуға қарсы және асқазан-ішек жолдарының жұмысын ынталандыратын әсері бар. Ол таза түндырма түрінде де, әртүрлі шөптік қоспаларында да қолданылады. Шикізаттардың қорлары өнеркәсіптік жинауға жарамды. Шатқалдарда ауа-құрғақ шикізаттың жыл сайынғы мүмкін болатын жинақтау көлемі: Көлсайда 2,1 т., Қайыңды 3,4 т. Жалпы аумағы – 41,8 га, өндірістік шикізаттың ауа-құрғақ қоры – 28,4 т. Жылдық жеміс қоры – 5,5 т.

Орта тасшүйгін (*Patrinia intermedia*) – таудалалық белдеуде және орман-шабындық белдеудің төменгі бөлігінде тасты беткейлерде, өзен арналарындағы малта тастар арасында, шымқабат-селеулі-алуаншөпті далада өседі. Ұлттық парк аумағында жиі кездеседі. Дәрілік мақсатта оның жер асты бөліктері және солардан дайындалатын препараттар пайдаланылады. Түркістандық шүйіншөп секілді жүйке жүйесі ауруларында тыныштандырғыш ретінде қолданылады. Жалпы таралу аумағы – 41,7 га, ауада құрғақ күйіндегі пайдалануға жарамды қоры – 22,6 т. Жыл сайынғы орташа қоры – 8 т.

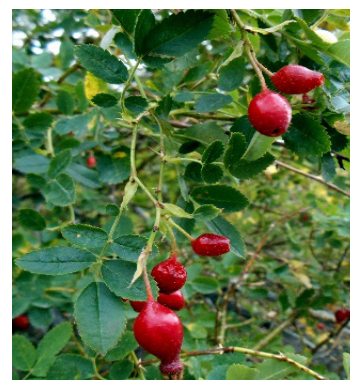
Жылтыр таран (*Poligonum nitens***Bistorta elliptica*) – Ортаңғы бөлігінен бастап альпілік белдеудің төменгі шекарасына дейін көп мөлшерде кездеседі. Ол қыратты жерлерде, тау етегіндегі тасты және ұсақ топырақты беткейлерде, дала өсімдіктерімен бірге өседі. Қорлар ұлттық парк аумағында, Саты өзенінің төменгі ағысында, оңтүстік тасты беткейде (теңіз деңгейінен 1600 м), Саты өзенінің сол жағалауында, Көлсай және Күрметі шатқалдарының орта және жоғары бөліктерінде тау мен шалғынды өсімдік жамылғысында ағаш пен бұталы өсімдіктермен бірге кездеседі. Өсімдік жамылғысының жобалық жабындылығы – 80%. Шөптесін өсімдіктердің биіктігі – 50-60 см. Күйі жақсы. Халық медицинасына қолданылуы кең. Құрт аурулары мен дизентерияда тиімді байланыс-

тырғыш құрал ретінде түбіртектер пайдаланылады.

Жылтыр таран өсімдігінің қорлары мол, оны жинауға болатын объект ретінде қарастырылады. Жоғарғы бөлігін гүлдеу кезеңінде жинайды. Шатқалдардағы жылдық ауа-құрғақ шикізаттың мүмкін болатын жиналымы: Көлсай (8-9 т), Күрметі (5,4 т). Жалпы аумағы – 92,7 га, өндірістік шикізаттың ауа-құрғақ қорлары – 58,4 т. Жылдық жеміс қоры – 16,4 т.

Альберт раушан (*Rosa alberti*) және Беггер раушан (*Rosa beggeriana*) – Бірінші түрі зерттелген аймақта ең кең таралған, 1452 м биіктіктен бастап 2231 м биіктікке дейін, сирек ормандарда, орманның шекараларында және бұталы өсімдіктерде кездеседі. Екінші түрі – төменгі таулы

аймақтарда және орман белдеулерінің төменгі бөлігінде өзендер мен жайылма ормандарында өседі. Барбарис, үшқат және итмұрын ассоциациясында таралған. Бұталармен жабылу проценті 80 %. Екі түрі де өте витаминді және аскорбин қышқылы мен поливитаминді препараттар алуға қажетті жемістерін жинау үшін үлкен қызығушылық тудырады. Халық арасында тамырларынан қайнатпа дайындап, іш қатуға қарсы қолданады, ал гүлдерінен көбінесе шай баламасы ретінде қайнатып ішкен. *Rosa alberti* жалпы аумағы – 156,0 га, пайдалануға болатын ауада құрғатылған шикізат қоры – 78,5 т. Жылдық жеміс қоры – 18,7 т. *R. beggeriana* жалпы аумағы – 31,0 га, пайдалануға болатын ауада құрғатылған шикізат қоры – 66,1 т. Жылдық жеміс қоры – 11,2 т.



5-сурет – Талды шатқалындағы *Berberis heteropoda*, *Hippophae rhamnoides* және *Rosa alberti* жемістерінің қорлары

Кәдімгі түймешетен (*Tanacetum vulgare*) – өзен жағаларында және орман-шабындық түр шашыраңқы өскенмен, бірақ әдетте ерекше қорғалатын табиғи аумақтың ортаңғы және төменгі тау белдеулерінен кездеседі. Дәрілік шикізат ретінде гүлшоғыры мен жапырақтары жиналады. Олар өт айдайтын, күртқа қарсы, инсектицидтік әсері бар. Дәрілік өсімдік жалғыз дәрілік құрал ретінде де, әртүрлі шөптік шайлар мен қоспалар құрамында да қолданылады. Жалпы таралу аумағы – 91,7 га, ауада кептірілген шикізаттың пайдалану қоры 33,4 тоннаны құрайды. Ауада кептірілген күйдегі жемістердің жылдық қоры шамамен 14 тоннаны құрайды.

Маршал жебір (*Thymus marschallianus*) – далалық беткейлерде, құрғақ шалғындар мен сирек ормандарда, төменгі таулардан орташа белдеуге дейін таралған. Ұлттық парк шекарасында Көлсай өзенінің сол жағалауында, төменгі көл

маңында, солтүстік-шығыс беткейінде әртүрлі шөптер мен злактар араласқан жерде, сондай-ақ Қайыңды өзенінің төменгі бөлігінде кеңінен кездеседі.

Өсімдіктер жабынының проекциялық жамылғысы 60-70%. Гүлдену кезінде жиналған шөбі. *Thymus marschallianus* тыныс алу жолдарының ауруларында қақырық түсіретін, қабынуға қарсы және тыныштандыратын әсері бар. Эфир майы мен одан алынған препараттар бактерияға қарсы, саңырауқұлақтарға қарсы және гельминттерге қарсы әсер етеді. Әртүрлі аурулар кезінде, әсіресе бауыр, бүйрек, аллергия, тыныс алу жолдары, тері ауруларында, сондай-ақ дәмдеуіш және бал жинаушы өсімдік ретінде кеңінен қолданылады.

Шөптің биіктігі 50-70 см. Мүмкін болатын жылдық жинақтау көлемі келесі шатқалдарда жүргізілуі мүмкін: Батыс Қарабұлақ (0,2 т), Күр-

меті (0,3 т), Талды (0,1 т) және Саты (0,2 т). Жалпы аумағы – 10,0 га, пайдалану қорлары – 5,1 т. Жылдық жеміс қоры – 0,8 т.

Кәдімгі өгейшөп (*Tussilago farfara*) – Өзен жағаларында, сазды беткейлерде, жартасты жерлер мен тау бөктерінің төменгі және ортаңғы бөліктерінде жиі кездеседі. Ол барлық негізгі өзен аңғарларында өседі. Ең үлкен шоғырлар Көлсай өзенінің жағалауында, бірінші көлден төмен орналасқан, су қоймасы маңындағы жаңа көшкін жерлерінде байқалады. Мұндай учаскелер ұзын-

дығы 300–400 м, ені 3–5 м-ден 30–40 м-ге дейін жетеді. Дәрілік шикізат ретінде жапырақтары пайдаланылады – олар қақырық түсіргіш және жұмсартқыш әсерге ие. Сонымен қатар, тыныс алу жолдары ауруларында, аллергия және гинекологиялық ауруларда қолданылатын түрлі шөптік қоспалар құрамына енеді. Халық медицинасында гүлдері де пайдаланылады. Жалпы таралу аумағы – 29,0 га, ауада құрғақ күйіндегі пайдалануға жарамды қоры – 55,3 т. Жыл сайынғы орташа қоры – 12 т.



6-сурет – Көлсай шатқалындағы *Tussilago farfara* және *Hypericum perforatum* популяциясы

Chamaerion angustifolium өсімдігінің қорлары жақсы, оны жинауға болады. Өсімдіктің жер үсті бөлігін жинауды гүл бүршігі пайда болар алдында, маусым айының басында жүргізеді. Шөпті топырақтан 3-4 см биіктікте кеседі. Көлсай (7,6 т), Күрметі (5,4 т), Талды (2,06 т) шатқалдарында ауадай құрғақ шикізатты жыл сайынғы мүмкін болатын жинақтау көлемі сәйкесінше. Өсімдіктің жалпы аумағы – 59,0 га, ауадай құрғақ шикізаттың пайдалану қоры – 44,6 т. Жыл сайынғы жеміс қоры – 15,06 т.

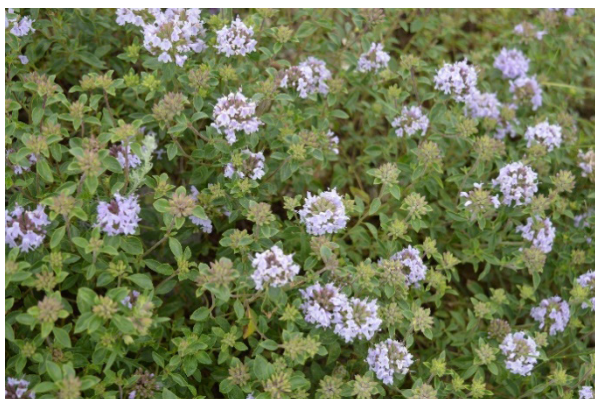
Қосүйлі қалақай (*Urtica dioica*) – Далалық және орман-шабындық белдеулерде кең таралған, кей жерлерде ормандарда, өзен жағаларында, жыраларда және орман шеттерінде шоғырланып өседі. Дәрілік шикізат ретінде гүлдеу кезеңінде жиналатын жапырақтары пайдаланылады. Қалақай жапырақтары көпфункционалы әсерге ие – қан тоқтататын, қан түзілуін және зат

алмасуды реттейтін қасиеттері бар. Ол тыныс алу және ас қорыту жүйесі ауруларында қолданылатын әртүрлі шөптік қоспалар құрамына кіреді. Сонымен қатар, тағамдық және талшықты мақсатта да пайдаланылады. Жалпы таралу аумағы – 72,0 га, ауадай құрғақ күйіндегі пайдалануға жарамды қоры – 41,5 т. Жыл сайынғы орташа қоры – шамамен 6-7 т.

Түркістан шүйгіншөбі (*Valeriana turkestanica*) – Бұл өсімдік аз мөлшерде шалғындарда, орманды алаңқайларда және бұталармен жабылған жерлерде өседі, Күрметі, Көлсай, Қайыңды және Саты өзендерінің шалғынды-орманды белдемдерінде кездеседі. Жиналатын бөлігі – екіжылдық өсімдіктердің тамырсабақтары мен тамырлары, олар көктемнің ерте кезінде немесе күзде, гүлденуден бұрын жиналады. Бұл өсімдіктің препараттары мен жинақтары негізінен жүрек-қантамыр жүйесінің, тыныс алу

органдарының, бауырдың, асқазан-ішек жолдарының және эндокриндік жүйенің ауруларын емдеуде қолданылады. Жыл сайынғы жиналатын көлемді келесі шатқалдарда жинауға бо-

лады: Қайыңды (0,2 т), Талды (0,3 т), Күрметі (0,4 т) және Саты (0,2 т). Жалпы аумағы – 10,0 га, пайдалану қорлары – 7,4 т. Жылдық жеміс қоры – 1,1 т.



7-сурет – Қайыңды шатқалдағы *Ziziphora clinopodioides* және *Valeriana turkestanica* популяциялары

Гүлрайхан киікоты (*Ziziphora clinopodioides*) – өсімдік құрғақ тасты далалық беткейлерде, далалық белдеудің жоғарғы бөлігінде және орман-шабындық белдеудің төменгі бөлігінде, барлық қолайлы мекендерде кездеседі. Дәрілік мақсатта гүлдеу кезеңінде жиналған 20–25 см ұзындықтағы сабақтың жоғарғы бөлігі пайдаланылады. Зерттеу барысында зизифораның өте тығыз шоғырлары Көлсай өзенінің сол жағалауында, төменгі көл маңында және Қайыңды өзенінің төменгі аңғарында анықталды.

Хош иісті зизифора, *Z. bungei* түріне ұқсас, негізінен қан қысымын төмендету, атеросклероз, жүрек-қан тамыры аурулары және гипертонияны емдеу үшін қолданылады.

Жалпы таралу аумағы – 32,0 га, ауада құрғақ күйіндегі пайдалануға жарамды қоры – 9,2 т. Жыл сайынғы орташа қоры – шамамен 1,5–2 т.

Күнгей Алатауы жотасының шығыс бөлігіндегі негізгі әрбір дәрілік өсімдіктер қорының жалпы таралу аумағы 9,3–169,4 гектар аралығында өзгереді. Ең үлкен аумақты *Berberis sphaerocarpa* түрі алып жатыр (169,4 га), бұл оның экологиялық және шаруашылық тұрғыдан маңыздылығын көрсетеді. Ал *Hypericum scabrum* пен *Valeriana turkestanica* түрлерінің таралу аумағы салыстырмалы түрде шағын (9,3 және 11,5 га), бұл олардың нақты биогеографиялық шекараларда таралуына байланысты.

Эксплуатациялық қорлар өсімдіктердің шөп, тамыр және жеміс түріндегі шикізат ресурстары

рын сипаттайды. Мысалы, *Aconitum leucostomum* 32,6 т шөп пен 7,7 т тамыр шикізатын береді, бұл оның жоғары өнімділігін көрсетеді. Кейбір түрлер (мысалы, *Berberis sphaerocarpa*) тек бір шикізат көзінен сипатталса, *Inula helenium* мен *Rosa beggeriana* түрлерінде тек жеміс қоры анықталған.

Өсімдіктердің жылдық қор көрсеткіштері де маңызды: *Aconitum leucostomum* жылына 108,2 т шөп және 27,6 т тамыр шикізатын береді. *Tussilago farfara* және *Urtica dioica* сияқты түрлер де жоғары жылдық өніммен ерекшеленеді (55,3 т және 41,5 т шөп). Алайда, кейбір түрлерде жылдық қор толық көрсетілмеген, мысалы, *Valeriana turkestanica* тек 7,4 т жеміспен сипатталған.

Қорлар мен жылдық қорлардың арақатынасы өсімдіктердің экологиялық орны мен шаруашылық қолдану мүмкіндігін көрсетеді. Мысалы, *Berberis sphaerocarpa* мен *Poligonum nitens* түрлерінде жалпы қор жоғары болғанымен, жылдық қорлары салыстырмалы түрде төмен болуы мүмкін.

Тұтастай алғанда, өсімдіктердің шикізат көздерін толық бағалау және олардың экологиялық әсерлерін ескеру – табиғи ресурстарды тиімді және тұрақты пайдаланудың негізгі шарттарының бірі болып табылады.

Күнгей Алатау жотасының шығыс бөлігі шатқалдарында анықталған дәрілік өсімдіктердің табиғи қорын зерттеу олардың сақталуын

қамтамасыз ету және ұтымды пайдалану жолдарын анықтауға мүмкіндік берді. Әрбір түр бойынша ғылыми негізделген ұсыныстар әзірленді, олар өсімдіктердің табиғи популяцияларын сақтау, олардың қалпына келу қабілеттерін

ескеру және биологиялық әртүрлілікті қорғауға бағытталған. Төмендегі кестеде зерттелген негізгі өсімдік түрлері мен оларды қорғау және ұтымды пайдалану бойынша 2-ші кестеге сәйкес ұсыныстар берілді.

2-кесте – Күнгей Алатау жотасының шығыс бөлігі аумақтарындағы дәрілік өсімдіктер түрлерін қорғау және ұтымды пайдалану бойынша ұсыныстар

№	Өсімдік түрі	Қорғау және ұтымды пайдалану бойынша ұсыныстар
1	<i>Achillea millefolium</i>	Орташа көлемде жинау, өсімдіктердің 50%-ын қалдыру.
2	<i>Aconitum leucostomum</i>	Қатаң жинау лимиттері; шикізат қорын бағалаудан кейін ғана жинау.
3	<i>Berberis sphaerocarpa</i>	Шектеулі жинау; көбеюге қабілетті бұталарды сақтау.
4	<i>Chelidonium majus</i>	Орташа жинау; өсімдіктердің кемінде 40%-ын қалдыру.
5	<i>Ephedra equisetina</i>	Қатаң қорғау; тек арнайы рұқсатпен жинау.
6	<i>Epilobium angustifolium</i>	Популяцияны бақылау арқылы орташа жинау.
7	<i>Hippophae rhamnoides</i>	Өсіруді дамыту; плантациялар ұйымдастыру ұсынылады.
8	<i>Hypericum perforatum</i>	Өсіруді дамыту; табиғи ортада жоспарлы жинауға рұқсат етіледі.
9	<i>Hypericum scabrum</i>	Бақылаумен жинау; популяцияның жағдайын мониторинг жасау.
10	<i>Inula helenium</i>	Ауыл шаруашылық жерлерінде өсіру басымдығы.
11	<i>Origanum vulgare</i>	Өсіруді дамыту; табиғаттан жоспарлы жинау мүмкін.
12	<i>Patrinia intermedia</i>	Қатаң жинау лимиті; табиғи мекендеу орталарын сақтау.
13	<i>Poligonum nitens</i>	Шектеулі жинау; тұқым беретін өсімдіктерді сақтау.
14	<i>Rosa alberti</i>	Локальды популяцияларды қорғау; тек тұқым жинауға рұқсат.
15	<i>Rosa beggeriana</i>	Даладағы популяцияларды қорғау; өсіруді дамыту.
16	<i>Tanacetum vulgare</i>	Орташа жинау; жинау учаскелерін ауыстырып отыру.
17	<i>Thymus marschallianus</i>	Плантацияларда өсіру ұсынылады.
18	<i>Tussilago farfara</i>	Орташа жинау; табиғи қалпына келуді бақылау.
19	<i>Urtica dioica</i>	Жұмсақ жинау; тез қалпына келетін өсімдік.
20	<i>Valeriana turkestanica</i>	Плантациялық өсіру басымдығы.
21	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	Өсіру және табиғатта шектеулі жинау.

Жоғарыда берілген барлық дәрілік түрлердің қорын сақтау үшін олардың

- жинау учаскелерін жыл сайын алмастыру (ротация);
- популяцияның кемінде 20–30%-ын табиғи жағдайда қалдыру;
- дәрілік құнды түрлердің тұқым қорын құру (тұқым банкі);
- халық арасында жабайы дәрілік өсімдіктердің маңыздылығы туралы ағарту жұмыстарын жүргізу қажет.

Қорытынды

Күнгей Алатау жотасының шығыс бөлігінде 497 туыстан және 90 тұқымдастан 1541 түр-

ді құрайтын сосудистік өсімдіктердің арасынан шамамен 221 түр шартты дәрілік өсімдіктер қатарына жатады. Түр саны бойынша жетекші орындарды Asteraceae Dumort., Rosaceae Juss. және Lamiaceae Lindl. тұқымдастары алады.

Зерттеу барысында *Berberis sphaerocarpa* Kar. & Kir. (*B. heteropoda* Schrenk ex Fisch. & C.A. Mey.), *Rosa alberti* Regel, *Epilobium angustifolium* L., *Ephedra equisetina* Bunge, *Aconitum leucostomum* Worosch., *Hypericum perforatum* L., *Tussilago farfara* L., *Tanacetum vulgare* L. және *Poligonum nitens* (Fisch. et Mey.) V. Petr. сияқты өсімдіктердің шикізат қорлары айтарлықтай екені анықталды, оларды өнеркәсіптік көлемде жинақтауға болады. Өсімдіктердің таралуы мен қорларының биіктік белдеулеріне байланысты ерекшелікте-

рі көрсетіп отырғандай, ең үлкен шикізат қоры орман белдеулерінде орналасқан, мұнда түрлі мақсаттар үшін әлеуеті бар 11 түр анықталды. Осы белдеуде сондай-ақ *Chelidonium majus* L., *Hypericum scabrum* L. және *H. perforatum* L. сияқты дәрілік өсімдіктердің айтарлықтай шикізат қорлары шоғырланған.

Альпілік белдеуде тек 4 түр ғана шаруашылық маңызы бар өсімдіктер ретінде тіркелді, мұнда шикізат қорлары шектеулі. Шикізат қорлары көлемі бойынша айырмашылық көрсететін дәрілік өсімдіктердің көпшілігі екі (15 түр) немесе бір (8 түр) өсімдік белдеулерінде пайдаланыла алады. Үш өсімдік белдеуінде тек мынадай түрлер жинақталуы мүмкін: *Achillea millefolium*, *Aconitum leucostomum*, *Origanum vulgare*, *Patrinia intermedia*, *Thymus marschallianus* және *Polygonum nitens*.

Дәрілік флораның көптеген өкілдері айтарлықтай аумақтарды алып жатыр және олар дәрілік құралдар мен биологиялық белсенді қоспалар өндірісіне қажетті құнды өсімдік шикізатының маңызды көзіне айналуы мүмкін. Бұл

өз кезегінде дәрілік шикізат жинаудан алынатын қаржылық қаражаттың қосымша ағынын ашуға, экономикалық тұрғыдан маңызды түрлердің тұрақты пайдаланылуы мен сақталуына ықпал етеді, сондай-ақ әртүрлі топтағы халық үшін экологиялық білім жүйесін жетілдіруге, дәрілік өсімдіктерді дұрыс пайдалану және қорғау туралы білім деңгейін арттыруға көмектеседі. Өнеркәсіптік маңызы бар дәрілік өсімдіктердің көлемдері Қазақстанның жинақтау мекемелері мен ұйымдары, сондай-ақ фармацевтикалық және өнеркәсіптік кәсіпорындары тарапынан тиімді пайдаланылуы мүмкін.

Қаржыландыру

Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің АР26101537 «Күнгей Алатауы жотасының қазақстандық бөлігінің табиғи флорасының сирек және экономикалық құнды түрлерінің генофондын тұрақты басқару және сақтау» жобасы бойынша орындалып, қаржыландырылды.

Әдебиеттер

1. Крылова, И. Л., & Шретер, А. И. (1971). Методические указания по изучению запасов дикорастущих лекарственных растений. Москва: ВИЛР. 31 с.
2. Крылова, И. Л., Капорова, В. И., Соболева, Л. С., & Киселева, Т. М. (1989).
3. Методика ориентировочной оценки величины запасов лекарственного растительного сырья. Растительные ресурсы, 25(3), 426–432.
4. Кукенов, М. К., & Худайбергенов, Э. Б. (1991). К рациональному использованию ресурсов солодки в Казахстане. В Изучение и использование солодки в народном хозяйстве Казахстана (с. 21–22). Алма-Ата: Ғылым.
5. Шалпыков, К. Т., Рогова, Н. А., Долотбаков, А. К., & Кайыркулова, А. К. (2021). Биологические ресурсы плодов барбариса, шиповника, рябины в предгорных и горных районах Иссык-Кульской котловины Кыргызстана. Научное обозрение. Биологические науки, (1), 16–21.
6. Грудзинская, Л. М., Гемеджиева, Н. Г., Нелина, Н. В., & Каржаубекова, Ж. Ж. (2014). Аннотированный список лекарственных растений Казахстана: Справочное издание. Алматы. 200 с.
7. Мухтубаева, С. К. (2017). Конспект флоры восточной части хребта Кунгей Алатау. Алматы. 272 с.
8. Мухтубаева, С. К., Ситпаева, Г. Т., Данилов, М. П., Шорманова, А. А., & Ахатаева, Д. А. (2017). Локальная флора ушелей рек Саты и Кольсай восточной части хребта Кунгей Алатау. В Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии (с. 38–41). Барнаул.
9. Достемесова, А., Избастина, К., Мухтубаева, С., Жумагул, М., Абдукадирова, Ж., Мұқан, Г., & Жанбырбаева, А. (2024). Күнгей Алатауы жағдайында *Chelidonium majus* L. дәрілік түрінің катысуымен өсімдік жамылғысының эталондық учаскелерін зерттеу. Вестник КазНУ. Серия биологическая Experimental Biology, (2(99)), 38–54. <https://doi.org/10.26577/eb.2024.v99.i2.04>
10. Mukhtubayeva, S. (2018). Flora of the Northern Tian Shan. The Kungey Alatau. Korea National Arboretum of the Korea Forest Service. ISBN 979-11-88720-65-1. 240 p.
11. Мырзағалиева, А. Б. (2012). Ботаникалық ресурстану: Оқу құралы. Өскемен: С. Аманжолов атындағы ШҚМУ баспасы. 126 б.
12. Nekratova, N., & Shurupova, M. (2016). Natural resources of medicinal plants: Estimation of reserves on example of *Rhaponticum carthamoides*. Key Engineering Materials, 683, 433–439.
13. Ydyrys, A., Mukhitdinov, N., Ivashchenko, A., Ashirova, Z., Massimzhan, M., Imanova, E., Parmanbekova, M., Toktar, M., Yeszhanov, B., Ilesbek, M., Askerbay, G., & Kaparbay, R. (2024). Methodological guide for geobotanical research on rare, endemic, and medicinal plants: A case study of the Ranunculaceae family. ES Food & Agroforestry, 18, 1340.
14. Kurbatova, N. V., Ametov, A. A., Mukhitdinov, N. M., & Abidkulova, K. T. (2013). Botanical research of the medicinal plant *Polygonum amphibium* L. in the vicinity of Almaty City. Biologija, 59(3).

15. Голубев, В. Н., & Молчанов, Е. Ф. (1978). Методические указания к популяционно-количественному и эколого-биологическому изучению редких, исчезающих и эндемичных растений Крыма. 41 с.
16. Уранов, А. А. (1960). Жизненные состояния вида в растительном сообществе. Бюллетень МОИП. Серия Биология, (3), 77–92.
17. POWO. (2024). Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. <http://www.plantsoftheworldonline.org/> (Дата обращения: 10 октября 2024).
18. Планта́риум. (2007–2025). Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений [Электронный ресурс]. <https://www.plantarium.ru/> (Дата обращения: 23 мая 2025).
19. Арыстанғалиев, С. А. (2002). Қазақстан өсімдіктерінің қазақша орысша-латынша атаулар сөздігі. Алматы: «Сөздік-Словарь». 288 с.

References

1. Krylova, I.L., & Shreter, A.I. (1971). Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu zapasov dikorastushchih lekarstvennyh rastenij [Methodological guidelines for studying wild medicinal plant resources]. Moscow: VILR. 31 p. (in Russian)
2. Krylova, I.L., Kaporova, V.I., Soboleva, L.S., & Kiseleva, T. M. (1989). Metodika orientirovochnoj ocenki velichiny zapasov lekarstvennogo rastitelnogo syr'ya [Method for approximate assessment of medicinal plant raw material reserves]. Rastitel'nye Resursy [Plant Resources], 25(3), 426–432. (in Russian)
3. Kukenov, M.K., & Hudajbergenov, E.B. (1991). K racional'nomu ispol'zovaniyu resursov solodki v Kazahstane [On the rational use of licorice resources in Kazakhstan]. In Izuchenie i ispol'zovanie solodki v narodnom hozyajstve Kazahstana (pp. 21–22). Alma-Ata: Gylm. (in Russian)
4. Shalpykov, K.T., Rogova, N.A., Dolotbakov, A.K., & Kajyrkulova, A.K. (2021). Biologicheskie resursy plodov barbarisa, shipovnika, ryabiny v predgornyyh i gornyyh rajonah Issyk-Kul'skoj kotloviny Kyrgyzstana [Biological resources of barberry, rosehip, and rowan fruits in the foothill and mountainous regions of the Issyk-Kul basin, Kyrgyzstan]. Nauchnoe Obozrenie. Biologicheskie Nauki [Scientific Review. Biological Sciences], (1), 16–21. (in Russian)
5. Grudinskaya, L.M., Gemedzhieva, N.G., Nelina, N.V., & Karzhaubekova, Zh. Zh. (2014). Annotirovannyj spisok lekarstvennyh rastenij Kazahstana [Annotated list of medicinal plants of Kazakhstan]. Almaty. 200 p. (in Russian)
6. Muhtubaeva, S.K. (2017). Konspekt flory vostochnoj chasti hrebta Kungej Alatau [Synopsis of the flora of the eastern part of the Kungei Alatau ridge]. Almaty. 272 p. (in Russian)
7. Muhtubaeva, S.K., Sitpaeva, G.T., Danilov, M.P., Shormanova, A.A., & Ahataeva, D.A. (2017). Lokal'naya flora ushelij rek Saty i Kol'saj vostochnoj chasti hrebta Kungej Alatau [Local flora of the valleys of the Saty and Kolsay rivers in the eastern part of the Kungei Alatau ridge]. In Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii [Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia] (pp. 38–41). Barnaul. (in Russian)
8. Dostemesova, A., Izbastina, K., Mukhtubayeva, S., Zhumagul, M., Abdulkaidirova, Zh., Mukan, G., & Zhanbyrbayeva, A. (2024). Kungej Alatau zhardajynda Chelidonium majus L. dərilik tyrinij katysuymen osimdik zhamylrysypuñ etalondyk uchaskelerin zertteu [Study of reference plots of plant cover with participation of *Chelidonium majus* L. medicinal species in the Kungei Alatau conditions]. Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya Experimental Biology, (2(99)), 38–54. <https://doi.org/10.26577/eb.2024.v99.i2.04> (in Kazakh)
9. Mukhtubayeva, S. (2018). Flora of the Northern Tian Shan. The Kungei Alatau. Korea National Arboretum of the Korea Forest Service. 240 p.
10. Myrzağaliev, A. B. (2012). Botanikalık resurstanu: Oқu қыралы [Botanical resource studies: Textbook]. Öskemen: S. Amanzholov atyndary ShQMU baspasy. 126 p. (in Kazakh)
11. Nekratova, N., & Shurupova, M. (2016). Natural resources of medicinal plants: Estimation of reserves on example of *Rhaponticum carthamoides*. Key Engineering Materials, 683, 433–439. <https://doi.org/...>
12. Ydyrys, A., Mukhitdinov, N., Ivashchenko, A., Ashirova, Z., Massimzhan, M., Imanova, E., Parmanbekova, M., Toktar, M., Yeszhanov, B., Ilesbek, M., Askerbay, G., & Kaparbay, R. (2024). Methodological guide for geobotanical research on rare, endemic, and medicinal plants: A case study of the Ranunculaceae family. ES Food & Agroforestry, 18, 1340.
13. Kurbatova, N.V., Ametov, A.A., Mukhitdinov, N.M., & Abidkulova, K.T. (2013). Botanical research of the medicinal plant *Polygonum amphibium* L. in the vicinity of Almaty City. Biologiya, 59(3).
14. Golubev, V.N., & Molchanov, E.F. (1978). Metodicheskie ukazaniya k populyacionno-kolichestvennomu i ekologo-biologicheskomu izucheniyu redkih, ischezayushchih i endemichnyh rastenij Kryma [Methodological guidelines for population-quantitative and ecological-biological study of rare, endangered, and endemic plants of Crimea]. 41 p. (in Russian)
15. Uранов, А.А. (1960). Zhiznennye sostoyaniya vida v rastitel'nom soobshchestve [Life states of a species in the plant community]. Byulleten MOIP. Seriya Biologiya, (3), 77–92. (in Russian)
16. POWO. (2024). Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. <http://www.plantsoftheworldonline.org/> (Accessed October 10, 2024).
17. Plantarium. (2007–2025). Rasteniya i lishajniki Rossii i sopredel'nyh stran: otkrytyj onlajn atlas i opredelitel' rastenij [Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online atlas and plant identifier] [Electronic resource]. <https://www.plantarium.ru/> (Accessed May 23, 2025).
18. Arystangaliev, S.A. (2002). Қазақстан өсімдіктерінің қазақша орысша-латынша атаулар сөздігі [Kazakhstan plants: Kazakh-Russian-Latin dictionary]. Almaty: Sөzdik-Slovar'. 288 p. (in Kazakh)

Information about authors:

Mukhtubayeva Saule – Associate Professor, RSE on the REM “Astana Botanical Garden” Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, Astana International University, (Astana, Kazakhstan, e-mail: mukhtubaeva@mail.ru.);

Dostemessova Anar – Ph doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Junior Researcher, Institute of Botany and Phytointroduction (Almaty, Kazakhstan, e-mail: anardostemesova@gmail.com);

Izbastina Klara (corresponding author) – PhD, Associate Professor RSE on the REM “Astana Botanical Garden” Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University (Astana, Kazakhstan, e-mail: izbastina.k@gmail.com);

Koblanova Saule Abdullovna – Candidate of Biological Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: Saule200707@inbox.ru);

Zhumabekova Bibigul Kabylbekovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Higher School of Natural Sciences, Margulan University, (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: zhumabekovab@ppu.edu.kz)

Abdukadirova Zhansaya Abdimuratovna – Al-Farabi Kazakh National University, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhansina88@mail.ru)

Авторлар туралы мәлімет:

Мухтубаева Сауле Какимжановна – биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қазақстан Республикасы экология және табиғи ресурстар министрлігі орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы», Астана халықаралық университеті, (Астана қ., Қазақстан, e-mail: mukhtubaeva@mail.ru);

Достемесова Анар Бериковна – докторант, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Ботаника және фитоинтродукция институтының кіші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: anardostemesova@gmail.com);

Избастина Клара Сержанқызы (корреспондент-автор) – PhD, қауымдастырылған профессор, Қазақстан Республикасы экология және табиғи ресурстар министрлігі орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы», С.Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық Зерттеу Университеті (Астана қ., Қазақстан, e-mail: izbastina.k@gmail.com);

Кобланова Сауле Абдулловна – биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті (Астана қ., Қазақстан, e-mail: Saule200707@inbox.ru);

Жұмабекова Бибігүл Қабылбекқызы – биология ғылымдарының докторы, Әлкей Марғұлан атындағы Павлодар педагогикалық университеті (Павлодар қ., Қазақстан, e-mail: zhumabekovab@ppu.edu.kz)

Абдукадинова Жансая Абдимуратовна – PhD, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, (Алматы қ., Қазақстан, e-mail: zhansina88@mail.ru).

Информация об авторах:

Мухтубаева Сауле Какимжановна – к. б. н., ассоциированный профессор, «Астанинский ботанический сад», филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, Астанинский международный университет (Астана, Казахстан, e-mail: mukhtubaeva@mail.ru.);

Достемесова Анар Бериковна – докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, младший научный сотрудник, Институт ботаники и фитоинтродукции (Алматы, Казахстан, e-mail: anardostemesova@gmail.com);

Избастина Клара Сержанқызы (корреспондент-автор) – PhD, ассоциированный профессор, «Астанинский ботанический сад», филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина (Астана, Казахстан, e-mail: izbastina.k@gmail.com);

Кобланова Сауле Абдулловна – к. б. н., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: Saule200707@inbox.ru);

Жұмабекова Бибігүл Қабылбекқызы – д. б. н., Павлодарский педагогический университет им. Ә. Марғұлан (Павлодар, Казахстан, e-mail: zhumabekovab@ppu.edu.kz);

Абдукадинова Жансая Абдимуратовна – PhD, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: zhansina88@mail.ru).

Келіп түсті: 23 мамыр 2025 жыл
Қабылданды: 10 қыркүйек 2025 жыл

Y.S. Chalikova¹ , B.T. Berdikulov^{1,2*} , A.E. Tashimova¹ 

¹Institute of Zoology, Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan,
Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: bekzhan.berdikulov@zool.kz

SHIFTS IN AVIAN COMMUNITY STRUCTURE IN ONE OF THE GORGES OF THE AKSU-ZHABAGYLY NATURE RESERVE

This article examines changes in bird community structure in Taldybulak Gorge (Aksu-Zhabagly Nature Reserve) from 1996 to 2025. To maximise comparability, we analyse 11 seasons restricted to the last week of June (1996–2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2012, 2025). Counts were conducted along a fixed route, in morning hours only, by the same observer. Over this period, 34 species were recorded; a core of just 12 species formed the resident community, whereas others bred irregularly or appeared during post-breeding foraging movements. The latter occasionally dominated for short intervals (e.g., *Sturnus roseus*). Both species richness (8–19 per day) and total abundance varied strongly across years (12.3–198.8 ind./h) and even across successive days. The processes observed were largely natural; however, even minor human disturbance influenced them, as evidenced by marked declines since the early 21st century in the Black-headed Penduline Tit (*Remiz coronatus*) and the White-throated Dipper (*Cinclus cinclus*), coincident with increased tourist traffic.

Keywords: Aksu-Zhabagly Nature Reserve, Taldybulak Gorge, avifauna, bird community structure, recreational disturbance, phenology.

Е.С. Чаликова¹, Б.Т. Бердикулов^{1,2*}, А.Е. Ташимова¹

¹Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің
Зоология институты, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: bekzhan.berdikulov@zool.kz

Ақсу-Жабағылы мемлекеттік табиғи қорығының бір шатқалындағы құстар қауымдастығы құрылымының өзгерісі

Бұл мақалада Ақсу-Жабағылы қорығының Талдыбұлақ шатқалындағы құс қауымдастығы құрылымының 1996–2025 ж. аралығындағы өзгерістері зерттеледі. Нәтижелер 11 жыл бойы маусым айының соңғы аптасында жүргізілген санақ деректеріне негізделді (1996–2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2012 және 2025). Құстарды санау тұрақты маршрут бойымен, тек таңертеңгі уақытта, бір санақшымен жүргізілді. Аталған кезеңде құстың 34 түрі тіркелді; олардың ішінен небәрі 12 түр орнитофаунаның тұрақты «өзегін» құрады, ал қалғандары жыл сайын ұяламайтын немесе қорек үшін қоныс аудару кезеңінде ғана кездесетін түрлер болды. Кейбір құстар, мысалы алаторғай *Sturnus roseus* соңғы кезде, қыстың кей мезгілдерінде үлесі артып отырды. Құстардың түр аулуандығы (8–19) ғана емес, саны да (12.3–198.8 дарак/сағ) әр жылда да, бір маусым ішінде де айтарлықтай құбылып отырды. Бақыланған өзгерістер негізінен табиғи сипатта болды, дегенмен адам ықпалының аздаған артуы да байқалды. Мысалы, ХХІ ғ. басынан бері қарабас құркылтай (*Remiz coronatus*) мен кәдімгі сушылқараның (*Cinclus cinclus*) саны туристер ағынының көбеюімен қатар едәуір азайғаны байқалды.

Түйін сөздер: Ақсу-Жабағылы қорығы, Талдыбұлақ шатқалы, авифауна, құстар қауымдастығының құрылымы, рекреациялық әсер, фенология.

Е.С. Чаликова¹, Б.Т. Бердикулов^{1, 2*}, А.Е. Ташимова¹

¹Институт зоологии Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: bekzhan.berdikulov@zool.kz

Изменение структуры населения птиц в одном из ущелий заповедника Аксу-Жабагылы

В статье рассмотрены вопросы изменения структуры населения птиц в ущелье Талдыбулак (заповедник Аксу-Жабагылы) с 1996 по 2025 г. Для чистоты эксперимента взята последняя неделя июня за 11 лет наблюдений (1996–2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2012 и 2025 гг.). При этом учеты птиц проводились на постоянном маршруте, только в утренние часы и силами одного и того же учетчика. За этот период встречено 34 вида птиц, из которых основу населения составили только 12, а другие гнездились не ежегодно или появлялись в период кормовых кочевков. Последние иногда на короткий промежуток времени составляли основу населения (*Sturnus roseus*). Как видовой состав (от 8 до 19), так и численность птиц была не постоянна и изменчива как по годам (от 12.3 до 198.8 ос./ч), так и в течение нескольких дней. Все прослеженные процессы имели естественное происхождение. Однако даже малейшее вмешательство человека влияло на их ход, что прослежено на черноголовом ремезе (*Remiz coronatus*) и обыкновенной оляпке (*Cinclus cinclus*), которые с начала XXI в. существенно сократили свою численность, связанную с возросшим потоком туристов.

Ключевые слова: Заповедник Аксу-Жабагылы, ущелье Талдыбулак, авифауна, структура птичьего сообщества, рекреационное воздействие, фенология.

Introduction

Protected areas are central to biodiversity conservation, but they are not static systems. Bird communities in reserves still respond to weather variability, species interactions and broader environmental change; detecting those signals reliably requires long-term, standardized monitoring. Birds are especially useful for this purpose because their populations are relatively easy to survey and they respond quickly to environmental change (Fraix-das et al., 2020; Lindenmayer et al., 2022). Long-term projects elsewhere show what such monitoring can reveal, for example, climate and habitat shifts have been linked to reduced fitness in cavity-nesting songbirds (Riggio et al., 2023).

Aksu-Zhabagly State Nature Reserve in the Western Tien Shan, established in 1926 as the first reserve in Kazakhstan (BirdLife International, 2025), will celebrate its centenary in 2026. Over the past century its area has expanded more than four-fold, from 29,712 ha at the time of foundation to 131,934 ha today, as additional gorges were incorporated. The reserve is now recognized as a regional biodiversity hotspot, supporting about 247 recorded bird species and 130 confirmed breeders (Kovshar, 2016). Its long history of strict protection and diverse avifauna make it an ideal model system for studying long-term dynamics in bird community structure.

At the same time, many protected areas, including Aksu-Zhabagly, have experienced grow-

ing tourist visitation (Akbar et al., 2020). Even low levels of recreation may reduce breeding success and local abundance in sensitive birds if not carefully managed. A global review found that almost 90% of studies reported negative effects of non-motorized recreation such as hiking and wildlife watching (Steven et al., 2011). Local studies confirm these tendencies: in Aksu-Zhabagly, the penduline tit (*Remiz pendulinus*) has been proposed as an indicator of anthropogenic pressure along ecological trails (Chalikova, 2004), while other field studies show that species richness and abundance decline along heavily used routes, particularly in open habitats (Wolf et al., 2013). Understanding whether changes in bird communities within strictly protected reserves reflect natural turnover or subtle anthropogenic impacts is therefore an important applied question. Long-term data from undisturbed systems show that bird communities can fluctuate considerably between years, yet retain a stable core composition over decades (Wesołowski et al., 2022; Berdikulov et al., 2023).

The first ornithological studies in the Western Tien Shan are associated with D. N. Kashkarov and A. P. Korovin. In 1922–1923 they surveyed the Talas Alatau and joined an expedition organized by the Central Asian Museum, which led to the establishment of the Aksu-Zhabagly Nature Reserve (Kashkarov & Korovin, 1926). Since then, bird observations in the region have been conducted regularly initially as faunistic inventories and, from the 1980s onward, as long-term monitoring.

Our aim was to analyse the breeding-season bird community of Taldybulak Gorge under conditions of limited human activity, using standardized morning transect counts conducted on astronomically comparable dates (last week of June) across 11 survey years (1996-2025). Our objectives were (1) to determine species composition and the occurrence status of birds during this late-June window; (2) to identify the species that form the community core across years and quantify dominance and subdominance; and (3) to diagnose the drivers of interannual change in community structure and in the abundances of individual species.

Methods of research

Study area

Taldybulak Gorge is located in the lower mountain belt of the Talas Alatau and has been part of Aksu-Zhabagly State Nature Reserve since 1946. Human influence has been limited: periodic horse grazing in the lower gorge, planting of cultivated trees (apricot, almond, cherry, poplar and *black locust*) in the 1950s, and the development of tourism since the 1960s, which became widespread in the early 21st century (Akbar et al., 2020). The gorge lies on the northern slope of the Talas Alatau, 3 km from the reserve headquarters in Zhabagly village. The gorge opens onto a foothill valley. The gorge is

narrow: the lower section runs south–north, then in its middle part it forks into an eastern branch carrying the Taldybulak River and a dry western branch. The river rises from springs; below the gorge its flow is partly diverted into an irrigation canal, with the remainder spreading as small streams across the foothill valley. Elevation ranges from 1210 m at the entrance to 1930 m at the pass.

Riparian vegetation along the river is dominated by *Salix tenuijulis*, mixed with *Berberis oblonga*, *Rosa beggeriana*, *Rosa fedtschenkoana*, *Rosa kolkhanica*, *Lonicera nummulariifolia*, *Lonicera stenantha*, *Lonicera tianschanica*, *Crataegus turkestanica*, *Padellus mahaleb*, *Cerasus erythrocarpa*, *Spiraea hypericifolia*, *Juniperus seravschanica*, *Juniperus semiglobosa*, and *Malus sieversii*, which forms small groves upstream. The slopes are dry and stony, with rocky outcrops and scattered shrubs (rose, almond, honeysuckle, cherry) and trees (juniper, hawthorn, apple).

Bird surveys

Bird counts were conducted along a fixed 3.5 km trail following the Taldybulak River from the gorge entrance (42°24'56.1" N, 70°28'17.1" E; 1210 m) to the point where the path leaves the riverbed for the southern slope (42°23'56.0" N, 70°27'35.3" E; 1530 m) (Figure 1).

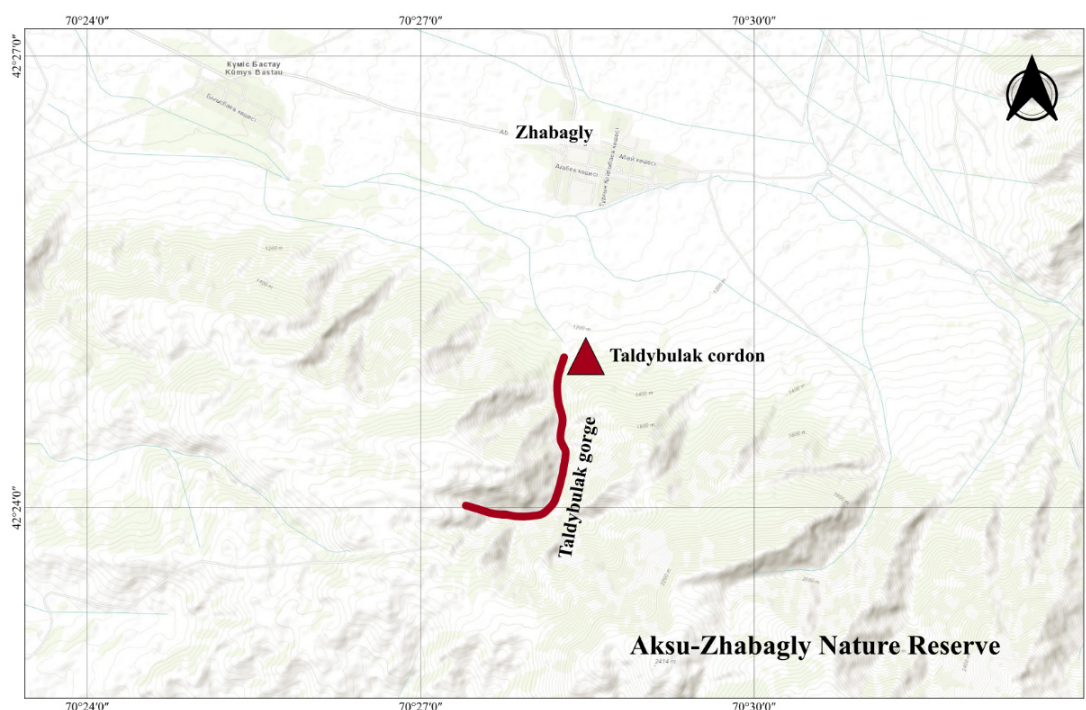


Figure 1 – Survey route map of bird counts in Taldybulak Gorge

Observations were carried out exclusively in the early morning, starting at 07:00, by the same observer throughout the study. The total observation effort exceeded 28 hours. Abundance was expressed as the number of individuals recorded per hour (ind./h) (Chalikova, 2007). Because surveys were restricted to a fixed route and time of day, the values represent relative rather than absolute densities (Morelli et al., 2022).

Birds are mobile throughout the year, but earlier surveys in Taldybulak Gorge (1994–2012) confirmed that the breeding season is the only period when most species remain tied to a territory. Its length varies from about one month in small passerines to up to five months in large raptors. To ensure comparability, all counts used here were conducted in the last week of June. At this time breeding is ending for most species, males continue to sing, and fledglings remain near natal areas, while large-scale movements have not yet begun.

Comparative analysis was based on 11 survey years: 1996 (26 June), 1997 (25 June), 1998 (24 June), 1999 (29 June), 2000 (27 and 30 June), 2002 (25 and 28 June), 2004 (23 June), 2006 (29 June), 2008 (25 June), 2012 (27 June), and 2025 (30 June).

Data analysis

Species lists and abundance indices were compiled for each survey year. To characterize community structure, species were grouped as: (i) *core species* (recorded in ≥ 7 of 11 years), (ii) *occasional species* (2–6 years), and (iii) *rare visitors* (single records). Relative abundance was calculated as each species' share of all individuals counted across years. Species contributing $>10\%$ were classified as dominants, and 3–10% as subdominants.

Rosy Starling (*Pastor roseus*) counts were excluded from these calculations because post-breeding flocks (e.g. hundreds of birds in late June 2000) would otherwise distort dominance estimates. Species richness, total abundance (ind./h), and field notes on breeding evidence were summarized for each survey. No formal trend tests were applied due to the limited number of years; instead, patterns were assessed by comparing early vs. later periods.

The census route was mapped in QGIS. Data were analysed in R. Abundance

Results and discussion

Species richness and composition

Across 13 late-June surveys in 1996–2025, we recorded a cumulative 34 species in Taldybulak Gorge (Table 1). Species richness per count varied

widely, from 8 species in 1998 to 19 in 2002 (Fig. 2). Turnover between years was high: only a subset of species appeared consistently, while many were intermittent. Based on detections in ≥ 7 of 11 years, 11 species form the core breeding assemblage of the gorge in late June: Eurasian Magpie *Pica pica*, Black-headed Penduline Tit *Remiz coronatus*, Blue Whistling-Thrush *Myophonus caeruleus*, White-capped Bunting *Emberiza stewarti*, White-throated Dipper *Cinclus cinclus*, Common Nightingale *Luscinia megarhynchos*, Common Blackbird *Turdus merula*, Yellow-breasted Tit *Parus flavipectus*, Woodpigeon *Columba palumbus*, Red-headed Bunting *Emberiza bruniceps*, Oriental Turtle-Dove *Streptopelia orientalis*. Most showed territorial behaviour and/or breeding evidence in multiple years. The **remaining 23 species** were less regular.

Nine species occurred **once** across all late-June counts (single-year records). Most are species that breed in other habitats of the gorge and enter its lower, valley-bottom section sporadically or during foraging. Thus, the Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) observed in June 1999 has bred on nearby cliffs since 1965 (records for 1980, 1987, 1990–1992, 1999, 2004, and 2007). The Common Pheasant (*Phasianus colchicus*) was first noted in the gorge in November 2002, and in the following year bred in the foothills immediately adjacent to the gorge entrance, which it visits periodically; a bird was again observed there on 27.06.2012. The European Bee-eater (*Merops apiaster*) does not breed inside the gorge properly and previously appeared there only during autumn passage from 31 July (2008) to 11 September (2003). In 2025, however, two pairs selected an eroded riverbank at the mouth of the gorge for nesting; a pair was recorded there on 27.06.2025. The Lesser Grey Shrike (*Lanius minor*) breeds periodically and in small numbers in deciduous and juniper woodlands (records for 1983, 1989, 1992, 1994–1998, 2000–2001, 2004–2007), so its detection on 25.06.1997 is unsurprising. The Carrion Crow (*Corvus corone*) began to colonise the Talas Alatau actively in the 1980s, although from the 1930s it bred only sporadically as isolated pairs in juniper forests of a few gorges (Shulpin, 1953; Kovshar, 1966). Since the late twentieth century it has become common near people, whom it previously avoided. At the Taldybulak cordon it bred in 1994–1996, in 2000, and annually since 2004; no nests have been found inside the gorge itself, although the lower section is visited regularly (e.g., 27.06.2025). Hume's Leaf Warbler (*Phylloscopus humei*) and the Rufous-naped Tit (*Parus rufonuchalis*) breed as scattered pairs in juniper woodland and descend to the ripar-

ian strip to forage, as noted in late June 2002 and 2004. The Turkestan (Bukhara) Tit (*Parus bokharensis*) has bred annually in the cordon area since 1994; late June corresponds to more wide-ranging post-breeding movements, which we observed

on 27.06.2025 (two flocks of 7 and 5 birds). The Eastern Rock Nuthatch (*Sitta tephronota*) favours cliffs in the dry branch of the gorge and is only rarely encountered on the rock faces along the river (29.06.1999).

Table 1 – Bird community structure in late-June surveys (astronomically comparable dates) in Taldybulak Gorge (excluding Rosy Starling).

No.	Species	Proportion in the community by year (%)												Occurrence across 13 counts (%)
		1996	1997	1998	1999	2000*	2002*	2004	2005	2008*	2012	2025*	Total*	
1	<i>Accipiter nisus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.6	1.5	0.6	15.4
2	<i>Aquila chrysaetos</i>	0	0	0	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0.2	7.7
3	<i>Falco subbuteo</i>	0	0	0	0	0	2.2	3.0	0	5.0	2.8	0	0.9	38.5
4	<i>Alectoris chukar</i>	0	0	0	0	4.2	0	0	0	0	0	2.9	1.1	15.4
5	<i>Phasianus colchicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	0	0.2	7.7
6	<i>Columba palumbus</i>	6.9	4.8	0	2.1	3.1	9.9	6.1	0	5.0	0	5.9	4.6	69.2
7	<i>Streptopelia orientalis</i>	0	0	0	0	2.1	3.3	0	2.6	5.0	8.3	11.8	3.4	53.8
8	<i>Merops apiaster</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.9	0.4	7.7
9	<i>Motacilla cinerea</i>	3.4	2.4	0	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0.8	23.1
10	<i>Lanius minor</i>	0	2.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	7.7
11	<i>Oriolus oriolus</i>	6.9	0	0	0	0	2.2	6.1	0	0	0	0	1.1	23.1
12	<i>Sturnus roseus</i>	0	0	0	0	91.3	35.5	0	0	71.4	0	4.23	67.7	46.2
13	<i>Acridotheres tristis</i>	10.3	0	3.8	0	6.3	3.3	6.1	5.3	0	0	0	3.2	46.2
14	<i>Pica pica</i>	31.0	21.4	42.3	27.1	9.4	11	3.0	5.3	10.0	0	2.9	12.9	92.3
15	<i>Corvus corone</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0.2	7.7
16	<i>Cinclus cinclus</i>	3.4	14.3	19.2	6.3	8.3	5.5	3.0	0	0	5.6	0	5.9	76.9
17	<i>Sylvia communis</i>	0	0	3.8	4.2	1.0	2.2	0	0	0	5.6	0	1.5	46.2
18	<i>Sylvia althaea</i>	0	0	0	0	3.1	0	3.0	2.6	10.0	5.6	2.9	2.1	46.2
19	<i>Phylloscopus humei</i>	0	0	0	0	0	1.1	0	0	0	0	0	0.2	7.7
20	<i>Terpsiphone paradisi</i>	0	0	0	0	2.1	2.2	0	7.9	5.0	0	2.9	1.9	38.5
21	<i>Luscinia megarhynchos</i>	0	2.4	3.8	8.3	3.1	3.3	12.1	5.3	10.0	5.6	10.3	5.5	92.3
22	<i>Turdus merula</i>	0	2.4	0	0	2.1	3.3	9.1	2.6	5.0	16.7	13.2	4.9	69.2
23	<i>Turdus viscivorus</i>	0	11.9	0	0	5.2	0	6.1	2.6	0	0	0	2.5	30.8
24	<i>Myophonus caeruleus</i>	13.8	16.7	0	12.5	10.4	3.3	6.1	28.9	15.0	16.7	7.4	10.8	92.3
25	<i>Remiz coronatus</i>	10.3	14.3	15.4	20.8	14.6	26.4	18.2	18.4	0	0	1.5	14.2	84.6
24	<i>Parus rufonuchalis</i>	0	0	0	0	0	0	6.1	0	0	0	0	0.4	7.7
26	<i>Parus flavipectus</i>	3.4	0	0	2.1	10.4	6.6	3.0	0	0	0	8.8	4.7	53.8
27	<i>Parus bokharensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.6	2.3	7.7
29	<i>Sitta tephronota</i>	0	0	0	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0.2	7.7
30	<i>Carduelis caniceps</i>	3.4	0	7.7	0	0	1.1	0	5.3	0	0	1.5	1.3	38.5
31	<i>Carpodacus erythrinus</i>	0	0	3.8	0	0	0	3.0	0	0	0	0	0.4	15.4
32	<i>Emberiza stewarti</i>	6.9	0	0	4.2	9.4	6.6	6.1	13.2	25.0	11.1	4.4	7.2	76.9
33	<i>Emberiza cia</i>	0	0	0	0	1.0	0	0	0	0	2.8	0	0.4	15.4
34	<i>Emberiza bruniceps</i>	0	7.1	0	4.2	4.2	6.6	0	0	5.0	11.1	0	3.8	61.2
Individuals per hour (ind./h)		23.2	28.0	18.4	19.2	198.9	31.3	26.4	18.2	56.0	12.3	18.9	41.1	
Total bird species		11	11	8	13	19	19	16	15	12	13	18	34	

A further four species were detected only twice in the late-June surveys. The Eurasian Sparrowhawk (*Accipiter nisus*) was first confirmed breeding in the Talas Alatau in 1960 (Kovshar, 1966) and in Taldybulak Gorge in 1994. It subsequently nested in various apple groves in the middle section of the gorge in 1997, 1998, 2001, 2005-2008, 2011, 2012, and 2025. Because hatching typically occurs in late June, adults are extremely secretive and are rarely detected **during surveys along the lower slope of the gorge** (e.g., 2012 and 2025); only inspection of nests reliably confirms breeding. The Chukar (*Alectoris chukar*) and the Rock Bunting (*Emberiza cia*) favour dry, rocky slopes. The former descends to the river only to drink recorded on our counts in 2000 and 2025 – whereas the latter's song is often audible on the gorge floor when a pair's territory boundary runs along the lower slope (2000 and 2012). The Common Rosefinch (*Carpodacus erythrinus*) is a regular breeder in high-mountain prostrate juniper scrub and, only at peak abundance, nests in small numbers in the upper belt of juniper forest. Situated in the lower montane belt, Taldybulak experiences earlier ripening of shrub berries than the high mountains, which attracts rosefinches to descend for feeding (records in 1998 and 2004). The species remains regularly present here from late July through August.

The Grey Wagtail (*Motacilla cinerea*) and the Eurasian Golden Oriole (*Oriolus oriolus*) were each recorded on three late-June counts (1996, 1997, 1999; and 1996, 2002, 2004, respectively), whereas the Mistle Thrush (*Turdus viscivorus*) was noted on four (1997, 2000, 2004, 2006). Although the wagtail is typically tied to running water and nests on gravel bars, suitable sites are lacking along the Taldybulak itself. Only at the gorge bifurcation does the shallow channel widen to expose small patches of cobble and gravel; however, water levels there are unstable and periodically inundate these substrates, often during nest building. The species has attempted to nest at this spot in most years (exceptions: 1998, 2000, 2002, 2010, 2014, 2015, 2025), yet since 1984 no nestlings, fledglings, or broods have been recorded; thus late-June detections likely reflect failed breeding. The Eurasian Golden Oriole breeds as isolated pairs in the gorge's tugai (riparian) woodland in most years (except 1998, 2009, 2014, 2015, 2025) and is usually detected by male song, which declines rapidly once fledglings appear, typically by late June.

Species recorded 4-5 times breed irregularly in the gorge, and this is reflected in their detections. The Common Whitethroat (*Sylvia communis*) and

Hume's Whitethroat (*Sylvia althaea*) place nests in shrubs on the slopes, descending to the river only to forage. The former was not recorded in late-June counts in 2003, 2006, 2009, and 2025; the latter was absent in 2001, 2002, 2007, and 2009. The Asian Paradise-Flycatcher (*Terpsiphone paradisi*) the first time nested in various apple groves within the gorge in 1980 (Ivashchenko, 1982), and later 1983-1985, 1994, 2000-2002, 2005, 2008, 2010, 2012, and 2025. The Grey-crowned Goldfinch (*Carduelis caniceps*) bred in tugai (riparian) woodland in 1995, 1997-1999, 2002, 2004, 2006, and 2025, and more often in the planted groves at the Taldybulak cordon, from which birds regularly entered the gorge to forage. The Eurasian Hobby (*Falco subbuteo*) and the Common Myna (*Acridotheres tristis*) also breed near the cordon; the former hunts throughout the gorge, whereas the latter rarely penetrates beyond its lower section. The Rosy Starling (*Sturnus roseus*) shifts its nesting sites annually and has bred within Taldybulak only once, in 1926 (Shulpin, 1953). Nevertheless, from late June onward it often appears in the gorge during post-breeding foraging movements. It was noted in 2000, 2002, 2008, and 2025; on 27 and 30 June 2000 the counts ranged from about 600 individuals to as few as two per survey. Because on such days Rosy Starlings can be up to 6.2-fold more numerous than all other birds combined, we excluded this species from calculations of community structure.

Dominant and subdominant species

Based on the eleven late-June surveys, three species qualified as dominants (share >10% of all individuals, *Rosy Starling* excluded): the Black-headed Penduline Tit (14.2%), the Eurasian Magpie (12.9%), and the Blue Whistling-Thrush (10.8%).

The Black-headed penduline tit historically the most abundant species in the late 1990s, however, retained this status only until the mid-2000s: it was not detected in late June 2008 and 2012, and in 2025 accounted for just 1.5% of all individuals. A marked decline during the breeding season was already noted in 2004, when none of five nests found in mid-June survived to early July, a pattern attributed to increasing tourist pressure and the removal of nests irrespective of contents or accessibility (Chalikova, 2004). In 2025 we likewise found no nests; two decades on, the species has shifted from dominant to scarce. The Eurasian Magpie typically nests in deciduous plantings in the lower parts of gorge but forages widely throughout; in late June it often forms the bulk of the community (from 0.0% in 2012 to

42.3% in 1998). This reflects a threefold drop in breeding-season abundance from the late 20th to the early 21st century (2.7 to 0.8 ind./h). An even larger, sixfold difference is evident for late-June counts (6.4 ind./h in 1996-1999 vs. 1.1 ind./h in 2000-2025), and the species lost dominant status in 2000, 2004, 2006, 2012, and 2025. The Blue Whistling-Thrush,

with one to three breeding pairs along the river, also fell below the dominance threshold in 1998, 2002, 2006, and 2025. In individual years, other species reached dominant levels: the Turkestan Tit in 2025, the Mistle Thrush in 1997, the Common Tit Myna in 1996, and Hume's Whitethroat in 2008 when broods were present.

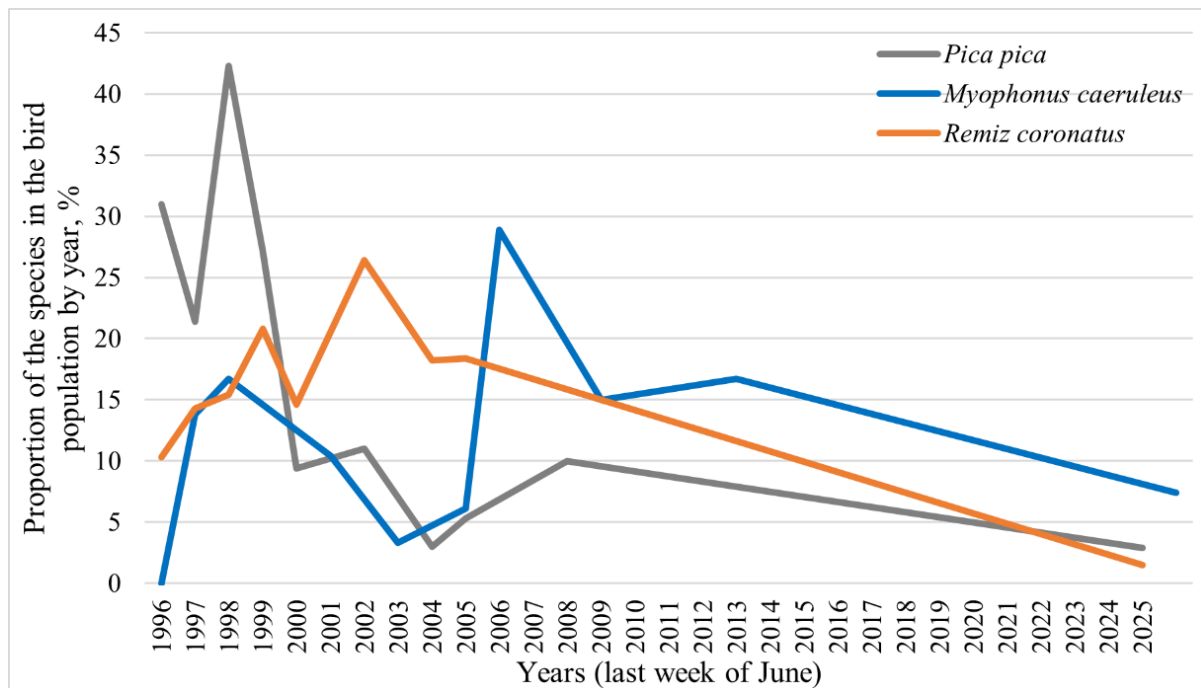


Figure 2 – Dominant bird species in Taldybulak Gorge

(The plot shows individual late-June survey days (not annual aggregates); values correspond to specific survey dates)

Eight additional species were classified as sub-dominants (3.0-9.9%). **White-capped Bunting** (*Emberiza stewarti*) breeds around rocky sections of the gorge and is typically detected by song. It reached dominant status in late June of 2006, 2008, and 2012, but was not recorded in 1997 or 1998. Notably, those two years had the lowest breeding-season densities for this species since 1994 (0.5 and 0.1 ind./h; mean 0.8 ind./h), and both its breeding-season and late-June densities in the 1990s (0.5 and 0.6 ind./h) were lower than in the 21st century (1.0 and 1.8 ind./h).

The **White-throated Dipper** occurs year-round on the river but is not always recorded on counts. Unlike *E. stewarti*, its breeding-season abundance was higher before 2004 than after (means 2.8 vs 0.6 ind./h). It ranked as a dominant in late June 1997 and 1998 (14.3% and 19.2%), yet was not detected in 2006, 2008, or 2025. These fluctuations likely re-

fect tourist pressure: one of the two traditional nest sites, situated at a shallow pedestrian crossing, was repeatedly destroyed in 1999–2005, after which the pair no longer bred there.

Participation of the **Common Nightingale** in the community likewise varied. It was dominant in late June 2004, 2008, and 2025, merely common in 1997, and absent from the 1996 count. Its late-June abundance also fluctuated (up to 2.7 ind./h in 2004; mean 1.1 ind./h).

The **Common Blackbird** was irregularly recorded before 2000 (not detected in 1996, 1998, 1999), but its share of the community increased thereafter (from 2.1% in 2000 to 16.7% in 2012). Peak late-June densities (2.0, 2.1, and 2.4 ind./h; overall mean 0.9 ind./h) occurred in 2004, 2012, and 2025.

The **Yellow-breasted Tit** was likewise irregular in late June (absent in 1997, 1998, 2006, 2008,

2012), as family groups wander at this time. Encountering one such flock in 2000 elevated its status to dominant (10.6%).

The **Woodpigeon** was absent from late-June counts in 1998, 2006, and 2012, but in 2002 approached dominance (9.9%).

The **Red-headed Bunting** more often breeds in shrublands on the eastern and southern slopes and seldom descends into the riparian thickets (not de-

tected in 1996, 2004, 2006, 2025); in summer 1998 it was absent from the gorge entirely. In other years its share ranged from 4.2% (1999, 2000) to 11.1% (2012).

The **Oriental Turtle-Dove** breeds regularly and becomes numerous along the riparian corridor once berries and fruits ripen. However, in late June prior to 2000 and again in 2004 it was not recorded on the counts (though later in the season it was abundant).

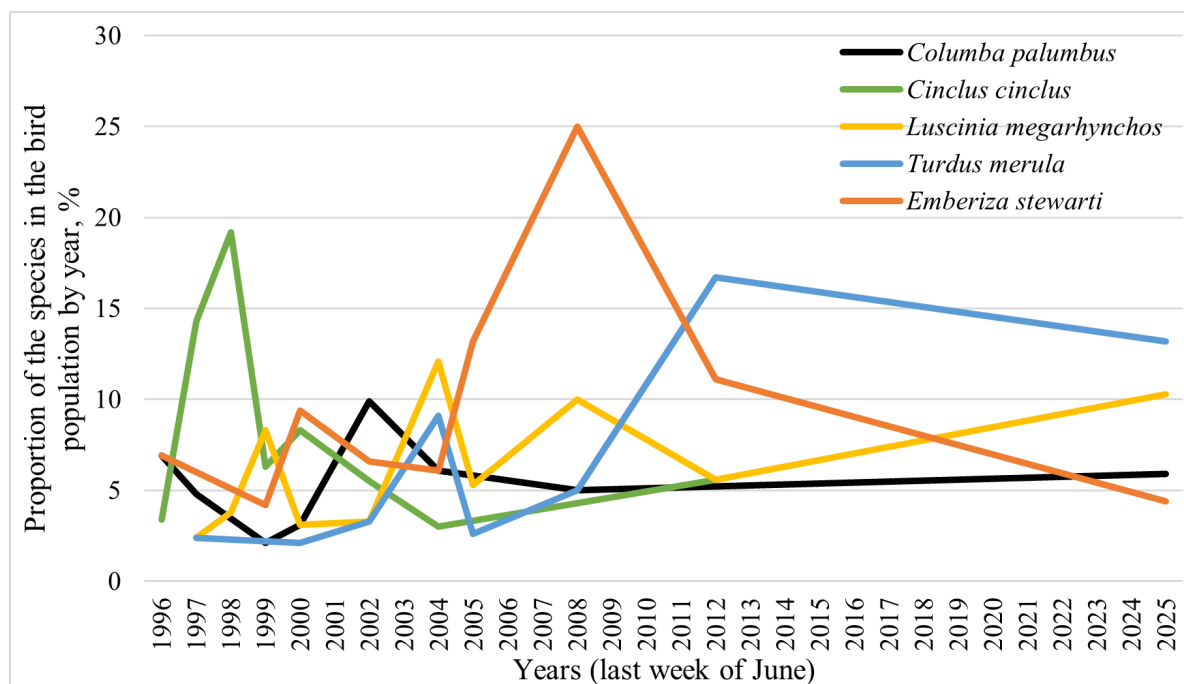


Figure 3 – Some subdominant bird species of Taldybulak Gorge.

(The plot shows individual late-June survey days (not annual aggregates); values correspond to specific survey dates)

Abundance dynamics

Total abundance (individuals per hour) varied far more than species richness. If all birds are included, counts ranged from 12.3 ind./h (2012) to 199.8 ind./h (2000); the latter was inflated by a large Rosy Starling flock. Excluding Rosy Starling, late-June examples were 21.1 ind./h (2000) and 36.0 ind./h (2008), with an overall mean of 40.6 ind./h across years. Short-term differences were pronounced even within the same year: 27.06.2000 = 378.5 ind./h vs 30.06.2000 = 21.1 ind./h; in 2002 the two counts were 28.8 and 36.0 ind./h. No linear trend was evident; however, aside from irruptive events, late 2010/2025 tended to have somewhat lower encounter rates than late 1990s.

Two site-faithful species declined as visitor traffic along the main trail increased: the Black-headed

Penduline Tit and the White-throated Dipper. The dipper abandoned its traditional nest at the shallow crossing and was detected less often thereafter. By contrast, several previously underrepresented species increased during 2012-2025: the Common Blackbird and the Oriental Turtle-Dove became more numerous, likely tracking high fruit crops in some years. The Carrion Crow established breeding near the cordon and now visits the lower gorge regularly.

Natural variability in a protected system

Our long-term surveys in Aksu-Zhabagyly Reserve demonstrate that bird communities in a protected mountain environment are highly dynamic. Species composition and abundances showed strong temporal fluctuations, consistent with findings from

other intact forests such as Białowieża, where long-term cycles occur despite a stable species pool (Wesołowski et al., 2022). Such results emphasize that variability is a normal feature of undisturbed systems and provide an essential baseline for distinguishing natural shifts from anthropogenic impacts.

In Taldybulak Gorge, many changes reflect natural processes such as nomadism, food-driven irruptions, or source-sink exchanges with nearby habitats. However, some trends point to human influence. Declines of Penduline Tit and White-throated Dipper coincided with increased tourist activity and nest disturbance along the trail. Similar effects of recreation have been reported elsewhere, where even low visitor pressure reduced breeding success or shifted communities toward disturbance-tolerant species (Kangas et al., 2008). This indicates the need for management actions such as keeping visitors on paths, restricting group size, or placing barriers near sensitive nesting sites. At the same time, late-June increases in Common Blackbird and Oriental Turtle-Dove are best explained by year-to-year variation in fruit crops. Both species leave the gorge for winter, and their early-summer abundance tracks spring flowering and the subsequent fruit set of wild shrubs and trees. These patterns show how climate (via spring phenology and fruiting), natural dynamics, and human presence together shape long-term community change (Alba & Chamberlain, 2025; Jonas et al., 2025).

Conclusion

Thirteen late-June survey days across 11 years (1996–2025) recorded 34 species in Taldybulak Gorge, with per-day richness ranging from 8 to 19 and marked variation in abundance. Community

composition showed a stable core of regular breeders and high turnover at the margins, with no clear directional change at the assemblage level once irruptive Rosy Starling flocks were excluded. Three taxa reached long-term dominance (Black-headed Penduline Tit, Eurasian Magpie, Blue Whistling-Thrush), but the penduline tit declined from dominant to scarce by 2025, and the White-throated Dipper also decreased after the loss or disturbance of a traditional nest site at a shallow crossing. In contrast, Common Blackbird and Oriental Turtle-Dove increased in late June, tracking interannual variation in fruit crops. These species-specific responses indicate that natural variability (phenology, food availability) and localized recreation jointly shape community structure. Site-focused management around the marked path and the shallow crossing should be sufficient for sensitive nests. Brief annual notes on fruiting would help explain fluctuations. We recommend maintaining and expanding long-term monitoring programs in protected areas. Continued standardized late-June counts on an annual cycle would provide continuity; while adding autonomous acoustic recorders, trail cameras, simple visitor tallies, and basic weather and phenology notes could improve attribution of change and allow evaluation of management effectiveness over time.

Gratitude, conflict of interest

This research has been funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR24993060-OT-24 «Information system development for wild animals' cadastre maintaining of Western Tien Shan for the conservation and sustainable use purposes»).

References

1. Akbar, I., Yang, Z., Mazbayev, O., & Kenesbekkyzy, B. (2020). Tourism and ecological protection status of the Aksu-Zhabagly world heritage site of Kazakhstan. *Journal of Geography and Environmental Management*, 58(3), 24–33.
2. Alba, R., & Chamberlain, D. (2025). Elevational shifts in bird communities reveal the limits of Alpine protected areas under climate change. *Biological Conservation*, 309, 111267.
3. Berdikulov, B. T., Frolov, I. G., Gavrilov, A. E., Tashimova, A. E., & Zaripova, S. K. (2023). Trends in counts of Columbiformes at Shakpak Pass, Kazakhstan. *Biodiversitas*, 24(9), 4661–4667. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240906>
4. BirdLife International (2025) Site factsheet: Aksu-Dzhabagly State Nature Reserve. Downloaded from <https://datazone.birdlife.org/site/factsheet/aksudzhabagly-state-nature-reserve> 19/08/2025
5. Chalikova, E. S. (2007). Ptitsy v archovnikakh Talasskogo Alatau [Birds in juniper woodlands of the Talas Alatau]. *Proceedings of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve*, 9, 48–113. (In Russian)
6. Chalikova, E. S. (2004). Remez kak indikator antropogennogo pressa na ekologicheskikh marshrutakh zapovednika Aksu-Dzhabagly [The penduline tit as an indicator of anthropogenic pressure along ecological trails of the Aksu-Zhabagly Reserve]. *Selevinia*, 240–241. (In Russian)
7. Fraixedas, S., Lindén, A., Piha, M., Cabeza, M., Gregory, R., & Lehtikoinen, A. (2020). A state-of-the-art review on birds as indicators of biodiversity: Advances, challenges, and future directions. *Ecological Indicators*, 118, 106728.

8. Jonas, L., Brommer, J. E., Jung, M., Baláz, M., Borg, J. J., Božič, L., ... & Gaget, E. (2025). Interactions between climate warming and management actions determining bird community change in protected areas. *Biological Conservation*, 308, 111213.
9. Kangas, K., Siikamäki, P., Luto, M., & Ihantola, A. (2008, October). Does tourism affect bird populations in protected areas. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Montecatini Terme, Italy* (pp. 344-346).
10. Kashkarov, D. N., & Korovin, A. (1926). *Ekskursiya v Talasskiy Alatau, snaryazhennaya Glavnym Sredne-Aziatskim muzeyem letom 1923 goda, i fauna mlekopitayushchikh Zapadnogo Tyan'-Shanya* [Excursion to the Talas Alatau, organized by the Central Asian Museum in the summer of 1923, and the fauna of mammals of the Western Tien Shan]. Proceedings of the Central Asian Committee on Museums and the Protection of Monuments of Antiquity, Art and Nature, (1), 200–246 (In Russian).
11. Kovshar A.F., Chalikova Ye.S., Kolbintsev V.G. Spisok ptits Aksu-Zhabaglynskogo zapovednika (na fone avifauny severnogo makrosklona i podgornoy ravniny Zapadnogo Tyan'-Shanya) // [List of birds of the Aksu-Zhabagyly Nature Reserve (against the background of the avifauna of the northern macroslope and foothill plain of the Western Tien Shan)] // Works of the Aksu-Zhabagyly State Nature Reserve. Issue 11. Almaty, 2016. Pp. 414-436 (In Russian).
12. Lindenmayer, D. B., Lavery, T., & Scheele, B. C. (2022). Why we need to invest in large-scale, long-term monitoring programs in landscape ecology and conservation biology. *Current Landscape Ecology Reports*, 7(4), 137-146.
13. Morelli F., Brlik V., Benedetti Y., Bussière R., Moudrá L., Reif J., Svitok M. Detection Rate of Bird Species and What It Depends on: Tips for Field Surveys. *Front. Ecol. Evol.* 2022. 9:671492. DOI: 10.3389/fevo.2021.671492.
14. Riggio J., Engilis A., Cook H., de Greef E., Karp D.S., Truan M.L. Long-term monitoring reveals the impact of changing climate and habitat on the fitness of cavity-nesting songbirds // *Biological Conservation*. 2023. Vol. 278. DOI: 10.1016/j.biocon.2022.109885.
15. Steven, R., Pickering, C., & Castley, J. G. (2011). A review of the impacts of nature based recreation on birds. *Journal of environmental management*, 92(10), 2287-2294.
16. Wesolowski, T., Czeszczewik, D., Hebda, G., Maziarz, M., Mitrus, C., Rowiński, P., & Neubauer, G. (2022). Long-term changes in breeding bird community of a primeval temperate forest: 45 years of censuses in the Białowieża National Park (Poland). *Acta Ornithologica*, 57(1), 71-100.
17. Wolf, I. D., Hagenloh, G., & Croft, D. B. (2013). Vegetation moderates impacts of tourism usage on bird communities along roads and hiking trails. *Journal of environmental management*, 129, 224-234.

Information about authors:

Yelena Chalikova – Senior Researcher at the Laboratory of Ornithology and Herpetology at the Institute of Zoology; Candidate of Biological Sciences, yelena.chalikova@zool.kz

Bekzhan Berdikulov (corresponding author) – Acting Head of the Department of Ornithology and Herpetology at the Institute of Zoology; Graduated from the PhD program at Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan; email: bekzhan.berdikulov@zool.kz).

Aizhan Tashimova – Junior Researcher at the Institute of Zoology; Master of Environmental Science (Almaty, Kazakhstan; email: aizhan.tashimova@zool.kz).

Авторлар туралы мәлімет:

Елена Чаликова – Зоология институтының орнитология және герпетология лабораториясының аға ғылыми қызметкері; биология ғылымдарының кандидаты, yelena.chalikova@zool.kz

Бекжан Бердіқұлов (корреспондент-автор) – Зоология институтының орнитология және герпетология лабораториясының меңгерушісінің міндетін атқарушы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің PhD оқу-бағдарламасын аяқтаған (Алматы, Қазақстан; электрондық пошта: bekzhan.berdikulov@zool.kz)

Айжан Ташимова – Зоология институтының кіші ғылыми қызметкері; жаратылыстану ғылымдарының магистрі (Алматы, Қазақстан; электрондық пошта: aizhan.tashimova@zool.kz)

Информация об авторах:

Елена Чаликова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории орнитологии и герпетологии Института зоологии, e-mail: yelena.chalikova@zool.kz;

Бекжан Бердикулов (корреспондент-автор) – и. о. заведующего Лабораторией орнитологии и герпетологии Института зоологии, выпускник PhD-программы Казахского национального университета имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан; e-mail: bekzhan.berdikulov@zool.kz).

Айжан Ташимова – магистр естественных наук, младший научный сотрудник Института зоологии (Алматы, Казахстан; e-mail: aizhan.tashimova@zool.kz).

Поступила 9 июня 2025 года
Принята 20 сентября 2025 года

ШОЛУ МАҚАЛАСЫ
REVIEW ARTICLE
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

FTAMP: 34.35.17; 68.37.31; 87.27.05

<https://doi.org/10.26577/EJE202584315>

В.А. Кузовлев  Г.А. Искакова* , Г.А. Жармухамедова ,
Ж.К. Джуманова , А.А. Хакимжанов , А.М. Мендеш ,
Д.О. Байсапарова , О. Русланұлы , Г.А. Исмагулова 

М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты, Алматы, Қазақстан
*e-mail: g.iskakova83@gmail.com

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АЛМА АҒАШТАРЫНЫҢ
БАКТЕРИЯЛЫҚ КҮЙІГІ

Бактериялық күйік – *Rosaceae* тұқымдасының сәндік және жеміс-жидек дақылдарының, соның ішінде алманың (*Malus* spp.) ең қауіпті карантиндік ауруларының бірі. Бұл ауруды Еуразиялық экономикалық одақтың карантиндік объектілердің бірыңғай тізіміне енгізілген *Erwinia amylovora* грамтеріс бактериясы тудырады. Бактериялық күйік әлемнің 60-қа жуық елінде анықталған. Бұл ауру Қазақстанға да таралды. Ол өнімділіктің айтарлықтай төмендеуіне, сондай-ақ питомниктердегі, бау-бақшалардағы және шаруашылықтардағы жеміс ағаштарының қатты зақымдалуына немесе өліміне әкеледі. Бүкіл әлемде бактериялық күйік орасан зор экономикалық шығындар әкелуде. Бұл шолуда Қазақстан аумағында алма ағаштарының бактериялық күйігін анықтаудағы жасалынған зерттеулер талданды. Алманың *Malus sieversii* эндемикалық түрлерінің жұқтыру қаупін анықтау бойынша мониторингтік зерттеулер талданды. Осы ауруға төзімді алманың өртүрлі сорттарын генотиптеу жұмыстары қарастырылды. Қазақстандық ғалымдардың бактериялық күйікпен күресуге ұсынған шараларына шолу жүргізілді. Барлық зерттеу нәтижелерінің Қазақстан үшін орасан зор экономикалық және экологиялық маңызы бар.

Түйін сөздер: бактериялық күйік, *Erwinia amylovora*, алма *Malus* spp., күресу шаралары.

V.A. Kuzovlev, G.A. Iskakova*, G.A. Zharmukhamedova, Z.K. Jumanova,
A.A. Khakimzhanov, A.M. Mendesh, D.O. Baisaparova,
O. Ruslanuly, G.A. Ismagulova

M.A. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: g.iskakova83@gmail.com

Apple tree fire blight in Kazakhstan

Fire blight is one of the most dangerous quarantine diseases of ornamental and fruit crops of the *Rosaceae* family, including the apple tree (*Malus* spp.). The disease is caused by the gram-negative bacterium *Erwinia amylovora*, which is included in the unified list of quarantine objects of the Eurasian Economic Union. Fire blight has been identified in nearly 60 countries worldwide. This disease has also been detected in Kazakhstan. This disease causes a significant reduction in yield, as well as serious damage or death of fruit trees in nurseries, orchards and farms. Fire blight causes enormous economic damage worldwide. This review analyzes studies on the identification of foci of fire blight of apple trees in Kazakhstan. Monitoring studies have been analyzed to identify threats of infection of endemic apple tree species *Malus sieversii*. The work on the genotyping of various varieties of apple trees for resistance to this disease is reviewed. The review analyzes various measures to combat fire blight proposed by Kazakhstan researchers. All the research results are of great economic and environmental importance for Kazakhstan.

Keywords: fire blight, *Erwinia amylovora*, apple tree *Malus* spp., control measures.

В.А. Кузовлев, Г.А. Искакова*, Г.А. Жармухамедова, Ж.К. Джуманова,
А.А. Хакимжанов, А.М. Меңдеш, Д.О. Байсапарова,
О. Русланұлы, Г.А. Исмагулова

Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина, Алматы, Казахстан
*e-mail: g.iskakova83@gmail.com

Бактериальный ожог яблони в Казахстане

Бактериальный ожог является одним из наиболее опасных карантинных заболеваний декоративных и плодовых культур семейства *Rosaceae*, включая яблоню (*Malus* spp.). Заболевание вызывается граммотрицательной бактерией *Erwinia amylovora*, внесенную в единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза. Бактериальный ожог выявлен почти в 60 странах мира. Это заболевание обнаружено также и на территории Казахстана. Данное заболевание вызывает значительное снижение урожая, а также – серьезное поражение или гибель плодовых деревьев в питомниках, садах и фермерских хозяйствах. Бактериальный ожог наносит огромный экономический ущерб по всему миру. В настоящем обзоре проведен анализ исследований по выявлению очагов поражения бактериальным ожогом яблони на территории Казахстана. Проанализированы мониторинговые исследования по выявлению угроз заражения эндемичных видов яблони *Malus sieversii*. Рассмотрены работы по генотипированию различных сортов яблони на устойчивость к этому заболеванию. В обзоре проанализированы различные меры борьбы с бактериальным ожогом, предложенные казахстанскими исследователями. Все результаты исследований имеют огромное экономическое и большое природоохранное значение для Казахстана.

Ключевые слова: бактериальный ожог, *Erwinia amylovora*, яблоня *Malus* spp., меры борьбы.

Кіріспе

1780 жылы Нью-Йорк штатында ауру алма, алмұрт және айва ағаштарын зерттеу арқылы Америка Құрама Штаттарында раушангүлділер тұқымдасының дәнді дақылдарының қауіпті ауруы туралы алғашқы баспа баяндамасы 1793 жылы пайда болды. Бұл жұмбақ ауру 1840 жылы Канаданың оңтүстігінде де пайда болды. 1880 жылы американдық ғалым Т.Дж. Берилл бастапқыда алмұрт ауруын саңырауқұлақ ауруы деп есептеген, бірақ кейін зерттеулер жүргізу арқылы оның бактерия екенін анықтап дәлелдеді. Кейіннен бірқатар зерттеушілер оған әртүрлі атаулар беріп және олардың ішінде ең қолайлысы *Erwinia amylovora* (Burill.) Winslow et al. [1]. Біртіндеп ауру бүкіл әлемге тарай бастады. Ауру алғаш рет 1919 жылы Жаңа Зеландияда, кейін 1943 жылы Мексикада, 1959 жылы Чилиде, 1962 жылы Египетте және басқа елдерде пайда бола бастады. Ол дүние жүзінің 50-ге жуық елінде таралып, айтарлықтай экономикалық зиян келтірді [1]. Бактериялық күйік Балтық жағалауы елдерінде, Кавказда, Ресейде, Белоруссияда, Украинада, Молдовада, сондай-ақ Орталық Азия республикаларында – Өзбекстан, Қазақстан, Қырғызстанда да табылған [2, 3, 4, 5, 6]. Жеміс-жидек дақылдарының бактериялық күйігі ең зиянды жұқпалы аурулардың бірі болып табылады. Ол бір жылдық өніміне айтарлықтай зиян келтіріп қана қоймай, келесі жылы да ағаштар-

дың өнімділігін күрт төмендетеді. Бактериялық күйік алманың, алмұрттың және 180-ден астам басқа өсімдіктердің, негізінен Раушангүлділер тұқымдасының (*Rosaceae*) ең зиянды ауруларының бірі болып табылады [7].

E. amylovora фитосанитариялық заңнамаға бағынатын Еуропалық Одақта карантиндік организм ретінде каталогқа енгізілген [8], сонымен қатар Molecular Plant Pathology журналында жарияланған 10 үздік фитопатогенді бактериялардың қатарына енді [9]. *Erwinia amylovora* – Enterobacteriaceae-*Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. тұқымдасының грам теріс бактериясы. *E. amylovora* өсудің оңтайлы температурасы 26-28 °C, ең төменгісі 6-8 °C, ал 43-50 °C температурада олар өледі. Көктемде бактериялар белсенді болып, қарқынды түрде көбейе бастайды. Бұған ауаның жоғары ылғалдылығы және 18-20°C жоғары температура ықпал етеді. Бактериялардың көбеюі нәтижесінде ауру өсімдіктердің бетіне ұсақ тамшылар немесе көрінбейтін жұқа қабық сияқты экссудат пайда болады және бұл қоздырғыш жаңбыр тамшыларымен, желмен, сондай-ақ құмырсқалар, аралар, соналар, шыбындар, біте және басқа да шыбын-шіркейлер, құстар және адам арқылы басқа гүлдерге, жапырақтарға және біржылдық өсімдіктерге тарайды. Аурудың бірнеше түрі бар: жемістердің, жас өркендердің және гүлдердің күйігі. Қоздырғыштың үлкен эпифиттік популяциясы жас гүлдердің аналық аузында дамып,

жас түйіндерді инфекциялап, сол арқылы өсімдіктерге оңай еніп, оның барлық мүшелеріне таралады. Бактериялар бастапқыда паренхиманың жасушааралық кеңістіктері арқылы, ал кейінгі кезеңде – қолайлы климаттық жағдайларда ксилема тамырлары арқылы қозғалып үлкен зиян келтіреді. Зақымданған жас өскіндер қурап, төбесі майысып, гүлдері мен жапырақтары қоңыр немесе қара түске боялып бұтақтарда ұзақ тұспей тұрады [10, 11]. Аурудың белгілері ағаштардың басында пайда бола бастайды, содан кейін үлкен бұтақтарға ауысып, кейіннен өсімдіктің діңіне, тіпті тамырына таралып, кейде бүкіл ағаштың толық өлуіне әкеледі [12].

***E. amylovora* вируленттік факторы**

E. amylovora алма-иесін негізінен гүлдер немесе өркен ұшындағы жапырақтар арқылы, сондай-ақ өсімдіктердің қабығындағы жаралар арқылы жұғады. Инфекциялау үшін үш негізгі патогендік фактор қажет: III типті секреция жүйесі (T3SS), амиловоран экзополисахариді (EPS) және биоқабықша түзілуі [13].

III типті секреция жүйесі (T3SS) *E. amylovora* өз иелерін сәтті жұқтыру үшін пайдаланатын маңызды вирулентті факторлардың бірі болып табылады [12, 14]. Басқа грам-теріс фитопатогенді бактериялар сияқты, *E. amylovora* бұл секрецияның эволюцияланған консервативті жүйені қожайын-өсімдіктің цитозоль жасушаларына эффекторлық белоктарды экспорттау және жеткізу үшін пайдаланады. *E. amylovora*-ның геномдық және секретомдық талдау арқылы бұл бактерияның кем дегенде бес эффекторды [DspA/E, Eop1, Eop3, Eop4 (AvrRpt2Ea) және HrpPtoCEa], екі гарпинді (HrpN және HrpW) және Eop2, HrpJ және HrpK сияқты басқа ақуыздарды бөлетінін анықтады [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]. III типті эффекторлар мен гарпиндер қожайын-жасуша цитоплазмасына тікелей енгізілетін және құрылымдық және биохимиялық деңгейде қожайын-өсімдіктердің қорғаныс функцияларын басатын бактериялық ақуыздар ретінде анықталады. Гарпиндер – III типті секреция жүйесі арқылы бөлінетін, глицинге бай, ыстыққа тұрақты белоктар. Бұл ақуыздар өсімдік жасушаларының ішінде әрекет ететін бактериялық эффекторлық ақуыздардан айырмашылығы – ең алдымен өсімдік ұлпаларының жасушадан тыс кеңістігіне бағытталуында [22, 23].

Экзополисахаридтер (ЭПС) *E. amylovora*-ның маңызды вируленттілік факторы болып

табылады, ол өсімдіктердің қорғаныс жүйесін айналып өтуде, өсімдіктің тамыр жүйесін бұзып бітеуіне, құрғақ жағдайларда бактерияларды су мен қоректік заттардың жоғалуынан қорғауда шешуші рөл атқарады [12]. Амиловоран – биоқабықша түзуге қажетті негізгі фактор, ал леван – оған себепші болатын фактор. Амиловоран – глюкозаның, галактозаның, глюкурон қышқылының және пируват субстраттарының қайталанатын суббірліктерінен тұратын гетерополимер, ал леван – сахарозаның ыдырауынан түзілетін фруктоза қалдықтарынан тұратын гомополимер [24]. *E. amylovora* жеке штаммдары өндіретін амиловоран мөлшері вируленттілік дәрежесіне сәйкес келеді.

Буферлік жүйе ретінде биоқабыршақ жекеленген бактериялық жасушаларды қоршаған ортаның ауытқуынан қорғайды. Сонымен қатар биоқабыршақ жеделдетілген көлденең генетикалық алмасуды қамтамасыз етеді және биоқабықшақтағы бактериялар антибиотиктерден де, қожайынның қорғанысынан да қорғалады [21]. Сырттай қарағанда биоқабыршақтар өсімдіктің зақымдалған бөліктерінің бетінде шырышқа, сондай-ақ саңырауқұлақ тәрізді түзілімдерге ұқсайды.

E. amylovora патогенезіне ықпал ететін басқа вирулентті факторларға десферриоксамин (DFO) [25] және сорбитол мен сахарозаны пайдалану факторлары жатады [26, 27]. Патогенділік пен вируленттілік факторларының негізгі реттеушілеріне екі компонентті сигнал беру жүйелері, циклдік ди-ГМФ (ц-ди-ГМФ) екінші хабаршы молекуласы және шағын кодталмаған РНҚ (мРНҚ) жатады [28, 29]. Патогенез кезінде *E. amylovora* DFO өндірісі темірді алу үшін ғана маңызды емес. Жоғары темір алу жүйелері патогендік бактериялардың факторлары болып табылады. *E. amylovora* тиімді амиловоран өндіру үшін сорбит және сахароза қажет. Циклдық ди-GMP (ц-ди-ГМФ) – биоқабықша түзілуін, қозғалғыштығын және вируленттілігін қоса алғанда, әртүрлі жасушалық процестерді реттейтін белгілі дерлік жасушаішілік сигнал беру молекуласы. Бактериялар реттеуші шағын РНҚ (мРНҚ) пайдалану арқылы қоршаған ортаның өзгеруіне жылдам реакция береді.

Сонымен, *E. amylovora* алма, алмұрт, қара өрік, шие алхоры сияқты жеміс дақылдарын және басқа да раушангүлділерді зақымдауына көптеген факторларға байланысты және өте күрделі үдерістен өтеді.

Қазақстан аумағында бактериялық күйіктің таралуы

Қазақстанда алғаш рет бактериялық күйік 2008 жылы тіркеліп, 2010 жылға қарай Алматының бірнеше ауданындағы жеміс-жидек аймағының алма және алмұрт бақтарына айтарлықтай зиян келтіре бастады [30]. Бұл аурудың таралу деңгейі өте жоғары. Мысалы, Алматы облысында 2012 жылы 27 гектар алма бағы бактериялық күйіктен зардап шексе, ал 2015 жылда зардап шеккен аумақ 687,8 гектарды құрады. Оңтүстік Қазақстан және Жамбыл облыстарында 2012 жылы бұл ауру анықталмаса, ал кейін 2015 жылы 5,3 және 103,7 га аумақта ауру анықталды [31]. Осы ұсынылған мәліметтер бойынша бактериялық күйіктің таралу қарқыны жыл сайын жоғары екені көрінеді. Әсіресе Алматы облысында. Кейбір шаруа қожалықтарының алма бақтарында зақымданған ағаштардың үлесі 50-60% жеткен және оның даму дәрежесі жоғары.

Тянь-Шань өңірінде *M.sieversii*-нің таралу аймағы мен генофондының қысқаруы, Қазақстанның жабайы жеміс-жидек ормандарында бактериялық күйік қоздырғышын дер кезінде анықтау және сәйкестендіру ғылыми-стратегиялық маңызы ерекше. Жабайы алма ағаштары мен олардың будандары биотикалық және абиотикалық күйзелістерге генетикалық төзімділік көзі ретінде бағаланады. Алматы облысының шаруашылықтарындағы көпжылдық жеміс екпелеріне, сондай-ақ Сиверс алмасының (*Malus sieversii*) жабайы жеміс ормандарына мониторинг жүргізілді [32, 33, 34, 35]. Жабайы ормандарда таяу болашақта бактериялық күйіктің ошақтары пайда болу қаупі дәлелденді, өйткені бұл аурудың ошақтары дүниежүзілік мұра болып табылатын жабайы Сиверс алмасының табиғи ормандарынан небәрі бірнеше шақырым жерде орналасқан Жетісу облысының Сарқанд ауданында анықталған. Зерттеу барысында алынған нәтижелер бойынша қазіргі уақытта Алматы облысының жабайы жеміс-жидек ормандарының зерттелген учаскелерінде бактериялық күйік ошағы анықталмағаны анықталды. Бірақ мұны Қазақстандағы *M. sieversii*-дің бактериялық күйікпен жұқтырмағанының дәлелі ретінде қарастыруға болмайды, сондықтан тұрақты мониторингтік зерттеулер қажет.

Сиверс алма ағашынан басқа, Тянь-Шань тауларында жабайы алма ағашының тағы бір түрі – Недзвецкий алма ағашы (*Malus niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne) өседі. Недзвецкий алмасы – Қазақстанның Қызыл кітабына және жойылып бара жатқан түрлердің халықа-

ралық Қызыл тізіміне енгізілген жабайы алма ағашының эндемик түрі [36]. Сондай-ақ, алма ағашының осы түріне бактериялық күйіктің ошағын анықтау үшін мониторингтік зерттеулер жүргізу қажет. Недзвецкий алмасы бактериялық күйікке қарсы тұрудың генетикалық ресурсы болуы мүмкін деген болжам бар [37].

Бактериялық күйіктің зерттеу әдістері

Бактериялық күйікке сапалы мониторинг жасау үшін флуоресценцияның жинақталуын анықтауға негізделген нақты уақыттағы ПТР сияқты сезімтал әдістерді, сонымен қатар классикалық ИФТ және ПТР әдістері қолданылады [38]. Қолдану техникасына және сипатталатын геномның бөлігіне байланысты әр түрлі ДНҚ маркерлері бар: рестрикциялық фрагментінің ұзындығы полиморфизмі (RFLP), амплификацияланған фрагменттердің ұзындығы полиморфизмі (AFLP), кездейсоқ амплификацияланатын полиморфты ДНҚ (RAPD), амплификацияланған ажыраған полиморфты тізбег (CAPS), қарапайым реттілік қайталануы (SSR), реттілік сипатталатын күшейтілген аймақ (SCAR), бір нуклеотидті полиморфизм (SNP). Жүргізілген зерттеу нәтижелеріне сәйкес, Қазақстанда Алматы облысының 3 бақшасында жиналған 30 сынаманың 23 сынамасы қоздырғышпен жұқтырылған. Белгілері көрінбейтін 15 үлгінің 8-і патоген қоздырғышы бар болып шықты [38]. Омашева М.Е. және т.б [39] зерттеушілер қазақстандық селекцияның 31 алма сортына 16 SSR маркерін қолдану арқылы молекулалық-генетикалық паспорттар жасалды. Генотипирленген алма сорттары қотыр, ақұнтақ және бактериялық күйік сияқты зиянды қоздырғыштарға төзімді аллельдердің болуына сыналған.

Бүгінгі күні Қазақстанда отандық және шетелдік алма сорттарының зиянды ауруға – бактериялық күйікке қарсы төзімділігі туралы деректер өте үзік-үзік. *Erwinia amylovora* әртүрлі штаммдарына төзімділікке байланысты 27 перспективті сандық локус (QTL) анықталды. Өндірістік бақтар мен шаруашылықтарда аудандастырылған алма ағашын зерттей келе 59 сорттың ішінде көптеген сорттардан бактериялық күйік табылды: Айдаред, Апорт, Голден Делишес, Гала, Грени Смит, Максат, Восход, Ренет Бурхардта, Старкримсон, Рубин, Фуджи. Шетелдік селекциядан енгізілген 39 алма сорттарында ауру белгілері 29-57% құрайтын сорттар: Пинона, Пинк Леди, Рашида, Конфетное, Синап Алматинский, Ред Топаз, Дельджонс, Сантана, Вилтон Стар [40, 41].

Бактериялық күйікпен күресу жолдары

Erwinia amylovora тудыратын бактериялық күйік – алма және алмұрт бақтарының әлемдегі ең жойқын бактериялық ауруы. Бұл жойқын аурудың таралуын болдырмау үшін әдетте бүкіл әлемде, соның ішінде Қазақстанда да әртүрлі агротехникалық, химиялық және биологиялық күрес шаралары қолданылады. Бірақ олар аурудың асқынған жылдарында инфекцияны төмен деңгейде ұстай алмайды.

Агротехникалық күресу жолдары

Агротехникалық күресу шараларына қыста бұтақтарды және жемістерді кесу, ауру өсімдіктерді қазып алып тастау және өртеу, жабайы жемдік өсімдіктерді жою (долана және ырғай), біте, бүргешіркей және басқада ауру тасымалдаушы жәндіктермен күресу, алма мен алмұрттың гүлдейтін уақытында омарташылардың көшуіне тыйым салу, алманың толерантты және төзімді сорттарды пайдалануға тыйым салу және ауру көшеттерді отырғызбау.

Химиялық күресу жолдары

Химиялық күрес шараларына химиялық және биологиялық препараттарды қолдану жатады. Қазақстанда Ж. Жиёмбаева атындағы қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институтында, микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығында және басқа да ғылыми-зерттеу институттарында бактериялық күйікпен күресу үшін әртүрлі химиялық және биологиялық препараттарды қолдану бойынша зерттеулер жүргізілуде. *E. amylovora* бактериясының стрептомицин, тетрациклин, офлоксацин, ампициллин және цефазолин антибиотиктерге сезімталдығын бағалау кезінде офлоксацин мен цефазолиннің бактерияға қарсы жоғары бактерицидтік қасиеті бар екені көрсетілді [42]. Көптеген елдерде бактериялық күйікті емдеу үшін стрептомицинді қолдануға тыйым салынған. Дегенмен, бұл ауру өршіген жағдайында, мысалы 2008 жылы Швейцарияда стрептомицин қолданылды [43].

Жеміс ағаштарының бактериялық күйігімен күресу жолдарында табиғаты әртүрлі фунгицидтік препараттар, сонымен қатар құрамында мыс бар препараттар кеңінен қолданылады [44]. Ең тиімді химиялық фунгицидтерден – Курзат, Косайд, Альет, супер Фосэтил, Агригент плюс, ал биологиялық фунгицидтерден – Касумин, Фитоп және Фитолавин, өсу реттегіштерден – Экстрасол, Новосил және Регалис плюс, макро- және микроэлементтерден – Фоскрафт МКР, Курамин

Фолиар кеңінен қолданылады. Құрамында мыс бар препараттар бақшадағы егу мөлшерін азайтуға көмектесетін болғандықтан маусымның басында қолданылады [45].

Қазақстанның оңтүстік-шығыс жағдайына бейімделген алма ағаштарын бактериялық күйіктен қорғауда агротехникалық, биологиялық және химиялық кешенді шаралары жетілдірілді. Алиетта 80WG фунгицидін, мыс негізіндегі Miedzian 50WP препаратын, сондай-ақ Касумин 2L және Медзиана 50WP антибиотиктерін қолданғанда алма ағаштарының бактериялық күйікке төзімділігі 89-94%-ға дейін артты [46]. Аурумен күресуде карантиндік шаралары бар, сонымен қатар 4% тотияйын, фунгицид Косайд 2000, Фитолавин, ВРК биологиялық препараты және Регалис плюс өсу реттегішімен бүркуді қамтитын күресудің жоспары әзірленді. Биологиялық тиімділік 36,2%, ал өнімділік 97,5% құрды [47]. Егістік жағдайларда алма ағаштарын бактериялық күйіктен қорғаудың 7 сұлбасының тиімділігін бағалаудың кешенді жүйесі әзірленді. Жеке сұлбалардың биологиялық тиімділігі 86,7%-96,9% аралығында құрайды. Тәжірибелік сұлбалар бойынша бактериялық күйік дамуының жазбалары көрсеткендей, ең тиімді фунгицидтер: Курзат Р, Curamin Foliar + Фоскрафт МКР (макро- және микроэлементтер) және CuSO₄ + ПАН; биологиялық препараттардан: Касумин 2L және Фитолавин, ВРК, Экстрасол және өсу реттегіштерінен: Альетт, Фитоп 622, Новосил және Регалис плюс [48].

Әзірленген кешенді жүйе көп еңбекті қажет ететін және қымбат тұратын карантиндік шараларға балама болып табылады, мысалы, бактериялық күйіктерінен зардап шеккен ағаштарды қазып алып тастау және өртеу әрқашан ақтала бермейді. Айта кету керек, химиялық және биологиялық препараттарды қолдану кезінде топырақ пен қоршаған ортаның ластануына биологиялық бақылау жүргізу қажет.

Биологиялық күресу жолдары

Биологиялық күрес шаралары ашытқылардың белгілі бір түрлерін және антагонист бактерияларды қолдануды қамтиды [49]. *Bacillus* және *Pseudomonas* тұқымдастарына жататын бактерияларды бактериялық күйікке қарсы қолдануға болады. Ауыл шаруашылығы дақылдарын биологиялық бақылау үшін және өсуін ынталандыру үшін кеңінен *Bacillus* түрі қолданылады [50]. Антагонист-бактериясы *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 штаммының *in vitro* жағдайында *Erwinia amylovora* 1E IMIV штам-

мының өсуін тежеудегі тиімділігі бағаланды. Бұл штамм қауіпсіз және алма ағашының бактериялық күйікке қарсы биопрепаратқа негіз ретінде пайдалануға болатыны анықталды [51, 52]. Қолданылған *B. amyloliquefaciens* дақыл сорпасының биологиялық тиімділігі 90,6% құрады. Антагонист-бактерия өндіретін ацетонин (3-гидроксипутанон) және 2,3-бутандион жеміс шаруашылығында *E. Amylovora*-мен күресуде қолдануға болады. А.Қ. Саданов және оның әріптестері шолу жүргізгенде *Pseudomonas* тұқымдасына жататын бактериялардың бірнеше түрлерінің тізімін келтірді [53]. Олардың ішінде кейбіреулері BlightBan A506 (*P. fluorescens* A506, АҚШ), Bloomtime (*P. agglomerans* E325, АҚШ), BlossomBless (*P. agglomerans* P10c, Жаңа Зеландия), BlightBan C9-1 (*P. vagans* C9-1, АҚШ), Serenade (*B. subtilis* QST713, АҚШ), Biopro (*B. subtilis* BD170, Швейцария) және BlossomProtect (*Aureobasidium pullulans*, Германия) сияқты биопестицидтер ретінде шетелде коммерцияланды. Жеміс-жидек дақылдарын қорғау әдістерінің тағы бір түрі сүт қышқылы бактериялары негізінде жасалған биопрепараттарды қолдану болып табылады. Сүт қышқылды бактерияларды *E. amylovora* бактериялық күйік қоздырғышының тежегіштері ретінде де қолдануға болатыны анықталды [54, 55].

Басқа ашытқылар да *E. amylovora*-ға қарсы тежегіш әсер етеді: *Torulopsis kefir var. kumis* №114 3, *Kluyveromyces marxianus* 19, *Torulopsis sphaerica* №117, *Saccharomyces cerevisiae* (vini) 2 комплекс №20 [56]. 4 ашытқы дақылының компоненттік құрамын талдау барысында *Saccharomyces cerevisiae* (vini) 2 комплекс №20 және *Torulopsis sphaerica* №117 дақылдарында 13 химиялық қосылыс анықталғанын көрсетті және олардың негізгі қосылысы фенилэтил спирті. *Torulopsis kefir var. kumis* №114 3 дақылында 12 химиялық зат, оның негізгі қосылысы изоамил спирті. Ал *Kluyveromyces marxianus* 19 дақылының құрамында 10 қосылыс бар, оның негізгі қосылысы этилацетат. Бұл химиялық қосылыстар бактериялық күйік қоздырғышының өсуін тежеуде маңызды рөл атқаруы мүмкін. Ашытқы дақылдарын зерттеу бактериялық күйік қоздырғышы *E. amylovora* үшін перспективалы биобақылау агенттері ретінде оларды әрі қарай зерттеу үшін қызығушылық тудырады.

Бактериялық күйік ауруымен күресудің тағы бір биологиялық шарасы – осы ауруға төзімді алма сорттарын жасап шығару. Бұл жағдайда селекцияның классикалық әдістерін қолдануға болады. Қазақстанның оңтүстік өңірінде өсірі-

летін шетелдік және жергілікті телітушіге бактериялық күйікке төзімділігін бағалау бойынша зерттеулер жүргізіле бастады. SCAR және SNP маркерлері негізінде Г.41, Г.16 және '62-396' телітушілері Қазақстанда көбейтуге, селекцияға және егу үшін ең перспективалы болып табылады, өйткені зерттеу нәтижелері бойынша олар бактериялық күйікке ең төзімді болды [57]. Бактериялық күйікке төзімді алма сорттарын жасау үшін де жасушалық және гендік инженерия технологиялары қолданылады. Дегенмен, олар өте қымбат және үлкен қаржылық инвестицияларды қажет етеді.

Қорытынды

Осылайша, бүкіл әлемде бактериялық күйікке қарсы күреске бағытталған елеулі күш-жігерге қарамастан, ауру өнімнің айтарлықтай жоғалуына және ағаштардың өліміне әкелуде. Мұның бәрі жеміс ағаштарының бактериялық күйікке диагностикалаудың жылдам және сенімді әдістерін әзірлеуді қажет етеді. Өндірістік және ауылшаруашылық жеміс-жидек өсіретін аумақтарда инфекция ошақтарын анықтау үшін тұрақты мониторинг жүргізу қажет. Әсіресе Сиверс (*Malus sieversii*) және Недзвецкий алмасы (*Malus niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne) сияқты жабайы алма түрлерінде ауруды анықтауға ерекше назар аудару керек. Химиялық және биологиялық әдістерді қолдана отырып, кешенді күрес шараларын әзірлеу қажет. Қазақстанға экспортталатын шетелдік питомниктердегі көшет материалын тексеру қажет. Осы мәселе бойынша тәжірибе алмасу үшін әртүрлі елдердің мамандары арасындағы байланысты дамытып, біздің мамандардың халықаралық симпозиумдарға, конференцияларға, тағылымдамаларға қатысуын дамыту қажет. Бірлескен күш-жігер арқылы ғана алма дақылдарының бактериялық күйікке шалдығу мәселесін шешуге, қоздырғыштар биологиясының кең ауқымды мәселелерін зерттеу, аурумен күресу шаралары мен ғылыми болжауға болады.

Қаржыландыру

Ғылыми-зерттеу жұмыстары ЖКН BR21881942 «Ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыру мақсатында фитопатогендерді бақылаудың биотехнологиялық тәсілдерін әзірлеу» бағдарламасы бойынша 2023-2025 жж. аралығында ҚР ҒБМ Ғылым комитеті бағдарламалық-мақсатты қаржыландыру

шеңберінде «*Malus spp.* тұқымдасының жабайы және мәдени алма ағаштарында жиі кездесетін *Erwinia amylovora* штамдарын бақылау және Rosacea (паушангүлділер) тұқымдасының эн-

демикалық өсімдіктері арасында бактериялық күйіктің таралуының алдын алу бойынша практикалық ұсыныстар әзірлеу» тапсырмасы бойынша жүзеге асырылды.

Әдебиеттер

1. Александров И.Н. «Бактериальный ожог плодовых культур в Российской Федерации. Историческая справка.» *Защита и карантин растений*, №12 (2009): 26-29. <https://cyberleninka.ru/article/n/bakterialnyy-ozhog-plodovyh-kultur-v-rossiyskoy-federatsii-istoricheskaya-spravka.pdf>.
2. Ходжаева С.М., Хасанов Б.А., Гузалова А.Г. «Бактериальный ожог плодовых деревьев в Узбекистане, вызываемый бактерией *Erwinia amylovora* (Burill) Winslow et al.» *World science* 5, no.1 (2016): 17-20. <https://rsglobal.pl/index.php/ws/article/view/704/688>.
3. Djaimurzina A., Umiraliyeva Z., Zharmukhamedova G., Born Y., Bühlmann A., Rezzonico F. "Detection of the causative agent of fire blight – *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. – in the Southeast of Kazakhstan." *Acta horticulturae*, no. 1056 (2014): 129–32. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2014.1056.18>.
4. Сагитов А.О., Исин М.М., Джаймурзина А.А., Копжасаров Б.К., Джуманова Ж.К., Умиралиева Ж. "Бактериальный ожог плодовых культур в Казахстане." *Защита и карантин растений*, №9 (2015): 13-15. <https://karantin.net/wp-content/uploads/2017/09/biologicheskaya-zaschita-rasteniy-v-kazahstane-1.pdf>.
5. Doolotkeldieva T., Bobusheva S. "Fire blight disease caused by *Erwinia amylovora* on Rosaceae plants in Kyrgyzstan and biological agents to control this disease." *Advances in microbiology*, no. 6 (2016): 831-851. <http://dx.doi.org/10.4236/aim.2016.611080>.
6. Doolotkeldieva T., Bobushova S., Carnal S., Rezzonico F. "Genetic characterization of *Erwinia amylovora* isolates detected in the wild walnut-fruit forest of South Kyrgyzstan." *Journal of plant pathology* 103, no. Suppl.1 (2021): 109–120. <https://doi.org/10.1007/s42161-021-00752-1>.
7. Van Der Zwet T., Orolaza-Halbrecht N., Wolfgang Z. *Fire blight: history, biology, and management*. St. Paul: American Phytopathological Society Press, 2012. <https://doi.org/10.1094/9780890544839>.
8. Santander, R.D., Català-Senent J.F., Marco-Noales E., Biosca E.G. "In planta recovery of *Erwinia amylovora* viable but nonculturable cells." *Trees* 26, no. 1 (2011): 75–82. <https://doi.org/10.1007/s00468-011-0653-8>.
9. Mansfield J., Genin S., Magori S., Citovsky V., Sriariyanum M., Ronald P., Dow M., Verdier V., Beer S.V., Machado M.A., Toth I., Salmond G., Foster, G.D. "Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology." *Molecular plant pathology* 13, no. 6 (2012): 614–29. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00804.x>.
10. Braun P.G., Hildebrand P.D. "Epidemiology of fire blight of florican fruiting red raspberry caused by *Erwinia amylovora*." *Canadian journal of plant pathology* 28, no. 1 (2006): 95–99. <https://doi.org/10.1080/07060660609507275>.
11. Temreshev I.I., Kopzhassarov B.K., Beknazarova Z.B., Sarbassova A.M., Sadanov A.K., Ismailova E.T., Molzhigitova A.E., Yakovlev R.V. "Red bud borer *Resseliella oculiperda* (Rübsaamen, 1893) (Diptera, Cecidomyiidae) – a new vector of fire blight (*Erwinia amylovora*) of fruit crops in Kazakhstan" *Microbiology and virology*, no. 4 (2023): 171–182. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.04.10>.
12. Vrancken K., Holtappels M., Schoofs H., Deckers T., Valcke R. "Pathogenicity and infection strategies of the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* in Rosaceae: state of the art." *Microbiology* 159, no. Pt.5 (2013): 823–832. <https://doi.org/10.1099/mic.0.064881-0>.
13. Piqué N., Miñana-Galbés D., Merino S., Tomás J. "Virulence factors of *Erwinia amylovora*: a review." *International journal of molecular sciences* 16, no. 6 (2015): 12836–12854. <https://doi.org/10.3390/ijms160612836>.
14. Khokhani D., Zhang C., Li Y., Wang Q., Zeng Q., Yamazaki A., Hutchins W., Zhou S.S., Chen X., Yang C.H. "Discovery of plant phenolic compounds that act as type iii secretion system inhibitors or inducers of the fire blight pathogen, *Erwinia amylovora*." *Applied and environmental microbiology* 79, no. 18 (2013): 5424–5436. <https://doi.org/10.1128/aem.00845-13>.
15. Bogdanove A.J., Bauer D.W., Beer, S.V. "*Erwinia amylovora* secretes DspE, a pathogenicity factor and functional AvrE homolog, through the Hrp (type III secretion) pathway." *Journal of bacteriology* 180, no. 8 (1998): 2244–2247. <https://doi.org/10.1128/jb.180.8.2244-2247.1998>.
16. Gaudriault S., Malandrin L., Paulin J.P., Barny M.A. "DspA, an essential pathogenicity factor of *Erwinia amylovora* showing homology with AvrE of *Pseudomonas syringae*, is secreted via the Hrp secretion pathway in a DspB-dependent way." *Molecular microbiology* 26, no. 5 (1997): 1057–1069. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2958.1997.6442015.x>.
17. Kim J.F., Beer S.V. "HrpW of *Erwinia amylovora*, a new harpin that contains a domain homologous to pectate lyases of a distinct class." *Journal of bacteriology* 180, no. 19 (1998): 5203–5210. <https://doi.org/10.1128/jb.180.19.5203-5210.1998>.
18. Kvitko B.H., Ramos A.R., Morello J.E., Oh H.S., Collmer A. "Identification of harpins in *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000, which are functionally similar to HrpK1 in promoting translocation of type III secretion system effectors." *Journal of bacteriology* 189, no. 22 (2007): 8059–8072. <https://doi.org/10.1128/jb.01146-07>.
19. Zhao Y., He S.Y., Sundin, G.W. "The *Erwinia amylovora* AvrRpt2EA gene contributes to virulence on pear and AvrRpt2EA is recognized by *Arabidopsis* RPS2 when expressed in *Pseudomonas syringae*." *Molecular plant-microbe interactions* 19, no. 6 (2006): 644–54. <https://doi.org/10.1094/mpmi-19-0644>.

20. Nissinen R.M., Ytterberg A.J., Bogdanove A.J., Van Wijk K.J., Beer S.V. "Analyses of the secretomes of *Erwinia amylovora* and selected Hrp mutants reveal novel type III secreted proteins and an effect of HrpJ on extracellular harpin levels." *Molecular plant pathology* 8, no. 1 (2006): 55–67. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2006.00370.x>.
21. Yuan X., Hulin M.T., Sundin, G.W. "Effectors, chaperones, and harpins of the type III secretion system in the fire blight pathogen *Erwinia amylovora*: a review." *Journal of plant pathology* 103, no. Suppl.1 (2020): 25–39. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00623-1>.
22. Piqué N., Miñana-Galbis D., Merino S., Tomás J. "Virulence factors of *Erwinia amylovora*: a review." *International journal of molecular sciences* 16, no. 6 (2015): 12836–12854. <https://doi.org/10.3390/ijms160612836>.
23. Kharadi R.R., Schachterle J.K., Yuan X., Castiblanco L.F., Peng J., Slack S.M., Zeng Q., Sundin G.W. "Genetic dissection of the *Erwinia amylovora* disease cycle." *Annual review of phytopathology* 59, no. 1 (2021): 191–212. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-020620-095540>.
24. Koczan J.M., McGrath M.J., Zhao Y., Sundin G.W. "Contribution of *Erwinia amylovora* exopolysaccharides amylovan and levan to biofilm formation: implications in pathogenicity." *Phytopathology* 99, no. 11 (2009): 1237–1244. <https://doi.org/10.1094/phyto-99-11-1237>.
25. Dellagi A., Brisset M.N., Paulin J.P., Expert, D. "Dual role of desferrioxamine in *Erwinia amylovora* pathogenicity." *Molecular plant-microbe interactions* 11, no. 8 (1998): 734–742. <https://doi.org/10.1094/mpmi.1998.11.8.734>.
26. Aldridge P., Metzger M., Geider, K. "Genetics of sorbitol metabolism in *Erwinia amylovora* and its influence on bacterial virulence." *Molecular and general genetics* 256, no. 6 (1997): 611–619. <https://doi.org/10.1007/s004380050609>.
27. Bogs J., Geider K. "Molecular analysis of sucrose metabolism of *Erwinia amylovora* and influence on bacterial virulence." *Journal of bacteriology* 182, no. 19 (2000): 5351–5358. <https://doi.org/10.1128/jb.182.19.5351-5358.2000>.
28. Castiblanco L.F., Sundin, G.W. "Cellulose production, activated by cyclic Di-GMP through BcsA and BcsZ, is a virulence factor and an essential determinant of the three-dimensional architectures of biofilms formed by *Erwinia amylovora* Ea1189." *Molecular plant pathology* 19, no. 1 (2016): 90–103. <https://doi.org/10.1111/mpp.12501>.
29. Zeng Q., McNally R.R., Sundin, G.W. "Global small RNA chaperone Hfq and regulatory small RNAs are important virulence regulators in *Erwinia amylovora*." *Journal of bacteriology* 195, no. 8 (2013): 1706–1717. <https://doi.org/10.1128/jb.02056-12>.
30. Drenova N.V., Isin M.M., Dzhamurzina A.A., Zharmukhamedova G.A., Aitkulov A.K. "Bacterial fire blight in the Republic of Kazakhstan." *Plant health: research and practice* 1, no. 3 (2013): 44–48. https://www.researchgate.net/publication/260122985_Bacterial_Fire_Blight_in_the_Republic_of_KazakhstanBakterialnyj_ozog_plodovyyh_kultur_v_Respublike_Kazakhstan.
31. Әжімахан М. «Динамика распространения бактериального ожога яблони и методы диагностики. «Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения–12: Молодежь в науке – инновационный потенциал будущего» 1, №1 (2016): 160–163. https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf12_agro_149.pdf.
32. Малахова Н.П., Скиба Ю.А., Тезекбаева Б.К., Хасейн А., Дмитриева К.Д., Ромашкин В.Н., Жармухамедова Г.А., Джуманова Ж.К., Мальцева Э.Р. «Распространенность *Erwinia amylovora* на дикорастущих и культурных яблоневых деревьях рода *Malus* spp. на период 2021 года.» *Eurasian journal of applied biotechnology*, no. 2 (2022): 62–71. <https://doi.org/10.11134/btp.2.2022.9>.
33. Maltseva E.R., Zharmukhamedova G.A., Jumanova Z.K., Naizabayeva D.A., Berdygulova Z.A., Dmitriyeva K.A., Soltanbekov S.S., Argyunbayeva A.M., Skiba Y.A., Malakhova N.P., Rezzonico F., Smits, T.H.M. "Assessment of fire blight introduction in the wild apple forests of Kazakhstan." *Biodiversity* 23, no. 3–4 (2022): 123–128. <https://doi.org/10.1080/14888386.2022.2141880>.
34. Maltseva E.R., Zharmukhamedova G.A., Jumanova Z.K., Naizabayeva D.A., Berdygulova Z.A., Dmitriyeva K.A., Tezekbayeva B., Khassein A., Skiba Y.A., Malakhova N.P., Ismagulova G.A., Rezzonico F., Smits T.H.M. "Fire blight cases in Almaty region of Kazakhstan in the proximity of wild apple distribution area." *Journal of plant pathology* 106, no. 3 (2023): 971–978. <https://doi.org/10.1007/s42161-023-01416-y>.
35. Исакова Г.А., Жармухамедова Г.А., Джуманова Ж.К., Найзабаева Д.А., Бердыгулова Ж.А., Солтанбеков С.С., Исмагулова Г.А., Скиба Ю.А., Мальцева Э.Р. "Оценка распространения бактериального ожога в диких яблоневых лесах Казахстана." *Вестник КазНУ. серия экологическая* 80, №3 (2024): 68–76. <https://doi.org/10.26577/EJE.2024.v80.i3-07>.
36. Eastwood A., Lazkov G., Newton A.C. *The Red list of trees of central Asia*. Cambridge: Fauna and Flora International Press, 2009. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-2009-006.pdf>.
37. Kolchenko M., Nurtaza A., Pozharskiy A., Dyussebekova D., Kapytina A., Nizamdinova G., Khusnitdinova M., Taskuzhina A., Kakimzhanova A., Gritsenko D. "Wild *Malus niedzwetzkyana* Dieck Ex Koehne as a genetic resource for fire blight resistance." *Horticulturae* 9, no. 10 (2023): 1–12. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101066>.
38. Гриценко Д.А., Низамдинова Г.К., Хамдиева О.Х., Динасилов А.С. «Идентификация бактериального ожога молекулярно-генетическими методами.» *Известия национальной академии наук Республики Казахстан. серия аграрных наук* 6, №42 (2017): 109–115. <http://nblib.library.kz/elib/library.kz/Jurnal/agrarnaya%2006-17/18-%20D.A.Gritsenko0617.pdf>.
39. Омашева М.Е., Аубакирова К.П., Рябушкина Н.А. «Молекулярные Маркеры. Причины и Последствия Ошибок Генотипирования.» *Биотехнология. теория и практика*, №4, (2013): 20–28. <https://doi.org/10.11134/btp.4.2013.3>.
40. Кайрова Г.Н., Дәулет Н., Өрқара Ш.Д., Сапахова З.Б., Абсатарова Д.А., «Развитие бактериального ожога на различных сортах яблони в условиях юга и юго-восток Казахстана.» *Ғылым және білім* 3, № 3 (2022): 158–168. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2022-3-3-158-168>.

41. Kairova G., Daulet N., Solomadin M., Sandybayev N., Orkara S., Belousov V., Kerimbek N., Gritsenko D., Sapakhova Z. "Identification of apple varieties resistant to fire blight (*Erwinia amylovora*) using molecular markers." *Horticulturae* 9, no. 9 (2023): 1-22. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9091000>.
42. Umiraliyeva Zh.Z., Jaimurzina A.A.. "Sensitivity of the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* to antibiotics." *Microbiology and virology* 2, no. 41 (2023): 220-28. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.02.15>.
43. Gusberti M., Klemm U., Meier M., Maurhofer M., Hunger-Glaser I. "Fire blight control: the struggle goes on. A comparison of different fire blight control methods in Switzerland with respect to biosafety, efficacy and durability." *International journal of environmental research and public health* 12, no. 9 (2015): 11422-11447. <https://doi.org/10.3390/ijerph120911422>.
44. Paulin J.P., Lachaud G. "Comparison of the efficiency of some chemicals in preventing fire blight blossom infections." *Acta horticulturae*, no. 151 (1984): 209-214. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1984.151.27>.
45. Mikiciński A., Puławska J., Molzhigitova A., Sobiczewski, P. "Bacterial species recognized for the first time for its biocontrol activity against fire blight (*Erwinia amylovora*)." *European journal of plant pathology* 156, no. 1 (2019): 257-272. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01885-x>.
46. Molzhigitova A., Mikiciński A., Sobiczewski P. "Efficacy of chemical products and epiphytic bacteria in control of fire blight (*Erwinia amylovora*)." *Experimental biology* 81, no. 4 (2019): 56-65. <https://doi.org/10.26577/eb-2019-4-b6>.
47. Копжасаров Б.К., Джаймурзина А.А., Умиралиева Ж.З., Бекназарова З.Б., Есжанов Т.К. "Стратегия борьбы с бактериальным ожогом плодовых культур в Казахстане." *Плодоводство и ягодоводство России* 65, (2021): 87-92. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-65-87-92>.
48. Умиралиева, Ж.З., Копжасаров Б.К., Джаймурзина А.А., Бекназарова З.Б. «Комплексная система защиты яблони от бактериального ожога в условиях юго-востока Казахстана.» *Исследования, результаты* 93, no. 1 (2022): 60-69. <https://doi.org/10.37884/1-2022/08>.
49. Choi D.H., Choi H.J., Kim Y.J., Lim Y.J., Lee I., Park D.H. "Screening of bacterial antagonists to develop an effective cocktail against *Erwinia amylovora*." *Research in plant disease* 28, no. 3 (2022): 152-161. <https://doi.org/10.5423/rpd.2022.28.3.152>.
50. Broggin G.A.L., Duffy B., Holliger E., Schärer H.J., Gessler C., Patocchi A. "Detection of the fire blight biocontrol agent *Bacillus subtilis* BD170 (Biopro®) in a swiss apple orchard." *European journal of plant pathology* 111, no. 2 (2005): 93-100. <https://doi.org/10.1007/s10658-004-1423-x>.
51. Baidalinov A.I., Shemshura O.N., Ismailova E.T., Dzhakibayeva G.T., Tleubekova D.A., Baimakhanova G.B., Kenzheev Sh.T. "Estimation of the biosafety of *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain, promising as a basis of biopreparation against bacterial burn of fruit crops." *Microbiology and virology* 4, no. 35 (2022): 38-47. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2021.04.03>.
52. Shemshura O., Alimzhanova M., Ismailova E., Molzhigitova A., Daugaliyeva S., Sadanov A. "Antagonistic activity and mechanism of a novel *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain against fire blight." *Journal of plant pathology* 102, no. 3 (2020): 825-833. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00515-4>.
53. Sadanov A.K., Suleimenova Z.B., Ismailova E.T., Shemshura O.N., Baimakhanova B.B., Baimakhanova G.B., Bisko N.A., Molzhigitova A.E., Yelubayeva A.E., Tleubekova D.A. "Fire blight of fruit crops." *Microbiology and virology* 1, no. 40 (2023): 35-46. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.01.02>.
54. Roselló G., Bonaterra A., Francés J., Montesinos L., Badosa E., Montesinos E. "Biological control of fire blight of apple and pear with antagonistic *Lactobacillus plantarum*." *European journal of plant pathology* 137, no. 3 (2013): 621-633. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0275-7>.
55. Саданов А.К., Кулдыбаев Н.М., Исмаилова Э.Т., Шемшюра О.Н., Молжигитова А.Е., Турлыбаева З.Ж., Елубаева А.Е., Баймаханова Г.Б., Баймаханова Б.Б. "Скрининг антагонистической активности штаммов молочнокислых бактерий против *Erwinia amylovora*." *Наука и инновации* 2, №8 (2023): 162-168. <https://10.5281/zenodo.8353509>.
56. Dzhakibayeva G.T., Sadanov A.K., Ismailova E.T., Baymakhanova B.B., Molzhigitova A.E., Baymakhanova G.B., Shemshura O.N., Alimzhanova M.B., Tleubekova D.A., Yelubaeva A.E. "Evaluation of the inhibitory activity of collection yeast cultures against the causative agent of bacterial burn *Erwinia amylovora*." *Microbiology and virology* 2, no. 41 (2023): 173-82. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.02.11>.
57. Kairova G., Pozharskiy A., Daulet N., Solomadin M., Sandybayev N., Khusnitdinova M., Nizamdinova G., Sapakhova Z., Gritsenko D. "Evaluation of fire blight resistance of eleven apple rootstocks grown in Kazakhstani fields." *Applied sciences* 13, no. 20 (2023): 1-14. <https://doi.org/10.3390/app132011530>.

References

1. Aleksandrov I.N. "Fire blight of fruit crops in the Russian Federation. Historical background." *Plant protection and quarantine*, no. 12 (2009): 26-29. (in russian) <https://cyberleninka.ru/article/n/bakterialnyy-ozhog-plodovyh-kultur-v-rossiyskoy-federatsii-istoricheskaya-spravka.pdf>.
2. Khodjaeva S.M., Khasanov B.A., A.G. Guzalova A.G. "Fire blight of fruit trees in Uzbekistan caused by the bacterium *Erwinia amylovora* (Burill) Winslow et al." *World science* 5, no.1 (2016): 17-20. (in russian) <https://rsglobal.pl/index.php/ws/article/view/704/688>.
3. Djaimurzina A., Umiraliyeva Z., Zharmukhamedova G., Born Y., Bühlmann A., Rezzonico F. "Detection of the causative agent of fire blight – *Erwinia amylovora* (Burill) Winslow et al. – in the Southeast of Kazakhstan." *Acta horticulturae*, no. 1056 (2014): 129-32. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2014.1056.18>.

4. Sagitov A.O., Isin M.M., Dzhajmurzina A.A., Kopzhassarov B.K., Jumanova Zh.K., Umiralyieva Zh.Z. "Fire blight of fruit crops in Kazakhstan." *Plant protection and quarantine*, no. 9 (2015): 13-15. (in russian) <https://karantin.net/wp-content/uploads/2017/09/biologicheskaya-zaschita-rasteniy-v-kazahstane-1.pdf>.
5. Doolotkeldieva T., Bobusheva S. "Fire blight disease caused by *Erwinia amylovora* on *Rosaceae* plants in Kyrgyzstan and biological agents to control this disease." *Advances in microbiology*, no. 6 (2016): 831-851. <http://dx.doi.org/10.4236/aim.2016.611080>.
6. Doolotkeldieva T., Bobushova S., Carnal S., Rezzonico F. "Genetic characterization of *Erwinia amylovora* isolates detected in the wild walnut-fruit forest of South Kyrgyzstan." *Journal of plant pathology* 103, no. Suppl.1 (2021): 109-120. <https://doi.org/10.1007/s42161-021-00752-1>.
7. Van Der Zwet T., Orolaza-Halbrecht N., Wolfgang Z. *Fire blight: history, biology, and management*. St. Paul: American Phytopathological Society Press, 2012. <https://doi.org/10.1094/9780890544839>.
8. Santander, R.D., Català-Senent J.F., Marco-Noales E., Biosca E.G. "In planta recovery of *Erwinia amylovora* viable but nonculturable cells." *Trees* 26, no. 1 (2011): 75-82. <https://doi.org/10.1007/s00468-011-0653-8>.
9. Mansfield J., Genin S., Magori S., Citovsky V., Sriariyanum M., Ronald P., Dow M., Verdier V., Beer S.V., Machado M.A., Toth I., Salmond G., Foster, G.D. "Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology." *Molecular plant pathology* 13, no. 6 (2012): 614-29. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00804.x>.
10. Braun P.G., Hildebrand P.D. "Epidemiology of fire blight of florican fruiting red raspberry caused by *Erwinia amylovora*." *Canadian journal of plant pathology* 28, no. 1 (2006): 95-99. <https://doi.org/10.1080/07060660609507275>.
11. Temreshev I.I., Kopzhassarov B.K., Beknazarova Z.B., Sarbassova A.M., Sadanov A.K., Ismailova E.T., Molzhigitova A.E., Yakovlev R.V. "Red bud borer *Resseliella oculiperda* (Rübsaamen, 1893) (Diptera, Cecidomyiidae) – a new vector of fire blight (*Erwinia amylovora*) of fruit crops in Kazakhstan" *Microbiology and virology*, no. 4 (2023): 171-182. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.04.10>.
12. Vrancken K., Holtappels M., Schoofs H., Deckers T., Valcke R. "Pathogenicity and infection strategies of the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* in *Rosaceae*: state of the art." *Microbiology* 159, no. Pt.5 (2013): 823-832. <https://doi.org/10.1099/mic.0.064881-0>.
13. Piqué N., Miñana-Galbis D., Merino S., Tomás J. "Virulence factors of *Erwinia amylovora*: a review." *International journal of molecular sciences* 16, no. 6 (2015): 12836-12854. <https://doi.org/10.3390/ijms160612836>.
14. Khokhani D., Zhang C., Li Y., Wang Q., Zeng Q., Yamazaki A., Hutchins W., Zhou S.S., Chen X., Yang C.H. "Discovery of plant phenolic compounds that act as type III secretion system inhibitors or inducers of the fire blight pathogen, *Erwinia amylovora*." *Applied and environmental microbiology* 79, no. 18 (2013): 5424-5436. <https://doi.org/10.1128/aem.00845-13>.
15. Bogdanove A.J., Bauer D.W., Beer, S.V. "*Erwinia amylovora* secretes DspE, a pathogenicity factor and functional AvrE homolog, through the Hrp (type III secretion) pathway." *Journal of bacteriology* 180, no. 8 (1998): 2244-2247. <https://doi.org/10.1128/jb.180.8.2244-2247.1998>.
16. Gaudriault S., Malandrin L., Paulin J.P., Barny M.A. "DspA, an essential pathogenicity factor of *Erwinia amylovora* showing homology with AvrE of *Pseudomonas syringae*, is secreted via the Hrp secretion pathway in a DspB-dependent way." *Molecular microbiology* 26, no. 5 (1997): 1057-1069. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2958.1997.6442015.x>.
17. Kim J.F., Beer S.V. "HrpW of *Erwinia amylovora*, a new harpin that contains a domain homologous to pectate lyases of a distinct class." *Journal of bacteriology* 180, no. 19 (1998): 5203-5210. <https://doi.org/10.1128/jb.180.19.5203-5210.1998>.
18. Kvitko B.H., Ramos A.R., Morello J.E., Oh H.S., Collmer A. "Identification of harpins in *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000, which are functionally similar to HrpK1 in promoting translocation of type III secretion system effectors." *Journal of bacteriology* 189, no. 22 (2007): 8059-8072. <https://doi.org/10.1128/jb.01146-07>.
19. Zhao Y., He S.Y., Sundin, G.W. "The *Erwinia amylovora* AvrRpt2EA gene contributes to virulence on pear and AvrRpt2EA is recognized by *Arabidopsis* RPS2 when expressed in *Pseudomonas syringae*." *Molecular plant-microbe interactions* 19, no. 6 (2006): 644-54. <https://doi.org/10.1094/mpmi-19-0644>.
20. Nissinen R.M., Ytterberg A.J., Bogdanove A.J., Van Wijk K.J., Beer S.V. "Analyses of the secretomes of *Erwinia amylovora* and selected Hrp mutants reveal novel type III secreted proteins and an effect of HrpJ on extracellular harpin levels." *Molecular plant pathology* 8, no. 1 (2006): 55-67. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2006.00370.x>.
21. Yuan X., Hulin M.T., Sundin, G.W. "Effectors, chaperones, and harpins of the type III secretion system in the fire blight pathogen *Erwinia amylovora*: a review." *Journal of plant pathology* 103, no. Suppl.1 (2020): 25-39. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00623-1>.
22. Piqué N., Miñana-Galbis D., Merino S., Tomás J. "Virulence factors of *Erwinia amylovora*: a review." *International journal of molecular sciences* 16, no. 6 (2015): 12836-12854. <https://doi.org/10.3390/ijms160612836>.
23. Kharadi R.R., Schachterle J.K., Yuan X., Castiblanco L.F., Peng J., Slack S.M., Zeng Q., Sundin G.W. "Genetic dissection of the *Erwinia amylovora* disease cycle." *Annual review of phytopathology* 59, no. 1 (2021): 191-212. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-020620-095540>.
24. Koczan J.M., McGrath M.J., Zhao Y., Sundin G.W. "Contribution of *Erwinia amylovora* exopolysaccharides amylovan and levan to biofilm formation: implications in pathogenicity." *Phytopathology* 99, no. 11 (2009): 1237-1244. <https://doi.org/10.1094/phyto-99-11-1237>.
25. Dellagi A., Brisset M.N., Paulin J.P., Expert, D. "Dual role of desferrioxamine in *Erwinia amylovora* pathogenicity." *Molecular plant-microbe interactions* 11, no. 8 (1998): 734-742. <https://doi.org/10.1094/mpmi.1998.11.8.734>.
26. Aldridge P., Metzger M., Geider, K. "Genetics of sorbitol metabolism in *Erwinia amylovora* and its influence on bacterial virulence." *Molecular and general genetics* 256, no. 6 (1997): 611-619. <https://doi.org/10.1007/s004380050609>.

27. Bogs J., Geider K. "Molecular analysis of sucrose metabolism of *Erwinia amylovora* and influence on bacterial virulence." *Journal of bacteriology* 182, no. 19 (2000): 5351–5358. <https://doi.org/10.1128/jb.182.19.5351-5358.2000>.
- 28.
29. Castiblanco L.F., Sundin, G.W. "Cellulose production, activated by cyclic Di-GMP through BcsA and BcsZ, is a virulence factor and an essential determinant of the three-dimensional architectures of biofilms formed by *Erwinia amylovora* Ea1189." *Molecular plant pathology* 19, no. 1 (2016): 90–103. <https://doi.org/10.1111/mpp.12501>.
30. Zeng Q., McNally R.R., Sundin, G.W. "Global small RNA chaperone Hfq and regulatory small RNAs are important virulence regulators in *Erwinia amylovora*." *Journal of bacteriology* 195, no. 8 (2013): 1706–1717. <https://doi.org/10.1128/jb.02056-12>.
31. Drenova N.V., Isin M.M., Dzhaiburzina A.A., Zharmukhamedova G.A., Aitkulov A.K. "Bacterial fire blight in the Republic of Kazakhstan." *Plant health: research and practice* 1, no. 3 (2013): 44–48. https://www.researchgate.net/publication/260122985_Bacterial_Fire_Blight_in_the_Republic_of_KazakhstanBakterialnyj_ozog_plodovyyh_kultur_v_Respublike_Kazahstan.
32. Azhimakhan M. "Dynamics of spread of fire blight of apple trees and diagnostic methods." *Materials of the Republican scientific and theoretical conference "Seifullin readings-12: Youth in science – the innovative potential of the future"* 1, no. 1 (2016): 160–163. (in russian) https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf12_agro_149.pdf.
33. Malakhova, N.P., Y.A. Skiba, B.K. Tezekbayeva, A. Khasseyin, K.A. Dmitriyeva, V.N. Romashkin, G.A. Zharmukhamedova, Zh. K. Jumanova, and E.R. Maltseva. "Distribution of *Erwinia amylovora* on wild and culturally grown apple trees *Malus* spp. for the period of 2021." *Eurasian journal of applied biotechnology*, no. 2 (2022): 62–71. (in russian) <https://doi.org/10.11134/btp.2.2022.9>.
34. Maltseva E.R., Zharmukhamedova G.A., Jumanova Z.K., Naizabayeva D.A., Berdygulova Z.A., Dmitriyeva K.A., Soltanbekov S.S., Argyunbayeva A.M., Skiba Y.A., Malakhova N.P., Rezzonico F., Smits, T.H.M. "Assessment of fire blight introduction in the wild apple forests of Kazakhstan." *Biodiversity* 23, no. 3–4 (2022): 123–128. <https://doi.org/10.1080/14888386.2022.2141880>.
35. Maltseva E.R., Zharmukhamedova G.A., Jumanova Z.K., Naizabayeva D.A., Berdygulova Z.A., Dmitriyeva K.A., Tezekbayeva B., Khasseyin A., Skiba Y.A., Malakhova N.P., Ismagulova G.A., Rezzonico F., Smits T.H.M. "Fire blight cases in Almaty region of Kazakhstan in the proximity of wild apple distribution area." *Journal of plant pathology* 106, no. 3 (2023): 971–978. <https://doi.org/10.1007/s42161-023-01416-y>.
36. Iskakova G.A., Zharmukhamedova G.A., Jumanova Z.K., Naizabayeva D.A., Berdygulova Z.A., Soltanbekov S.S., Ismagulova G.A., Skiba Y.A., Maltseva E.R. "Assessment of the spread of fire blight in wild apple forests of Kazakhstan." *Eurasian journal of ecology* 80, no. 3 (2024): 68–76. (in kazakh) <https://doi.org/10.26577/eje.2024.v80.i3-07>.
37. Eastwood A., Lazkov G., Newton A.C. *The Red list of trees of central Asia*. Cambridge: Fauna and Flora International Press, 2009. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-2009-006.pdf>.
38. Kolchenko M., Nurtaza A., Pozharskiy A., Dyussembekova D., Kapytina A., Nizamdinova G., Khusniddinova M., Taskuzhina A., Kakimzhanova A., Gritsenko D. "Wild *Malus niedzwetzkyana* Dieck Ex Koehne as a genetic resource for fire blight resistance." *Horticulturae* 9, no. 10 (2023): 1–12. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101066>.
39. Gritsenko D.A., Nizamdinova G.K., Khamdiyeva O.Kh., Dynasilov A.S. "Identification of fire blight by using molecular methods." *News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. series of agricultural sciences* 6, №42 (2017): 109–115. (in russian) <http://nblib.library.kz/elib/library.kz/Jurnal/agrarnaya%2006-17/18-%20D.A.Gritsenko0617.pdf>.
40. Omasheva M.E., Aubakirova K.P., Ryabushkina N.A. "Molecular markers. causes and consequences of genotyping errors." *Biotechnology. theory and practice*, no 4, (2013): 20–28. (in russian) <https://doi.org/10.11134/btp.4.2013.3>.
41. Kairova G.N., Daulet N., Orkara Sh.D., Sapakhova Z.B., Absatarov D.A. "Development of fire blight on various apple varieties in the conditions of the south and south-east of Kazakhstan." *Science and education* 3, no. 3 (2022): 158–168. (in russian) <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2022-3-3-158-168>.
42. Kairova G., Daulet N., Solomadin M., Sandybayev N., Orkara S., Belousov V., Kerimbek N., Gritsenko D., Sapakhova Z. "Identification of apple varieties resistant to fire blight (*Erwinia amylovora*) using molecular markers." *Horticulturae* 9, no. 9 (2023): 1–22. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9091000>.
43. Umiraliyeva Zh.Z., Jaimurzina A.A. "Sensitivity of the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* to antibiotics." *Microbiology and virology* 2, no. 41 (2023): 220–28. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.02.15>.
44. Gusberti M., Klemm U., Meier M., Maurhofer M., Hunger-Glaser I. "Fire blight control: the struggle goes on. A comparison of different fire blight control methods in Switzerland with respect to biosafety, efficacy and durability." *International journal of environmental research and public health* 12, no. 9 (2015): 11422–11447. <https://doi.org/10.3390/ijerph120911422>.
45. Paulin J.P., Lachaud G. "Comparison of the efficiency of some chemicals in preventing fire blight blossom infections." *Acta horticulturae*, no. 151 (1984): 209–214. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1984.151.27>.
46. Mikiciński A., Puławska J., Molzhigitova A., Sobiczewski, P. "Bacterial species recognized for the first time for its biocontrol activity against fire blight (*Erwinia amylovora*)." *European journal of plant pathology* 156, no. 1 (2019): 257–272. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01885-x>.
47. Molzhigitova A., Mikiciński A., Sobiczewski P. "Efficacy of chemical products and epiphytic bacteria in control of fire blight (*Erwinia amylovora*)." *Experimental biology* 81, no. 4 (2019): 56–65. <https://doi.org/10.26577/eb-2019-4-b6>.
48. Kopzhasarov B.K., Dzhaiburzina A.A., Umiraliyeva Zh.Z., Beknazarova Z.B., Eszhanov T.K. "Strategy for combating bacterial burn of fruit crops in Kazakhstan." *Pomiculture and small fruits culture in Russia* 65, (2021): 87–92. (in russian) <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-65-87-92>.

49. Umiraliyeva Zh.Z., Kopzhassarov B.K., Jaimurzina A.A., Beknazarova Z.B. “Integrated system for protecting apple trees from fire blight in the conditions of the south-east of Kazakhstan.” *Research, results* 93, no. 1 (2022): 60–69. (in russian) <https://doi.org/10.37884/1-2022/08>.
50. Choi D.H., Choi H.J., Kim Y.J., Lim Y.J., Lee I., Park D.H. “Screening of bacterial antagonists to develop an effective cocktail against *Erwinia amylovora*.” *Research in plant disease* 28, no. 3 (2022): 152–161. <https://doi.org/10.5423/rpd.2022.28.3.152>.
51. Brogginini G.A.L., Duffy B., Holliger E., Schärer H.J., Gessler C., Patocchi A. “Detection of the fire blight biocontrol agent *Bacillus subtilis* BD170 (Biopro®) in a swiss apple orchard.” *European journal of plant pathology* 111, no. 2 (2005): 93–100. <https://doi.org/10.1007/s10658-004-1423-x>.
52. Baidalinov A.I., Shemshura O.N., Ismailova E.T., Dzhakibayeva G.T., Tleubekova D.A., Baimakhanova G.B., Kenzheev Sh.T. “Estimation of the biosafety of *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain, promising as a basis of biopreparation against bacterial burn of fruit crops.” *Microbiology and virology* 4, no. 35 (2022): 38–47. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2021.04.03>.
53. Shemshura O., Alimzhanova M., Ismailova E., Molzhigitova A., Daugaliyeva S., Sadanov A. “Antagonistic activity and mechanism of a novel *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain against fire blight.” *Journal of plant pathology* 102, no. 3 (2020): 825–833. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00515-4>.
54. Sadanov A.K., Suleimenova Z.B., Ismailova E.T., Shemshura O.N., Baimakhanova B.B., Baimakhanova G.B., Bisko N.A., Molzhigitova A.E., Yelubayeva A.E., Tleubekova D.A. “Fire blight of fruit crops.” *Microbiology and virology* 1, no. 40 (2023): 35–46. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.01.02>.
55. Roselló G., Bonaterra A., Francés J., Montesinos L., Badosa E., Montesinos E. “Biological control of fire blight of apple and pear with antagonistic *Lactobacillus plantarum*.” *European journal of plant pathology* 137, no. 3 (2013): 621–633. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0275-7>.
56. Sadanov A.K., Kuldibayev N.M., Ismailova E.T., Shemshura O.N., Molzhigitova A.E., Turlybayeva Z.Zh., Yelubayeva A.E., Baimakhanova G.B., Baimakhanova B.B. “Screening of antagonistic activity of lactic acid bacteria strains against *Erwinia amylovora*.” *Science and innovation* 2, no. 8 (2023): 162–168. (in russian) <https://10.5281/zenodo.8353509>.
57. Dzhakibayeva G.T., Sadanov A.K., Ismailova E.T., Baymakhanova B.B., Molzhigitova A.E., Baymakhanova G.B., Shemshura O.N., Alimzhanova M.B., Tleubekova D.A., Yelubayeva A.E. “Evaluation of the inhibitory activity of collection yeast cultures against the causative agent of bacterial burn *Erwinia amylovora*.” *Microbiology and virology* 2, no. 41 (2023): 173–82. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.02.11>.
58. Kairova G., Pozharskiy A., Daulet N., Solomadin M., Sandybayev N., Khusnitdinova M., Nizamdinova G., Sapakhova Z., Gritsenko D. “Evaluation of fire blight resistance of eleven apple rootstocks grown in Kazakhstani fields.” *Applied sciences* 13, no. 20 (2023): 1–14. <https://doi.org/10.3390/app132011530>.

Авторлар туралы мәлімет:

Кузовлев Владимир Анатольевич – биология ғылымының кандидаты, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты (Алматы, Қазақстан, vlad.kuzovlev@mail.ru).

Искакова Гульнур Аюповна (корреспондент автор) – PhD докторант, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институтының геном зертханасының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, g.iskakova83@gmail.com).

Жармухамедова Галия Аукеновна – биология ғылымының кандидаты, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты, Тетис ғылыми қоғамы (Алматы, Қазақстан, galiya16021957@gmail.com).

Джуманова Жұлдызай Кабыловна – ауылшаруашылық ғылымының кандидаты, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты, Тетис ғылыми қоғамы (Алматы, Қазақстан, dzhumanova.zhuldyz@mail.ru).

Хакимжанов Айдар Атымтаевич – биология ғылымының кандидаты, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты (Алматы, Қазақстан, a.khakimzhanov@mail.ru).

Меңдеш Асель Мұратқызы – магистр, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты (Алматы, Қазақстан, neobe83@mail.ru).

Байсапарова Дина Оралбаевна – магистр, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты (Алматы, Қазақстан, dina15061976@gmail.com).

Олжас Русланұлы – магистрант, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты (Алматы, Қазақстан, oljas1497@gmail.com).

Исмагулова Гульнара Акимжановна – биология ғылымының кандидаты, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институтының геном зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан, i_gulnara@mail.ru).

Information about authors:

Kuzovlev Vladimir Anatolyevich – candidate of biological sciences, MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, vlad.kuzovlev@mail.ru).

Iskakova Gulnura Ayupovna (corresponding author) – PhD candidate, researcher of the Genome Laboratory of the MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, g.iskakova83@gmail.com).

Zharmukhamedova Galiya Aukenovna – MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Tethys Scientific Society (Almaty, Kazakhstan, galiya16021957@gmail.com).

Jumanova Zhulduzay Kabylovna – MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Tethys Scientific Society (Almaty, Kazakhstan, dzhumanova.zhuldyz@mail.ru).

Khakimzhanov Aidar Atymtaevich – candidate of biological sciences, MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, a.khakimzhanov@mail.ru).

Mendesh Assel Muratkyzy – master, MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, neobe83@mail.ru).

Baisaparova Dina Oralbayevna – master, MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, dina15061976@gmail.com).

Olzhas Ruslanuly – master student, MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, oljas1497@gmail.com).

Ismagulova Gulnar Akimzhanovna – candidate of biological sciences, Head of the Genome Laboratory of the MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, i_gulnara@mail.ru).

Информация об авторах:

Кузовлев Владимир Анатольевич – к. б. н., Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: vlad.kuzovlev@mail.ru);

Искакова Гульнур Аюповна (корреспондент-автор) – PhD, научный сотрудник Лаборатории генома Института молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: g.iskakova83@gmail.com);

Жармухамедова Галия Аукеновна – к. б. н., Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина, Научное общество «Тетис» (Алматы, Казахстан, e-mail: galiya16021957@gmail.com);

Джуманова Жулдызай Кабыловна – к. с.-х. н., Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина, Научное общество «Тетис» (Алматы, Казахстан, e-mail: dzhumanova.zhuldyz@mail.ru);

Хакимжанов Айдар Атымтаевич – к. б. н., Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: a.khakimzhanov@mail.ru);

Меңдеш Асель Мұратқызы – магистр, Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: neobe83@mail.ru);

Байсапарова Дина Оралбаевна – магистр, Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: dina15061976@gmail.com);

Олжас Русланұлы – магистрант, Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: oljas1497@gmail.com);

Исмагулова Гульнара Акимжановна – к. б. н., заведующая лабораторией генома Института молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: i_gulnara@mail.ru).

Поступила 23 апреля 2025 года

Принята 20 сентября 2025 года

АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН АҚПАРАТ

«ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» журналы 1992 жылы құрылған. Журналдың құрылтайшысы және шығарушысы Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті болып табылады. Журналдың жоғары оқу орны көрсетілген мұқабасы мен титулдық парақтары, шығыс деректері, ISSN, eISSN, редакциялық алқа құрамы, редакциялық саясаты, жарияланымдық этикасы және веб-сайты бар.

Журнал жылына 4 рет шығарылады.

Журнал авторлардың жарияланымдарының ақпараттық ашықтығы және қол жетімділігі саясатына сәйкес келеді, мақалалар журналдың сайтында орналастырылады <https://bulletin-ecology.kaznu.kz> үш тілде толық мәтінді қолжетімділікте

Журналдың мақсаты – экология және табиғи ресурстар саласындағы алдыңғы қатарлы зерттеулердің нәтижелері мен жан-жақты көрсетілімін қамтамасыз ету. Журнал экологиялық проблемалар мен қоршаған ортаны қорғауға ғылыми қызығушылық танытатын ғылыми қызметкерлерге, оқытушыларға, докторанттар мен түрлі мамандықтағы студенттерге арналған.

Журнал міндеттері:

- Экология және қоршаған ортаны қорғау бойынша фундаменталды және қолданбалы ғылымның түрлі салаларында маңызды мәнге ие жаңа ғылыми нәтижелерді жариялау.

- Диссертацияларды қорғауға және ғылыми мамандықтар бойынша ғылыми дәрежелер алуға үміткер магистранттар мен докторанттардың ғылыми жұмыстарының нәтижелерін кең жариялаудың ашықтығы мен қол жетімділігі ортасын құру.

- Ғылыми қоғамдастықтың, сондай-ақ жас және жаңа бастаған ғалымдардың журналға деген тұрақты қызығушылығын қалыптастыру, оның экология мәселелерін зерттейтін мамандардың кәсіби ортасында өсіп келе жатқан қажеттілігін қалыптастыру.

Журнал материалдары экология және қоршаған ортаның ластануы саласындағы проблемалардың кең ауқымын қамтиды. Мақалалар **экологияның келесі тақырыптық бөлімдері** бойынша жарияланады:

- Жер туралы ғалым;
- Қоршаған ортаны ластау және қорғау;
- Экологиялық биотехнология;
- Адам, өсімдіктер, жануарлар және микроорганизмдер экологиясы;
- Климаттың ғаламдық өзгеруі, су ресурстарын басқару;
- Бұзылған экосистемаларды қалпына келтіру;
- Қоршаған орта және көші-қон;
- Қалалар және климаттың өзгеруі;
- Экологиялық ойлау және адамзат стратегиясы.

«ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» журналының тақырыптық бағыттарына сәйкес келетін және қолжазбаны ресімдеу талаптары бойынша қатаң ресімделген, автордың (авторлардың) қазақ, орыс немесе ағылшын тілдерінде бұрын жарияланбаған мақалалары қабылданады.

«ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» журналы авторлардың ғылыми жұмысқа құқығын сақтайды және журналға бірінші жариялау құқығын жұмыспен бірге береді, оны бір уақытта Creative Commons Attribution License (CC BY-NC-ND 4.0) бойынша лицензиялайды.

Жариялау процесінің барлық қатысушылары, атап айтқанда, әрбір автор, ғылыми редактор, рецензент, жауапты хатшы, «ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» ғылыми журналының редакциялық алқасының мүшелері міндетті түрде жариялау этикасының қағидаларын, нормалары мен стандарттарын ұстануға міндетті. Этикалық қағидаларды сақтау ғылыми журналдың сапасын қамтамасыз ету және сақтау үшін де, жариялау процесіне қатысушылар арасында сенімді және құрметті қарым-қатынас құру үшін де маңызды.

Мақаланы жариялау төлемі тек редакцияның мақаланың қабылданған шешімі хабарламасынан кейін ғана жүргізіледі. Жарияланым құны – 2000 теңге/бет WORD форматында (шрифт 12, Times New Roman).

Реквизиттер:

«Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Индекс 050040

Мекенжайы: Алматы қаласы, Әл-Фараби даңғылы, 71

БИН 990140001154

КВЕ 16 «Бірінші Heartland Jusan Bank» АҚ

ИИК KZ19998CTB0000567141 – теңге

ИИК KZ40998CTB0000567151 – АҚШ доллары

БИК TSESKZKA

INFORMATION FOR AUTHORS

Journal «Vestnik KazNU. Ecological Series» was founded in 1992. In 2007 was renamed as «**Eurasian Journal of Ecology**» (in the English version). The founder and publisher of the journal are the Al-Farabi Kazakh National University. The journal has a developed and approved cover and title pages with an indication of the institution, imprint of the issue, ISSN, eISSN, editorial board, editorial policy, publication ethics, and website. The journal is published 4 times a year.

The journal follows the policy of information openness and accessibility of authors' publications, articles are posted on the journal's website <https://bulletin-ecology.kaznu.kz> in three languages in full-text access.

The aim of the journal is to provide a comprehensive presentation and results of cutting-edge research in the field of ecology and natural resources. The journal is intended for researchers, teachers, doctoral students, and students of various specialties who show scientific interest in environmental problems and environmental protection.

Journal objectives:

- To highlight new scientific results of significant importance in various fields of fundamental and applied science in ecology and environmental protection.
- To create an environment of openness and accessibility of wide coverage of the results of scientific work of undergraduates and doctoral students applying for the defense of dissertations and obtaining academic degrees in scientific specialties of dissertation councils in various fields of ecology.
- To form a constant stable interest among the scientific community, as well as among young and novice scientists in the journal, its growing demand in professional circles of specialists researching environmental issues.

The journal's materials cover a wide range of problems in the field of ecology and environmental pollution. Articles are published in the following thematic sections of ecology:

- Earth Science;
- Pollution and environmental protection;
- Environmental biotechnology;
- Ecology of humans, plants, animals and microorganisms;
- Global climate change, water resources management,
- Restoration of damaged ecosystems;
- Environment and migration;
- Cities and climate change;
- Environmental thinking and human strategy.

For publication in the «Eurasian Journal of Ecology» articles previously unpublished by the author (authors) are accepted – in Kazakh, Russian or English, which correspond to the thematic areas of the journal and are designed strictly according to the requirements of the manuscript format.

Authors of articles in the «Eurasian Journal of Ecology» retain the author's right to scientific work and transfer to the journal the right of first publication along with the work, licensing it at a time under the Creative Commons Attribution License (CC BY-NC-ND 4.0).

All participants in the publication process, namely, each author, scientific editor, reviewer, executive secretary, members of the editorial board of the scientific «Eurasian Journal of Ecology» are obliged to unconditionally adhere to the principles, norms and standards of publication ethics. Compliance with ethical principles is important both to ensure and maintain the quality of a scientific journal, and also to create trust and respect between participants in the publication process.

Payment is made only after the article is accepted for publication and the editors have notified it. Publication cost – 2000 tenge/ page in WORD format (font 12, Times New Roman)

Requisites:

Non-profit joint-stock company «Al-Farabi Kazakh National University»

Index 050040

Address: Almaty, Al-Farabi Ave. 71

BIN 990140001154

KBE 16 JSC «First Heartland Jusan Bank»

IIK KZ19998CTB0000567141 – tenge

IIK KZ40998CTB0000567151 – USD

BIC TSESKZKA

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Вестник КазНУ. Серия экологическая» был основан в 1992 году. Учредителем и издателем журнала является Казахский национальный университет имени аль-Фараби. Журнал имеет разработанные и утвержденные обложку и титульные листы с указанием вуза, выходные данные номера, ISSN, eISSN, состава редколлегии, редакционную политику, публикационную этику и веб-сайт. Журнал выпускается периодичностью 4 раза в год.

Журнал следует политике информационной открытости и доступности публикаций авторов, статьи размещаются на сайте журнала <https://bulletin-ecology.kaznu.kz> на трех языках в полнотекстовом доступе.

Цель журнала – обеспечить всестороннее представление и результаты передовых исследований в области экологии и природных ресурсов. Журнал предназначен для научных сотрудников, преподавателей, докторантов и студентов различных специальностей, проявляющих научный интерес к экологическим проблемам и охране окружающей среды.

Задачи журнала:

- Освещать новые научные результаты, имеющие существенное значение в различных областях фундаментальной и прикладной науки по экологии и охране окружающей среды.
- Создавать среду открытости и доступности широкого освещения результатов научных работ магистрантов и докторантов, претендующих на защиту диссертаций и получение ученых степеней по научным специальностям диссертационных советов в различных областях экологии.
- Формировать постоянный устойчивый интерес у научной общественности, а также у молодых и начинающих ученых к журналу, его растущую востребованность в профессиональных кругах специалистов, исследующих вопросы экологии.

Материалы журнала освещают широкий круг проблем в области экологии и загрязнения окружающей среды. Статьи публикуются по следующим **тематическим разделам экологии**:

- Наука о земле;
- Загрязнение и охрана окружающей среды;
- Экологическая биотехнология;
- Экология человека, растений, животных и микроорганизмов;
- Глобальное изменение климата, управление водными ресурсами;
- Восстановление нарушенных экосистем;
- Окружающая среда и миграция;
- Экологическое мышление и стратегия человечества.

Для публикации в журнале «Вестник КазНУ. Серия экологическая» принимаются ранее не опубликованные автором (авторами) статьи на русском, казахском или английском языке, которые соответствуют тематическим направлениям журнала и оформлены строго по требованиям оформления рукописи.

Авторы статей журнала «Вестник КазНУ. Серия экологическая» сохраняют за собой право автора на научную работу и передают журналу право первой публикации вместе с работой, одновременно лицензируя ее по лицензии Creative Commons Attribution License (CC BY-NC-ND 4.0).

Все участники процесса публикации, а именно, каждый автор, научный редактор, рецензент, ответственный секретарь, члены редакционной коллегии научного журнала «Вестник КазНУ. Серия экологическая» обязаны безусловно придерживаться принципов, норм и стандартов публикационной этики. Соблюдение этических принципов является важным как для обеспечения и поддержания качества научного журнала, также и для создания доверительных и уважительных отношений между участниками процесса публикации.

Оплата производится только после принятия статьи к публикации и сообщения редакции. Стоимость публикации – 2000 тенге/страница в формате WORD (шрифт 12, Times New Roman).

Реквизиты:

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени Аль-Фараби»

Индекс 050040

Адрес: г. Алматы, пр. аль-Фараби 71

БИН 990140001154

КБЕ 16 АО «First Heartland Jýsan Bank»

ИИК KZ19998CTB0000567141 – тенге

ИИК KZ40998CTB0000567151 – USD

БИК TSESKZKA

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері	Section 1 Environmental impact of anthropogenic factors and environmental protection	Раздел 1 Воздействие на окружающую среду антропогенных факторов и защита окружающей среды
С.М. Романова, А.С. Серикова, Р.Е. Махмутова, Е.Г. Крупа Изменение ионно-солевого состава воды реки Шу (Казахстанская часть) в многолетнем цикле.....		4
F. Amutova, M. Nurseitova, A. Akhatzhanova, G. Konuspayeva, N.N. Akhmetsadykov, S. Jurjanz Monitoring of DDT in soils near former storehouses in the Talgar region of the Almaty oblast.....		17
A.A. Samadova, S.R. Hajiyeva Determination of iron ions in river waters and their impact on the ecosystem		26
A.A. Sayanov, M.Zh. Makhambetov, Zh.S. Sarkulova, Sh.K. Shapalov, R. Izimova Comprehensive environmental assessment of the state of green spaces of the urban environment of the city of Atyrau		32
2-бөлім Қоршаған орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау	Section 2 Assessment of environmental pollution on biota and health	Раздел 2 Оценка действия загрязнителей окружающей среды на биоту и здоровье населения
М.С. Абдуллаева, А.М. Касымбекова, Л.П. Лебедева, К. Ергали, Л.З. Мусралина, А.А. Гаршин, Л.Б. Джансугурова, Д.Н. Артыгалиева, Н.К. Алтынова Анализ влияния генетических полиморфизмов и концентраций PM _{2.5} , CO и SO ₂ на риск развития бронхиальной астмы у жителей города Алматы		44
A.M. Malik, G.Zh. Abdieva, P.S. Ualieva, N.Sh. Akimbekov, K.T. Tastambek, Zh.T. Tauanov, M.A. Turalieva Determination of microbial diversity of indigenous microflora of soil samples contaminated with xenobiotics and study of their microbiological properties.....		59
3-бөлім Биологиялық аулантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері	Section 3 Actual problems of biodiversity conservation	Раздел 3 Актуальные проблемы сохранения биологического разнообразия
К.М. Ахмеденов, А.Г. Бакиев, А.Е. Кузовенко, А.А. Кленина, А.Б. Кишибекова Рептилии Ащизекского заказника и природного резервата «Бокейорда» (Республика Казахстан).....		74
Л.А. Димеева, Ж.К. Салмуханбетова Природная и антропогенная динамика сообществ полыни белоземельной (<i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch.) в Северном Приаралье.....		84
М. Ербай, И.Г. Отрадных, И.А. Съедина, Н.К. Корбозова, Н.О. Кудрина, Н.В. Терлецкая Сравнительный анализ фитохимического состава надземной части растений <i>Rhodiola linearifolia boriss.</i> из разных экопопуляций Заилийского Алатау.....		98
А.Б. Есжанов, С.В. Колов, Л.В. Ким К рационалу паука <i>Stegodyphus lineatus</i> (Latreille, 1817) в пустыне Жусандала		112

А.С. Муратбаева, А.С. Нурмаханова, А.Ж. Чилдибаева, С.Д. Атабаева, А.А. Омирбекова, А.Б. Мылтықбаева, Г.У. Байташева, К.Т. Абидулова, Э.А. Кырбасова Жартытөбе ауылдық округінде сирек кездесетін <i>Spiraeanthus Schrenkianus</i> Fisch. & С.А. Mey. өсімдігінің ценопопуляцияларын геоботаника негізінде талдау	121
С.К. Мухтубаева, А.Б. Достемесова, К.С. Избастина, С.А. Кобланова, Б.К. Жумабекова, Ж.А. Абдукадинова Күнгей Алатауы жотасының шығыс бөлігіндегі негізгі дәрілік өсімдіктер қорын бағалау.....	133
Y.S. Chalikova, B.T. Berdikulov, A.E. Tashimova Shifts in avian community structure in one of the gorges of the Aksu-Zhabagly nature reserve	149

Шолу мақаласы – Review article – Обзорная статья

В.А. Кузовлев, Г.А. Исакова, Г.А. Жармухамедова, Ж.К. Джуманова, Д.А. Найзабаева, Ж.А. Бердыгулова, С.С. Солтанбеков, Г.А. Исмагулова, А.А. Хакимжанов, Ю.А. Скиба, Э.Р. Мальцева, Г.А. Утегенова, А.М. Меңдеш, Д.О. Байсапарова, О. Русланұлы Қазақстандағы алма ағаштарының бактериялық күйігі	159
Авторларға арналған ақпарат.....	172