

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

Экология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия экологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EURASIAN JOURNAL

of Ecology

№3 (76)

Алматы
«Қазақ университеті»
2023



ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №3 (76) қыркүйек



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

Күәлік № 16501-Ж

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

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Омирбекова А.А., PhD, и.о. доцента (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)
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)
Тажиева Т.Л., б.ғ.к., профессор м.а. (Қазақстан)

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

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Амангельдин М.С., оқытушы (Қазақстан)

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



Жоба менеджері

Гүлмира Шаққозова

Телефон: +7 701 724 2911

e-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Компьютерде беттеген

Айгүл Алдашева

ИБ №15130

Пішімі 60x84/8. Көлемі 11,2 б.т. Тапсырыс № 7047.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің
«Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.
«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында
басылды.

Баспа журналдың ішкі мазмұнына жауап бермейді.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2023

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**

Н.Ш. Акимбеков¹ , Қ.Т. Тастамбек^{1*} ,
Д.К. Шерелхан¹ , Н.П. Алтынбай¹ , Ш.О. Бастаубаева² 

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,

Казахстан, Алматинская область, п. Алмалыбак

*e-mail: tastambeku@gmail.com

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ БИОТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ

Гуминовые вещества, образующийся в результате биотрансформации органических остатков, являются естественным продуктом кооперативной деятельности участников экосистемы. К настоящему времени накоплен огромный материал по изучению природы ГВ почв, однако альтернативные источники ГВ (торф, бурый уголь, окисленный уголь, компосты, т.п.) изучены недостаточно, поэтому необходимы комплексные исследования для использования этих веществ в сельском хозяйстве и в других областях народного хозяйства.

В Казахстане все больше ощущается дефицит органических удобрений/мелиорантов и существует ограничение на применение химических удобрений и средств защиты растений. В связи с этим обоснованным является поиск путей использования органических удобрений природного происхождения для повышения плодородия почвы. Именно таким сырьем получения ГВ могут служить низкокачественные бурые угли местных месторождений.

Углеродсодержащие породы содержат множество важных химических элементов, имеющих решающее значение для развития и питания сельскохозяйственных культур, что делает их ценным источником питательных веществ в почве. Внесение углеродистых пород в дерново-подзолистые почвы приводит к значительному увеличению численности микроорганизмов, нередко достигающему нескольких сотен раз. Использование углеродистых добавок горных пород в качестве удобрений почвы значительно усиливает активность микробных сообществ, участвующих в расщеплении органических компонентов. Следовательно, этот процесс приводит к увеличению доступности питательных веществ в почве.

В углистых породах содержатся разные химические элементы, необходимые для роста и развития сельскохозяйственных культур, поэтому они являются одним из резервов питательных элементов в почве.

При внесении углистых пород в дерново-подзолистые почвы численность микроорганизмов возрастает в сотни раз. При удобрении почвы углистыми породами значительно активизируют свою деятельность те микробные сообщества, которые участвуют в минерализации органических компонентов. В результате, почва обогащается доступными питательными веществами.

Цель данного этапа исследования – дать характеристику сырья (гуминовые вещества, выделенные из низкокачественных бурых углей Казахстанских месторождений и культуры бактерий, обладающие высокой метаболической активностью).

В результате дается полная характеристика сырья и были выделены и идентифицированы активные бактерий для использования разработки биотехнологии получения комплексного удобрения.

Ключевые слова: бурый уголь, гуминовые вещества, техническая характеристика, элементный состав, микробиом, метагеномика, бактерия.

N.Sh. Akimbekov¹, K.T. Tastambek^{1*},
D.K. Sherelkhan¹, N.P. Altynbay¹, Sh.O. Bastaubayeva²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Kazakhstan, Almaty region, Almalybak

*e-mail: tastambeku@gmail.com

General characteristics of raw materials for the use of the development of biotechnology for obtaining complex fertilizer

Humic substances, formed as a result of the biotransformation of organic residues, are a natural product of the cooperative activities of ecosystem participants. To date, a huge amount of material has been accumulated in the study of the nature of soil HS, however, alternative sources of HS (peat, brown coal, oxidized coal, composts, etc.) have not been studied enough, therefore, comprehensive studies are needed for the use of these substances in agriculture and other areas. National economy.

In Kazakhstan, there is an increasing shortage of organic fertilizers/ameliorants and there is a restriction on the use of chemical fertilizers and plant protection products. In this regard, it is reasonable to search for ways to use organic fertilizers of natural origin to increase soil fertility. Low-quality brown coal from local deposits can serve as a raw material for the production of HW.

Coal-containing rocks possess a variety of essential chemical elements crucial for the advancement and nourishment of crops, making them a valuable source of nutrients within the soil. Introducing carbonaceous rocks into soddy-podzolic soils leads to a remarkable surge in microorganism population, often reaching several hundredfold. Utilizing carbonaceous rock amendments as soil fertilizers greatly enhances the activity of microbial communities engaged in the breakdown of organic constituents. Consequently, this process results in the enhancement of nutrient availability within the soil.

The purpose of this stage of the study is to characterize the raw materials (humic substances isolated from low-quality brown coals of Kazakhstan deposits and bacterial cultures with high metabolic activity).

As a result, a complete characterization of the raw material is given and active bacteria have been isolated and identified to use in the development of biotechnology for the production of complex fertilizer.

Key words: brown coal, humic substances, technical characteristics, elemental composition, microbiome, metagenomics, bacterium.

Н.Ш. Акимбеков¹, Қ.Т. Тастамбек^{1*},
Д.К. Шерелхан¹, Н.П. Алтынбай¹, Ш.О. Бастаубаева²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты,

Қазақстан, Алматы облысы, Алмалыбақ ауылы

*e-mail: tastambeku@gmail.com

Кешенді тыңайтқыш алу биотехнологиясын құрастыру үшін қолданылатын шикізаттың жалпы сипаттамасы

Органикалық қалдықтардың биотрансформациясы нәтижесінде түзілетін гуминдік заттар – экожүйе қатысушыларының бірлескен қызметінің табиғи өнімі. Бүгінгі күнге дейін топырақтың ГЗ зерттеу бойынша материалдың үлкен көлемі жинақталған, алайда ГЗ-ның балама көздері (шымтезек, қоңыр көмір, тотыққан көмір, компост және т.б.) жеткілікті түрде зерттелмеген, сондықтан кешенді бұл заттарды ауыл шаруашылығында және басқа халық шаруашылығы салаларда қолдану үшін зерттеулер қажет.

Қазақстанда органикалық тыңайтқыштардың/мелиоранттардың тапшылығы артып келеді және химиялық тыңайтқыштар мен өсімдіктерді қорғау құралдарын пайдалануға шектеу қойылды. Осыған байланысты топырақ құнарлығын арттыру үшін табиғи органикалық тыңайтқыштарды қолданудың жолдарын іздестіру орынды. Жергілікті кен орындарының сапасыз қоңыр көмірі ГЗ өндіру үшін осындай шикізат бола алады.

Құрамында көмір бар таужыныстарда ауылшаруашылық дақылдарының дамуы мен қоректенуі үшін өте маңызды көптеген маңызды химиялық элементтер бар, оларды топырақтағы қоректік заттардың құнды көзі етеді. Көміртекті жыныстарды сазды-подзолиялық топыраққа енгізу микроорганизмдер санының айтарлықтай өсуіне әкеледі, көбінесе бірнеше жүз есеге жетеді. Топырақ тыңайтқыштары ретінде көміртекті тау жыныстарының қоспаларын пайдалану органикалық компоненттердің ыдырауына қатысатын микробтық қауымдастықтың белсенділігін айтарлықтай арттырады. Демек, бұл процесс топырақтағы қоректік заттардың қолжетімділігінің артуына әкеледі.

Зерттеудің бұл кезеңінің мақсаты – шикізатқа (Қазақстан кен орындарының төмен сапалы қоңыр көмірлерінен бөлінген гуминді заттар және метаболизмдік белсенділігі жоғары бактериялық дақылдар) сипаттама беру.

Нәтижесінде, шикізатқа толық сипаттама беріліп, кешенді тыңайтқыштар алу биотехнологиясын құрастыру үшін белсенді бактериялар бөлініп, идентификацияланды.

Түйін сөздер: қоңыр көмір, гуминді заттар, техникалық сипаттамасы, элементтік құрамы, микробиома, метагеномика, бактерия.

Сокращения и обозначения

A – Зольность пробы угля (%), ACE – Оценка реального количества таксонов, EDX – Энергодисперсионный рентгеновской спектроскопия, ISO – Международная организация по стандартизации, OTU – Операционная таксономическая единица, Q – Удельная теплота сгорания пробы угля, кДж/кг, V – Выход летучих веществ в угле, %, W – Массовая доля влаги в аналитической пробе угля, %, ГВ – Гуминовые вещества, ОУ – Низкокачественный бурый уголь Ок-Карагайского угольного месторождения, ПЦР – Полимеразная цепная реакция, СНП – Секвенирование нового поколения, СЭМ – Сканирующий электронный микроскоп, ЭУ – Низкокачественный бурый уголь Экибастузского угольного месторождения.

Введение

Одним из важнейших вопросов агробиологических исследований является поиск новых путей получения экономически выгодных и экологически безопасных для использования в антропогенных ландшафтах видов органических удобрений. При выборе сырья для производства отечественных удобрений исходят из того, что в Казахстане имеются довольно значительные запасы полезных ископаемых, содержащих ГВ, а также возможность для реализации производства экологически чистого и безотходного производства удобрений на их основе.

При накоплении в больших объёмах низкокачественные бурые угли создают высокую экологическую нагрузку, что чревато нарушением санитарно-токсикологической обстановки и самовозгораниями [1-3]. Необходима технология, позволяющая быстро и качественно нивелировать негативное влияние твердых отходов. Такого рода экологически безопасным и ресурсосберегающим способом является микробная конверсия, предполагающая утилизацию широкого спектра отходов, включая низкокачественные бурые угли.

Уголь является продуктом природного образования, представленным преимущественно минералом и органическим веществом. Установлено, что уголь, как осадочная порода состоит из растительных остатков и из продуктов их превращения в процессе гумификации [4]. Преобразование растительных остатков является важнейшим биохимическим процессом, имеющим огромное экологическое значение для природы и человека.

Гуминовые вещества – это композиция гуминовых кислот, фульвокислот и гумина, являются специфическими соединениями высокой молекулярной массы, относятся к органической части почв, осадочных пород, торфов, бурых и окисленных в пластах углей. Для экстракции ГВ, обладающих физиологически фитостимулирующим и фортификационным эффектом пригодны и окисленные бурые угли, характеризующиеся высоким содержанием лигнина [5-6]. Основной химической составляющей низкокачественных углей является гуминовая кислота [7].

Благоприятной экологической средой для развития и размножения микроорганизмов являются угольные месторождения (бассейны бурых углей и терриконы угольных шахт). Благодаря активной жизнедеятельности микроорганизмов, значение гуминовых кислот в органической массе угля существенно возрастает и сводится к изменению физико-химических свойств ГВ. Положительное влияние органического вещества низкокачественных углей на почвенную экосистему обусловлено, прежде всего, интенсивным метаболизированием их микроорганизмами [8-9].

В настоящее время существует несколько методических подходов к выделению ГВ из углей и их использование как средства повышения плодородия и здоровья почвы. Поэтому целесообразно рассматривать ГВ угольной природы как компонент органоминеральных удобрений и как стимулятор роста растений. Гуминовые продукты, полученные из разных углей химическими методами, применяют во многих странах мира, как средство повышения продук-

тивности сельскохозяйственных культур. По разным литературным источникам ГВ на основе угля повышают всхожесть семян, ускоряют рост и развитие растений, улучшают пищевые/кормовые качества, защищают растения в стрессовых условиях, и как правило, не содержат токсичных веществ [10-11].

Несмотря на ключевую роль микроорганизмов в формировании ГВ из низкокачественных углей, и в создании препаратов на их основе для использования в аграрном секторе, пока еще не накоплен достаточный опыт экспериментальных работ о влиянии на рост и развитие сельскохозяйственных культур, на величину и качество урожая в разных условиях при их использовании. В связи с этим, настоящие исследования являются актуальными и имеют определенную теоретическую и практическую значимость.

Материалы и методы

Объекты исследования. В качестве исходного материала для исследования использовали окисленные бурые угли Экибастузского угольного месторождения Павлодарской области, Казахстан (ЭУ) и Ой-Карагайского угольного месторождения, Алматинской области, Казахстан (ОУ).

Материалы. В работе была использована модифицированная минеральная среда с углем (5%) для культивирования культур бактерий. Состав среды (мг л⁻¹): NH₄NO₃ – 2,50, K₂HPO₄ – 0,75, KH₂PO₄ – 1,75, NaCl – 0,25 и (мкг л⁻¹): ZnSO₄ – 88,0, MgSO₄ – 0,75, FeCl₃ – 88,0, MnCl₂ – 14,0, CuSO₄ – 16,0, MoO₃ – 7,0, Co (NO₃)₂ – 2-5,0. Среда Лурия-Бертани (г л⁻¹): триптон – 10,0, дрожжевой экстракт – 5,0, NaCl – 5,0. Элективные среды MYPGP agar для роста *Bacillus* sp. и *Pseudomonas*- S1 selective medium для *Pseudomonas* sp.

Методы исследований. Анализ проб проводился в соответствии с техническими протоколами, изложенными в различных стандартах ГОСТ [12][13][14][15]. Оценивали следующие параметры: зольность (А), влажность (W), летучих веществ (V) и теплоту сгорания (Q).

Элементный состав оценивали с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL-6380LV (Jeol, Япония), оснащенного детектором EDAX 2000, с использованием автоматического анализатора Vario EL Cube (Elementar, Германия).

Исследование микроструктуры проводили методом электронной микроскопии с использованием Hitachi S-4800 FE-SEM (Hitachi, Япония).

Инфракрасную спектроскопию с Фурье-преобразованием (FTIR) проводили на спектрометре Nicolet 6700 KBr (Thermo Fisher Scientific, США), записывая спектры в диапазоне 400–4000 см⁻¹.

Характеристики флуоресценции растворенных образцов гуминовых кислот измеряли при 20°C с использованием флуоресцентного спектрометра FP-8500 (Jasco, Япония) с длиной волны возбуждения (Ex) от 250 до 600 нм и длиной волны излучения (Em) от 260 до 650 нм.

Для выделения гуминовых кислот из бурых углей низкого качества суспендировали 1 г порошкообразного угля в 50 мл 0,1 М NaOH, встряхивали при 20°C в течение 24 часов с последующим центрифугированием, фильтрованием и доводкой осаждения с помощью HCl.

Для биорастворения угля суточные культуры выращивали на питательной среде LB при 31°C с добавлением 5% (мас./об.) стерильного порошкообразного древесного угля. Инкубация длилась 14 дней, при этом в контрольных установках бактериальные культуры отсутствовали. Супернатанты собирали ежедневно, фильтровали и оценивали при А450 интенсивность биорастворения угля.

Для метагеномного анализа использовали технологию секвенирования нового поколения HiSeq (Illumina, США). Этапы включали экстракцию ДНК, идентификацию сайта секвенирования, скрининг праймеров, двойное штрихкодирование, секвенирование, биоинформатический анализ и визуализацию данных – все в соответствии со стандартными протоколами <https://www.illumina.com> [17].

Статистический анализ включал представление данных в виде среднего значения ± стандартное отклонение. Ассоциации бактериальных культур статистически сравнивали с использованием точного двустороннего критерия Фишера (n = 10).

Результаты и их обсуждение

Для работы были отобраны низкокачественные бурые угли Экибастузского угольного месторождения (51.730493846472825, 75.40909598924266) Павлодарской области, Казахстан (ЭУ) и Ой-Карагайского угольного месторождения (43.192321031572504, 80.5954200537039), Алматинской области, Казахстан (ОУ) (рис.1).

Экибастузское угольное месторождение является крупнейшим угольным месторождением

Казахстана, расположенное в Павлодарской области. Город Экибастуз находится в западной части месторождения, а центр области г. Павлодар – удален от него на 130 км к северо-востоку. Общие геологические запасы углей оставляет 10 млрд т. Угли Экибастузского бассейна являются каменными гумусовыми.

Угольное месторождение Ой-Карагай расположено восточнее Алматы на расстоянии 300 км в пределах Нарынкольского района Алматинской области Казахстана. Найденный здесь уголь относится к бурым углям марки БЗ, характеризующимся низкой зольностью (около 16 %), высокой теплотой сгорания (около 6,5

тыс. ккал/кг) и минимальным содержанием серы (менее 1 %). Кроме того, этот тип угля легко разлагается на воздухе. По оценкам, запасы угольного месторождения составляют около 80 миллионов тонн, из которых около 41 миллиона тонн пригодны для добычи полезных ископаемых открытым способом. Общие разведанные запасы угля, определенные геологоразведочными работами, составляют 124 млн тонн бурого угля.

В соответствии с положениями Кодекса Республики Казахстан «О недрах и переработке минерального сырья» данные месторождения отнесены к категории республиканского значения.



Рисунок 1 – Расположение точек отбора проб: 1 – ЭУ и 2 – ОУ

Процедуры отбора проб проводились в соответствии с ISO 18283:2006 Hard coal and coke – Manual sampling, ISO 13909-4:2016 Preview Hard coal and coke – Mechanical sampling – Part 4: Coal – Preparation of test samples, и правил ГОСТ 10742-71 для отбора проб. различные виды угля, включая бурые угли, каменные угли, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. В процессе отбора проб были приняты строгие меры, чтобы предотвратить любую потерю материала пробы или влаги. Аналитические образцы тщательно помещались в контейнеры, предварительно взвешенные рядом с крышками. Эти контейнеры были запечатаны соответствующим материалом и прикреплены двумя этикетками. После этого было проведено повторное взвешивание с обеспечением погрешности не более 1 грамма. Каждый контейнер, в котором находились про-

бы угля, имел четкую маркировку, содержащую важную информацию: номер пробы (1), дату отбора проб (2) и обработки пробы (3), название пробы (4), первоначальный вес контейнера (5), предприятие. имя (6), тип продукта (7) и подпись ответственного лица (8), контролирующего процедуру сбора и обработки проб.

Отбор проб проводили согласно ISO 18283:2006 Hard coal and coke – Manual sampling и ISO 13909-4:2016 Preview Hard coal and coke – Mechanical sampling – Part 4: Coal – Preparation of test samples, а также ГОСТ 10742-71 «Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний». При отборе проб были соблюдены все меры, предотвращающие потери материала пробы и влаги: аналитические пробы помещали в контейнеры, пред-

варительно взвешенные вместе с крышками, материалом для опечатывания и двумя этикетками, и снова взвешивали (процедуру производили с погрешностью не более 1 г). Контейнеры с пробами углей снабжали этикетками, на которых указывали данные: номер пробы (1); дату

отбора (2) и обработки пробы (3); наименование пробы (4); массу тары (5); наименование предприятия (6); вид продукции (7); подпись лица (8), ответственного за отбор и обработку пробы.

Основные характеристики проб низкокачественных углей приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Качественные характеристики проб углей

I. Макроскопические характеристики			
№	Описание	ЭУ	ОУ
2	Вид	Коричневато-бурый	Темно-бурый
3	Излом	Неровный, угловатый	Волокнистый
4	Блеск	Смолистый	Жирный
5	Текстура	Неоднородная, лигнитовая	Неравномерно-штриховатая
6	Отдельность	Экзогенная	Экзогенная
II. Физические характеристики (%)			
1	Влажность (W)	9,8	11,8
2	Зольность (A)	38,2	12,2
3	Выход летучих веществ (V)	26,3	35,8
4	Теплота сгорания, МДж/кг (Q)	13,5	15,6
III. Химический состав (%)			
1	Углерод (C)	78,5	75,0
2	Водород (H)	5,4	4,81
3	Азот (N)	0,0	1,5
4	Сера (S)	0,6	0,41
5	Кислород (O)	15,5	18,28

В исследовании также использовался метод рентгеноспектрального микроанализа с использованием энергодисперсионного (EDX)

анализатора. Результаты рентгеноспектрального микроанализа образцов представлены на рисунке 2.

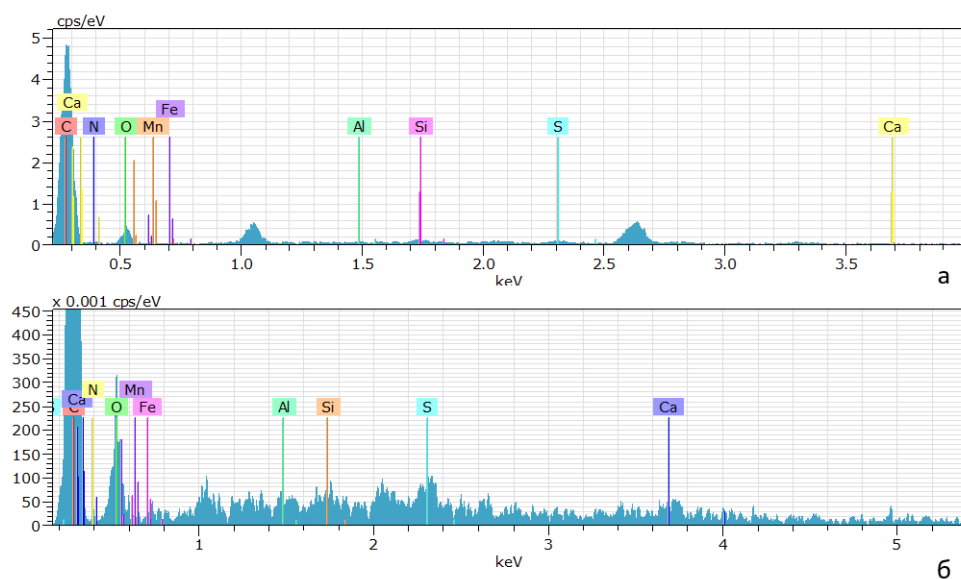


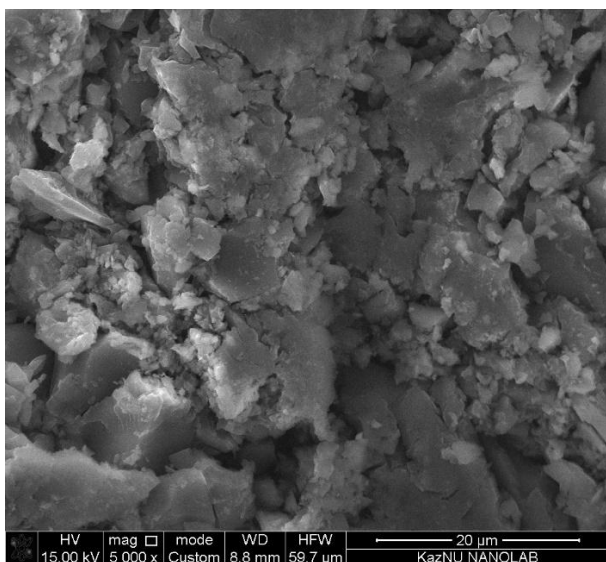
Рисунок 2 – Рентгеноспектральный микроанализ проб углей: а – ЭУ и б – ОУ

Для исследования поверхности угля и его петрографических составляющих на микроструктурном уровне был использован метод СЭМ (рис.3). Микроструктура углей низших сортов отличается выраженной плотностью и наличием разнообразных участков с неровностями – разломами, трещинами и кавернами. Хорошо известно, что состав и расположение угля связаны с его неоднородностью, обусловленной наличием в нем различных органических и минеральных компонентов [18].

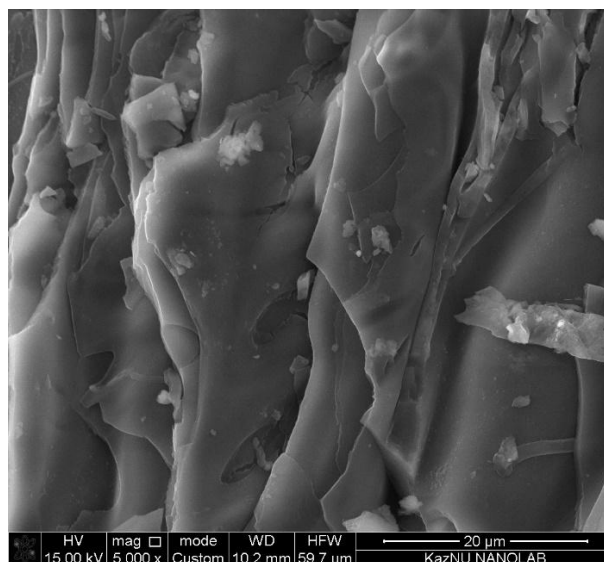
Следовательно, угли низкого качества Экибастузского и Ой-Карагайского месторождений содержат сложные органические вещества и дополнительные минеральные элементы. С помощью физических и химических анализов установлено, что эти угли обладают гуминовы-

ми свойствами, что делает их потенциальным ресурсом для производства гуминовых веществ (ГВ).

Гуминовые кислоты из образцов угля выделяли адаптированным методом щелочной экстракции [16], где использование раствора гидроксида натрия (NaOH) оказалось эффективным для извлечения гуминовых кислот из некондиционных углей с получением около 50% гуминовых кислот. В данном исследовании рассчитанные выходы гуминовых кислот составили 74,3% для Экибастузского угля (ЭУ) и 78,5% для Ой-Карагайского угля (ОУ). Впоследствии фокус сместился в сторону исследования гуминовых кислот, полученных из бурых углей, с использованием ряда спектроскопических методов.



а



б

Рисунок 3 – СЭМ-снимки проб углей: а – ЭУ и б – ОУ

Инфракрасные (ИК) спектры гуминовых кислот показывают заметные пики в диапазоне 2940–2900 см^{-1} , что указывает на присутствие заметных алифатических групп. Кроме того, спектры в районе 1590–1520 см^{-1} возникают из-за групп COO^{-1} , связей NH и связей $\text{C}=\text{N}$ (рис. 4).

Гуминовые кислоты также были подвергнуты элементному анализу, выявившему содержание углерода (С) и азота (N). Для ЭУ образовав-

шиеся количества С и N составили 54,72 и 2,55, а для ОУ – 55,71 и 1,51 соответственно. Атомное соотношение О/С, используемое в качестве индикатора кислородсодержащих групп, показало типичное значение примерно 0,4 для обеих кислот. Более низкие значения О/С означают повышенную конденсацию ароматических соединений внутри гуминовых кислот, что отражает их структурную конфигурацию [19].

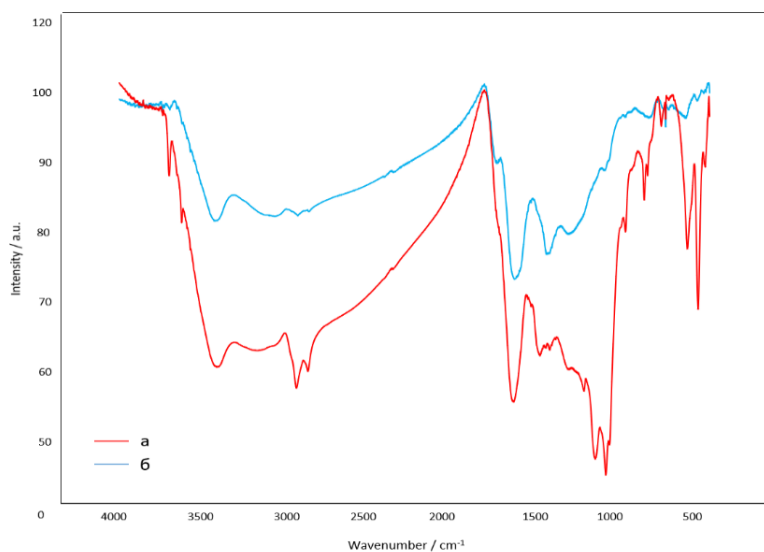


Рисунок 4 – ИК-спектр гуминовых кислот углей: а – ЭУ и б – ОУ

Атомное соотношение N/C дает представление о содержании азота в органических соединениях, причем более высокие значения характерны для гуминовых кислот из различных источников. Напротив, бурые угли обычно име-

ют значения ниже 0,05 [20]. Кроме того, соотношение N/O способствует пониманию состава азота и молекулярной массы, указывая на пониженное присутствие азота и более низкую молекулярную массу [2].

Таблица 2 – Элементный состав гуминовых кислот низкокачественных бурых углей

Гуминовые кислоты	Элемент, %						Атомное отношение			
	C	S	N	H	Ash	O ^{diff.}	H/C	O/C	N/C	N/O
ЭУ	54.72	0.13	1.52	2.55	4.31	36.77	0.56	0.50	0.02	0.05
ОУ	55.71	0.24	1.16	1.51	3.02	38.36	0.32	0.52	0.02	0.03

Элементный анализ показывает, что химический состав гуминовых кислот ЭК и ОУ отличается умеренной молекулярной массой и наличием уплотненных ароматических углеводородов.

В работе также проводились анализы по изучению природы и свойств гуминовых кислот с помощью усовершенствованной флуоресценции ЕЕМ. Такие анализы считаются точными и чувствительными, т.к. сопоставление спектров возбуждения и испускания дает более достоверную информацию [21]. Цель данного этапа состояла в том, чтобы исследовать свойства матрицы возбуждения-испускания (ЕЕМ) гуминовых кислот из проб бурых углей. Обычный контурный график ЭЭМ изображается посредством пиков флуоресценции максимальной интенсивности,

совпадающих с конкретными флуорофорами или функциональными группами (изображенными на рисунке 5). Прочные флуорофоры заметны при возбуждении/излучении длиной волны 270/440 нм в гуминовой кислоте, полученной из ЭУ. Согласно [22] существует восемь общих типов флуоресценции, где гуминовая, белковая и пигментная флуоресценции являются основными значениями. В настоящей работе максимумы пиков расположены в пределах области, названной пиком А, что указывает на ее гумусообразную природу. Для гуминовой кислоты пик ОУ расположен в широком спектре возбуждения/эмиссии в диапазоне от 275/440 нм до 275/450 нм, что объясняется разнообразным составом угля.

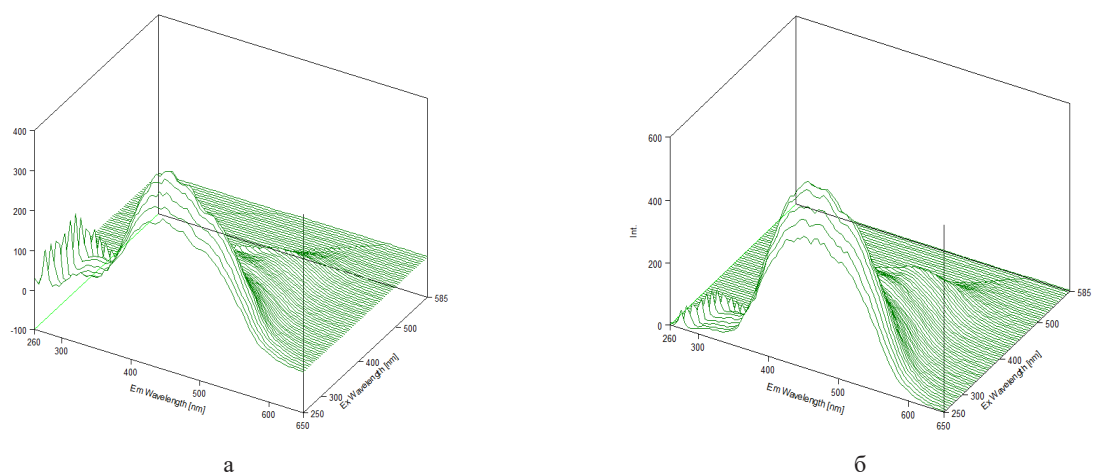


Рисунок 5 – Матрица возбуждения/испускания флуоресценции гуминовых кислот углей: а – ЭУ и б – ОУ

Таким образом, общее сходство гуминовых кислот ЭУ и ОУ лежит в основе идентификации всех пиков как гуминовых по природе. Тем не менее, заметны небольшие различия в положениях пиков, указывающие на тонкие различия в составе гуминовых кислот между образцами.

Выделение микробных культур проводили из проб угля Экибастузского и Ой-Карагайского угольных районов разработки месторождений. Молекулярные методы, позволяющие исследовать микробиологические характеристики в условиях *in-situ*, обещают идентифицировать большинство бактерий. Метагеномный анализ

оказывается ценным для комплексной оценки видового разнообразия в образце без необходимости культивирования. Более того, это облегчает понимание физиологического и функционального профиля микробной популяции. Примечательно, что метагеномная база данных отдает приоритет анализу *16S rRNA*, поскольку современная филогенетическая классификация бактерий основана на структуре этой РНК. На этом этапе исследования был проведен метагеномный анализ образцов ЭУ и ОУ. Первичные данные о видовом составе и показателях микробного разнообразия представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Основные показатели микробного разнообразия проб ЭУ и ОУ

Пробы	Наблюдаемые виды	Индекс Simpson	Индекс Shannon	ACE	Разнообразие филогенетического дерева	Chao1	Goods coverage
ЭУ	764	0.928	5.693	799	63	802	0.999
ОУ	551	0.093	0.637	904	46	871	0.997

Преобладающие составляющие микробных сообществ в обоих образцах включают *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Fusobacteria*, *Gemmatimonadetes*, *Nitrospirae*, *Proteobacteria* и *Tenericutes* (рис. 6). Примечательно, что протейобактерии, обычно доминирующие в почвенной микробиоте, составляют наиболее значительную часть этих микробных сообществ. Кроме того, значительную часть выборки ЭУ состав-

ляют представители *Actinobacteria*, *Firmicutes* и *Bacteroidetes*. Однако в пробе ОУ превосходят бактерии *Proteobacteria* на уровне типа и *Phyllobacteriaceae* (~97%) на уровне семейства (~96%).

Микробная популяция ЭУ в основном состоит из представителей родов *Pseudarthrobacter* на 21%, *Pseudomonas* на 16% и *Acinetobacter* на 7% (рис. 7). Примечательным наблюдением является повышенное присутствие груп-

пы *Candidatus_Bacilloplasma* в пределах ОУ. В образцах эта группа составляет значительную часть, составляя до 62% от общего со-

става микробного сообщества, за ней следуют *Bacteroides* – 10%, *Shewanella* – 10%, *Vibrio* – 5% и другие (рис. 8).

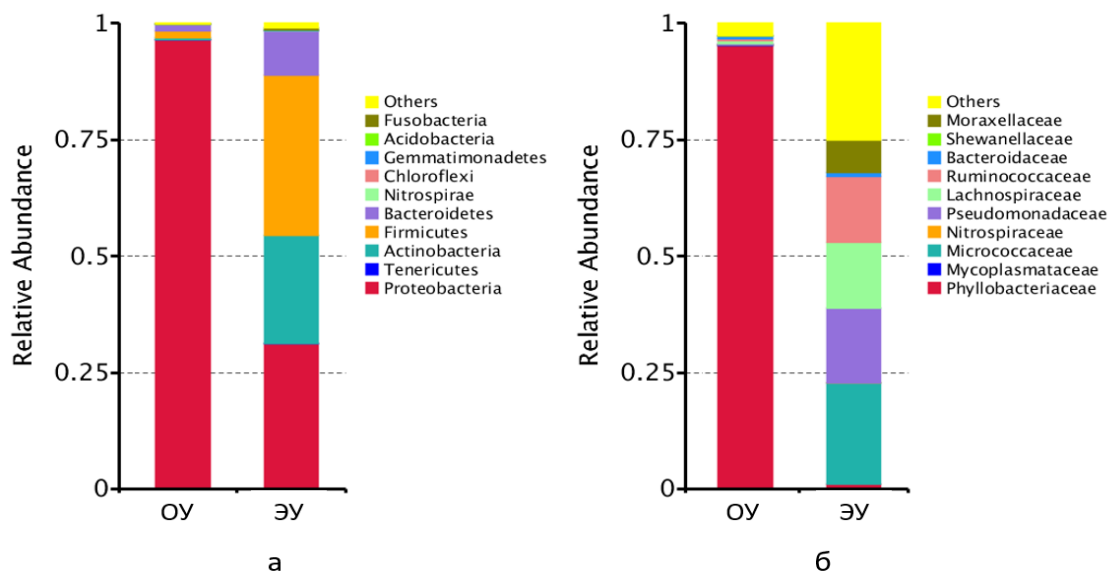


Рисунок 6 – Таксономическая структура бактерий проб ОУ и ЭУ на уровне типа (а) и на уровне семейства (б)

Для идентификации разнообразных физиологических групп бактерий были созданы специфические условия *in vitro* с использованием селективных сред, которые способствуют оптимальному росту и развитию конкретных типов бактерий. В результате исследования из проб угля были выделены изоляты, впоследствии идентифицированные на уровне рода. Эти иден-

тификации были дополнительно подтверждены посредством анализа 16S рРНК, как показано в Таблице 4.

Проведенное исследование позволяет связать особенности структуры бактериальных сообществ, изученные при помощи 16S rRNA и *in vitro*, с особенностями углей как экосистемы.

Таблица 4 – Морфо-культуральные и физиолого-таксономические характеристики культур бактерий

Родовая принадлежность	Элективные среды	Микробиологические характеристики	Пробы
<i>Bacillus</i> sp.	MYPGP agar	Грамположительные палочковид-ные аэробы, образуют внутри-клеточные споры. Каталазная + и оксидазная активность +.	ЭУ: Рис. 7: класс <i>Gammaproteobacteria</i>
<i>Pseudomonas</i> sp.	Pseudomonas- S1 selective medium	Грамотрицательные, палочковид-ные аэробы, не образуют спор. Каталаза +, оксидаза +.	ОУ: Рис. 8: класс <i>Bacilli</i>

Изучение изолятов с целевой биотехнологической активностью в отношении солюбилизации углей проводили с применением метода погруженной/жидкой культуры. При концентрации низкокачественных углей (5%), степень солюбилизации ОУ значительно возрастала с увеличением продолжительности

инкубации до 10 дней у обеих культур, затем показатель роста оставался в стационарной фазе (рис. 9).

Более высокая метаболическая активность при ЭУ была показана для *Bacillus* sp., ее спектральная поглощаемость составляла $3,60 \pm 0,1$ (рис. 10).

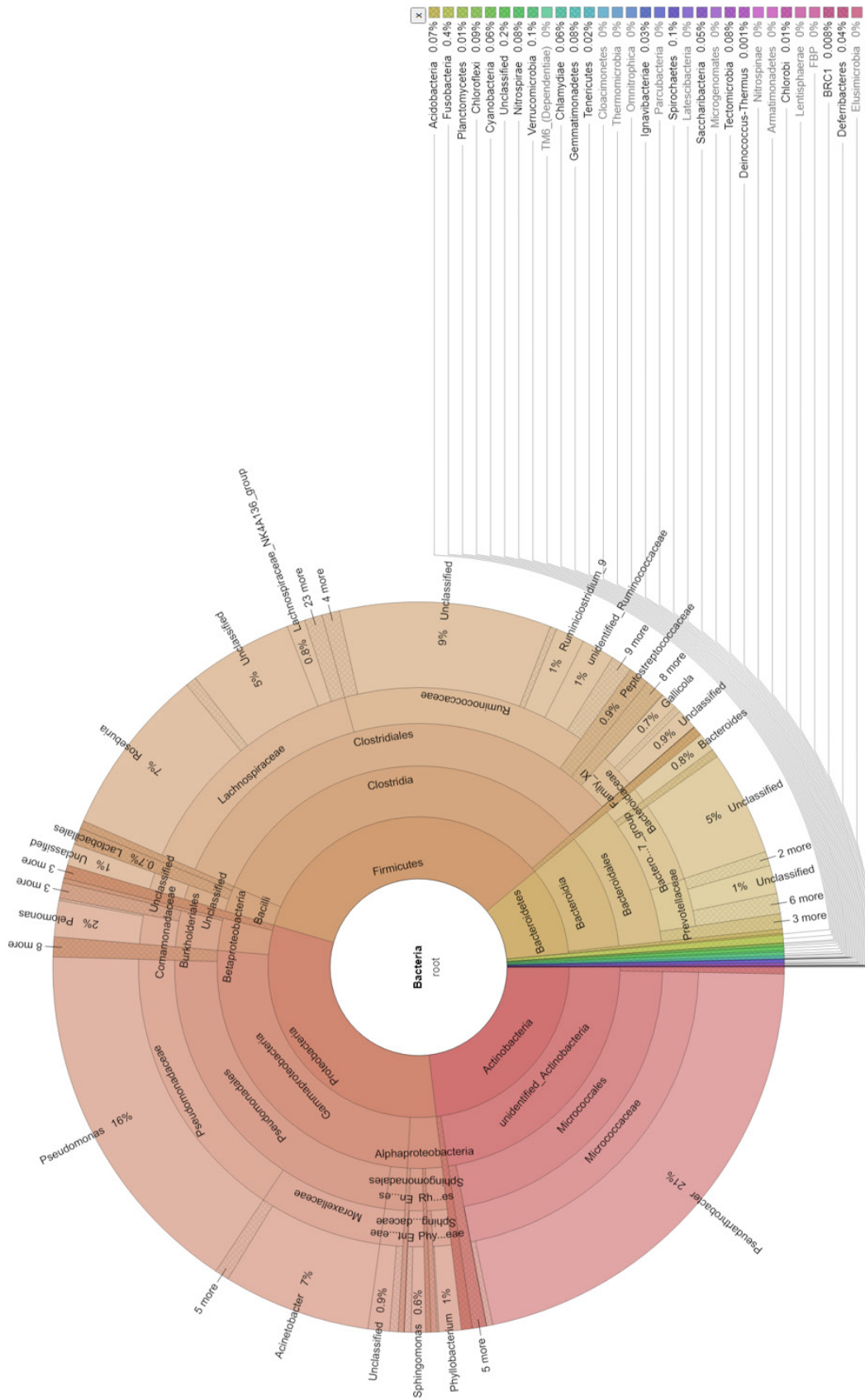


Рисунок 7 – Таксономическая классификация микробных сообществ проб ЭУ, визуализированная с помощью Клопа

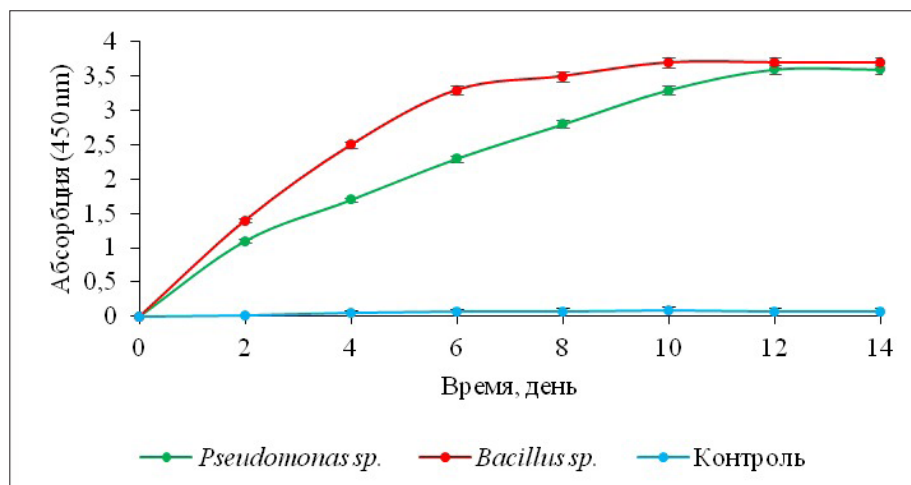


Рисунок 9 – Уровень биосольюбилизации ОУ культурами бактерий

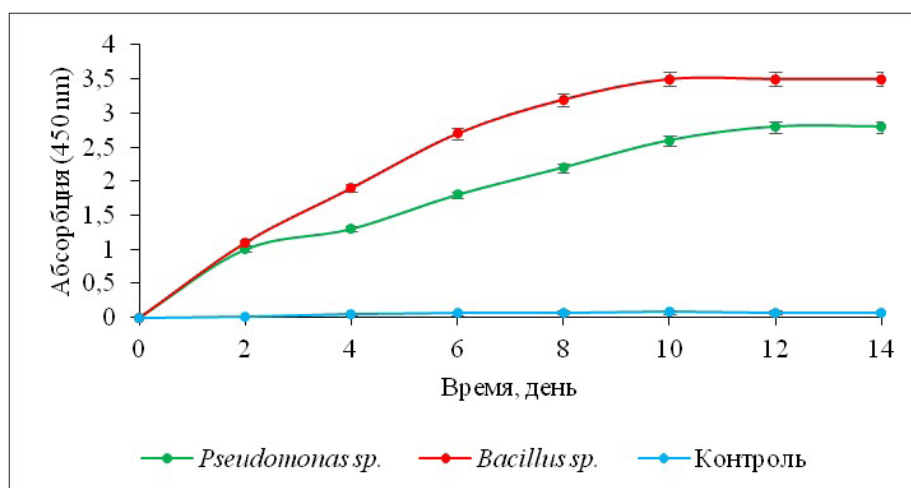


Рисунок 10 – Уровень биосольюбилизации ОУ культурами бактерий

Таблица 5 – Скорость потеря веса в процессе биосольюбилизации бурых углей

Дни	Потеря веса, %					
	<i>Bacillus sp.</i>		<i>Pseudomonas sp.</i>		Контроль	
	ОУ	ЭУ	ОУ	ЭУ	ОУ	ЭУ
3	14.6	14.3	14.7	13.1	0.02	0.01
5	15.8	15.5	15.2	13.8	0.07	0.05
10	17.9	18.0	16.5	13.9	0.1	0.1
12	20.8	20.5	16.4	14.2	0.2	0.1
14	22.9	23.0	16.6	14.3	0.2	0.1

Уровень биорастворения угля, достигнутый с помощью *Bacillus sp.* достигла 14,6% для ОУ и 14,3% для ЭУ на 3-й день, впоследствии увеличившись до 22,9% для ОУ и 23% для ЭУ на 14-й день (Таб. 5). Напротив, степень разложения угля в контрольных группах оставалась на уровне 0,2% в течение того же периода времени. Напротив, использование *Pseudomonas sp.* биорастворение дало самый низкий результат через 14 дней: 16,6% для ОУ и 14,3% для ЭУ.

Заключение

Отбор проб некондиционных бурых углей соответствовал установленным критериям в Павлодарской и Алматинской областях. Две пробы угля были тщательно отобраны с участков добычи Экибастузского (ЭУ) и Ой-Карагайского (ОУ) угольных месторождений, обработаны и тщательно исследованы. Физико-химические и структурные оценки образцов окисленных бурых углей позволили установить следующие показатели угля марки ЭУ (мас.%): W (влажность) – 9,8, А (зольность) – 38,2, V (выход летучих веществ) – 26,3, Q (теплотворная способность) – 13,5 МДж/кг; химический состав (мас.%) С – 78,5, Н – 5,4, N – 0,0, O – 15,5, S – 0,6; а для угля марки ОУ (мас.%): W – 11,8, V – 35,8, А – 12,2, Q – 15,6 МДж/кг; химический состав (мас.%) С – 75,00, O – 18,28, Н – 4,81, N – 1,50, S – 0,41. Для характеристики молекулярной структуры макро- и микроскопических свойств углей низкого качества были использованы различные спектральные и микроскопические методы.

Гуминовые кислоты извлекали из углей щелочной экстракцией модифицированным методом. Рассчитанные выходы гуминовых кислот составили 74,3% для ЭУ и 78,5% для

ОУ. Для изучения гуминовых кислот как побочных продуктов бурых углей были использованы многочисленные спектроскопические методы.

С помощью высокопроизводительной технологии секвенирования нового поколения HiSeq (Illumina, США) были выяснены микробное разнообразие и таксономический состав микробного сообщества низкокачественных образцов бурого угля. Анализ выявил группы бактерий, включающие *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Fusobacteria*, *Gemmatimonadetes*, *Nitrospirae*, *Proteobacteria* и *Tenericutes*. Выделение и идентификация *Pseudomonas sp.* и *Bacillus sp.* бактерий с характеристикой их физиологических, биохимических, морфологических и культуральных свойств.

В процессе биорастворения *Pseudomonas sp.* и *Bacillus sp.* культуры демонстрировали активный рост на средах на основе бурого угля, причем фаза адаптивного роста завершалась в течение 24 часов. Эти метаболические способности, демонстрируемые изолятами, потенциально могут влиять на реализацию инновационных биотехнологических стратегий.

Финансирование

Данное исследование финансируется Казахским научно-исследовательским институтом земледелия и растениеводства (договор №16-10 от 10 сентября) в рамках научно-технической программы «Выработка технологий ведения органического сельского хозяйства по выращиванию сельскохозяйственных культур с учетом специфики регионов, цифровизации и экспорта» (ИРН BR10764907).

Литература

- Schobert, H. 1 – Introduction to low-rank coals: Types, resources, and current utilization. In; Luo, Z., Agraniotis Fuel and Chemical Production, M.B.T.-L.-R.C. for P.G., Eds.; Woodhead Publishing, 2017; pp. 3–21 ISBN 978-0-08-100895-9.
- Jiang, F.; Li, Z.; Lv, Z.; Gao, T.; Yang, J.; Qin, Z.; Yuan, H. The biosolubilization of lignite by *Bacillus sp.* Y7 and characterization of the soluble products. *Fuel* 2013, 103, 639–645.
- Gokcay, C.F.; Kolankaya, N.; Dilek, F.B. Microbial solubilization of lignites. *Fuel* 2001, 80, 1421–1433.
- Bend, S.L. The origin, formation and petrographic composition of coal. *Fuel* 1992, 71, 851–870.
- Sarlaki, E.; Sharif Paghaleh, A.; Kianmehr, M.H.; Asefpour Vakilian, K. Extraction and purification of humic acids from lignite wastes using alkaline treatment and membrane ultrafiltration. *J. Clean. Prod.* 2019, 235, 712–723.
- Chen, Y.; Clapp, C.E.; Magen, H. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. *Soil Sci. Plant Nutr.* 2004, 50, 1089–1095.
- Shah, Z.H.; Rehman, H.M.; Akhtar, T.; Alsamadany, H.; Hamooh, B.T.; Mujtaba, T.; Daur, I.; Al Zahrani, Y.; Alzahrani, H.A.S.; Ali, S.; et al. Humic Substances: Determining Potential Molecular Regulatory Processes in Plants. *Front. Plant Sci.* 2018, 9, 263.

- 8 Ackerson, M.D.; Johnson, N.L.; Le, M.; Clausen, E.C.; Gaddy, J.L. Biosolubilization and liquid fuel production from coal. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 1990, 24, 913–928.
- 9 Kwiatos, N.; Jędrzejczak-Krzepkowska, M.; Strzelecki, B.; Bielecki, S. Improvement of efficiency of brown coal biosolubilization by novel recombinant *Fusarium oxysporum* laccase. *AMB Express* 2018, 8, 133.
- 10 Nikbakht, A.; Kafi, M.; Babalar, M.; Xia, Y.P.; Luo, A.; Etemadi, N. Effect of Humic Acid on Plant Growth, Nutrient Uptake, and Postharvest Life of *Gerbera*. *J. Plant Nutr.* 2008, 31, 2155–2167.
- 11 Arancon, N.Q.; Edwards, C.A.; Lee, S.; Byrne, R. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *Eur. J. Soil Biol.* 2006, 42, S65–S69.
- 12 ГОСТ 10742-71. ISO 1988:1975. Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и обработка проб.
- 13 ГОСТ 11022-90. ISO 1171-81; Топливо твердое минеральное. Метод определения зольности.
- 14 ГОСТ 11014-81. Угли бурые, каменные, антрацит и сланцы горючие. Ускоренный метод определения влаги.
- 15 ГОСТ 6382-80. Угли бурые, каменные, антрацит и сланцы горючие. Метод определения выхода летучих веществ.
- 16 Dong, L.; Yuan, Q.; Yuan, H. Changes of chemical properties of humic acids from crude and fungal transformed lignite. *Fuel* 2006, 85, 2402–2407.
- 17 Oulas, A.; Pavloundi, C.; Polymenakou, P.; Pavlopoulos, G.A.; Papanikolaou, N.; Kotoulas, G.; Arvanitidis, C.; Iliopoulos, I. Metagenomics: tools and insights for analyzing next-generation sequencing data derived from biodiversity studies. *Bioinform. Biol. Insights* 2015, 9, 75–88.
- 18 Fuentes, M.; González-Gaitano, G.; García-Mina, J.M. The usefulness of UV–visible and fluorescence spectroscopies to study the chemical nature of humic substances from soils and composts. *Org. Geochem.* 2006, 37, 1949–1959.
- 19 Francioso, O.; Ciavatta, C.; Montecchio, D.; Tugnoli, V.; Sánchez-Cortés, S.; Gessa, C. Quantitative estimation of peat, brown coal and lignite humic acids using chemical parameters, ¹H-NMR and DTA analyses. *Bioresour. Technol.* 2003, 88, 189–195.
- 20 Nasir, S.; Sarfaraz, T.B.; Verheyen, T.V.; Chaffee, A.L. Structural elucidation of humic acids extracted from Pakistani lignite using spectroscopic and thermal degradative techniques. *Fuel Process. Technol.* 2011, 92, 983–991.
- 21 Mielnik, L.; Kowalczyk, P. Optical characteristic of humic acids from lake sediments by excitation-emission matrix fluorescence with PARAFAC model. *J. Soils Sediments* 2018, 18, 2851–2862.
- 22 Vergnoux, A.; Di Rocco, R.; Domeizel, M.; Guiliano, M.; Doumenq, P.; Théraulaz, F. Effects of forest fires on water extractable organic matter and humic substances from Mediterranean soils: UV–vis and fluorescence spectroscopy approaches. *Geoderma* 2011, 160, 434–443.

References

- 1 Schobert, H. 1 – Introduction to low-rank coals: Types, resources, and current utilization. In: Luo, Z., Agraniotis Fuel and Chemical Production, M.B.T.-L.-R.C. for P.G., Eds.; Woodhead Publishing, 2017; pp. 3–21 ISBN 978-0-08-100895-9.
- 2 Jiang, F.; Li, Z.; Lv, Z.; Gao, T.; Yang, J.; Qin, Z.; Yuan, H. The biosolubilization of lignite by *Bacillus* sp. Y7 and characterization of the soluble products. *Fuel* 2013, 103, 639–645.
- 3 Gokcay, C.F.; Kolankaya, N.; Dilek, F.B. Microbial solubilization of lignites. *Fuel* 2001, 80, 1421–1433.
- 4 Bend, S.L. The origin, formation and petrographic composition of coal. *Fuel* 1992, 71, 851–870.
- 5 Sarlaki, E.; Sharif Paghaleh, A.; Kianmehr, M.H.; Asefpour Vakilian, K. Extraction and purification of humic acids from lignite wastes using alkaline treatment and membrane ultrafiltration. *J. Clean. Prod.* 2019, 235, 712–723.
- 6 Chen, Y.; Clapp, C.E.; Magen, H. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. *Soil Sci. Plant Nutr.* 2004, 50, 1089–1095.
- 7 Shah, Z.H.; Rehman, H.M.; Akhtar, T.; Alsamadany, H.; Hamooh, B.T.; Mujtaba, T.; Daur, I.; Al Zahrani, Y.; Alzahrani, H.A.S.; Ali, S.; et al. Humic Substances: Determining Potential Molecular Regulatory Processes in Plants. *Front. Plant Sci.* 2018, 9, 263.
- 8 Ackerson, M.D.; Johnson, N.L.; Le, M.; Clausen, E.C.; Gaddy, J.L. Biosolubilization and liquid fuel production from coal. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 1990, 24, 913–928.
- 9 Kwiatos, N.; Jędrzejczak-Krzepkowska, M.; Strzelecki, B.; Bielecki, S. Improvement of efficiency of brown coal biosolubilization by novel recombinant *Fusarium oxysporum* laccase. *AMB Express* 2018, 8, 133.
- 10 Nikbakht, A.; Kafi, M.; Babalar, M.; Xia, Y.P.; Luo, A.; Etemadi, N. Effect of Humic Acid on Plant Growth, Nutrient Uptake, and Postharvest Life of *Gerbera*. *J. Plant Nutr.* 2008, 31, 2155–2167.
- 11 Arancon, N.Q.; Edwards, C.A.; Lee, S.; Byrne, R. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *Eur. J. Soil Biol.* 2006, 42, S65–S69.
- 12 GOST 10742-71. ISO 1988:1975. Угли бурье, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и обработка проб (in Russian)
- 13 GOST 11022-90. ISO 1171-81; Топливо твердое минеральное. Метод определения зольности (in Russian)
- 14 GOST 11014-81. Угли бурье, каменные, антрацит и сланцы горючие. Ускоренный метод определения влаги (in Russian)
- 15 GOST 6382-80. Угли бурье, каменные, антрацит и сланцы горючие. Метод определения выхода летучих веществ (in Russian)
- 16 Dong, L.; Yuan, Q.; Yuan, H. Changes of chemical properties of humic acids from crude and fungal transformed lignite. *Fuel* 2006, 85, 2402–2407.

- 17 Oulas, A.; Pavludi, C.; Polymenakou, P.; Pavlopoulos, G.A.; Papanikolaou, N.; Kotoulas, G.; Arvanitidis, C.; Iliopoulos, I. Metagenomics: tools and insights for analyzing next-generation sequencing data derived from biodiversity studies. *Bioinform. Biol. Insights* 2015, 9, 75–88.
- 18 Fuentes, M.; González-Gaitano, G.; García-Mina, J.M. The usefulness of UV–visible and fluorescence spectroscopies to study the chemical nature of humic substances from soils and composts. *Org. Geochem.* 2006, 37, 1949–1959.
- 19 Francioso, O.; Ciavatta, C.; Montecchio, D.; Tugnoli, V.; Sánchez-Cortés, S.; Gessa, C. Quantitative estimation of peat, brown coal and lignite humic acids using chemical parameters, ¹H-NMR and DTA analyses. *Bioresour. Technol.* 2003, 88, 189–195.
- 20 Nasir, S.; Sarfaraz, T.B.; Verheyen, T.V.; Chaffee, A.L. Structural elucidation of humic acids extracted from Pakistani lignite using spectroscopic and thermal degradative techniques. *Fuel Process. Technol.* 2011, 92, 983–991.
- 21 Mielnik, L.; Kowalczyk, P. Optical characteristic of humic acids from lake sediments by excitation-emission matrix fluorescence with PARAFAC model. *J. Soils Sediments* 2018, 18, 2851–2862.
- 22 Vergnoux, A.; Di Rocco, R.; Domeizel, M.; Guiliano, M.; Doumenq, P.; Théraulaz, F. Effects of forest fires on water extractable organic matter and humic substances from Mediterranean soils: UV–vis and fluorescence spectroscopy approaches. *Geoderma* 2011, 160, 434–443.

Л.П. ИбрагимоваНахчыванский Государственный Университет, Азербайджан, г. Нахчыван
e-mail: leyla_meherremlı91@hotmail.com

ВЛИЯНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА РАЗВИТИЕ АГРОЦЕНОЗОВ

В последнее время особое внимание следует уделить эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения для предотвращения дефицита продовольствия, который может возникнуть как в мире, так и в нашей республике. По этой причине очень важно изучение процессов магматизма в Нахчыванской МР, где земли, непригодные для развития агроценозов, занимают большую площадь. Различные категории рисков и опасностей, вызванных влиянием процессов магматизма, рассчитывались путем проведения определенных расчетов через программу ГИС. Эффузивные и интрузивные магматические процессы создали условия для создания разнообразных форм рельефа на земной поверхности. В то же время масштабность этих подземных процессов в районе наших исследований обусловила разнообразие полезных ископаемых и обилие минеральных вод. Это привело к отводу важных земель для развития агроценозов в различных отраслях нашей области исследований, что повлекло за собой увеличение рисков и опасностей. Он рассчитал риски и опасности, вызванные магматизмом в этом районе, по разным категориям. Изучение процессов магматизма очень важно при размещении любого объекта инфраструктуры. Это имеет практическое значение для размещения различных сельскохозяйственных полей, существующих в настоящее время и которые будут созданы в будущем в районе, где мы проводим исследования.

Ключевые слова: магматические процессы, агроценозов, рельеф, интрузив, эффузив, морфоструктур.

L.P. Ibrahimova

Nakhchivan State University, Azerbaijan, Nakhchivan
e-mail: leyla_meherremlı91@hotmail.com

Influence of magmatic processes on the development of agrocoenosis

Recently, special attention should be paid to the effective use of agricultural land to prevent food shortages, which may arise both in the world and in our republic. For this reason, it is very important to study the processes of magmatism in the Nakhchivan MR, where lands unsuitable for the development of agrocoenoses occupy a large area. Various categories of risks and hazards caused by the influence of magmatism processes were calculated by performing certain calculations through the GIS program. Effusive and intrusive magmatic processes have created conditions for the creation of various landforms on the earth's surface. At the same time, the scale of these underground processes in the area of our research determined the diversity of minerals and the abundance of mineral waters. This has led to the acquisition of important land for the development of agrocoenoses in various sectors of our research area, which has led to an increase in risks and dangers. He calculated the risks and hazards caused by magmatism in the area in different categories. The study of magmatism processes is very important when placing any infrastructure object. This is of practical importance for accommodating the various agricultural fields that currently exist and will be established in the future in the area where we are conducting research.

Key words: magmatic processes, agrocoenoses, relief, intrusion, effusive, morphostructure.

Л.П. Ибрагимова

Нахчыван мемлекеттік университеті, Әзірбайжан, Нахчыван қ.
e-mail: leyla_meherremlı91@hotmail.com

Агроценоздың дамуына магматтық процестердің әсері

Соңғы кездері әлемде де, республикамызда да туындауы мүмкін азық-түлік тапшылығын болдырмау үшін ауыл шаруашылығы жерлерін тиімді пайдалануға ерекше назар аудару қажет. Осы себепті агроценоздарды дамытуға жарамсыз жерлер үлкен аумақты алып жатқан Нахчыван

МР-да магматизм процестерін зерттеу өте маңызды. Магматизм процестерінің әсерінен туындайтын тәуекелдер мен қауіптердің әртүрлі категориялары ГАЗ бағдарламасы арқылы белгілі бір есептеулер жүргізу арқылы есептелді. Эффузиялық және интрузивті магмалық процестер жер бетінде әртүрлі рельеф формаларының пайда болуына жағдай жасады. Сонымен бірге біздің зерттеу аумағындағы осы жер асты процестерінің ауқымы пайдалы қазбалардың әртүрлілігін және минералды сулардың көптігін анықтады. Бұл біздің зерттеу аймағымыздың әртүрлі салаларында агроценоздарды дамыту үшін маңызды жерлерді алуға әкеліп соқты, бұл тәуекелдер мен қауіптердің артуына әкелді. Ол аймақтағы магматизмнің әсерінен болатын қауіптерді әртүрлі категориялар бойынша есептеді. Кез келген инфрақұрылым объектісін орналастыру кезінде магматизм процестерін зерттеу өте маңызды. Бұл біз зерттеу жүргізіп жатқан аймақта қазіргі уақытта бар және болашақта құрылатын әртүрлі ауыл шаруашылығы өрістерін орналастыру үшін практикалық маңызды.

Түйін сөздер: магмалық процестер, агроценоздар, рельеф, интрузия, эффузив, морфоқұрылым.

Введение

В формировании рельефа земной поверхности помимо экзогенных процессов морфогенеза значительную роль играют магматические процессы [23,24]. Магматизм проявляясь здесь почти во всех формах деятельности (плутонической, экструзивной, вулканической) предопределил формирование полного комплекса адекватных морфоструктур [1]. Изучение роли магматизма в формировании рельефа позволяет проследить условия геодинамического развития территории, изучение закономерностей, образования и распределения месторождений полезных ископаемых, в том числе увеличивает риск и опасность, и это влияет к развитию агроценозов. Это предотвращает их развитие. В этом отношении рассмотрение данных вопросов на примере территории Нахчыванской АР, характеризующейся значительным разнообразием и сложностью физико – географических условий и богатством природных ресурсов, определяет актуальность разрабатываемой темы.

На основе схемы физико–географического районирования Нахчыванской Автономной Республики, которая делится на Шарур-Ордубадскую и Гунгют-Гапыджикскую природные районы, входит в состав Среднеараксинской или Нахчыванской природной области. Расположенная на юго–западе горной системы Малого Кавказа, область граничит на юго-западе по реке Араза, на северо-востоке – водораздельной линией Зангезурского и Даралагезского хребтов. Средняя возвышенность над уровнем моря составляет 1450 метров.

Магматизм – геологические процессы связанные с образованием магмы, перемещением ее в земной коре и излиянием ее на поверхность, в том числе деятельность вулканов (вулканизм)

[17,19]. Это относится к интрузивному и эффузивному магматизму. Формы рельефа, связанные с интрузивным магматизмом, могут быть как результатом непосредственного препарирования магматических тел (батолитов, лаколлитов и др.), так и следствием препарирования интрузивных магматических тел, которые, нередко более устойчивы к воздействию внешних сил, чем вмещающие их осадочные породы [18,21,25]. Интерес к рассмотрению роли магматизма в формировании рельефа и влияние агроценозов Нахчыванской АР [5,6,9,11,12].

Материалы и методы исследования

Основной целью исследования было изучение проблем, возникающих при развитии магматических процессов и их влияний на развития агроценозов. При этом мы использовали данные ранее проводимых исследований, фондовых материалов, наряду топографическими и другими специальными картами, «DEM» файлы территории [20,22].

В пределах Нахчыванской АР, комплекс эффузивно – пирокластических пород развит на двух изолированных друг от друга участках. Первый из них площадью 185 км² расположен в северо–западной части Ордубадского синклинария на стыке Зангезурского и Даралагезских хребтов, а второй площадью 18 км² расположен в пределах Шаруро–Джюльфинского антиклинария [2-4] По мнению авторов извержение было наземное (субарельное), центральное и проявилось в трех фазах, которым отвечают выделенные горизонты. Анализ морфологических особенностей и закономерностей распространения изверженных пород, слагающих биченакскую толщу, подтверждает эту точку зрения. В верхнем течении Кюкючая на юго – западном склоне

г. Синор, южном склоне г. Агдабан, северо – западном и западном склонах г. Сальвард, южном и юго – восточном вершин Учгардаш и Тоглугаясы морфологически установлены три лавовых потока. В верхних течениях рек Биченак, Гемюр, Шорчай, Зарнатун, эти лавовые потоки образуют в современном рельефе три ярко выраженных ступени.

Результаты и их обсуждение

Породы Биченакской толщи, представленные андезитами, андезито-базальтами и их пирокластолитами, залегают на интенсивно дислоцированных и собранных в сладки туфоконгломератах и вулканогенно-осадочных породах эоцена. На основе изучения поверхности погребенного рельефа и разрезов, снятых на разных участках территории, установлено, что извергавшийся материал распространялся в зависимости от характера древнего рельефа, который был значительно фрагментирован. Биченакская толща в пределах Батабатского и Норс – Тыркешского прогибов имеет наибольшую мощность 915 м, а в пределах Карагузейского поднятия наименьшую 420 м. Лавы, излившиеся в первую фазу, занимают более обширную площадь и их контакт их с древним рельефом выражен наиболее отчетливо. Современные ущелья верхних течений Шахбузчая и Нахчиванчая соответствует древним, долинам, возникшим до извержений. В результате интенсивной глубинной эрозии в ущельях указанных рек скрыты подошвы лав и кровля интенсивно дислоцированных вулканогенно-осадочными породами эоцена. На основе прослеживания контактов биченакской толщи с вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами эоцена в ущельях верхних течений Нахчиванчая и ее притоков выявлен характер древнего рельефа. Интересно, что облик современного рельефа, образованного раннеплиоценовым вулканизмом, с морфологической точки зрения повторяет главные черты древнего рельефа, характер структурных особенностей. Породы биченакской толщи имеют большое развитие, начинаясь с юго-западного склона вершины г. Синор Даралагезского хребта, протягиваются до вершины г. Гядикдаг Зангезурского хребта. Вершины гг. Кечалдаг, Агдабан, Салвард, Джамышшолан, Учгардаш, расположенные на водоразделах Зангезурского и Даралагезского хребтов, являются центрами извержений, т. е. вулканическими конусами. Лава, излившаяся из этих центров, растекалась во всех направлениях,

образуя ступенчатые лавовые плато и потоки.

Лавы в зависимости от характера строения древнего рельефа образуют два типа плато: слабофрагментированных и слабо фрагментированные – ступенчатые. Слабофрагментированные плато, образовавшиеся во второй основной фазе извержения в пределах Карагузейского поднятия занимают обширную площадь. В районе г. Синор и севернее с. Зернел плато образует выпуклую поверхность с уклоном до 15°. Основной причиной такой морфологической особенности плато является перекрытие лавами приподнятого шарнира Колачайской антиклинали олигоценного возраста и приуроченностью ее к плиоцену – четвертичным Бадамлы-Шарурской и Зернел-Ордубадской антиклинальным зонам. Наоборот, в районе г. Такалик плато имеет очень пологий уклон и является слабофрагментированным, что связано с перекрытием лавами средне – позднемiocеновой поверхности выравнивания. Аналогичное явление наблюдается в верхнем течении Норсчая на юго – западном склоне г. Тоглугаясы. И здесь из-под лавового плато с уклоном поверхности в 10°-12° обнажаются фрагменты поверхности выравнивания средне – позднемiocенового возраста. В районах оз. Ганлыгель, Батабат и гг. Салвард, Гемюр, Тоглугая поверхность лавового плато осложнены циркообразными формами, морфологически схожими с ледниковыми образованиями. Ряд авторов эти формы принимают за ледниковые образования – цирки и кары. Исследования [7, 8] показывают, что эти формы генетически не имеют ничего общего с ледниковыми формами рельефа и образовывались вдоль тектонических разрывов в результате гравитационно – блокообразного оседания.

Породы биченакской толщи литологически представлены андезитами, андезито-базальтами, туфобрекчиями и агломератовыми лавами, которые характеризуются пористостью, трещиноватостью и высокой степенью водопроницаемостью. Поверхностные воды просачиваются в эти породы, доходят до среднеэоценовых осадочных и вулканогенно-осадочных отложений, которые сцементированы глинистым материалом и по контакту образуют потоки. По мере развития подземной эрозионной деятельности этих потоков и выноса мелкого материала из нижних горизонтов биченакской толщи происходило оседание вышележащих слоев толщи и сползание их по поверхности эоценовых отложений.

К субвулканическим фациям относятся близ поверхностные геологические тела сложенные застывшими, частично или полностью перекры-

сталлизованными лавами, без флюиальности, полосчатости и других текстур течения – силлы, штоки, локалиты, крутые дайки, большая часть которых расположена в вулканических конусообразных образованиях. По морфологии и характеру залегания эти тела сходны с обычными интрузиями, но отличаются от них эффузивным обликом слагающих их пород и более слабыми контактными изменениями. Породы субвулканических интрузий обычно лишены текстур течения, весьма распространенных в породах эффузивных, экструзивных и жерловых фациях.

При экструзивном типе извержения происходит выдавливание лавы находящиеся в вязком или уже затвердевшем состоянии на поверхности. Форма экструзивных тел зависит от формы вулканического канала, через который они выдавливаются. Экструзивные образования имеют форму куполов, игл и обелисков. Состав магмы преимущественно средний и кислый. Часто у подножия экструзивных образований скопление обломочного материала, сформировавшийся в результате частичного обрушения купола при выжимании новых порций лавы. Наиболее распространением на территории Нахчыванской АР магматические морфоструктуры, обусловленные экструзивным типом извержения (экструзивные купола Иландаг, Алинджа, Нагаджир, Кутандаг и др.), крупнейшая из которых является эффектно выраженный на фоне предгорной наклонной равнины мощный экструзивный куполовидный массив Иландаг. Экструзивы раннеплиоценового вулканизма имеющие различные морфологические особенности развиты в пределах Ордубадского синклинория в Парадашском, Норс – Тыркешском и Нахчыванском прогибах. По морфологическим особенностям экструзивы объединены в две группы – куполообразные экструзивы и экструзивные гряды.

Куполообразные экструзивы, экструзивные купола отчетливо выражены в рельефе и хорошо сохранены до настоящего времени. Это Иландаг, Алинджа, Нагаджир, Шарур, Асадкяф. По [9] эти купола прорывают отложения от палеоцена до нижнего плиоцена, в связи с чем он определяют их возраст как раннеплиоценовый.

Среди экструзивных куполов самый крупный и резко выраженный в рельефе – это г. Иландаг, который расположен на левом берегу Алинджачая, в пределах Парадашского наложенного прогиба. Он приурочен к восточному крылу Яйджи-Шарурской антиклинальной зоны и представляет собой изолированную куполообразную возвышенность. Экструзив образует

крутые склоны, обрывающиеся к размытой поверхности верхнеэоценовых осадочных пород. Эта гора с зубчатой вершиной хорошо видна практически со всех уголков территории автономной республики. Особенно хорошо он виден из г. Нахчывань. Прекрасное морфологическое выражение Иландага в рельефе объясняется формой магматического тела и петрографическим составом слагающих пород. Верхушка экструзива раздвоена перемычкой, отделяющей западную вершину от восточной. Такая форма придает ей некоторое сходство с раскрытой змеиной пастью, откуда и произошло название Иландаг. Экструзив занимает 3, 8 км² площади. Относительная высота горы над подошвой – 750 м. Разрушаясь вдоль столбчатых отдельностей, породы слагающие экструзив, образуют на склонах коллювиальные шлейфы.

Шарурский экструзив расположен к западу-северо-западу от экструзива Иландага, на правом берегу Алинджачая между Шарур и с. Салтах Джульфинского района. Морфологически этот купол представляет собой конусообразную возвышенность высотой 1587 м, плане имеет овальную форму, втянутую в северо-восточном направлении. Он приурочиваясь к Даста-Кутандагской антиклинали прорывает нижне, средне – и верхнеплиоценовые породы и сложен андезитом – дацитами. Площадь экструзива составляет 0, 6 км². Высота экструзива относительно дна Бананиярской котловины достигает 350 м, а русла реки Алинджачай – 460 м [11, 12].

Алинджинский экструзив расположен на правом берегу Алинджачая, у сел. Ханага, в 5,5 км к северо-западу от Иландага и в 3,5 км к северо – северо – востоку от Шарура. Приурочен к сводовой части Ханагинской антиклинали и имеет куполообразную форму. В плане имеет форму эллипса, большая ось которого ориентирована в северо-западном направлении. Морфологически этот купол представлен тремя вершинами. Абсолютная высота экструзива 1820 м, относительная – 570 м (над руслом Алинджачая). Общая площадь экструзива 1,3 км². На склонах наблюдаются шлейфы коллювиальных образований.

Нагаджирский экструзив расположен в 10 км к северо-западу от экструзива Алинджа и вытянут в северо-западном направлении. Его юго-западный склон обрывистый. Площадь составляет 3 км², имеет вид столообразной возвышенности. Поверхность Нагаджир имеет платообразную форму. Юго-восточная часть фрагментирована на несколько громадных по величине глыб с весьма острыми вершинами. Следует отметить,

что эти формы рельефа рисуют определенную линию глубинного разлома, вдоль которого они расположены, кроме того, к этой линии приурочены выходы минеральных источников.

Куполовидные возвышенности, согласно [15, 16], помимо морфогенетического и прогнозно-минерагенического значения, представляют огромный интерес и в палеогеоморфологических реконструкциях. Данный факт может внести существенные коррективы в неверно устанавливаемые величины денудационного среза и в опровержении представлений о невозможности сохранения древних поверхностей выравнивания, потому что вулканические нагромождения являясь надстроечными, насаженными формами – индикаторами, характеризуют степень денудированности рельефа.

Экструзивные гряды. Караджалал – Кызылдагская экструзивная гряда расположена на северном борту Нахчыванского прогиба, формирование которой обусловлено раннеплиоценовой (мэотис – понт) магматической деятельностью, проявившейся вдоль Нахчыванского глубинного разлома. Гряда на фоне интенсивно фрагментированного рельефа, образует резко выраженную вулканическую морфоструктуру, представленную экструзивами Караджалал, Гурдаг, Тойдаш, Гунейоглин, Гулдаг, Мисдаг, Кызылбогаз и Кызылдаг. Вдоль гребневой части гряды они образуют конусообразные и куполообразные возвышенности с относительными высотами 100 – 125 м и отделены друг от друга неглубокими седловинами. На пересечении поперечных тектонических разломов и глубинных разломов гряда отставала от общего блокообразного поднятия. Кроме этого, вследствие тектонической фрагментации пород, разрушительные процессы на участках пересечения тектонических нарушений протекали более интенсивно. В результате этого между экструзивами образовались седловины. Морфология указанных экструзивов в определенной степени обусловлена и характером извержений и физико – химическим составом магмы. В данном случае магма имела кислый и вязкий состав, который затруднял ее движение. Долины Кахабчая, Сирабчая и Шорсучая, пересекая гряды образуют узкие, глубокие сквозные долины с крутыми склонами.

Кальдеры и кратеры. Помимо конструктивных (аккумулятивных) вулканических морфоструктур, пределах Нахчыванской АР развиты также деструктивные (разрушительные) их разновидности, представленные в основном кальдерными котловинами и кратерами. Благодаря значительной древности вулканических постро-

ек, кратеры вулканов уничтожены и поэтому эти формы здесь почти не выделяются (не исключено что отмечаемые углубления в приводораздельной части Даралагезского хребта, частично занятые озера, имеют кратерную природу). Кальдеры, соответствуя ареалам интенсивных вулканических извержений, образовались, как правило, в зонах сочленения многочисленных разрывных нарушений. Дуговая (кольцевая) конфигурация предопределяет характер разрушения и овальное очертание кальдер в плане. Кроме этого в строении и морфологической контрастности наиболее хорошо сохранившихся в современном рельефе кальдер существенная роль принадлежит внешним их обрамлениям.

Формы рельефа, связанные с интрузивным магматизмом, могут быть как результатом непосредственного влияния магматических тел (батолитов, лакколлитов и др.), так и следствием препарировки интрузивных магматических пород, которые как уже упоминалось, нередко являются более стойкими к воздействию внешних сил, чем вмещающие их осадочные породы. Интрузивные морфоструктуры, встречаемые в пределах исследуемой части Малого Кавказа, образовались в различных условиях и в различных геологических эпохи. Поэтому они резко отличаются по строению структур, морфометрическим особенностям и образующим формам рельефа. Интрузивные морфоструктуры развиты в центральной части Зангезурского горстового поднятия, в северо – восточной и восточной перифериях Ордубадского синклиория, в Парадашском прогибе и Карагюзейском поднятии. По сложным петрологическим и морфологическим особенностям, самой крутой интрузивной морфоструктурой в исследуемом районе, как и на территории всего Малого Кавказа является Мегри – Ордубадский гранитоидный батолит. Расположен в южной части Зангезурского хребта, батолит имеет ассиметричный характер, и резко выражен в современном рельефе. Послеолигоцен-домиоценовый Мегри–Ордубадский полифазный гранитоидный батолит расположен между Ньюади–Дебаклинским и Агарак–Пазмаринским глубинными разломами и соответствуют юго-восточному водораздельному участку Зангезурского хребта, испытавшего наибольшее поднятие в новейшем тектоническом этапе. Массив в целом образует резко выраженный в рельефе, с пикообразными вершинами и гребневым водоразделом высокий хребет представляет собой самую крупную интрузивную морфоструктуру региона. В пределах Нахчыванской Автономной Республики, он занимает 280 км².

Морфологические черты морфоструктуры предопределены характером тектонического раздробления, наличием Агарак-Пазмаринского и Ньюади-Дебаклинского разломов, амплитудой движений по этим разломам, петрологией батолита, климатическими условиями и рельефом, предопределяющими характер и направление развития современных процессов рельефообразования. Процессами выветривания полностью модифицирован первичный рельеф гребневых частей Мегри-Ордубадского батолита. Вследствие этих факторов водораздельная часть и склоны батолита интенсивно фрагментированы и у подножий формировались сложные формы рельефа-денудационно-тектонические и эрозионно-денудационные склоны, обвалы, осыпи, россыпи и др. По сути массив представляет собой группу интрузивов. Все интрузивы этой группы – Мегри-Ордубадский, Сакарсуинский и Лякятаский – характеризуются резко секущими контактами, значительной ассимиляцией вмещающих пород, наличием ксенолитов и интенсивным контактовым (особенно Мегри – Ордубадский) воздействием, фиксирующимся в мощной зоне контактово – метасоматических пород (скарны, эпидозиты, роговики, кварциты).

Интрузивная морфоструктура Сакарсу расположена в центральной части Зангезурского поднятия у озера Гейгель, в истоках р. Сакарсу и генетически связана с Мегри-Ордубадским батолитом и образующий морфоструктуру интрузивный шток формировалось олигоценным магматизмом. Морфоструктура, имеющая интенсивно фрагментированные склоны, в водораздельной части Зангезурского хребта образует пикообразные вершины.

Лякатагская интрузивная морфоструктура расположена в северо – восточной части Ордубадского синклинория, в верховье р. Алинджачай. Образующее ее интрузивное тело в морфологическом отношении представляет собой типичный шток с секущими контактами.

Морфоструктуры малых интрузивов. Морфологически представленные сфенолитами (клинообразное тело) и силлами (пласты, залежи), они в рельефе выражены интрузивами Башкенд, Казанчи, Ортакенд, Парадаш, Хошкешин, Бердык, Ханага, Гял, Сарыдаг, Асяджиаф, Зернель, Айричай, Алага, Бист, Тиви, Гахраманчухур, Хазарюрт, Эльты, Кюкю, Араджи и др. Благодаря тому, что прорываемые ими они более наглядно вырисовываются в рельефе местности.

Кюкюнская сфенолитовая морфоструктура расположена в ущелье одноименной реки у

с. Кюки, на стыке Батабатского прогиба и Карагюзейского поднятия и образует сложный рельеф на фоне интенсивно раздробленных и фрагментированных вулканогенно-осадочных пород среднего эоцена. Он осложнен разломами северо-западного направления простирания и разделен на 2 части, образующие интенсивно фрагментированный скалистый рельеф с крутыми склонами. В направлении к югу от интрузивного массива выделяются апофизы мощностью 3,5 м, и протяженностью 800-900 м, образующие небольшую грядку вдоль правого берега.

Казанчинская интрузивная морфоструктура приурочена к Парадашскому прогибу и расположена в долине р. Алинджачай, в 300–400 м к северу от одноименного села. Она представлена двумя массивами, отделенными друг от друга верхнеэоценовыми осадочными отложениями. Один из них расположен севернее с. Казанчи и протягивается в широтном направлении. Река Алинджачай прорезала интрузив на глубину 125 м и образует в нем сквозное ущелье. Поверхность интрузии выравнена и соответствует 125 метровой эрозионно – аккумулятивной террасы. Второй массив расположен в 1,2 км к юго – востоку от с. Казанчи на левом берегу р. Алинджачай. Массив образует невысокие гряды, протягивающиеся в северо – восточном направлении.

Бердыгская интрузивная морфоструктура расположена в Парадашском прогибе на левом берегу р. Алинджачай. Она состоит из трех контактирующих массивов более низкого порядка и очень хорошо выражена в рельефе. На тех склонах, где интрузия с вмещающими породами образует крутой рвущий контакт, образовались призматические и столбчатые отдельности, характерные для лав отдельности. В результате эрозионно-денудационных процессов на его склонах развиты коллювиальные шлейфы.

Айричайская интрузивная морфоструктура расположена на левом берегу р. Гилянчай в северо-восточной периферии Ордубадского синклинория. Обуславливающий ее интрузив протягивается от р. Айричай до с.Хурст, и состоит из трех массивов, отделенных друг от друга полями развития гляциальных образований. Интрузивный массив прорывает среднеэоценовые вулканогенно-осадочные, а на юго-западном склоне Агдагского хребта нижнеэоценовые вулканогенные породы.

Зернельская интрузивная морфоструктура расположена на левом берегу р.Ганлыгелчай и приурочен к Зернел-Ордубадской антиклинальной зоне плиоцен-четвертичного возраста.

Организуящий ее интрузив, расширяясь в северо-западном направлении, образует конусообразную форму с относительной высотой 250–300 м. В юго-западном направлении он образует крутую стену, возвышающуюся на 450 – 500 м над кровлей вмещающих пород. На склонах прослеживаются небольшие площади коллювиальных образований.

Араджинская интрузивная морфоструктура расположена в приводораздельной полосе Зангезурского хребта, имеет конусообразную форму. В результате регрессивной эрозии рек Кечиличая и Арафсачая юго-восточные и юго – западные части организующего его интрузива вскрыты больше и образуют крутые скалистые склоны с призматическими и столбчатыми отдельностями.

Гейдагский интрузивная морфоструктура расположена в северо-восточной части Парадашского прогиба и соответствует одноименной горной вершине. Она имеет куполообразную форму, и в структурном отношении приурочена к Зернель-Ордубадской антиклинальной зоне. Интрузив прорывает верхнеэоценовые осадочные породы, характеризуются глыбовой и призматической отдельностями. *Ханагинская интрузивная морфоструктура* имеет конусообразную форму и расположена в центральной части Парадашского прогиба в Даста-Ремешенской антиклинальной зоне.

Интрузивная морфоструктура Асядкаф расположена к югу от Нагаджира и протягивает-

ся с северо-востока на юго-запад. Южная часть горы по сравнению с северной менее обрывистая. Морфологически Асядкаф имеет моноклиналиное строение. Его верхняя часть на севере обнажен и по склонам наблюдается мощная осадочная толща эоцена. Джираджуринская и Тохлуджинская интрузивные морфоструктуры расположены вдоль водораздела Караулханинского антиклинального хребта и Тохлуджинской антиклинальной гряды, которые на фоне интенсивно фрагментированных эоценовых отложений образуют резко выраженные гряды.

Таким образом, можно отметить, что магматические процессы проявляются в эффузивной, экструзивной интрузивной формах, в различных эпохах кайнозойского периода. Анализ геолого-геоморфологических данных, посвященных территории Нахчыванской Автономной Республики, свидетельствует о значительной роли магматизма в формировании рельефа (магматических морфоструктур).

В связи с влиянием магматических процессов в геоморфологической структуре автономной республики возникла определенная экологическая напряженность [13]. Определили эколого-геоморфологическую ситуацию с влиянием этих процессов и изучили их влияние на развитие агроценозов. Итак, геоморфологически тот факт, что 32 % площади высокого, 28 % среднего, 23% слабого и 17 % умеренного натяжения, создает препятствие в развитии аксонов (Рис. 1).

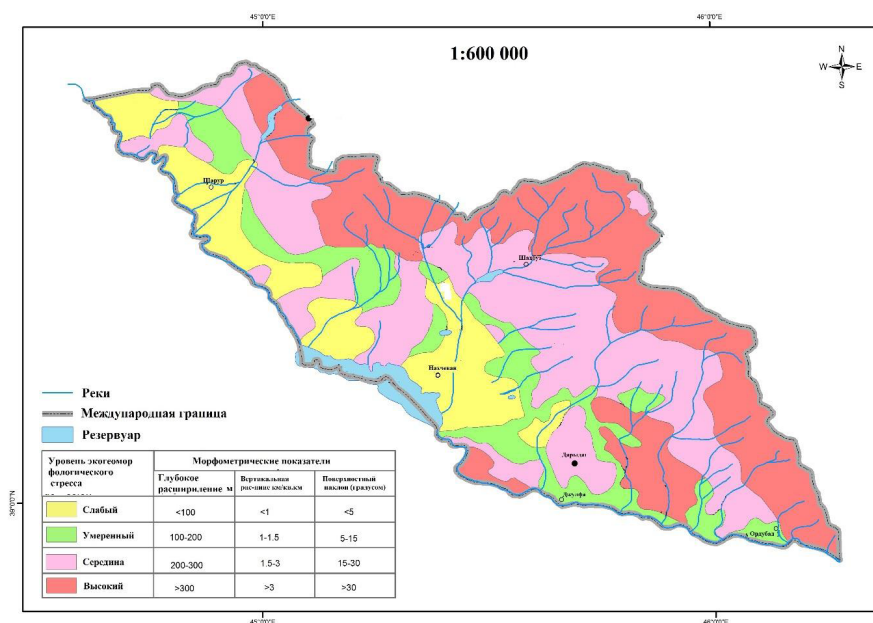


Рисунок 1 – Эколого-геоморфологическая карта стрессов Нахчыванской Автономной Республики

Выводы

Основываясь на наших исследованиях, можем сказать, что Нахчыван является регионом, богатым как интрузивными, так и эффузивными морфоструктурами.

Покрывание широкого ареала упомянутыми элементами обусловил обилие полезных ископаемых в районе исследований. При эксплуатации

природных ресурсов возникло препятствие выходу сельскохозяйственных угодий из оборота и развитию агроценозов. Также, присвоение этих земель для различных целей привело к активизации таких процессов, как оползни, наводнения, сход лавин, эрозия и деградация. Таким образом, 9,5% региона были зарегистрированы как умеренные, 21,7% – как повышенный риск, 20,2% – как кризисные и 48,8% – как стихийные бедствия.

Литература

1. Аббасов Т.А. Нахчыван: ресурсный потенциал аграрного сектора, аграрный рынок и экономическое развитие. Баку: Изд-во АДПУ, 2018, с.582
2. Гарибов, Я.А. Оптимизация антропогенной нагрузки в естественных ландшафтов Кура-Аразской низменности. *Вестника Бакинского Университета, Серия природоведческих наук*, no 1 (2014): 165-169
3. Гераськин, М.М. Оптимизация аграрных ландшафтов при организации территории сельскохозяйственных предприятий в Республике Мордовия. *Вестник Чувашского Университета*, no 3 (2008): 63-68
4. География Нахчыванской Автономной Республики I том., Баку: Европа, 2017, с.262
5. География Нахчыванской Автономной Республики II том., Баку: Европа, 2017, с.384
6. Геология Азербайджана. Том III, Магматизм, твердые полезные ископаемые, гидрогеология, инженерная геология. Баку: Вяз, 2015, с.382
7. Гусейнов Х.А. История развития аграрного сектора Нахчыванской Автономной Республики: 1924-2020 годы. Нахчыван: Аками НПБ, 2022, с.368
8. Ибрагимова, Л.П. Влияние климатического фактора на освоение горных геосистем и возникающие экологические проблемы. *Известия Тульского Государственного Университета, Науки о Земле*, no 3 (2023): 215-225
9. Иванов Д.А., Карасева О.В, Рублюк М.В. Влияние почвы и рельефа на продуктивность клеверотимофеечного травостоя. *Аграрная наука*. No 10 (2021):106-109
10. Berra, E.A. Assessing spring phenology of a temperate woodland: A multiscale comparison of ground, unmanned aerial vehicle and Landsat satellite observations. *Remote Sens Environment*, no 223 (2019): 229–242
11. Deng, L. Z. Mao, X. Li, Z. Hu, F. Duan, Y. Yan. UAV-based multispectral remote sensing for precision agriculture: A comparison between different cameras. *ISPRS J Photogramm Remote Sensing*, no (2018):124–136
12. Frantz, D. FORCE—Landsat+ Sentinel-2 analysis ready data and beyond. *Remote Sensing*, no 11(2019): 1124–1145
13. Guo, Y. J. Senthilnath, W. Wu, X. Zhang, Z.Zeng, H. Huang. Radiometric calibration for multispectral camera of different imaging conditions mounted on a UAV platform. *Sustainability*, no 11(2019): 978–1001
14. Ibrahimova, L.P. The role of morphometric indicators of relief in the development of agrocenoses in Nakhchivan Autonomous Republic. *Грозненский Естественнонаучный Бюллетень*, no 2(2023): 18-23
15. Lehnert, L. H.Meyer, W.Obermeier, B. Silva, B. Regeling. Hyperspectral data analysis in R: The hsdar package. *Journal of Statistical Software*, no 89(2019): 1–23
16. Liakos, K.G. Machine learning in agriculture: A review. *Sensors in Agriculture*, no 18(2018): 2674
17. Loranty, M., Davydov, H. Kropp, H. Alexander, M. Mack, S. Natali, N.Vegetation indices do not capture forest cover variation in Upland Siberian larch forests. *Remote Sensing*, no 10(2018): 1686–1700
18. Lu, B. Recent Advances of Hyperspectral Imaging Technology and Applications in Agriculture. *Remote Sensing*, no12 (2020): 2659
19. Poncet, A.M. Multispectral UAS data accuracy for different radiometric calibration methods. *Remote Sensing*, 11(2019): 1917–1938
20. Ronay, I. Hyperspectral Reflectance and Indices for Characterizing the Dynamics of Crop–Weed Competition for Water. *Remote Sensing*, no 13 (2021): 513
21. Skakun, R.S. Sensitivity of the thematic mapper enhanced wetness difference index to detect mountain pine beetle red-attack damage. *Remote Sensing of Environment*, no 86(2023): 433-443
22. Tian, J.Comparison of UAV and WorldView-2 imagery for mapping leaf area index of mangrove. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*, no 61 (2017): 22–31
23. Vani, V. Comparative study of ndvi and savi vegetation indices in anantapur district semi-arid areas. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 8(2017): 559–566
24. Wilson, E.H., Sader, S.A. Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, №80 (2002): 385-396
25. Didovich S., Gorgulko T., Didovich A. Control of productivity of agrocenosis. *BIO Web of conferences*, 17(2020): 256-264

References

1. Abbasov T.A. Nakhchy`van: resursny`j potentsial agrarnogo sektora, agrarny`j ry`nok i e`konomicheskoe razvitie. Baku: Izd-vo ADPU, 2018, s.582 (in Russian)
2. Garibov, Ya.A. Optimizatsiya antropogennoj nagruzki v estestvenny`kh landshaftov Kura-Arazskoj nizmennosti. Vestnika Bakinskogo Universiteta, Seriya prirodoovedcheskikh nauk, no 1 (2014): 165-169 (in Russian)
3. Geras`kin, M.M. Optimizatsiya agrarny`kh landshaftov pri organizatsii territorii sel`skokhozyajstvenny`kh predpriyatij v Respublike Mordoviya. Vestnik Chuvashskogo Universiteta, no 3 (2008): 63-68 (in Russian)
4. Geografiya Nakhchy`vanskoj Avtonomnoj Respubliki I tom., Baku: Evropa, 2017, s.262 (in Russian)
5. Geografiya Nakhchy`vanskoj Avtonomnoj Respubliki II tom., Baku: Evropa, 2017, s.384 (in Russian)
6. Geologiya Azerbajdzhana. Tom III, Magmatizm, tverdye polezny`e iskopaemy`e, gidrogeologiya, inzhenernaya geologiya. Baku: Vyaz, 2015, s.382 (in Russian)
7. Gusejnov Kh.A. Istoriya razvitiya agrarnogo sektora Nakhchy`vanskoj Avtonomnoj Respubliki: 1924-2020 gody`. Nakhchy`van: Akami NPB, 2022, s.368 (in Russian)
8. Ibragimova, L.P. Vliyanie klimaticheskogo faktora na osvoenie gorny`kh geosistem i voznikayushhie e`kologicheskie problemy`. Izvestiya Tul`skogo Gosudarstvennogo Universiteta, Nauki o Zemle, no 3 (2023): 215-225 (in Russian)
9. Ivanov D.A., Karaseva O.V, Rublyuk M.V. Vliyanie pochvy` i rel`efa na produktivnost` kleverotimofeechnogo travostoya. Agrarnaya nauka. No 10 (2021):106-109 (in Russian)
10. Berra, E.A. Assessing spring phenology of a temperate woodland: A multiscale comparison of ground, unmanned aerial vehicle and Landsat satellite observations. *Remote Sens Environment*, no 223 (2019): 229–242
11. Deng, L. Z. Mao, X. Li, Z. Hu, F. Duan, Y. Yan. UAV-based multispectral remote sensing for precision agriculture: A comparison between different cameras. *ISPRS J Photogramm Remote Sensing*, no (2018):124–136
12. Frantz, D. FORCE—Landsat+ Sentinel-2 analysis ready data and beyond. *Remote Sensing*, no 11(2019): 1124–1145
13. Guo, Y. J. Senthilnath, W. Wu, X. Zhang, Z.Zeng, H. Huang. Radiometric calibration for multispectral camera of different imaging conditions mounted on a UAV platform. *Sustainability*, no 11(2019): 978–1001
14. Ibrahimova, L.P. The role of morphometric indicators of relief in the development of agrocnoses in Nakhchivan Autonomous Republic. *Грозненский Естественнонаучный Бюллетень*, no 2(2023): 18-23
15. Lehnert, L. H.Meyer, W.Obermeier, B. Silva, B. Regeling. Hyperspectral data analysis in R: The hsdar package. *Journal of Statistical Software*, no 89(2019): 1–23
16. Liakos, K.G. Machine learning in agriculture: A review. *Sensors in Agriculture*, no 18(2018): 2674
17. Loranty, M., Davydov, H. Kropp, H. Alexander, M. Mack, S. Natali, N.Vegetation indices do not capture forest cover variation in Upland Siberian larch forests. *Remote Sensing*, no 10(2018): 1686–1700
18. Lu, B. Recent Advances of Hyperspectral Imaging Technology and Applications in Agriculture. *Remote Sensing*, no12 (2020): 2659
19. Poncet, A.M. Multispectral UAS data accuracy for different radiometric calibration methods. *Remote Sensing*, 11(2019): 1917–1938
20. Ronay, I. Hyperspectral Reflectance and Indices for Characterizing the Dynamics of Crop–Weed Competition for Water. *Remote Sensing*, no 13 (2021): 513
21. Skakun, R.S. Sensitivity of the thematic mapper enhanced wetness difference index to detect mountain pine beetle red-attack damage. *Remote Sensing of Environment*, no 86(2023): 433-443
22. Tian, J.Comparison of UAV and WorldView-2 imagery for mapping leaf area index of mangrove. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*, no 61 (2017): 22–31
23. Vani, V. Comparative study of ndvi and savi vegetation indices in anantapur district semi-arid areas. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 8(2017): 559–566
24. Wilson, E.H., Sader, S.A. Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, №80 (2002): 385-396
25. Didovich S., Gorgulko T., Didovich A. Control of productivity of agrocnosis. *BIO Web of conferences*, 17(2020): 256-264

B.M. Amirov¹, **A.T. Seytmenbetova¹**, **K.K. Kulymbet^{1*}**, **V.K. Nam²**¹U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, Kazakhstan, Almaty²Peasant farm «Nam», Kazakhstan, Zhetysu region*e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

MODELING OF FERTILIZER APPLICATION IN POTATO PRODUCTION UNDER LIGHT CHESTNUT SOILS OF ZHETYSU REGION

Global food security is of particular concern, so agricultural production will need to increase significantly to meet the food needs of growing populations. Increased crop yields can be achieved through the adoption and improvement of nutrient management and fertilizer technology. Results of field research have shown, that unilateral use of increasing doses of nitrogen fertilizers and their combination with phosphorus and potassium provide vegetative activity of potato plants: in accumulation of dry biomass, an increase of leaf area and photosynthetic productivity, that finally was integrated into formation of high yields of tubers – 37,8–45,4 t/ha at 32,4 t/ha in control plots. The obtained regression model reflects adequately enough ($R=0,886$) the experimental data. The application of mineral fertilizers decreased the share of a small fraction of tubers down to 6,0 – 8,7 % in potato yield, while increasing the share of large fractions up to 55–69 %. Depending on different doses of fertilizers potato plants accumulated 172,2 to 260,6 kg/ha of nitrogen, 63,3 to 84,1 kg/ha of phosphorus, and 197,0 to 256,3 kg/ha of potassium in biomass. On average, potato plants used 66 % of nitrogen, 26 % of phosphorus, and 59 % of potassium from fertilizers. For 1 ton tuber production, potatoes taken up 4.4 – 5.8 kg of nitrogen, 1.6 – 2.0 kg of phosphorus and 4.6 – 6.1 kg of potassium, depending on the doses and ratios of fertilizers. The effect and interaction of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers on the normative intake of nutrients by potatoes are described quite adequately ($R = 0,727-0,885$) by regression models. Economic efficiency of application of fertilizers was high in the treatments where increasing doses of nitrogen were combined with small doses of potassium, and in the treatment with doses of fertilizers applied for planned yield – 5102,6–5769,9 tenge/ha at relatively low production cost – 50,1–56,5 tenge/kg and high profitability of production – 123,1–149,7 %.

Key words: potato, light chestnut soil, fertilizers, yield, regression, economic efficiency.

B.M. Амиров¹, А.Т. Сейтменбетова¹, Қ.Қ. Құлымбет^{1*}, В.К. Нам²¹Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.²«Нам» шаруа қожалығы, Қазақстан, Жетісу облысы*e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

Жетісу облысының ашық қара қоңыр топырақтарында картоп өсіруде тыңайтқыштардың тиімділігін модельдеу

Әлемдік азық-түлік қауіпсіздігі мәселелері ерекше алаңдаушылық тудырып отыр, сондықтан саны өсіп жатқан халықтың азық-түлікке қажеттілігін қанағаттандыру үшін ауыл шаруашылығы өндірісін айтарлықтай арттыру қажет болады. Ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыруға қоректік заттарды басқару әдістері мен технологияларын және тыңайтқыштар технологиясын енгізу және жетілдіру арқылы қол жеткізуге болады. Далалық зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей, азот тыңайтқыштарының жоғарылатылған дозаларын бір жақты қолдану және оларды фосфор және калиймен бірге қолдану картоп өсімдіктерінің вегетативті өсу белсенділігін арттырды: құрғақ биомассаның жиналуын, жапырақ алаңының өсуін, фотосинтетикалық өнімділіктің жоғарылауын қамтамасыз етіп, нәтижесінде картоптың жоғары өнімділігін қалыптастырды – 37,8–45,4 т/га, ал тыңайтқышсыз бақылауда өнімділік 32,4 ц/га болды. Алынған регрессиялық модель эксперименттік нәтижелерді жеткілікті дәлдікпен қайталады ($R=0,886$). Минералды тыңайтқыштарды қолдану картоп дақылындағы түйнектердің ұсақ фракциясының үлесін 6,0–8,7%-ға дейін төмендетті, ал ірі фракцияның үлесін 55–69%-ға дейін арттырды. Тыңайтқыштардың әртүрлі дозаларына байланысты әр гектарға шаққанда картоп дақылы өнімнің биомассасында 172,2–260,6 кг азот, 63,3–84,1 кг фосфор және 197,0–256,3 кг калий элементтерін жинады. Орта есеппен картоп өсімдіктері тыңайтқыштардан 66% азот, 26% фосфор және 59% калий элементтерін пайдаланды. Картоптың қоректік заттардың

нормативті тұтынуына азот, фосфор және калий тыңайтқыштарының біржақты әсері және өзара әрекеттесуі регрессиялық модельдермен сипатталды ($R = 0,727-0,885$). Картопқа арналған тыңайтқыштарды пайдаланудың экономикалық тиімділігін есептеу көрсеткендей, ең жоғары жалпы табыс калийдің аз дозаларымен бірге қолданылған азоттың орташа және жоғары дозалары мен тыңайтқыштардың жоспарлы өнімділікке қолданылған нұсқаларда алынды – 5102,6-5769,9 теңге/га. Кароптың өзіндік құны – 50,1-56,5 теңге/кг, өнімнің жоғары рентабельділігі анықталды – 123,1-149,7%.

Түйін сөздер: картоп, ашық қарақоңыр топырақ, тыңайтқыштар, өнімділік, регрессия, экономикалық тиімділік.

Б.М. Амиров¹, А.Т. Сейтменбетова¹, Қ.Қ. Құлымбет^{1*}, В.К. Нам²

¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, Казахстан, г. Алматы

²Крестьянское хозяйство «Нам», Казахстан, Жетысуская область

*e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

Моделирование эффективности удобрений на картофеле в условиях светло-каштановых почв Жетысуской области

Проблемы глобальной продовольственной безопасности вызывают особую озабоченность, поэтому сельскохозяйственное производство должно будет значительно увеличиться, чтобы удовлетворить растущее население. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур может быть достигнуто за счет внедрения и совершенствования методов и технологий управления питательными веществами и технологии удобрений. Результаты полевых исследований показали, что односторонне применение возрастающих доз азотных удобрений и их сочетания с фосфором и калием обеспечивают вегетативную активность растений картофеля: в накоплении сухой биомассы, увеличении площади листьев и фотосинтетической продуктивности, что в конечном итоге отразилось в формировании относительно высоких валовых урожаев клубней – 37,8-45,4 т/га при 32,4 т/га на контроле. Полученная регрессионная модель достаточно адекватно отражает ($R=0,886$) полученные экспериментальные данные. Применение минеральных удобрений уменьшало в урожае картофеля долю мелкой фракции клубней до 6,0 – 8,7 %, при одновременном увеличении доли крупной фракции до 55-69 %. В зависимости от различных доз удобрений растения картофеля накапливали в биомассе от 172,2 до 260,6 кг азота, от 63,3 до 84,1 кг фосфора и от 197,0 до 256,3 кг калия. В среднем растения картофеля использовали 66 % азота, 26 % фосфора и 59 % калия из удобрений. Действие и взаимодействие азотных, фосфорных и калийных удобрений на нормативное потребление питательных элементов картофелем достаточно адекватно ($R = 0,727-0,885$) описываются регрессионными моделями. Расчет экономической эффективности применения удобрений под картофель показал, что наибольший валовой доход обеспечивали варианты, где комбинировали средние и повышенные дозы азота с небольшими дозами калия, и дозы удобрений, внесенные из расчета на планируемый урожай – 5102,6-5769,9 тенге на 1 га при относительно низкой себестоимости – 50,1-56,5 тенге/кг и высокой рентабельности производства – 123,1-149,7 %.

Ключевые слова: картофель, светло каштановая почва, удобрения, урожайность, регрессия, экономическая эффективность.

Introduction

The global population is growing and will reach 9 billion people by 2050, with 60% more food needs than we produce today. We must increase agricultural productivity and farm productivity, in which mineral fertilizers are important because half of the food we consume today is created by using fertilizers. Potatoes are one of the most important agricultural crops worldwide, as the main source of nutrition for the world's population. Potato production ranks third in the world by gross harvest. [1].

In 2018, China was the world's largest potato producer by area and production, with 4.814 million hectares and 90.3 million tons, respectively. India was in second place, 2.151 million hectares and 48.5 million tons, while Ukraine was in third place, 1.320 million hectares and 22.504 million tons, respectively. Kazakhstan with an area of 0.192 million ha produced 3.807 million tons (Table 1).

The Republic of Belarus produced the most potatoes per capita with 619 kg, followed by Ukraine with 532 kg, the Netherlands with 350 kg. Kazakhstan was in eighth place with 208 kg [2].

Table 1 – World potato production in 2018

Country	Production, mln. tons	Production per person, kg	Area, thous. ha	Yield, t/ha
China	90,3	64,8	4813,5	18,8
India	48,5	36,3	2151,0	22,6
Ukraine	22,5	532,5	1319,9	17,0
Russian Federation	22,4	152,5	1313,5	17,0
United States	20,64	62,9	414,1	49,8
Bangladesh	9,74	59,0	477,4	20,4
Germany	8,94	107,8	252,2	35,4
France	7,9	117,0	199,9	39,4
Poland	7,5	194,6	297,5	25,1
Netherlands	6,05	349,5	164,7	36,6
Belarus	5,9	618,8	271,8	21,6
Kazakhstan	3,8	208,3	192,3	19,8

In recent years, the area of potatoes in Kazakhstan has grown significantly – from 183.4 thousand hectares in 2017 to 195.8 thousand hectares in 2021 (Table 2). Almaty region, which is now divided into Zhetysu and Almaty regions, had a leading position in terms of potato planting and in the last 6 years its

share did not go below 20% of the republican area, amounting to 39.0-40.6 thousand hectares.

In 2022, the area of potato plantations in Kazakhstan made 198.9 thousand hectares with the gross yield produced 4.1 million tons, at average yield of 20.6 t/ha [3].

Table 2 – Potato production in Kazakhstan

Indicators	2017	2018	2019	2020	2021
Area, thous. ha	183,4	193,000	193	194,4	195,8
Production, thous. ha	3551,1	3 807,0	3912,1	4 006,8	4 031,6
Yield, t/ha	19,4	19,8	20,3	20,7	20,7

Increasing the productivity of agrocenoses and preserving soil fertility are the most important tasks currently facing scientists and practitioners of agricultural production. One of the main factors affecting crop yields, soil properties and economic indicators of production is the use of mineral and organic fertilizers. Their effectiveness depends on the cultivated crop, the technologies used, the doses and the timing of application. The complex economic and environmental conditions of the modern period necessitate the development of new technologies adapted to modern land use requirements [4].

Global food security is of particular concern, so agricultural production will need to increase significantly to meet food needs of growing populations. Increasing yields and narrowing the gap between actual and attainable yields are to be achieved by introducing and improving nutrient management techniques and fertilizing technology. An evaluation of long-term studies has shown that the average percentage of yield associated with fertilizer application typically ranges from 40 to 60% in temperate climates and is much higher in the tropics. Overall, inorganic fertilizers play a

critical role in global food security [5,6]. Global consumption of nutrients in the form of mineral fertilizers is expected to increase to 199 million tons in 2030 [7].

Numerous studies have been devoted to assessing the role of nutrients in the formation of potato yields and the effectiveness of fertilizer application [8,9]. Of great importance are the forms of fertilizers, the range of which is currently diverse. Highly effective and cost-effective use of complex mineral fertilizers for potatoes [10].

It is known that nitrogen, phosphorus, and potassium are the main elements necessary for normal potato development. During the sprouting, formation, and growth of the haulm, which is a powerful photosynthetic apparatus, this crop takes out a lot of nitrogen. Before the haulms close and before flowering, the phosphorus consumption increases, which promotes the development of generative organs. During the period of tubers ripening, the use of potassium, which favors the synthesis of carbohydrates, namely polysaccharide starch, as one of the main indicators of the quality of potato tubers, increases sharply [11].

The positive effect of mineral fertilizers on increasing potato yields, the formation of the assimilative surface and the improvement of photosynthetic productivity, and changes in yield quality, in different soil and climate conditions are widely covered by numerous studies [12-14].

Improving crop yields and quality is impossible without the use of fertilizers. The effectiveness of mineral fertilizers has been proven, but excessively high fertilizer rates can pollute the environment and the resulting products. In this regard, fertilizers of natural origin become of great importance. Potato yields depend not only on soil and climatic conditions of the region, but also on how scientifically justified and qualitative all agro methods of cultivation of this crop are carried out. [15].

Despite the constant increase in the amount of fertilizers applied to potatoes, the issue of crop starvation remains relevant. The first problem is the identification of a relative deficiency of a nutrient, due to which the efficiency of fertilizer use decreases [16].

In the development of fertilizer system for potatoes can not be based only on the removal by plants of nitrogen, phosphorus and potassium, and should take into account the characteristics of soil, their provision of food elements and the need for plant nutrition in different periods of growth [17].

The purpose of our research was to identify the effectiveness of different doses of mineral fertilizers by modeling their relationship with the productive indicators and yields of potatoes in the light chestnut soils of the Zhetysu region.

Materials and methods

Field experiments with potato crop were conducted in 2022 on the production fields of peasant farm "Nam", Yeskeldy district, Zhetysu region at the coordinates 44°53'1.06" N 78°37'26.52" E (Figure 1). Soils of experimental plot are represented by foothill light chestnut soils.

Before laying the experiments, the production site was subjected to agrochemical survey, the results of which are presented in Table 3.

It should be noted that these plots have been in agricultural turnover for a long time and are used mainly for intensively fertilized crops. Soils of the site are characterized by low content of humus in the horizon 0-50 cm – 1,18-1,33%, by granulometric characteristics belongs to average loamy varieties – the content of physical clay 41,1-41,6%, the sum of the absorbed bases – 15,1-17,2 mg-eq/100 g. From mobile forms, we determined the content of hydrolyzable nitrogen, which was 61.6-70.0 mg/kg. The content of mobile phosphorus was relatively high – 66.0-67.0 mg/kg and exchangeable potassium was low – 240 mg/kg. Soils characterized from the surface with a carbonate content of 0.3-0.4%, the soil reaction is neutral, pH – 7.0.

On the experimental plot, planting of potato varieties of Lady Claire was carried out on May 1 by planter in 4 rows 75 cm wide, with an average density of plants 50-52 thousand plants per hectare. The accounting plot area was – 48 m², replicated 3 times.

Experiment treatments: 1. Control (no fertilizers); 2. N₅₀; 3. N₁₀₀; 4. N₁₅₀; 5. N₂₀₀; 6. N₅₀P₅₀; 7. N₁₀₀P₅₀; 8. N₁₀₀K₅₀; 9. N₁₅₀K₅₀; 10. N₇₄P₆₉K₁₁₂ (for planned yield – 50 t/ha).

Ammonium nitrate (N – 34 %), double superphosphate (P₂O₅ – 45 %), and potassium sulfate (K₂O – 51 %) were used as fertilizers. Mineral fertilizers were applied manually by spreading under cultivation during ridge formation.

In the main phases of growth and development of potato plants, biometric studies were done and plant samples were taken for the photosynthetic productivity study. On each experimental plot, potato tuber yield with its structure was determined.

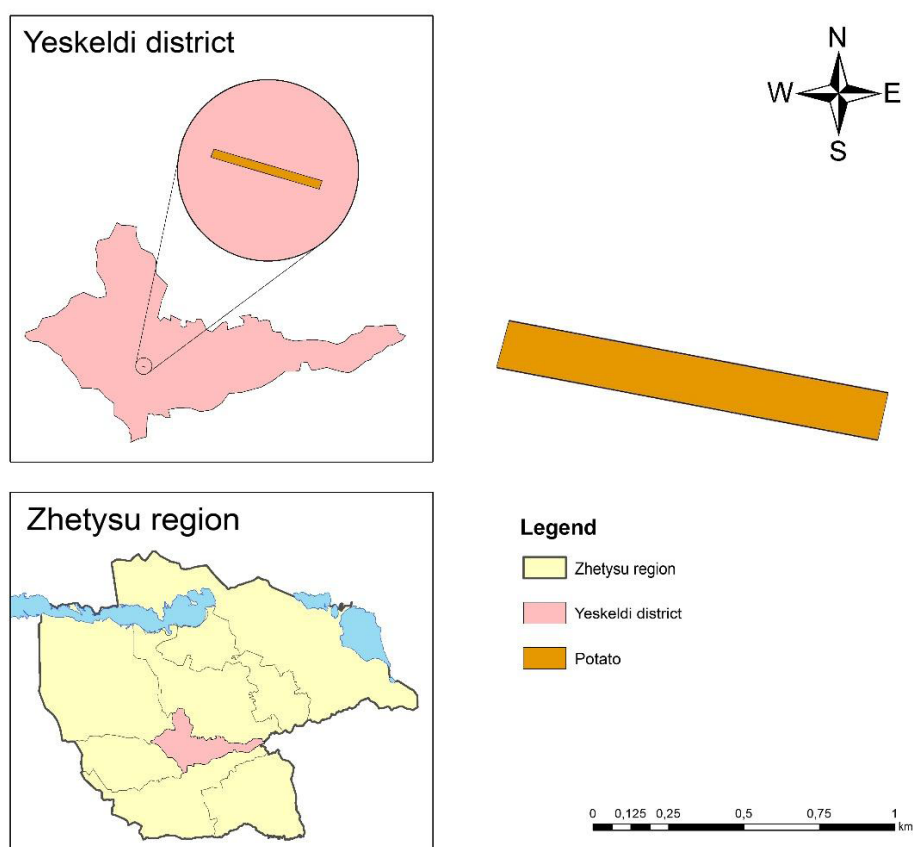


Figure 1 – Area research map

Table 3 – Agrochemical indicators of plots under potatoes, Karabulak, spring, 2022, (n=3)

Sample depth, cm	Humus, %	Physical clay (0,01-0,001 mm), %	Amount of absorbed bases, mg-eq/100g	Mobile forms, mg/kg			Gross forms, %			pH
				Nitro-gen	Phos-phorus	Potas-sium	Nitro-gen	Phos-phorus	Potas-sium	
0-25	1.33±0,11	41.13±3.14	17.16±1.92	70.0±5.6	67.0±5.0	240±26.7	0.11±0.02	0.18±0.02	2.88±0.35	7.0±0.14
25-50	1.18±0.09	41.58±3.41	15.11±1.64	61.6±6.5	60.0±3.7	240±30.0	0.10±0.01	0.16±0.02	2.88±0.32	7.0±0.12

Soil and plant samples were analyzed in the analytical laboratory of the U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry (KazRISSA) by methods generally accepted in soil science and agrochemistry [18,19]: total humus – by Tyurin, total nitrogen – by Kjeldahl, easily hydrolyzable nitrogen – by Tyurin-Kononova, mobile phosphorus, and potassium – by Machigin; pH – potentiometric, CO₂ – calcimeter, absorbed bases Ca⁺, Mg⁺ – trilometric, K⁺, Na⁺ – on a flame photometer.

Leaf surface area and photosynthetic productivity were determined according to the formula of A.A. Nichiporovich [20]. To carry out measurements by this method, an average sample is taken – 10 plants (N), the leaves are quickly cut off and their fresh weight (M_л) is determined. Fold the leaves in piles and make cuttings of a certain diameter with a drill, 5 pieces from one sheet. Cut-outs are taken so that both the leaf blades and the central veins are included in the sample. Determine the mass of all raw cuttings (M_б). The

area of leaves from one plant is determined by the formula:

$$S = \frac{M_n \times a \times \pi D^2}{M_e \times N \times 4 \times 10000},$$

where S is the leaf area of one plant, m^2 ; M_n is the mass of leaves in the sample, g; M_e is the mass of cuts, g; a is the number of cuts, pcs; N is the number of plants in the sample, pcs; D – drill diameter, sm, π – mathematical constant ≈ 3.14

Experimental data were subjected to statistical analysis using the Excel analytical package. Analysis of the regression relationship that takes into account the effect and interaction of fertilizers on the productive performance of potatoes was carried out by a non-linear regression model. Regression equations were built by sequential estimation and exclusion of non-significant regression terms at a significance level <0.05 . The adequacy of the calculated and actual results was assessed by the multiple correlation coefficient (R). The actions and

interactions of the studied factors were presented in the form of a regression equation:

$$Y = a_0 + a_1 X_1^{0.5} + a_2 X_1 + a_3 X_2^{0.5} + a_4 X_2 + a_5 X_3^{0.5} + a_6 X_3 + a_7 (X_1 X_2)^{0.5} + a_8 (X_1 X_3)^{0.5} + a_9 (X_2 X_3)^{0.5} \quad (1)$$

where: Y – resulting (dependent) factor;

a_0 – a free term reflecting the value of the resulting factor without applying the studied factors; $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ – regression coefficients reflecting the action and interaction of factors;

X_1, X_2 and X_3 – nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers, kg a.i./ha.

Results and Discussion

The results of field experiments have shown that the use of mineral fertilizers significantly increased the vegetative activity of potato plants, which manifested itself in the accumulation of dry biomass, increased leaf area, as well as their photosynthetic productivity (Table 4).

Table 4 – Photosynthetic productivity of potatoes in different phases of the growing season depending on mineral fertilizers, 2022

Treatments	Dry biomass, t/ha		Leaf area, thous. m^2 /ha		Net photosynthetic productivity, g/ m^2 per day	
	Budding phase	Phase of intensive tuber formation	Budding phase	Phase of intensive tuber formation	Seedling phase – budding	Phase of intensive tuber formation
Control (n/f)	2,00	16,06	11,71	27,35	13,64	16,35
N_{50}	2,31	17,57	14,29	34,80	12,94	14,18
N_{100}	2,68	20,20	16,14	35,50	13,28	15,43
N_{150}	3,43	19,82	18,15	38,29	15,11	13,21
N_{200}	3,52	19,12	17,11	38,65	16,48	12,72
$N_{50}P_{50}$	2,61	16,58	14,51	38,89	14,40	11,90
$N_{100}P_{50}$	2,88	20,85	15,61	41,48	14,74	14,32
$N_{100}K_{50}$	2,84	20,44	15,29	37,73	14,85	15,09
$N_{150}K_{50}$	2,90	18,24	13,78	35,32	16,84	14,20
$N_{74}P_{69}K_{112}$	3,41	20,63	15,24	38,05	17,89	14,68
LSD ₀₅	0,23	1,32	1,20	2,67	1,06	1,01
$S_x, \%$	2,45	2,16	2,44	2,29	2,20	2,25

Thus, potatoes had the maximum leaf surface during the period of intensive tuber formation from 27.4 in the control to 41.5 m^2 /ha in treatment 7 with the use of $N_{100}P_{50}$. By this period, potatoes in these

treatments accumulated, respectively, 16.1 and 20.9 t/ha of dry plant biomass. It should be noted that further unilateral increase in nitrogen doses had no positive effect on the accumulation of dry biomass,

although the area of leaf surface continued to grow from 34.8 thousand m²/ha at the dose of N₅₀ to 38.6 thousand m²/ha at N₂₀₀.

The maximum value of leaf surface was observed in plots where nitrogen was used in combination with phosphorus (N₁₀₀P₅₀) – 41.5 thousand m²/ha.

The photosynthetic productivity of potatoes changed significantly in the studied interphase periods of plants. Between seedlings and buddings, this indicator was from 12,9 (treatment 2) to 17,9 g/m² per day (treatment 10), and between the budding phase and intensive tuber formation – from 12,1 (treatment 6) to 16,3 g/m² per day (control).

The effect of mineral fertilizers on the photosynthetic productivity of potatoes in the main active vegetative phases of plant development after the sequential exclusion of insignificant variables (<0.05) has been adequately enough (R=0,826-0,958) described by regression models (2-7):

Total dry biomass in the budding phase, t/ha:

$$Y = 2,0414 + 0,0079X_1 + 0,0184X_3 - 0,0139(X_1X_3)^{0,5}; R = 0,957 \quad (2)$$

Total dry biomass in the phase of intensive tuber formation, t/ha:

$$Y = 16,203 + 0,2704X_1^{0,5} - 0,199X_2 + 0,2803X_3 + 0,1679(X_1X_2)^{0,5} - 0,177(X_1X_3)^{0,5} - 0,131(X_2X_3)^{0,5}; R = 0,909 \quad (3)$$

Leaf area in the budding phase, thousand m²/ha:

$$Y = 11,5614 + 0,4393X_1^{0,5} + 0,2093X_3 - 0,1574(X_1X_3)^{0,5} - 0,1048(X_2X_3)^{0,5}; R = 0,940 \quad (4)$$

Leaf area in the phase of intensive tuber formation, thousand m²/ha:

$$Y = 28,0881 + 0,7907X_1^{0,5} + 0,4068X_3 + 0,0864(X_1X_2)^{0,5} - 0,2633(X_1X_3)^{0,5} - 0,2799(X_2X_3)^{0,5}; R = 0,941 \quad (5)$$

Net productivity of photosynthesis in the budding phase, g/m² per day:

$$Y = 13,727 + 0,0501X_1 - 0,5237X_1^{0,5} + 0,0356X_2 + 0,024(X_1X_3)^{0,5}; R = 0,958 \quad (6)$$

Net photosynthetic productivity in the phase of intensive tuber formation, g/m² per day:

$$Y = 16,129 - 0,0156X_1 - 0,2237X_2 + 0,1547(X_1X_2)^{0,5} + 0,0466(X_2X_3)^{0,5}; R = 0,826 \quad (7)$$

As equation (2) shows, the total dry biomass of potato in the phase of budding reacts positively to the unilateral application of nitrogen and potassium fertilizers and negatively to their combined application. Model (3) describing the accumulation of dry biomass in the phase of intensive tuber formation shows a positive effect of separate application of nitrogen and potassium fertilizers and joint application of nitrogen and phosphorus fertilizers, while unilateral application of phosphorus had a negative effect.

As the model has shown (4) the assimilative surface of potato plants in the phase of budding responded positively to the separate application of nitrogen and potassium fertilizers, but their interaction, as well as the interaction of phosphorus and potassium fertilizers, had a negative effect. The model (5) has described a further increase in leaf index, where plants also responded positively to the separate application of nitrogen and potassium fertilizers and the joint application of nitrogen and phosphorus fertilizers. At the same time, the interaction of nitrogen fertilizer with both phosphorus and potassium fertilizer was negative.

The indicator integrating the size of the accumulated biomass per unit leaf area is the net photosynthesis productivity. In the period between seedlings and budding of potato plants' photosynthetic productivity has been described by equation (6) where the effect of unilateral application of nitrogen fertilizer had a positive, but gradually decreasing character, and the separate application of phosphorus and combined application of nitrogen and potassium fertilizer had a positive effect. In the period between the beginning of budding and intensive tuber formation, as the model (7) has shown, net photosynthetic productivity slightly decreased from the application of nitrogen and phosphorus fertilizers, but from the interaction of nitrogen with phosphorus and phosphorus with potassium fertilizers it increased.

Accounting showed that the gross yield of potatoes responded positively to the application of mineral fertilizers. At the same time, nitrogen fertilizers have the greatest positive effect, then potash fertilizers, and the effect of phosphorus fertilizers was very low, indicating the low efficiency of phosphorus fertilizer on soils with high mobile phosphorus.

Growth and production changes caused by the application of different doses and ratios of fertilizers during the growing season were eventually integrated into the potato yield and influenced its structure (Figure 2).

According to the data obtained, the highest gross productivity indicators in the experiment were the treatments where unilaterally increasing doses of nitrogen (treatments 3-5) – 41.0-43.2 t/ha) and its combinations with phosphorus and potassium were used (treatments 6-9) – 40.1-45.5 t/ha. Doses of mineral fertilizers, calculated on the basis of the

coefficients of use of nutrition elements from soil and fertilizers, and taking into account their intake by potato unit yield at the corresponding amount of by-products ensured the planned yield level (50 t/ha) by 97%.

A similar pattern was noted for the marketable yield of potatoes, while the increase in yield over the control amounted to 33.9-38.4% in the treatments with one-sided increasing doses of nitrogen (treatments 2-5), 36.1-40.9% with a combination of -nitrogen with phosphorus or potassium (treatments 6-9), and 44.4% when using calculated doses of fertilizers (treatment 10). Similar data were obtained for the average mass of marketable tubers, which varied from 71.1 g in the control to 86 g in the fertilized treatments.

Structural analysis of potato tuber yield was determined by studying the fractional composition, that is, the division into small, medium, and large, the data of which are presented in Table 5.

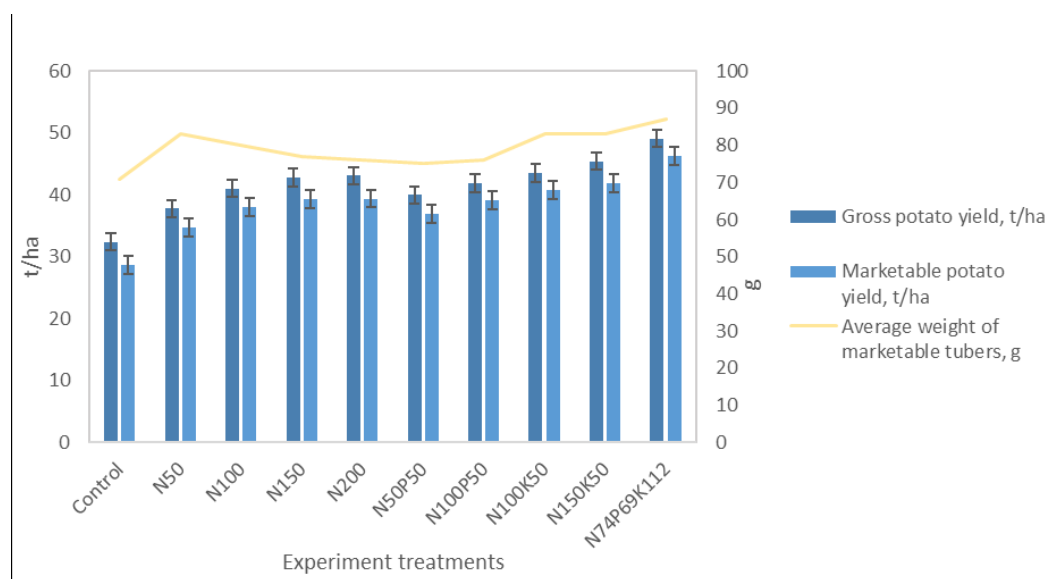


Figure 2 – Potato yield indicators depending on mineral fertilizers, 2022

Table 5 – Structural analysis of potato tuber yield depending on mineral fertilizers, 2022

Treatments	Total weight		Small fraction		Medium fraction		Large fraction	
	%	Average tuber weight, g	%	Average tuber weight, g	%	Average tuber weight, g	%	Average tuber weight, g
Control (n/f)	100	56,5	11,4	21,5	33,6	48,3	55,0	100,2
N ₅₀	100	66,7	8,0	20,4	29,8	53,0	62,2	114,4
N ₁₀₀	100	64,6	7,0	17,5	24,2	46,2	68,8	110,7
N ₁₅₀	100	62,3	8,0	19,5	34,8	51,7	57,2	109,6

Table continuation

Treatments	Total weight		Small fraction		Medium fraction		Large fraction	
	%	Average tuber weight, g	%	Average tuber weight, g	%	Average tuber weight, g	%	Average tuber weight, g
N ₂₀₀	100	61,3	8,7	20,0	26,8	48,8	64,6	100,7
N ₅₀ P ₅₀	100	63,7	7,7	21,6	33,2	50,5	59,1	104,1
N ₁₀₀ P ₅₀	100	61,4	6,7	16,7	28,0	46,5	65,3	103,8
N ₁₀₀ K ₅₀	100	67,7	6,2	17,8	25,9	48,6	67,9	115,3
N ₁₅₀ K ₅₀	100	67,7	7,8	21,1	30,7	52,6	61,5	116,5
N ₇₄ P ₆₉ K ₁₁₂	100	68,3	6,0	16,1	34,1	55,8	59,9	125,7
LSD ₀₅		7,48		4,86		7,92		12,91
S _x , %		3,94		8,58		5,32		3,95

The results of the structural analysis of potato tubers have shown that with the use of fertilizers, the share of a small fraction decreased. Thus, if in the control the share of small tubers was 11,4 %, in the fertilized treatments it was reduced to 6,0 – 8,7 %, thus the least amount of small fraction of tubers was found in the treatment where calculated doses of fertilizers (treatment 10) were applied – 6,0%. Since tubers weighing less than 20-25 g were referred to as the small fraction and considered to be not marketable yield. The marketable part of the potato crop (55-69% of the total weight) was mainly provided by the presence in the batch of large fraction (above 55-60 g). Thus, fertilizers played the leading role in the formation of a large fraction of tubers.

The effect of mineral fertilizers on the gross productivity of potatoes after sequential treatment and the exclusion of insignificant factors has been described by the equation:

$$Y = 32,475 + 0,7915X_1^{0.5} + 0,0355X_2 + 0,0652X_3; R = 0,886 \quad (8)$$

where: Y – gross potato yield, t/ha

X₁ X₂ and X₃ – doses of nitrogen, phosphorus and potassium, respectively, kg a.i./ha

It was found that the gross yield of potatoes responds positively to the application of mineral fertilizers. At the same time, nitrogen fertilizers have the greatest positive effect, then potash fertilizers, and the effect of phosphorus fertilizers was very

low, indicating the low efficiency of phosphorus fertilizer on soils with high mobile phosphorus.

In the conditions of precision farming, the differentiated application of fertilizers for the planned yield is a necessary requirement. For this purpose, normative expenditure of soil nutrients and fertilizers are developed, which are set by the absolute consumption of nitrogen, phosphorus, and potassium by the potato crop at the corresponding amount of by-products. Our calculations showed (Table 6), that depending on different doses of fertilizers potato plants accumulated in biomass from 172,2 to 260,6 kg of nitrogen, 63,3 to 84,1 kg of phosphorus, and 197,0 to 256,3 kg of potassium. On average, potato plants used 66% of nitrogen, 26% of phosphorus, and 59% of potassium from fertilizers.

For 1 ton of tubers with the appropriate amount of by-products potatoes at gross yield 32,4-49,1 t/ha potato plant taken up 4,4 to 5,8 kg of nitrogen, 1,6 to 2,0 kg of phosphorus and 4,6 to 6,1 kg of potassium depending on doses and fertilizer ratios. The average uptake made 4.9 kg of nitrogen, 1.8 kg of phosphorus, and 5.4 kg of potassium. From the arable soil layer the potato crop absorbed on average 63% of mineralizable nitrogen, 34% of mobile phosphorus, and 28% of exchangeable potassium.

It is interesting to note that there was a strong correlation between total and normative intake of nitrogen (R=0.76) and potassium (R=0.53), while the correlation of total and normative phosphorus intake was weak ((R=0.30).

Table 6 – Nutrients uptake by potato plants depending on mineral fertilizers, 2022

Treatment	Total nutrient uptake, kg/ha			Nutrient uptake per 1 ton of potato tubers, kg			Fertilizer utilization rate, %			Soil utilization rate, %		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Control (n/f)	142,3	64,7	192,8	4,40	2,00	5,98		-	-	62,6	29,7	24,7
N ₅₀	172,2	63,3	219,8	4,56	1,67	5,82	59,7	-	-	-	29,1	28,2
N ₁₀₀	197,7	71,5	231,1	4,83	1,75	5,64	55,4	-	-	-	32,8	29,6
N ₁₅₀	229,9	72,3	207,6	5,38	1,69	4,84	58,4	-	-	-	33,2	26,6
N ₂₀₀	225	78,1	197	5,23	1,81	4,59	41,4	-	-	-	35,8	25,3
N ₅₀ P ₅₀	184,5	73,8	228,9	4,62	1,84	5,71	84,3	18,2	-	-	-	29,3
N ₁₀₀ P ₅₀	201,6	83,3	252,9	4,86	2,01	6,10	59,3	37,2	-	-	-	32,4
N ₁₀₀ K ₅₀	234,8	82,6	227,9	5,42	1,90	5,25	92,4	-	70,1	-	37,9	-
N ₁₅₀ K ₅₀	260,6	84,1	217,5	5,77	1,86	4,82	78,8	-	49,4	-	38,6	-
N ₇₄ P ₆₉ K ₁₁₂	189,3	79,5	256,3	3,86	1,62	5,24	63,5	21,4	56,6	-	-	-
LSD ₀₅	17,8	9,9	26,6	0,57	0,17	0,97	-	-	-	-	-	-
S _x , %	2,93	4,43	4,01	3,89	3,31	6,11	-	-	-	-	-	-

The effect and interaction of nitrogen (X1), phosphorus (X2), and potassium (X3) fertilizers on nitrogen (Y1), phosphorus (Y2), and potassium (Y3) intake by 1 ton of potatoes, with the appropriate amount of by-products, is adequately described ($R = 0,727-0,885$) by the following regression models (9-11):

$$Y_1 = 4,3695 + 0,0051X_1 + 0,0119X_3 - 0,025(X_2X_3)^{0,5}; R = 0,885; \quad (9)$$

$$Y_2 = 1,9928 - 0,0705X_1^{0,5} + 0,004X_1 + 0,0033X_3 + 0,004(X_1X_2)^{0,5} - 0,0082(X_2X_3)^{0,5}; R = 0,805; \quad (10)$$

$$Y_3 = 6,1362 - 0,008X_1 - 0,0497X_2 - 0,0456(X_1X_2)^{0,5}; R = 0,727 \quad (11)$$

It should be noted, the normative nitrogen intake responded positively to an increase in unilateral nitrogen and potassium fertilizer, but negatively to the interaction of phosphorus and potassium fertilizer.

The phosphorus intake by 1 ton of potatoes, with the corresponding amount of by-products,

looks a little different – it had an increasing character from the separate action of nitrogen and potassium fertilizers and the interaction of nitrogen and phosphorus fertilizers. From the interaction of phosphorus and potassium fertilizers normative phosphorus consumption rate tended to decrease.

The normative potassium intake coefficient responded significantly negatively to the application of nitrogen and phosphorus fertilizers in separate actions and interactions, with the effect of potassium fertilizer being excluded from the equation during treatment as insignificant (<0.05).

Calculation of the economic efficiency of the application of fertilizers on potatoes (table 7) has shown the high gross income in treatments, where middle and increased doses of nitrogen were combined with small doses of potassium (treatments 8 and 9) showing 5102,6; 5231,8, respectively.

The highest income was gained with the doses of fertilizers for the planned yield (treatment 10) – 5769,4 tenge/ha. These treatments also were effective by a relatively low production cost, showing respectively, 56.5; 56.0, and 50.1 tenge/kg. Profitability of potato production with the application of the same doses of fertilizers made up 121,3; 123,1 and 149,7%.

Table 7 – Economic indicators of potato production depending on mineral fertilizers, 2022

Treatments	Total costs, thousand tenge/ha	Gross income from marketable yield, thousand tenge/ha	Conditionally net income, thousand tenge/ha.	Cost tg/kg	Profitability, %	Economic efficiency, thousand tenge/ha
Control (n/f)	2236,2	3583,8	1347,7	78,0	60,3	-
N ₅₀	2209,0	4350,2	2141,2	63,5	96,9	793,6
N ₁₀₀	2247,8	4764,7	2516,9	59,0	112,0	1169,2
N ₁₅₀	2286,6	4917,8	2631,1	58,1	115,1	1283,4
N ₂₀₀	2325,5	4919,0	2593,5	59,1	111,5	1245,8
N ₅₀ +P ₅₀	2246,0	4624,1	2378,0	60,7	105,9	1030,4
N ₁₀₀ +P ₅₀	2284,8	4894,9	2610,0	58,3	114,2	1262,3
N ₁₀₀ +K ₅₀	2306,1	5102,6	2796,5	56,5	121,3	1448,9
N ₁₅₀ +K ₅₀	2344,9	5231,8	2886,9	56,0	123,1	1539,2
N ₇₄ P ₆₉ K ₁₁₂	2310,2	5769,4	3459,2	50,1	149,7	2111,5

The highest net income in the experiment was gained in the treatment with calculated doses of fertilizers, making 2111.5 thousand tenge/ha against 793.6-1539.2 thousand tenge/ha in other treatments.

Conclusion

The results of experimental research showed that in general on the experiment the maximum value of the leaf surface of potato crop variety “Lady Claire” in conditions of light chestnut soils of Zhetysu region occurred in the period of intensive tuberization. The highest index of leaf area of 41.5 thousand m²/ha was noted in treatment 7 with the joint application of nitrogen and phosphorus (N₁₀₀P₅₀).

Between the phase of seedlings and the phase of budding photosynthetic productivity varied from 12.9 (treatment 2) to 17.9 g/m² per day (treatment 10), and between the phase of budding and intensive tuber formation – from 12.1 (treatment 6) to 16.3 g/m² per day (control), which showed no adequate relationship between this indicator and the applied doses of fertilizers.

According to the results of structural analysis of tubers, the share of small fraction decreased

to 6,0-8,7% with the use of fertilizers, and the marketable part of the potato crop was mainly provided by the presence of a large fraction (above 55-60 g).

The obtained experimental results made it possible to build mathematical models that adequately describe the effects of mineral fertilizers on the biometric and yielding indicators of potatoes and the uptake of nutrients by plants. The resulting models are useful for predicting the changes in biometric and yielding indicators and allow determining the needs of potatoes in fertilizers to achieve a targeted yield.

Funding

This research was funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan within the project BR10764865 «Scientific and technological support for the conservation and reproduction of agricultural land fertility».

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Torikov, V.E., Kotikov, M.V., Bogomaz, A.V. “Vliyaniye razlichnykh tekhnologiy vozdeystviya na urozhaynost’ i strukturu urozhaya razlichnykh sortov kartofelya [The influence of various cultivation technologies on the yield and yield structure of various potato varieties].” Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy, No. 3 (2008): 54-60. (In Russian)
2. Web Sources: World Potato Production by Country. URL: <https://www.atlasbig.com/en-gb/countries-by-potato-production> (accessed 27 Feb 2023).

3. Web Sources: Informational and educational website. URL: https://el.kz/ru/v-kazahstane-vyroslo-proizvodstvo-kartofelya_65344/ (accessed 28 Feb 2023).
4. Stewart, W., Roberts, T. "Food Security and the Role of Fertilizer in supporting it." *Procedia Engineering*, Vol. 46 (2012): 76-82. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.09.448.
5. Singh, P., Sandhu, Amarjeet Singh. "Energy budgeting and economics of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivation under different sowing methods in north-western India." *Energy*, vol. 269, no. 126755 (2023): 1-14.
6. Zhaolong, P., Daijia, F., Rong, J., Naeem, A., Daping, S., Guoyuan, Z., Dan, W., Ping, H., Wentian, H. "Improving potato productivity and mitigating nitrogen losses using enhanced-efficiency fertilizers: A global meta-analysis." *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 348 (2023): 1-11.
7. Roy, R.N., Finck, A., Blair, G.J., Tandon, H.L.S. "Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management." *Fertilizer and plant nutrition Bulletin (FAO)*, no. 16 (2006): 348.
8. Sorokina, O.A., Zimoglyad, M.V. "Vliyaniye novogo organomineral'nogo udobreniya na usloviya pitaniya i urozhaynost' kartofelya [Effect of a new organomineral fertilizer on nutritional conditions and potato yields]." *Bulletin of KrasSAU.*, vol.7 (2019): 43-49. (In Russian)
9. Oliveira, R.C., da Silva, J.R.R., Lana, R.M.Q., de Azevedo Pereira, A.I., Castoldi, R., de Camargo, R., Luz, J.M.Q. "Fertilizer Application Levels in Potato Crops and the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)." *Agronomy*, vol. 11, no. 51 (2021): DOI: 10.3390/agronomy11010051.
10. Shah, S.A., Mohammad, W., Shahzadi, S., Elahi, R., Ali, A., Basir, A., Haroon, A. "The effect of foliar application of urea, humic acid and micronutrients on potato crop." *Iran. Agric. Res.*, vol. 35 (2016): 89-94.
11. Wang, Z., Lu, J., Yang, H., Zhang, X., Luo, C., Zhao, Y. "Resorption of nitrogen, phosphorus and potassium from leaves of lucerne stands of different ages." *Plant. Soil*, no. 383 (2014): 301-312.
12. Surikov, N.V., Shuravilin, A.V., Piven', Ye, A., Koy, K. "Urozhaynost' i kachestvo produktsii kartofelya pri promyshlennoy tekhnologii vozde-lyvaniya v usloviyakh yugo-vostoka Moskovskoy oblasti [Yield and quality of potato products under industrial (Dutch) cultivation technology in the conditions of the south-east of the Moscow region]." *Environmental Management*, vol. 1 (2019): 84-91. (In Russian)
13. Shitikova, A.V., Chernykh, A.S. "Formirovaniye urozhaya i kachestvo klubney kartofelya v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya [Yield formation and quality of potato tubers depending on the level of mineral nutrition]." *Fertility*, vol. 2 (2013): 12-13. (In Russian)
14. Molyavko, A.A., Yerenkova, L.A., Marukhlenko, A.V., "Borisova, N.P. Kachestvo kartofelya i udobreniya [Potato quality and fertilizer]." *Bulletin of Bryansk State University*, vol. 3 (2015): 398-400. (In Russian)
15. Voloshin, Ye.I. "Optimizatsiya mineral'nogo pitaniya kartofelya na chernozeme vyshchelochennom Krasnoyarskoy lesostepi [Optimization of mineral nutrition of potatoes on the leached chernozem of the Krasnoyarsk forest-steppe]." *Bulletin of KrasSAU.*, vol. 10 (2006): 94-97. (In Russian)
16. Neronova, Ye., Golubeva, Ye. "Produktivnost' kartofelya pri ispol'zovanii otdel'nykh elementov programmy mineral'nogo pitaniya [Potato productivity using individual elements of the mineral nutrition program]." *Bulletin of RSATU.*, vol.2, no. 14 (2012): 73-77. (In Russian)
17. Lyashcheva, L.V., Podkovkina, Ye.A., Kazantsev, S.V. "Urozhaynost' i kachestvo kartofelya v zavisimosti ot mineral'nogo pitaniya v usloviyakh yuga Tyumenskoy oblasti [Yield and quality of potatoes depending on mineral nutrition in the south of the Tyumen region]." *Agrarian Bulletin of the Urals*, vol. 9, no 101 (2012): 52-55. (In Russian)
18. Arinushkina, Ye.P. "Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Guide to the chemical analysis of soils]." *MSU.*, (1977): 489. (In Russian)
19. Aleksandrova, L.N., Naydenova, O.A. "Laboratno-prakticheskiye zanyatiya po pochvovedeniyu [Laboratory-practical lessons in soil science]." *Agropromizdat*, (1986): 295. (In Russian)
20. Nichiporovich, A.A. Metodicheskiye ukazaniya po uchetu i kontolyu vashneishikh pokazateley fotosinteticheskoy deyatel'nosti rasteniy v posevakh [Guidelines for accounting and control of the most important indicators of the processes of photosynthetic activity of plants in crops]. *Publishing house of VASKhNIL*, (1969): 50-57. (In Russian)

Ye. Zaparina^{1*}, Z. Inelova¹, E. Boros², B. Shimshikov¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²Institute of Aquatic Ecology, Centre for Ecological Research, Hungary, Budapest

*e-mail: zaparina.elena06@gmail.com

SOILS STATE ANALYSIS IN THE SEMI-AQUATIC ZONE OF SALINE AND SODA LAKES IN ZHETYSU (by the example of lake Alakol, Sasykkol, Zhalanashkol, Balkhash and Ushkol)

In the desert zone of Zhetysu, the vegetation cover of pastures is scarce and their fodder quality is very low. This is due to the dryness of the climate. The amount of atmospheric precipitation does not exceed 120-150 mm per year, most of which falls in the autumn-winter period. Summer is characterized by extreme dryness. The desertification of the territory that has been developing in recent years, the processes of soil salinization further reduce the productivity of desert pastures. Under these conditions, the vegetation cover of inland waters located in the desert zone is of particular interest in this article. Semi-aquatic zones of inland waters have a better wet condition and have more developed vegetation. But not everywhere the vegetation of inland waters develops in the same way and it depends on edaphic conditions. Therefore, the soil studies of lakes' semi-aquatic zone located in the desert zone in particular seem to us relevant. The aim of the study is to investigate the edaphic conditions for the vegetation cover development in the semi-aquatic zone of saline and soda lakes in the desert of Zhetysu to increase their productivity and fodder value. For the research, both fields (comparative geographic, cartographic, route reconnaissance) and laboratory research methods were used. Based on the results obtained, it was revealed that there are non-saline soils (soils of semi-aquatic coastline of Zhalanashkol, Ushkol lakes), slightly saline (soils of Balkhash, Sasykkol lakes) and highly saline (soils of the semi-aquatic coastline of Alakol lake) in the study area. The main type of salinization are soda-sulfate and chloride-sulfate. The results obtained can be used as a basis for monitoring studies and as a comprehensive assessment of Zhetysu soil. The results of the study will also make it possible to assess the degree of soil degradation and vegetation cover under saline conditions.

Key words: saltmarsh, salt licks, agrochemical analysis, water extract, higher – aquatic and semi aquatic plants, saline lakes, soda lakes.

Е.Г. Запарина^{1*}, З.А. Инелова¹, Э. Борос², Б.Е. Шимшиков¹

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Экологиялық зерттеулер орталығы, Су экологиясы институты, Венгрия, Будапешт қ.

*e-mail: zaparina.elena06@gmail.com

Жетісу тұзды және сода көлдерінің жағалау аймағындағы топырақ жағдайын талдау (Алакөл, Сасықкөл, Жалаңашкөл, Балхаш және Үшкөл көлдері мысалында)

Жетісу шөлді аймағында жайылымдардың өсімдік жамылғысы аз және олардың жемдік құндылығы өте төмен. Бұл жағдай құрғақ климатқа байланысты. Жауын-шашын мөлшері жылына 120-150 мм-ден аспайды, олардың көпшілігі күзгі-қысқы уақытта түседі. Жаз өте құрғақтықпен сипатталады, соңғы жылдары дамып келе жатқан аумақтың шөлейттенуі, топырақтың тұздану процестері шөлді жайылымдардың өнімділігін одан әрі төмендетеді. Бұл жағдайда шөлді аймақта орналасқан көлдердің жағалау белдеуінің өсімдік жамылғысы қызығушылық тудырады. Көлдердің жағалау белдеулері ылғалмен қамтамасыз етілген және өсімдіктері жақсы дамыған. Бірақ барлық жерде көлдердің жағалау аймағының өсімдіктері бірдей дамымайды және ол эдафикалық жағдайларға байланысты болады. Сондықтан шөлді аймақта орналасқан көлдердің жағалау белдеуінің топырағын зерттеу бізге өзекті болып көрінеді. Зерттеудің мақсаты – Жетісу шөлді аймағының тұзды және сода көлдерінің жағалау белдеуінің өсімдік жамылғысының өнімділігі мен жемшөп құндылығын арттыру үшін дамуының эдафикалық жағдайларын зерттеу. Зерттеу жүргізу үшін далалық (салыстырмалы-географиялық, картографиялық, маршруттық-барлау) және зертханалық зерттеу әдістері қолданылды. Алынған нәтижелер негізінде зерттелініп отырған аумақта сортаңданбаған топырақтар (Жалаңашкөл, Үшкөл көлдерінің жағалаулық топырақтары), аздаған сортаңды (Балқаш, Сасықкөл көлдерінің топырақтары) және жоғары

сортанды (Алакөл көлінің жағалауының топырақтары) топырақтардың бар екені анықталды. Тұздандудың негізгі түрлері – сода-сульфатты және хлоридті-сульфатты. Алынған нәтижелер Жетісудың жер жамылғысын мониторингтік зерттеу және кешенді бағалау үшін негіз ретінде пайдаланылуы мүмкін. Зерттеу нәтижелері сонымен қатар тұздану жағдайында топырақ-өсімдік жамылғысының деградация дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: ақ сортаң батпақтар, тұзды батпақтар, агрохимиялық талдау, су сорғыш, жоғары – су және жағалау-су өсімдіктері, тұзды көлдер, сода көлдері.

Е.Г. Запарина^{1*}, З.А. Инелова¹, Э. Борос², Б.Е. Шимшиков¹

¹Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²Институт Водной экологии, Центр Экологических исследований, Венгрия, г. Будапешт

*e-mail: zaparina.elena06@gmail.com

**Анализ состояния почв прибрежной зоны соленых
и содовых озер Жетысу
(на примере озер Алаколь, Сасыкколь, Жаланашколь, Балхаш и Ушколь)**

В пустынной зоне Жетысу растительный покров пастбищ скудный и кормовая ценность их очень низкая. Это происходит из-за сухости климата. Количество атмосферных осадков не превышает 120-150 мм в год, большинство которых выпадает в осенне-зимний период. Лето характеризуется чрезвычайной сухостью. Развивающееся в последние годы опустынивание территории, процесс засоления почвы еще сильнее уменьшают продуктивность пустынных пастбищ. В качестве причин засоления на территории области выделяют первичные и вторичные факторы. К первичным относят участие материнской породы в формирование солевого статуса почвы, ко вторичным относят влияние антропогенной деятельности на почвенный покров: орошение водами с повышенным содержанием соли, складирование отходов, снега и т.д. В этих условиях представляет интерес растительный покров прибрежной полосы озер, расположенных в пустынной зоне. Прибрежные зоны озер обеспечены влагой и имеют более развитую растительность. Но не везде растительность прибрежной зоны озер развивается одинаково и зависит от эдафических условий. Поэтому изучение почв прибрежной полосы озер, расположенных в пустынной зоне, представляется нам актуальным. Целью исследования является изучение эдафических условий развития растительного покрова прибрежной зоны пустынь Жетысу для повышения их продуктивности и кормовой ценности. На основании полученных результатов выявлено, что на территории исследования присутствуют незасоленные почвы (почвы прибрежной береговой линии озер Жаланашколь, Ушколь), слабозасоленные (почвы озер Балхаш, Сасыкколь) и сильнозасоленные (почвы прибрежной зоны береговой линии Алаколь). Основным типом засоления являются содово-сульфатное и хлоридно-сульфатное. Полученные результаты могут быть использованы, как основа для мониторинговых исследований и комплексной оценки почвенного покрова Жетысуской области. Результаты исследования также позволяют оценить степень деградированности растительного покрова в условиях засоления.

Ключевые слова: солончаки, солонцы, агрохимический анализ, водная вытяжка, высшие – водные и прибрежно-водные растения, соленые озера, содовые озера.

Introduction

The soil cover of Zhetysu has a number of features associated primarily with special climatic conditions: it's of continental climate type, saline, shows uneven distribution of precipitation, and has low soil moisture. This is due to the diversity of climate, its topography, underlying rocks, and vegetation. Most of the precipitation falls during the winter months. In the study area, zonal soils are gray soils, which are mainly of loamy and clay granulometric composition, often saline, with high pH and very low content of plant nutrients. The peculiarity of the structure of gray soils is due to the weak differentiation of genetic horizons, i.e.

low content of organic matter and its complete mineralization [1].

Salinization of the soil cover and constant increase in its area from year to year due to poor drainage under the influence of both climatic conditions and anthropogenic activities are becoming one of the most urgent problems that lead to the degradation of soil cover, and a decrease in the biodiversity of plants and animals [2-4]. This problem directly affects the development of agriculture, the main task of which is to provide food for the population of the republic and feed for farm animals [5].

The soils of the study area can be classified as medium and highly saline. Soils with high salt content are inherent in steppe and desert landscapes,

however, soil salinization processes also occur in areas with humid climate, most often in the coastal zone, where inland water shows its influence through river channels and feeds through groundwater, which directly affects the salinization process of vast territories [6-9]. Primary and secondary factors that influence the accumulation of salts in the soil cover is distinguished as the causes of salinization in the region. The primary ones include the participation of the parent rock in the formation of soil salt status, the secondary ones include the influence of anthropogenic activities on the soil cover: irrigation with waters with high salt content, lack of drainage, waste storage, etc. [10].

The problem of soil salinity and vegetation cover degradation is devoted to a number of research works [6-8, 11-12], however, there is no complete information on the degree of salinization of the coastal zone of the Zhetysu region (Alakol, Sasykkol, Zhalanashkol, Balkhash and Ushkol).

Since at present the problems of soil salinization and degradation of vegetation cover are among the most urgent, the purpose of this research was to study the edaphic conditions for vegetation cover development of semi-aquatic lakes in the desert zone of Zhetysu to increase their productivity and fodder value.

Materials and methods

Fields (comparative geographic, cartographic, route reconnaissance) and laboratory research methods were used to make research [13-15].

Research objects. The objects of research were 5 survey points: soils of the semi-aquatic zone of Zhetysu lakes (it's the historical and geographical region of Kazakhstan, which includes the southeastern part of it, and consists of 7 main rivers, in the former Almaty region): Sasykkol, Alakol, Zhalanashkol, Balkhash and Ushkol (Figure 1).

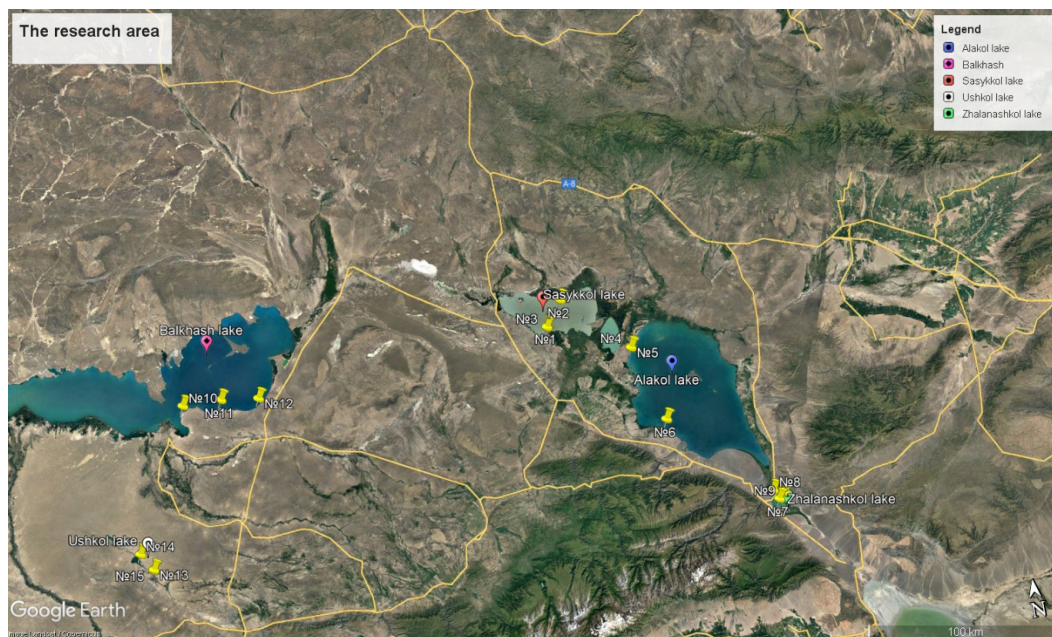


Figure 1 – The research area

Depending on the height above sea level, different natural areas formulate different conditions for soil formation processes. In the foothill plain, where the research objects are located, the climate is sharply continental, with hot summers and cold winters. Significant fluctuations in temperature are observed both between the seasons of the year and between the times of the day. The average January temperature in the plains is -15°C , in the foothills

– $6-8^{\circ}\text{C}$; in July it is $+16^{\circ}\text{C}$ and $+24-25^{\circ}\text{C}$, respectively, most of the precipitation falls in the winter months.

Lake Sasykkol occupies the northernmost position among the Alakol group of lakes, it is the second largest one and is characterized by a winding coastline. This is a shallow lake system with a uniformly regular hollow, elongated from east to west (Figure 2).



Figure 2 – Wormwood – mixed – grass community of Sasykkol lake

Lake Alakol is one of the largest salt lakes, and is the main one. Coastline of Alakol lake is highly rugged, forming numerous peninsulas, capes and

bays. The vegetation is varied, with a predominance of *Phragmites communis*, *Typha angustifolia*, *Artemisia sp.*, *Atriplex sp.* etc. (Figure 3).



Figure 3 – Saltwort – cattalis community of Alakol lake

Zhalanashkol is a lake located on the border of the Alakol district of Zhetysu and Urdzhar district of Abay region. According to its chemical composition, it belongs to the soda type: Na^+ and

the sum of $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ are the first in the list of dominant ions ($> 25\text{e}\%$). Relief is represented as a low-lying plain in the central part of the Balkhash-Alakol basin (Figure 4).



Figure 4 – Cattails-mixed-grass community of Zhalanashkol lake

Lake Balkhash is a semi-freshwater lake in a closed endorheic basin, which is located in the deepest part of the vast Balkhash – Alakol basin. The vegetation is saltwort, consisting of two tiers. The first forms are tree-shrub hodgepodes: kokpek, sarsazan, potash; the second is dominated by *Salicornia europaea.*, *Suaeda prostrata*, *Karelinia caspia* etc. Most of the surface is bare, somewhere it is covered with salt (Figure 5).

Ushkol is a small brackish lake, which is located on a narrow semi-aquatic zone of clay-sand plain at the foot of Ushkara low-mountain range, in the interfluvium of Karatal and Aksu. According to its chemical composition, it belongs to the soda type: Na^+ and the sum of $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ are the first ones in the list of dominant ions ($> 25\text{e}\%$) [16]. The shores of Ushkol are flat, clayey and sandy, with sparse vegetation characteristic of this soil type. The common representatives are *Tamarix ramosissima*, *Phragmites communis*, *Calamagrostis dubia* etc. (see Figure 6).

Research methodology. Soil sampling of 0.5 kg (3 replications at each site) was carried out in the summer of 2022 in accordance with GOST

17.4.4.02-84 “Nature Protection. Soils. Methods of sampling and samples preparation for chemical, bacteriological, helminthological analysis» at 5 points at a depth of 0-45 cm by using the «envelope» method.

The analysis of chemical composition was carried out by using the following equipment: laboratory type I-160 MI ionometer, flame photometer (FLAPHO-4 type), Specord 210 PLUS, electronic balances AR 2140 and ScoutProSPS202 F.

To determine the content of soluble salts in the soil and determine the type of salinity, water extract was used, which showed the content of organic and mineral water-soluble simple salts in the soil [17].

The type of salinity was determined by the sum of toxic salts, the chemistry type of salinity was determined by salinity degree, along with taking into account the «total effect» of toxic ions according to Bazilevich and Pankova’s method [18]. Mobile nitrogen was determined by the method of Tyurin and Kononova [19]. Mobile phosphorus and exchangeable potassium were determined by the method of G.V. Motuzova and O.S. Bezuglova (according to Kirsanov’s method) [20].



Figure 5 – Saltwort community of Balkhash Lake



Figure 6 – Cattails-mixed-grass community of Ushkol lake

The obtained data were statistically processed using MSeXel and Statistics 6.0 application programs.

Results and Discussion

In the semi-aquatic zone of Sasykkol Lake, the soils are meadow-marsh, non-saline, medium loamy (Table 1). Soil samples were taken at points from the semi-aquatic lake zone according to these coordinates: 1. N 46 °29.287 ' E 80 °51.612 ', 2. N 46°34'321' E 080°58.292', 3. N 46 °29.021 ' E 080 °51.435 '.

According to the analysis of the water extract, the salt content is in the range of 0.107 – 0.504%. Salinization is observed at a depth of 15-30 cm to an average degree. The type of salinity is chloride-sulfate, the pH of the medium is 8.6, it is alkaline.

The soils of the semi-aquatic Alakol Lake zone are represented by meadow solonchak (saltmarsh) and ordinary medium loamy soils (Table 2). Soil sampling was taken from points of semi-aquatic zone according to the following coordinates: 4. N46°19.983' E 81°22.541', 5. N46°19.721' E 081°22.402; 6. N45°59.073' E 081°31.181'.

Table 1 – Results of water extraction of soil in the semi-aquatic zone of Sasykkol Lake

No.	Sam-pling depth, cm	Water/soil extract $\frac{\%}{m.eq}$ on completely dry soil									
		pH	The sum of salts, %	Alkalinity		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
				The total in HCO ₃ ⁻	From normal carbonates to CO ₃						
1	0 – 15	8.56	0.121	0.017	0.002	0.018	0.049	0.008	0.006	0.021	0.002
				0.28	0.08	0.51	1.03	0.39	0.49	0.90	0.04
	15-30	8.26	0.504	0.017	-	0.058	0.266	0.027	0.006	0.127	0.002
				0.28	-	1.64	5.54	1.37	0.49	5.54	0.05
	30 – 45	8.89	0.107	0.017	0.002	0.013	0.044	0.010	0.002	0.019	0.002
				0.28	0.08	0.36	0.92	0.49	0.20	0.84	0.04

Table 2 – Results of water extraction of soil in the semi-aquatic zone of Alakol Lake

No.	Sam-pling depth, cm	Water/soil extract $\frac{\%}{m.eq}$ on completely dry soil									
		pH	The sum of salts, %	Alkalinity		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
				The total in HCO ₃ ⁻	From normal carbonates to CO ₃						
2	0-15	9.98	3.215	0.163	0.067	0.452	1.519	0.002	0.010	1.051	0.018
				2.68	2.24	12.73	31.64	0.10	0.78	45.70	0.47
	15-30	10.29	0.876	0.085	0.034	0.090	0.414	0.004	0.004	0.276	0.002
				1.40	1.12	2.55	8.62	0.20	0.29	12.02	0.06
	30-45	9.23	0.918	0.024	0.005	0.393	0.197	0.039	0.065	0.177	0.021
				0.40	0.16	11.10	4.10	1.96	5.38	7.70	0.55

The maximum number of salts in the upper horizon is 3.215%, the type of salinization is soda-sulfate, the pH of the medium is 9.83, it is strongly alkaline. The lower horizons also have a high salt content (0.876–0.918%), the type of salinity is soda-sulfate and it is of soda-chloride type in the sample taken from deeper extraction. Wick salinization from saline groundwater is shown there from the deeper extraction points.

The soils of semi-aquatic Lake Zhalanashkol zone are meadow-marsh, non-saline, medium loamy

(Table 3). Soil sampling was taken from the coastal line at the points with the following coordinates: 7. N45°32.197' E 082°84.557', 8. N45°34.946' E 082°06.979', 9. N 45 °33.487' E 082 °11.127'.

According to the water extract analysis, the salt content lies within the range of 0.100–0.175%. The pH of the medium is 9.4, it is strongly alkaline. The largest amount of salts was found at a depth of 30–45 cm. The type of salinization is sulfate, and for the samples from deeper extraction the salinization is chloride-sulfate.

Table 3 – Results of water extraction of soil in the semi-aquatic zone of Zhalanashkol Lake

No.	Sam-pling depth, cm	Water/soil extract $\frac{\%}{m.eq}$ on completely dry soil									
		pH	The sum of salts, %	Alkalinity		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
				The total in HCO ₃ ⁻	From normal carbonates to CO ₃						
3	0-15	9.48	0.113	0.041	0.007	0.005	0.032	0.002	0.002	0.025	0.004
				0.68	0.24	0.15	0.67	0.10	0.20	1.10	0.11
	15-30	9.67	0.100	0.037	0.007	0.003	0.033	0.002	0.004	0.021	0.002
				0.60	0.24	0.07	0.68	0.10	0.29	0.90	0.06
	30-45	9.09	0.175	0.063	0.007	0.006	0.053	0.004	0.005	0.035	0.008
				1.04	0.24	0.18	1.11	0.20	0.39	1.54	0.20

The soils of the semi-aquatic Balkhash Lake zone are desert sands with characteristics of humus content, they are carbonate, slightly fixed and hilly (Table 4). Soil samples were taken from points of semi-aquatic lake zones according to the following coordinates: 10. N 46°22.986' E 078°25.209', 11. N 46°23.236' E 078°40.477', 12. N 46 °22.178' E 078 °55.329'.

The number of salts, according to water extract results, varies from 0.03 to 0.161%. The maximum amount is found in the upper line at a depth of 0–15 cm, it is 0.161%. The pH of the medium is 9.23, that is an indicator of very strong alkalization. The type of salinity is chloride-sulfate, in the lower layers it is a chloride one.

Table 4 – Results of water extraction of soil in the semi-aquatic zone of Balkhash Lake

No.	Sam-pling depth, cm	Water/soil extract $\frac{\%}{m.eq}$ on completely dry soil									
		pH	The sum of salts, %	Alkalinity		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
				The total in HCO ₃ ⁻	From normal carbonates to CO ₃						
4	0–15	8.06	0.161	0.032	0.002	0.021	0.060	0.010	0.005	0.033	0.002
				0.52	0.08	0.58	1.25	0.49	0.39	1.43	0.04
	15–30	9.53	0.030	0.020	0.002	0.003	0.000	0.004	0.001	0.002	0.001
				0.32	0.08	0.07	0.00	0.20	0.10	0.07	0.03
	30–45	9.6	0.035	0.017	0.002	0.001	0.008	0.004	0.002	0.001	0.002
				0.28	0.08	0.04	0.17	0.20	0.20	0.05	0.04

The soils of the semi-aquatic Lake Ushkol zone are represented by non-saline desert sands having some humus content, they are carbonate and flat (Table 5). Soil samples were taken from points of

semi-aquatic lake zone according to the following coordinates: 13. N 45 °39.968 ‘ E 078 °04.831 ‘, 14.N 45 °44.604 ‘, E 078 °00.388’, 15.N 45 °39.724 ‘ E078°04.641’.

Table 5 – Results of water extraction of soil in the semi-aquatic zone of Ushkol Lake

No.	Sampling depth, cm	Water/soil extracton $\frac{\%}{m.eq}$ completely dry soil									
		pH	The sum of salts, %	Alkalinity		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
				The total in HCO ₃ ⁻	From normal carbonates to CO ₃						
5	0-15	8.85	0.108	0.027	0.001	0.008	0.042	0.006	0.004	0.021	0.001
				0.44	0.04	0.22	0.87	0.29	0.29	0.92	0.03
	15-30	8.52	0.159	0.029	0.001	0.017	0.065	0.010	0.005	0.032	0.001
				0.48	0.04	0.47	1.35	0.49	0.39	1.40	0.03
	30-45	9.6	0.085	0.024	0.002	0.009	0.026	0.004	0.002	0.018	0.002
				0.40	0.08	0.25	0.55	0.20	0.20	0.77	0.04

According to water extract results for soil samples taken from different levels, an insignificant salt content of 0.08-0.15% was found. The pH of the medium is 9, it is strongly alkaline. The type of salinity is chloride-sulfate with the presence of soda.

Also, the content of mobile nutrients (MFN) is one of the main indicators of good soil fertility.

For the growth and nutrition of plants, the most important role belongs to 3 elements: nitrogen, phosphorus and potassium.

According to the agrochemical analysis results of the soil in the semi-aquatic zone of salt and soda Zhetysu lakes, presented in Figure 7, the soil composition degree of mobile elements was assessed.

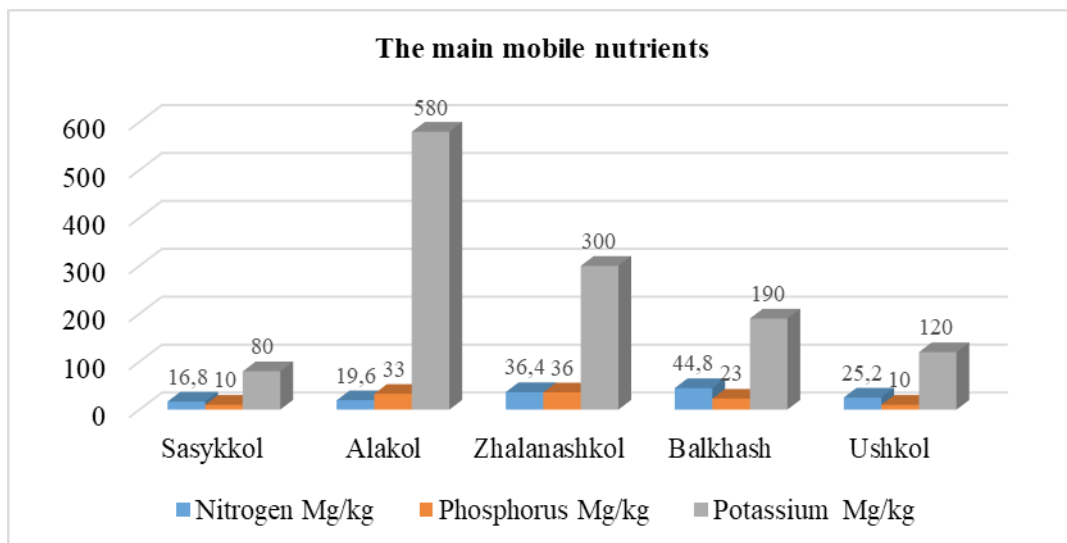


Figure 7 – Mobile nutrients of the semi-aquatic zone of saline and soda lakes of Zhetysu

The semi-aquatic soil downstream of the lakes was shown to have following numbers of mobile nitrogen: Sasykkol shows 16.8 mg/kg, Alakol shows 19.6 mg/kg, Ushkol shows 25.2 mg/kg, that indicate a very low degree of availability of soluble nitrogen (< 30). The content of mobile nitrogen in

Balkhash (44.8 mg/kg) and Zhalanashkol (36.4 mg/kg) lakes allows one to consider the soil as having a low degree of availability. Thus, it is possible to divide the soil into 2 groups: a group of soils with a very low degree of availability of mobile nitrogen and with a low content (presented on Figure 8).

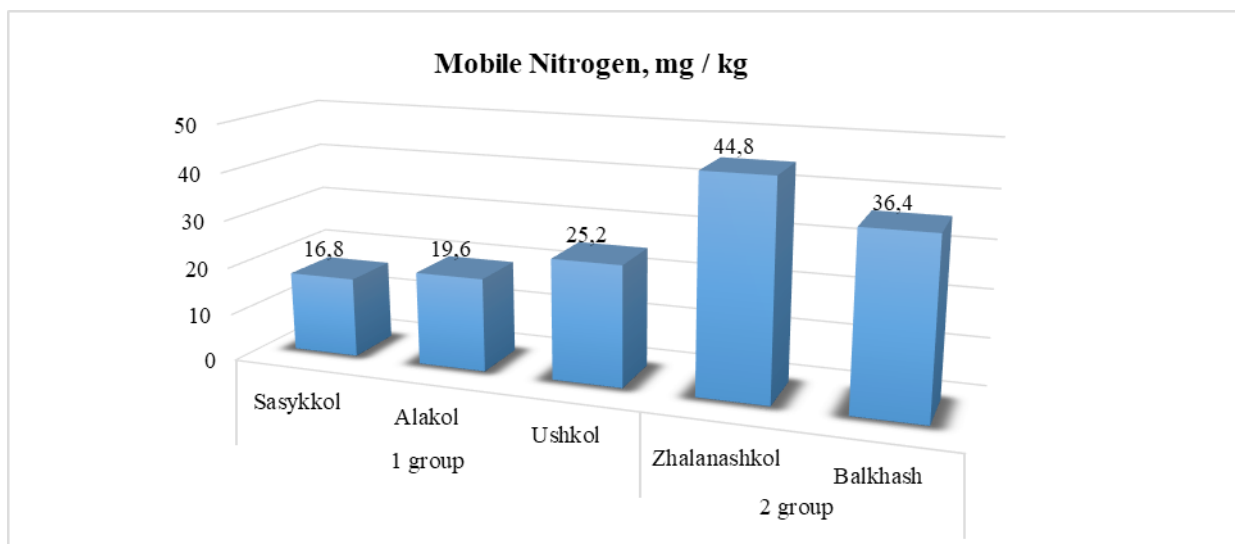


Figure 8 – The content of mobile nitrogen in soil samples of the semi-aquatic zone of saline and soda lakes of Zhetysu

According to the content of mobile phosphorus, semi-aquatic soils of studied Zhetysu lakes can be divided into 3 groups:

Group I: the degree of availability of mobile phosphorus is very low (<10), semi-aquatic soil of Sasykkol and Ushkol lakes (10 mg/kg) belong to this group.

Group III: medium availability of mobile phosphorus (16-30 mg/kg), semi-aquatic soil of Balkhash Lake (23 mg/kg) belongs to this group.

Group IV: increased availability of mobile phosphorus (31-45 mg/kg), semi-aquatic soil of Alakol (33 mg/kg), Zhalanashkol (36 mg/kg) lakes belong to this group, see Figure 9.

According to the content of exchangeable potassium, semi-aquatic coastal soils of salt and soda Zhetysu lakes belong to 4 groups: with very low supply, low, medium and high.

Group I includes semi-aquatic coastal soil of Sasykkol Lake, with an exchangeable K content of 80 mg/kg, and it shows a very low availability degree (<10 0). Group II includes the soils of lakes Ushkol (120 mg/kg) and Balkhash (190

mg/kg): these indicate low degree of availability (101-200). Group III includes semi-aquatic coastal soil of Zhalanashkol Lake (300 mg/kg): it shows medium degree of availability (201-300). Group IV shows high availability degree of exchangeable potassium (401-600), it includes semi-aquatic coastal soil of Alakol Lake of 580 mg/kg (see Figure 10).

Thus, according to the obtained data of agrochemical analysis, the most fertile soils can be attributed to the semi-aquatic lines of Alakol and Zhalanashkol lakes. It was shown during the research that there is a higher content of mobile phosphorus, potassium and nitrogen in the soil composition (with the exception of Alakol soils).

Soil salinization is a global problem that has an adverse impact not only to the vegetation cover, but also on agriculture in general. This problem is researched and investigated in both foreign studies [21], where they present and discuss the most optimal solutions [22-23], and local ones [6-8], which provide information on soil condition and the degree of their degradation.

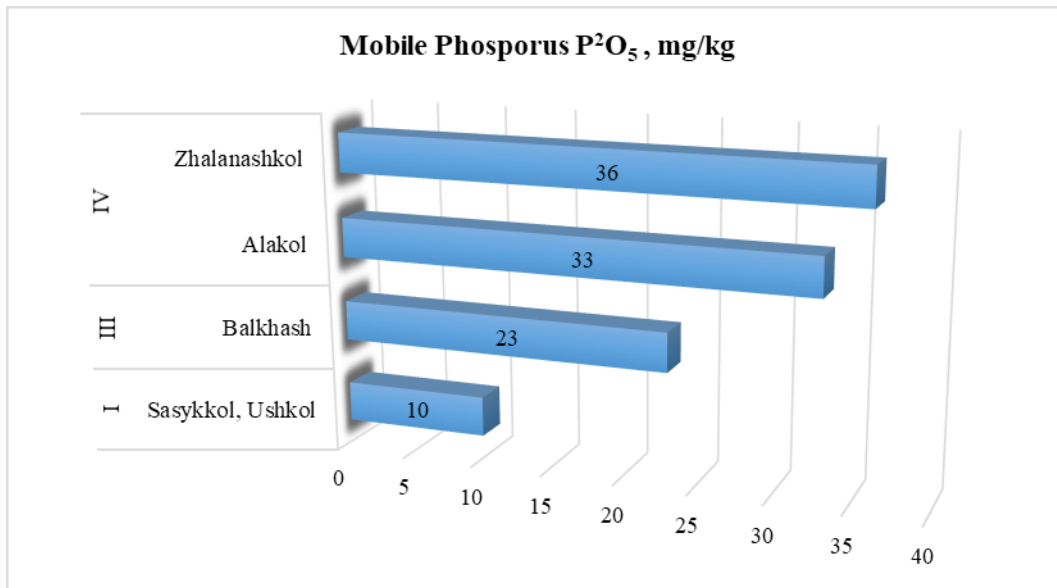


Figure 9 –The content of mobile phosphorus in soil samples of the semi-aquatic zone of saline and soda lakes of Zhetysu

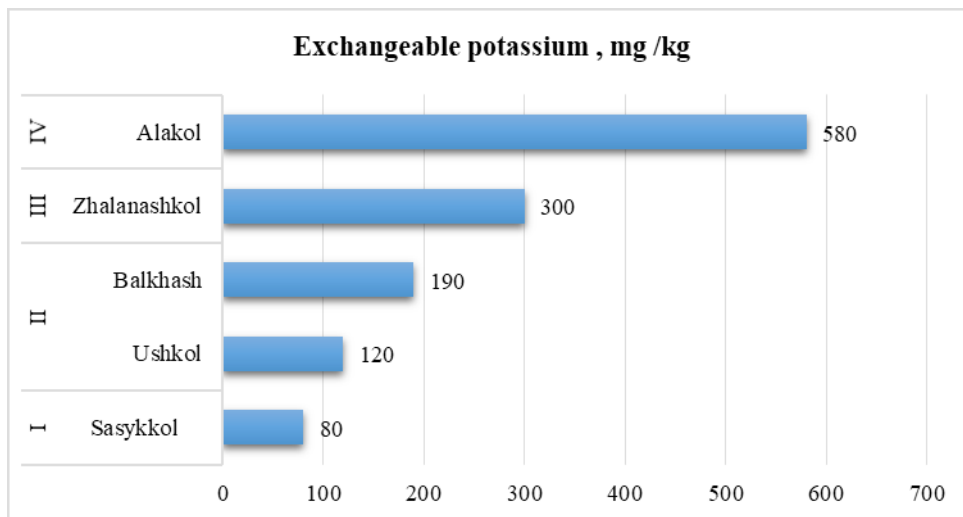


Figure 10 – The content of exchangeable potassium in the soils of the semi-aquatic zone of saline and soda Zhetysu lakes

Soil salinity inhibits plant growth and development with adverse effects such as osmotic stress, Na⁺ and Cl⁻ toxicity, ethylene production, plasmolysis, nutrient imbalance, reactive oxygen species (ROS) production, and disruption of photosynthesis [24]. According to the literature data, soil content of more than 0.25% indicates the inhibition of the vegetation cover [25]. Water extract data demonstrate different degrees of soil

salinization in the semi-aquatic coastal zone of salt and soda Zhetysu lakes. The same amount of salts, depending on their composition, may also indicate a different degree of soil salinity, which is due to the unequal toxicity of various easily soluble salts for plants.

Alakol soil shows high salinity degree, the amount of salts varies between 3.215-0.876%. This type of soil is characterized by strong inhibition of

vegetation, and very often only single representatives of weed species and halophytes (*Salsola dendroides*, *Salicornia europaea*, *Tamarix ramosissima*) are able to grow on such a soil. Salts show toxic effects on plants, disrupt metabolism, make it difficult for plants to absorb nutrients from the soil, are a cause of a decrease in yield and deterioration in the fodder quality of grass cover. The projective cover was 30-40% on the territory of checked and surveyed points of No. 4,5,6. The dominant communities are reed and saltwort. The soils of the semi-aquatic wetland coastline of Balkhash Lake belong to the moderately saline degree; they are characterized by an average degree of inhibition of plants vital processes. However, it is necessary to take into account sandy mechanical composition, which is poorly absorbed by salts and is characterized by a specific type of vegetation (the representatives are *Haloxylon aphyllum*, *Calligonum aphyllum* etc.). The projective cover was 40-50% in the survey area (points No. 10-12), the dominant communities are saltwort and shrub-forb with a predominance of *Calligonum aphyllum*, *Tamarix ramosissima*.

Non-saline soils include a semi-aquatic coastline of Sasykkol, Zhalanashkol and Ushkol lakes, where the amount of salts does not exceed 0.25% and it is favorable for plant growth. The projective cover is 70-80%. Dominant communities include reed-forb with predominance of *Phragmites sp.* and grass-forb with predominance of *Agropyron sp.*

It should be noted that pH of the medium in all samples is > 7 ; The soil is alkaline and strongly alkaline. Soil alkalization is caused by an excess of anions such as CO_3^{2-} and Na^+ cations in the soil solution. For the vital activity of plants (growth and development), the most optimal pH range is 5.5-8. Alkalinity reduces soil fertility and disrupts the physiological balance of ions, which in turn leads to deterioration and worsening in plant nutrition, violation of carbohydrate, protein and phosphorus metabolism. Sasykkol and Ushkol lakes are less fertile. The lack of nutrients negatively affects growth and development of plants: with a lack of phosphorus, plant growth slows down, which, of course, cannot but affect the yield; lack of nitrogen disrupts the process of photosynthesis, due to the destruction of chlorophyll, drying and necrosis of plant parts is possible; sufficient content of potassium in the soil increases plants resistance to the effects of low and high temperatures, diseases, and it also reduces the time of plant maturation. Complex fertilizers containing several nutrients are used to compensate for the lack of nitrogen,

phosphorus and potassium in the soil. For example, it is ammoniated superphosphate, ammophos, diamphos, potassium nitrate.

Conclusion

Thus, as a result of the research, it was revealed that edaphic conditions directly affect vegetation development cover of semi-aquatic coastline of salt and soda Zhetysu lakes. It was revealed that there are non-saline soils (soils of semi-aquatic coastline of Zhalanashkol, Ushkol lakes), slightly saline (soils of Balkhash, Sasykkol lakes) and highly saline (soils of the semi-aquatic coastline of Alakol Lake) in the study area. According to the chemistry of salinization, soda-sulfate and chloride-sulfate types prevail there.

Soil salinization has the following negative consequences: many species of plant organisms disappear, while new halophyte plants (*Salsola dendroides*, *Salicornia europaea*, *Tamarix ramosissima* etc.) appear, the gene pool of terrestrial populations is decreasing due to the deterioration of living conditions of organisms, and migration processes are being intensified.

At present, salinity and alkalinity of semi-aquatic soils of Zhetysu lakes cause decrease in the productivity and quality of pasture lands. To increase soil fertility, it is necessary to compensate for the lack of basic mobile nutrients by using complex fertilizers containing several nutrients at once.

Restoration of saline soils, especially highly saline soils, is possible only with complex land reclamation measures. At present, the most promising one is a complex technology for restoring the properties of technogenically saline and alkaline soils, which include introduction of various ameliorants, phytomelioration processes, and the use of biological preparations.

Conflict of interest

All authors have read and are familiar with the content of the article and have no conflict of interest.

Funding

The study was completed within the framework of the project titled «Innovative multi-spatial integrated approach to biomonitoring of saline ecosystems of Lake Alakol» (AP19674623) commissioned by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

References

1. Pochvy Kazahstana. "Pochvy Almatinskoy oblasti [Soils of Kazakhstan. Soils of the Almaty region]" Almaty: KazBookTrade, 2017 ISBN 978-601-7961-03-9 – (In Russian)
2. Khasanov S., Kulmatov R., Li F., Amstel A., Bartholomeus H., et al. Impact assessment of soil salinity on crop production in Uzbekistan and its global significance. *Agriculture*, vol 342, no 1 (2023):108262. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108262>.
3. Pessoa L.G.M., Freire M.B.G. dos S., Green C.H.M., Miranda M.F.A. et al. Assessment of soil salinity status under different land-use conditions in the semiarid region of Northeastern Brazil. *Ecol indic*, vol 141, no 2 (2022):109139. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109139>.
4. Acosta J.A., Faz A., Jansena B., Kalbitz K., and Martínez-Martínez S. Assessment of salinity status in intensively cultivated soils under semiarid climate, Murcia, SE Spain. *J Arid Environ*, vol 75, no 11 (2011):1056-1066. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.05.006>
5. Smanov Z.M., Laiskhanov L.U., Poshanov M.N., Abikbayev Ye.R., et al. Mapping of Cornfield Soil Salinity in Arid and Semi-Arid Regions. *J Ecol Engen*, vol. 24, no. 1 (2023):146-158. <https://doi.org/10.12911/22998993/155952>.
6. Issanova T., Abuduwaili J., Mamutov Zh.U., Kaldybaev A.A. et al. Saline Soils an Identification of Salt Accumulation Provinces in Kazakhstan. *Arid Ecosyst*, vol 7, no 4 (2017):243-250. <https://doi.org/10.1134/S2079096117040035>.
7. Kovda V.A. "Problemy opustynivaniya i zasoleniya pochv v zasushlivykh territorijah mira [Problems of desertification and salinization of soils in arid areas of the world]." M.: Science, 2008. ISBN 978-5-02-035586-6. – (In Russian)
8. Almagambetov N. and Grigoruk V. Degradation of soil in Kazakhstan: Problems and Challenges. *Nato Sci Peace Secur.*, vol 1 (2008):309-320. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8257-3_27.
9. Danayev E. Feasibility of Wind Energy Development in Kazakhstan. Technical-Economical Analysis of Wind Farm Construction in the Almaty Region. MSc Thesis, Energy Systems and the Environment. Strathclyde University, United Kingdom, (2008): 1-134.
10. Konstantinov V.V. and Suppes N.E. "Vlijanie zasolennosti pochv na rost i razvitie Zlakovykh rastenij [Influence of soil salinity on the growth and development of cereal plants]." Proceedings of the international scientific and practical conference Kozybaev Readings. New approaches and modern views on the development of education and science. Kazakhstan, Petropavl, (2021): 68-73 – (In Russian)
11. Barbiero L., Rezende Filho A., Furquim S.A.C., et al. Soil morphological control on saline and freshwater lake hydrogeochemistry in the Pantanal of Nhecolândia, Brazil. *Geoderma*, vol 148 (2008): 91–106. doi:10.1016/j.geoderma.2008.09.010
12. Wolters M., Garbutt A., Bakker J.P. Salt-marsh restoration: evaluating the success of de-embankments in north-west Europe. *Biol. Cons*, vol 123 (2005): 249–268. doi: 10.1016/j.biocon.2004.11.013
13. Ali Ç.M. Estimation of the effect of soil salinity on crop yield using remote sensing and geographic information system. *Turk J Agric For.*, vol 27, no 1 (2003): 23-28.
14. Inelova Z., Nesterova S., Yerubayeva G., Yessimsitova Z., et al. Heavy metal accumulation in plants of Atyrau region. *Pakistan J Bot.*, vol 50, no 6, (2018): 2259-2263.
15. Inelova Z., Boros E., Zaparina Ye. Systematic analysis of aquatic and semi-aquatic flora of the unique water chemical composition of Zhalanashkol lake of the Almaty region. *Exp Biol*, vol 91, no 2 (2022): 18-26.
16. Boros E., and Kolkpikova M.A. Review of the defining chemical properties of soda lakes and pans: An assessment on a large geographic scale of Eurasian inland saline surface waters. *Plos one*, vol 13, no 8 (2018):1-20. <https://doi.org/10.1371/journal>
17. Okolelova A.A., Styazhin V.N., and Kasyanova A.S. "Ocenka produktivnosti pochv s pomoshh'ju regressionnogo analiza [Evaluation of soil productivity using regression analysis]." *Fund Res.*, vol 2, no 3, (2012):328-332 – (In Russian)
18. Bazilevich N.I. and Pankova E.I. "Opyt klassifikatsii pochv po sostoyaniyu zasoleniya [An Experience of Soil Classification according to the Salinity Status]." *Pochvovedenie*, no 11 (1968):3–16 – (In Russian).
19. Prozhorina T.I., and Zatulley E.D. "Himicheskij analiz pochv [Chemical analysis of soils]." Voronezh: Publishing House of VSU, (2008):32 – (In Russian)
20. Motuzova G.V. and Karpova E.A. "Himicheskoe zagraznenie biosfery i ego jekologicheskie posledstviya [Chemical pollution of the biosphere and its ecological consequences]." Moscow: Moscow State University, (2013):304 – (In Russian) ISBN: 978-5-211-05565-0.
21. Dasa R.S., Rahman M., Sufian N.P., Rahman Sh.Md.A., and Siddique M.A.M. Assessment of soil salinity in the accreted and non-accreted land and its implication on the agricultural aspects of the Noakhali coastal region, Bangladesh. *Heliyon*, vol 6, no 9 (2020):234-348. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04926>.
22. Billah Md M., Bhuiyan Md Kh., Islam M.A., Das J., et al. Salt marsh restoration: an overview techniques and success indicators. *Environmental Science and Pollution Research*, vol 29, no 2 (2022):15347-1536. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18305-5>.
23. Benayas R.J.M., Newton A.C., Diaz A., et al Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science*, vol 325, no 2 (2009):1121-1124. <https://doi.org/10.1126/science.1172460>
24. Flowers T.J. Improving crop salt tolerance. *J Exp Bot*, vol. 55, no 1, (2004):307-319. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh003>. Epub 2004 Jan 12.
25. Haque S.A. Salinity problems and crop production in coastal regions of Bangladesh. *Pakistan J Bot.*, vol 38, no 5 (2006): 1359-1365.

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**

Д. Берилло¹, О. Закирұлы², А. Төлепова²,
А. Байменов³, Ж. Тауанов^{2*}

¹Казахский Национальный Исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы

²ТОО «Мармар Казахстан», Казахстан, г. Талдыкорган

³Национальная лаборатория Астана, Назарбаев Университет, Казахстан, г. Астана

*e-mail: zhtauanov@nu.edu.kz; tauanov.zhandos@gmail.com

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА С ТРИКЛОЗАНОМ

Триклозан является противомикробным ингредиентом, используемым во многих продуктах для здоровья и в домашнем хозяйстве. Предметы, включая пластмассы, текстиль и пищевые упаковочные материалы. Существуют достаточно противоречивые данные по антимикробной активности полимерных составов с иммобилизованным триклозаном. В настоящем исследовании изучены полимерные композиты, содержащие триклозан. Проиллюстрировано, что полимерный композит с триклозаном (5%) в условиях *in vitro* обладает высоким антимикробным действием в отношении штамма *S. aureus* 6538-P, обеспечивая гибель 100% бактерий. Исследование стабильности материала под влиянием нескольких физико-химических факторов, таких как свет, УФ-излучение, pH 2 и pH 8, истирание является важным параметром при масштабировании производства материала. Выявили сохранение антимикробной активности исследуемого материала в отношении *S. aureus* 6538-P; *Kl. pneumoniae* 10031 через 1 и 2 недели, через 1 – 12 месяцев ежедневного воздействия. Таким образом, установлено, что антимикробная активность образцов, содержащих триклозан, сохраняется после года ежедневного воздействия внешних факторов, имитирующих естественные условия. Фунгицидная активность композита с TCS в отношении штаммов *C. albicans* 2091 и клинического изолята *C. albicans* зафиксирована на уровне снижения роста бактерий на 82,1% и 92,2% соответственно, с временем контакта с поверхностью 4 часа. Однако фунгицидной активностью в отношении штамма *C. albicans* 10231 полимерный композит после 3-х циклов истирания не обладает.

Ключевые слова: антимикробная активность, триклозан, полимерный композит, фунгицидная активность.

D. Berillo¹, O. Zakiruly², A. Tolepova², A. Baimenov³, Z. Tauanov^{2*}

¹Satbayev University, Kazakhstan, Almaty

²LLP "Marmar Kazakhstan", Kazakhstan, Taldykorgan

³National Laboratory Astana, Nazarbayev University, Kazakhstan, Astana

*e-mail: zhtauanov@nu.edu.kz; tauanov.zhandos@gmail.com

Antimicrobial activity of a polymer composite with Triclosan

Triclosan is an antimicrobial ingredient used in many health and household products, items including plastics, textiles and food packaging materials. There are rather contradictory data regarding the antimicrobial activity of polymeric formulations with immobilized triclosan. In the present study, polymer composites containing triclosan were studied. It is illustrated that the polymer composite containing triclosan (5%) revealed a high antimicrobial effect against the *S. aureus* 6538-P strain, ensuring the death of 100% of bacteria *in vitro*. The study of material stability under the influence of several physico-chemical factors such as light, UV radiation, pH 2 and pH 8, abrasion is an important parameter for scaling up material production and commercialization. The preservation of the antimicrobial activity of the material against strains: *S. aureus* 6538-P; *Kl. pneumoniae* 10031 after 1 and 2 weeks, after 1 – 12 months of daily exposure (light, UV radiation, pH 2 and pH 8). Thus, it was found that the antimicrobial activity of the samples containing triclosan (5%) persists after a year of daily exposure to external factors that mimic conventional conditions of usage. The fungicidal activity of the composite with TCS with a surface contact time of 4 hours against strains of *C. albicans* 2091 and the clinical isolate of *C. albicans* were detected at the level of reducing the growth of bacteria by 82.1% and 92.2%, respectively. However, the polymer composite did not have antifungal activity against the *C. albicans* 10231 strain after 3 cycles of mechanical abrasion.

Key words: Antimicrobial activity, triclosan, polymer composite, fungicidal activity.

Д. Берилло¹, О. Закирұлы², А. Төлепова², А. Байменов³, Ж. Тауанов^{2*}

¹Қ. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Қазақстан, Алматы қ.

²«Мармар Қазақстан» ЖШС, Қазақстан, Талдықорған қ.

³Астана ұлттық зертханасы, Назарбаев университеті, Қазақстан, Астана қ.

*e-mail: zhtauanov@nu.edu.kz; tauanov.zhandos@gmail.com

Триклозан қосылған полимерлі композиттің микробқа қарсы белсенділігі

Триклозан – көптеген денсаулық және тұрмыстық өнімдерде қолданылатын микробқа қарсы ингредиент. Пластмасса, тоқыма және азық-түлік орау материалдарын қоса алғанда, заттар. Иммунизацияланған триклозан бар полимерлі құрамдардың микробқа қарсы белсенділігі туралы біршама қарама-қайшы деректер бар. Осы зерттеуде құрамында триклозан бар полимерлі композиттер зерттелді. Триклозан (5%) бар полимер композиті *in vitro* жағдайында *S. aureus* 6538-P штаммына қарсы жоғары микробқа қарсы әсерге ие болып, бактериялардың 100% өлуін қамтамасыз ететіні көрсетілген. Жарық, ультракүлгін сәулелену, рН 2 және рН 8, абразия сияқты бірнеше физика-химиялық факторлардың әсерінен материалдың тұрақтылығын зерттеу материал өндірісін кеңейту кезінде маңызды параметр болып табылады. *S. aureus* 6538-P қарсы зерттелетін материалдың микробқа қарсы белсенділігінің сақталуын анықтады; *Kl.pneumoniae* 10031 1 және 2 аптадан кейін, 1 – 12 айдан кейін күнделікті әсер ету. Осылайша, құрамында триклозан бар үлгілердің микробқа қарсы белсенділігі табиғи жағдайларға ұқсайтын сыртқы факторлардың күнделікті әсерінен бір жыл өткеннен кейін де сақталатыны анықталды. *S. albicans* 2091 штамдарына және *S. albicans* клиникалық изолятына қарсы TCS бар композиттің фунгицидтік белсенділігі бактериялардың өсуін тиісінше 82,1% және 92,2% төмендету деңгейінде тіркелді, беттік байланыс уақыты 4 сағат. Дегенмен, полимерлі композиция 3 айналымнан кейін тозудың *S.albicans* 10231 штаммына қарсы фунгицидтік белсенділікке ие емес.

Түйін сөздер: микробқа қарсы белсенділік, триклозан, полимерлі композит, фунгицидтік белсенділік.

Введение

Триклозан (2,4,4'-трихлор-2'-гидрокси дифениловый эфир) широко известен как неионогенное ароматическое хлоропроизводное вещество широкого спектра действия. Триклозан (TCS) антимикробный агент, благодаря благоприятному профилю безопасности включен в различные продукты личной гигиены, в том числе дезодорантное мыло, дезодоранты для обработки подмышечной впадины, гели для душа и средства для мытья рук медицинского персонала [1]. Эта субстанция проявляет умеренную степень раздражения кожи, и во многих продуктах придает антимикробный эффект. Хотя прямой продолжительный контакт TCS вызывает раздражение кожи у лабораторных животных, лишь изредка были связаны с раздражением кожи или сенсibilизацией у людей в составе вышеперечисленных продуктов личной гигиены [2, 3].

Выявлено, что концентрация 50% ингибирования (IC50) TCS по отношению к клеточным линиям Vero, KB и ВНК-21 составляет 0,036 и 0,034 мМ и 0,26 мМ соответственно. Содержание TCS в популярных средствах личной гигиены показывает максимальное содержание на уровне 0,27. % (вес/вес) или 0,023 мМ в жидком мыле для лица [2]. Уже на протяжении нескольких десятилетий продолжают исследования по

использованию полимерных TCS композитных материалов. В стоматологии все чаще используют керамику. Полимерный цемент, используемый при изготовлении зубного композита на основе комбинации бис-гидроксиметакрилата и неорганического наполнителя может быть содержать добавку TCS, с целью эффективного способа увеличения долговечности композитного материала [4]. Для стоматологических целей исследован ряд мукоадгезивных полимеров с TCS используя метод выпаривания растворителя с двойной эмульсией и TCS иммобилизуют в микросферы, приготовленные из Gantrez™ MS-955, Carbopol™ 974P, поликарбофила или хитозана [5].

Полимеры и полимерные композиты с иммобилизованным TCS можно использовать в больницах в качестве тканевых чехлов для сидений, столов, стульев и одежды. Так, например исследовали антибактериальную эффективность полимерных дисков с триклозаном, в отношении двух штаммов бактерий, культивируемых в жидких средах, контактирующих с полимером. Несмотря на относительно высокие концентрации TCS в полимере, наблюдалось лишь некоторое начальное замедление скорости роста бактерий, за которым последовало отсутствие антибактериального эффекта в течение продолжительного периода времени [6]. Модифицированные TCS

ткани могут найти применение в качестве полезных материалов – стельки, перевязочные материалы, защитная одежда и фильтры. К примеру, хлопчатобумажная ткань, модифицированная смесью тетраэтоксисилана и 2,4,4'-трихлор-2'-гидроксифениловым эфиром или четвертичной аммониевой соли (бромид гексадецилтриметиламмония), была создана для получения биоцидных (противогрибковых) свойств. Модифицированные TCS нестиранные и стиранные ткани чистящими средствами и хим. чисткой были испытаны на действие смеси пяти видов плесеней (*Chaetomium sp.*, *Aureobasidium sp.*, *Paecilomyces sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*). Установлено, что долговечность TCS модификации можно было сохранить только при их химчистке тканей [7].

Пластыри из полимолочной кислоты и полиэтиленгликоля с иммобилизованным TCS, имеют очень разные профили высвобождения в гидрофильных (например, фосфатном буфере) и гидрофобных средах, в то время как различия между подложками с разными отношениями мономеров PLA/PEG показывают небольшое различие в профиле высвобождения. Медицинское изделие с TCS, проявляет хорошие антибактериальные свойства и обеспечивает адгезию эпителиальных клеток (MDCK и VERO) [8].

Эпоксифункционализированное производное 2-((5-хлор-2-(2,4-дихлорфеноксид)-феноксид)-метил)-оксиран (ETCS), сконденсированное с полиэтиленгликолем (ПЭИ). Полиэтиленгликоль не проявляет высокой противомикробной активности ни в отношении грамположительных бактерий *Staphylococcus epidermidis*, ни в отношении грамотрицательных бактерий *Escherichia coli*, однако сополимеры проявляли очень высокую активность в отношении обеих бактерий. Выявлено, что антимикробная активность этих сополимеров сильно зависит как от молекулярной массы используемого ПЭИ, так и от концентрации боковых групп, полученных из ETCS [9].

Более того показана возможность использования наночастиц поли-L-лактида TCS в качестве медицинских изделий с антибактериальным действием. Образец, содержащий 30 % TCS, показал наилучшую форму среди других составов с наибольшей эффективностью инкапсуляции [10].

TCS включенный в полиэтилен (ПЭ) средней плотности, а также полиэтилен с привитым малеиновым ангидридом (PE-g-MA) используют для изменения полярности матрицы ПЭ средней плотности. Композиции ПЭ с содержанием 0,1,

0,5 и 1 мас. % TCS с показали антибактериальные свойства в отношении *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* и *Staphylococcus aureus*. Интересно, что при добавлении PE-g-MA скорость высвобождения TCS увеличивалась [11]. В другом исследовании полимерные пленки ПЭ высокой плотности с включением TCS протестированы на вымывание в растворы этанол-вода и физиологический раствор. Скорость высвобождения из вытянутых ПЭ-TCS образцов была ниже, чем у нерастянутых образцов ПЭ-TCS. Как и ожидалось высокоупорядоченная молекулярная ориентация в процессе вытяжки приводит к кооперативному гидрофобному связыванию триклозана с ПЭ [12]. В другом исследовании изучено антибактериальное действие композитной матрицы из смолы с иммобилизованным TCS или без него (0,3 мас. %) на *Streptococcus mutans*, *Actinomyces viscosus* и *Lactobacillus casei*. TCS содержащая композитная смола имеет разную степень антибактериальной активности в отношении микроорганизмов, выявив значительное ингибирующее действие на *S. mutans* в течение 12 часов по сравнению с контролем. Количество жизнеспособных *A. viscosus* значительно снизилось только через 24 часа, в то время как значительное снижение *L. casei* наблюдали только через 48 часов [13]. Сополимеры метакрилата с TCS уменьшают бактериальную адгезию *S. mutans* и снижают образование бактериальной биопленки *S. mutans*, не влияя на важные физикохимические и механические свойства сополимера [14].

ПЭ антимикробные пленки, содержащие различное содержание TCS (0, 2 и 4 г/кг) были протестированы в отношении роста *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria innocua*, *Salmonella choleraesuis* и *Pseudomonas aeruginosa* с использованием теста на TCS диффузию в агар. А так же были проверены практические свойства потенциального упаковочного материала через наблюдение за ингибированием *E. coli* и *S. aureus*, на инокулированных на ломтиках вареной ветчины контактирующей с ПЭ-TCS [15]. Плазмомодифицированный ПЭ с TCS демонстрирует превосходные антибактериальные свойства даже через 6 недель антибактериальные эффекты в отношении *E. coli* и *S. aureus* остаются на высоком уровне 99,9 и 68,4%, однако после этого антибактериальные эффекты ухудшаются относительно быстро [16]. Выявлен пробел данных об исследовании антимикробной активности полимерных композитов на основе ортофталевой кислоты с иммобилизованным

TCS. Данные материалы могут иметь перспективу использования как механически крепкие и устойчивыми к другим воздействиям (стойкость к истиранию, УФ излучению и др.) покрытия с продолжительным антимикробным действием.

Цель работы исследование стабильности композитных полимерных материалов к воздействию света, УФ облучения и экстремальным значениям pH водных растворов на протяжении года. Изучить сохранение антимикробных свойств материала после старения и истирания композитных материалов с триклозаном.

Материалы и методы

Питательный бульон, Питательный агар, Триптон-соевый бульон были приобретены Himedia, Индия. Лецитин (Фосфатидилхолин: мин. 60%, *Escherichia coli*: отрицательный, Йодное число: 60–70, Перекисное число: макс. 3.0, Лизофосфатидилхолин: макс. 3%, неполярные липиды: макс. 20%, влажность до макс. 2%), Твин-80 Mw 1310 были использованы компанией AppliChem, производства Германия.

Тестовые штаммы микроорганизмов. *Staphylococcus aureus* ATCC 6538-P – чувствительный референс-штамм для тестирования антимикробной активности, полученный из Республиканской коллекции микроорганизмов (РКМ), Астана, РК.; *Klebsiella pneumoniae* ATCC 10031 – чувствительный тест-штамм, полученный из Американской Коллекции Типовых Культур (ATCC), США; *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603 – устойчивый тест-штамм, полученный из Американской Коллекции Типовых Культур (ATCC), США; штамм дрожжей *C. albicans* ATCC 10231 – чувствительный тест-штамм, полученный из Американской Коллекции Типовых Культур (ATCC), США.

Подготовка тестируемых образцов

Композитный образец N1 состава TCS 0%, карбонат кальция, ненасыщенный сложный эфир ортофталевой кислоты, перекись метилэтилкетона(контроль) ранее был синтезирован и охарактеризован ранее [17]. Композитный образец N2 состава TCS 5%, карбонат кальция, ненасыщенный сложный эфир ортофталевой кислоты, перекись метилэтилкетона. Размер монолитных композитных образцов для исследования 8 см в диаметре. Образцы упакованы в полиэтиленовую упаковку.

Оценка сохранения антимикробной эффективности TCS содержащего композитного полимера после длительного воздействия физико-

химическими факторами (солнечный свет, УФ облучение, щелочной и кислотный водный раствор). Исследованы 3 экспериментальные группы. Подготовку композитов к антимикробному исследованию проводят следующим образом: Группа А – изучение влияния солнечного света: образцы N1 и N2 хранили в условиях естественного освещения под прямыми солнечными лучами; Группа Б – изучение влияния УФ облучения: образцы N1 и N2 ежедневно помещали в ламинарный бокс и подвергали воздействию УФ облучению, время экспозиции составляло 2 часа; Группа В – изучение влияния показателя pH среды: образцы N1 и N2 ежедневно обрабатывали буферными растворами с pH 2.0 (кислая среда) и 8.0 (щелочная/основная), после чего однократно промывали стерильной дистиллированной водой.

Г – Имитацию истирания композитов создавали путем снятия 1 мм верхнего слоя как опытных, так и контрольных образцов шлифовальной крупнозернистой шкуркой (СК19ХW или СК18ХW) с измерением толщины образцов штангельциркулем. Для этих композитов в условиях истирания проводили в отношении 2-х штаммов бактерий *S.aureus* ATCC 6538-P и *Kl.pneumoniae* ATCC 1003 и 1-го штамма дрожжей – *C.albicans* ATCC 10231.

Контроль сохранения антимикробной эффективности проводили через 7 и 14 дней, а затем ежемесячно после ежедневной обработки в течение 12 месяцев.

Непосредственно перед исследованием контрольные и опытные композитные образцы помещали в стерильные чашки Петри. Параллельно подготавливали полиэтиленовые покровные пленки размером 40×40 (±2,0) мм. Все образцы, а также покровные пленки подвергались процедуре стерилизации 70%-м раствором этанола.

Приготовление суспензий тест-штаммов

В исследовании использовали 18–24-часовые культуры тест-штаммов. Среда для культивирования тест-штаммов питательный агар с pH – 7,4±0,2, время и условия инкубации 37±1°C; 18–24 часа. Среда для приготовления инокулюма при разбавлении 1 к 50; pH – 7,4 питательного бульона; Контактное время композитного материала N1 или N2 с агаром и условия инкубации 5, 15, 30 минут, 1 час, 2 часа, 4 часа, при температуре 37±1°C; Нейтрализатор Триптон-соевый бульон с лецитином и твином-80, pH – 6,8–7,2. В пробирку, содержащую 5–6 мл 1/50 питательного бульона, стерильной петлей вносили аликвоту соответствующего тест-штамма, гомогени-

зировали [18]. Денситометрически производили замер оптической плотности, показатель которой составлял 2 ед. по Макфарланду, что соответствовал концентрации клеток равной приблизительно $6,0 \times 10^8$ КОЕ/мл для бактериальных суспензий и $6,0 \times 10^6$ КОЕ/мл – для клеток дрожжей. Рабочую концентрацию клеток готовили путем 10-кратных серийных разведений стоковой суспензии до получения финального инокулюма равного приблизительно концентрации $6,0 \times 10^5$ КОЕ/мл для каждого тест-штамма [19].

Инокуляция

На поверхность экспериментального полимерного композита с триклозаном и контрольного образца без триклозана наносят по 0,4 мл полученной суспензии соответствующего штамма (Концентрации инокулюма $2,5-10,0 \times 10^5$ КОЕ/мл). Для равномерного распределения инокулюма по поверхности образцы незамедлительно накрывают покровной ПЭ пленкой (Рисунок 1), после чего помещают на инкубацию с соответствующим временем экспозиции в термостат.

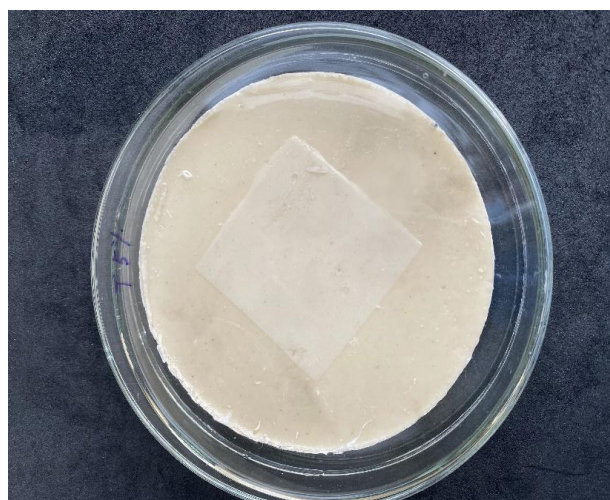


Рисунок 1 – Фотографии композитных полимеров в чашке петри А) Инокулированный контрольный образец N1 (без триклозана); В) образец N2 (с 5% триклозаном) накрытые покровными пленками

Пробоподготовка образцов после определения стабильности

В чашку Петри, ранее выдержанную с образцом композита N1 или N2, добавляют 10 мл нейтрализатора. Нейтрализатор – триптонсоевый бульон с лецитином и твином-80, рН – 6,8–7,2. По истечении необходимого времени инкубации композитной поверхности с агаровым гелем проводят отмывку контрольных и опытных образцов нейтрализатором, представленным триптон соевым бульоном с добавлением лецитина (1 г/л) и твина-80 (7 г/л). Использование нейтрализующего агента необходимо во избежание ложноположительного результата наличия антимикробной активности, из-за возможного остаточного количества TCS, содержащегося в образце инокулюма, снятого с чашки, может в той или иной степени сокращать общее количество жизнеспособных клеток [17].

Высев и подсчет колониеобразующих единиц (КОЕ)

Для подсчета КОЕ из промывных вод каждого образца готовят ряд 10-кратных серийных разведений, после чего из промывных вод и подготавливают разведения 1/10, 1/100 и осуществляют глубинный посев (с каждого разведения на 2 чашки Петри). Количество инокулюма 1 мл. Инокулированные чашки заливают теплой средой на основе агар-агара (46–48°C) в объеме 15–20 мл/чашку и аккуратно перемешивают содержимое [17].

После затвердевания среды засеянные чашки Петри помещают в термостат. По истечении времени инкубации визуально производили прямой подсчет выросших КОЕ.

Определение количества жизнеспособных бактерий выполнено согласно стандартной методике [19].

Для каждого образца определение жизнеспособных бактерий высчитывали согласно формуле 1:

$$N = (100 \times C \times D \times V) / A \quad (1)$$

где, N – число КОЕ/образец;

C – среднее число КОЕ на дублированных чашках;

D – фактор разведения;

V – объем использованного нейтрализатора, мл;

A – площадь покровной пленки, мм²

Общее количество жизнеспособных бактерий в негативном контроле, высеянным после соответствующей инкубации, должно составлять не менее $6,2 \times 10^1$ КОЕ/мл.

Расчет значения антимикробной активности

Расчет антимикробной активности образца проводили по формулам 2, 3:

$$R = \log(B/A) - \log(C/A) = \log(B/C) \quad (2)$$

где, A – среднее число КОЕ контрольных образцов после инокуляции;

B – среднее число КОЕ контрольных образцов после инкубации;

C – среднее число КОЕ экспериментальных образцов после инкубации

$$R(\%) = ((B - A) / A) \times 100 \quad (3)$$

где, A – среднее число КОЕ экспериментальных образцов после инкубации;

B – среднее число КОЕ контрольных образцов после инкубации

Результаты и их обсуждение

Ранее композитные полимеры на основе ортофталевой кислоты были детально исследованы, включая метод синтеза и кинетику процесса полимеризации [20]. Нами исследован синтез и детальная физико-химическая характеристика композитных материалов с TCS 5%, а также технологическая схема производства композита с упругостью 10000–40000 МПа [17]. По сравнению с другими полимерными композитами у исследуемого состава уменьшается водопоглощение материала (0,05–0,1%), уменьшается пористость и соответственно повышается плотность 2000–2200 кг/м³. Материал отличается следующими механическими характеристиками: прочность на сжатие в диапазоне 700–1200 МПа, и прочность на изгиб до 24 МПа при этом

модуль при изгибе достигает 9400–10500 МПа. Прочность на растяжение материала находится в пределах 16–20 МПа [17]. Все эти параметры показывают возможности многофункционального (покрытие столешницы в столовых, медицинских учреждениях и на фарм. производствах) использования полимерного композита. Одним из важных параметров долгосрочного использования является коэффициент истирания полимерного композита, который находится в пределах 0,02–0,03 г/см². Коэффициент теплопроводности композитов составляет 0,05–0,85 Вт/(мК) и коэффициент термического расширения 0,013–0,025 мм. Упругость полимерного материала достигает 10000–40000 МПа. Предварительные данные по свежеприготовленным композитным полимерным монолитным материалам с TCS подтвердили антимикробную активность для различного времени экспозиции (5, 15, 30, 60, 120 и 240 минут) на культуры бактерий [17]. Было установлено, что для времени инкубирования 5 минут наблюдался 100 % антимикробный эффект в отношении штаммов *S. aureus* 6538-P, *S. aureus* 39, *S. epidermidis* 12228, *Kl. Pneumoniae* 10031; в то время как 68,5% для *Kl. Pneumoniae* 700603, 55% для *C. albicans* 2091; 28,9% – против *C. albicans* 10231. Как и ожидалось при увеличении времени воздействия до 4 ч приводит к лучшей активности 100% ингибирования в отношении *Ps. aeruginosa* ATCC 9027 и снижение роста штамма на 85,8%; фунгицидная активность в отношении штамма *C. albicans* ATCC 2091 (снижение роста штамма на 82,1%) и изолята *C. albicans* (снижение роста штамма на 92,2%) определена через 4 часа контактного времени [17]. В этом исследовании время воздействия полимерного композита выбрано 2 часа и один штамм *S. aureus* 6538-P. Для имитации естественных условий долгосрочной эксплуатации медицинской мебели, приборов или санитарных изделий (кухонные мойки, ваннные раковины, душевые поддоны и др.) и строительные материалы (столешницы, подоконники, облицовочные плиты экспериментальные образцы N1 и N2 подвергались воздействию солнечного света и УФ-облучения, а также истиранию наждачной бумагой. Также изучалось влияние кислой и щелочной среды на антимикробную активность образцов.

В недавней монографии по TCS раскрыто уникальное взаимодействие с вращением связей между TCS и полимерными цепями, что приводит к повышению как механических свойств, так и прочность полимера за счет нековалент-

ных взаимосвязей (водородных связей и π - π слипания ароматических колец, гидрофобные взаимодействия). Считается, что совместимость полимерной смеси обусловлена сходными молекулярными отношениями и полярностью. При совместимости TCS с полимером проявляется более равномерная стабильность неполярного триклозана в твердом состоянии полимера с сохранением антимикробных свойств, в связи с чрезвычайно низким высвобождением и с минимальной растворимостью в водном растворе [21]. Данные по высвобождению ароматического соединения из полимерного композита хорошо коррелируют с литературными данными. Замечена достаточно медленная кинетика выделения TCS в течение 25 ч при pH 7,4 и 37°C условиях, в течение 25 часов вообще нет, судя по вашим данным, Не согласен с вами, высвобождение наблюдается на уровне 0,04 единицы, это не на уровне шума, виден был пик поглощения мониторинг высвобождения триклозана осуществили УФ-спектрофотометрически при длине волны 288 нм (Рисунок 2). Из полученных результатов кинетики высвобождения абсорбция раствора наблюдается на уровне 0,04 единицы и можно сделать вывод, что большая часть триклозана либо ковалентно пришта к полимерной основе, либо прочно физически адсорбирована на не пористом полимерном композите за счет гидрофобных взаимодействий. Если бы абсорбция раствора достигла 0,5 или более 1, можно было бы говорить о том, что большая часть триклозана физически связывается с композитом, т.к. изначально содержание активного компонента в смеси составляет 5%. Ранее более детальное исследование высвобождения TCS (0.1, 0.5 и 1 %) из ПЭ пленок в различных условиях было исследовано с достижением максимумов абсорбции 0,2–0,3 единиц при длине волны 288 нм через 2 месяца после начала эксперимента [11]. И что? что свидетельствует о медленной кинетике высвобождения.

Имеются данные о нестабильности триклозан содержащих полимерных композитов. Образование 2,8-дихлордibenzo-п-диоксина и других вредных продуктов разложения в процессе фоторазложения триклозана вызывает все большую озабоченность. В недавней работе показана идентификация продуктов полимеризации при высокой концентрации триклозана и механизм фотоокисления. Пять димеров и два тримера триклозана были обна-

ружены методом жидкостной хроматографии-масс-спектрометрии. 2,8-Дихлоро-дibenzo-п-диоксин также был идентифицирован путем сравнения с аутентичным стандартом. Относительно низкий pH и высокая концентрация благоприятствовали полимеризации триклозана [22].

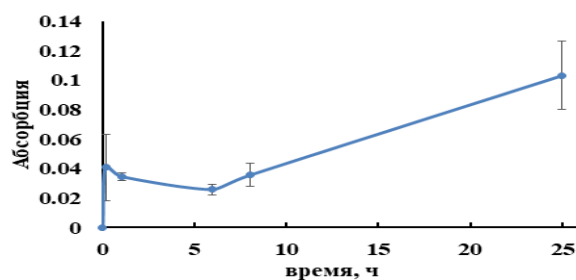


Рисунок 2 – Кинетика диффузии триклозана из полимерного композита в фосфатный буфер при pH 7,4 n=4

В работе по исследованию полимерной пленки ПЭ и триклозана выявлено, что увеличение уровня высвобождения триклозана из полимерной матрицы улучшает антибактериальную активность образцов, содержащих триклозан. Присутствие триклозана в полимерной матрице оказывает большее влияние на подавление грамположительных бактерий, по сравнению с грамотрицательными бактериями. Интересно, что более 95% бактерий в различных образцах, содержащих 1 мас. % триклозана, погибает в течение трех дней [11].

В экспериментах *in vitro* было отмечено сохранение стабильности антимикробной активности для TCS содержащих композитов через 12 месяцев ежедневного воздействия физико-химическими факторами: солнечным светом, УФ-облучением и изменением pH среды. Отсутствие снижения антимикробных свойств, т. е. увеличения числа КОЕ в образцах полимерных композитов с TCS по истечении времени исследования также не наблюдалось. Полученные значения свидетельствуют о сохранении 100%-ной антимикробной активности в отношении тест-штамма во всех экспериментальных группах, содержащих 5% TCS. Начальная антибактериальная активность была 100%, что связано с высоким 5% содержанием триклозана в композите.

Таблица 1 – Результаты тестирования антимикробной активности полимерных композитных с TCS и без TCS в условиях воздействия различных физико-химических факторов (солнечный свет, УФ облучение в ламинарном шкафу, pH 2 и pH 8)

№ время воздействия фактора, через	Отрицательный контроль/ Среднее число КОЕ, R±StD /log ₁₀	Солнечные лучи	Антимикробная активность, log10 / %*	УФ-излучение	Антимикробная активность, log10 / %*	Кислая среда (pH – 2,0)	Антимикробная активность, log10 / %*	Щелочная среда (pH – 8,0)	Антимикробная активность, log10 / %*
		Среднее число КОЕ, R±StD / log ₁₀		Среднее число КОЕ, R±StD / log ₁₀		Среднее число КОЕ, R±StD / log ₁₀		Среднее число КОЕ, R±StD / log ₁₀	
1 неделю	3,59×10 ³ ±275 / 3,556	0 КОЕ / -1,204	4,760/100%	0 КОЕ / -1,204	4,760/100%	0 КОЕ / -1,204	4,760 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,760/100%
2 недели	2,66×10 ³ ±100 / 3,424	0 КОЕ / -1,204	4,628/100%	0 КОЕ / -1,204	4,628/100%	0 КОЕ / -1,204	4,628 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,628/100%
1 месяц	4,09×10 ³ ±139 / 3,612	0 КОЕ / -1,204	4,816/100%	0 КОЕ / -1,204	4,816/100%	0 КОЕ / -1,204	4,816 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,816/100%
2 месяца	3,47×10 ³ ±114 / 3,540	0 КОЕ / -1,204	4,744/100%	0 КОЕ / -1,204	4,744/100%	0 КОЕ / -1,204	4,744 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,744/100%
3 месяца	3,28×10 ³ ±221 / 3,516	0 КОЕ / -1,204	4,720/100%	0 КОЕ / -1,204	4,720/100%	0 КОЕ / -1,204	4,720 / 10%	0 КОЕ / -1,204	4,720/100%
4 месяца	3,63×10 ³ ±265 / 3,559	0 КОЕ / -1,204	4,763/100%	0 КОЕ / -1,204	4,763/100%	0 КОЕ / -1,204	4,763 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,763/100%
5 месяцев	2,94×10 ³ ±177 / 3,468	0 КОЕ / -1,204	4,672/100%	0 КОЕ / -1,204	4,672/100%	0 КОЕ / -1,204	4,672 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,672/100%
6 месяцев	3,31×10 ³ ±265 / 3,520	0 КОЕ / -1,204	4,724/100%	0 КОЕ / -1,204	4,724/100%	0 КОЕ / -1,204	4,724 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,724/100%
7 месяцев	2,66×10 ³ ±221 / 3,424	0 КОЕ / -1,204	4,628/100%	0 КОЕ / -1,204	4,628/100%	0 КОЕ / -1,204	4,628 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,628/100%
8 месяцев	3,78×10 ³ ±221 / 3,578	0 КОЕ / -1,204	4,782/100%	0 КОЕ / -1,204	4,782/100%	0 КОЕ / -1,204	4,782 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,782/100%
9 месяцев	2,94×10 ³ ±265 / 3,468	0 КОЕ / -1,204	4,672/100%	0 КОЕ / -1,204	4,672/100%	0 КОЕ / -1,204	4,672 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,672/100%
10 месяцев	2,56×10 ³ ±265 / 3,409	0 КОЕ / -1,204	4,613/100%	0 КОЕ / -1,204	4,613/100%	0 КОЕ / -1,204	4,613 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,613/100%
11 месяцев	3,31×10 ³ ±265 / 3,520	0 КОЕ / -1,204	4,724/100%	0 КОЕ / -1,204	4,724/100%	0 КОЕ / -1,204	4,724 / 100%	0 КОЕ / -1,204	4,724/100%

* пересчет от значений показателя КОЕ контрольного образца

Как видно из рисунков 3-7 никакого роста микроорганизмов после контакта полимерного композита не наблюдали. Никакого роста бактерий не замечено для образца после контакта полимерного композита триклозаном, который ранее был в течение недели подвергнут воздействию одним из факторов: влиянию солнечного света; влиянию УФ-облучения; влиянию кислой среды pH 2; влиянию щелочной среды pH 8; влиянию солнечного света. В то время как контрольные образцы полимерного композита без TCS после контакта с засеянными чашками Петри показали активный рост бактерий (Ри-

сунк 3). Аналогично для образцов, которые предварительно подвергались воздействию одного из следующих факторов в течение 1, 3, 5, 7 и 9 месяцев: солнечного света, УФ-облучения, кислой среды с pH 2, щелочной среды с pH 8 и снова солнечного света, не наблюдается рост бактерий, как это было замечено в случае контрольных образцов полимерного композита без добавления триклозана (Рисунок 4-8). Эти данные свидетельствуют, что изучаемые виды воздействия существенно не повлияли на состав триклозана, который находился на поверхности полимерного композита.

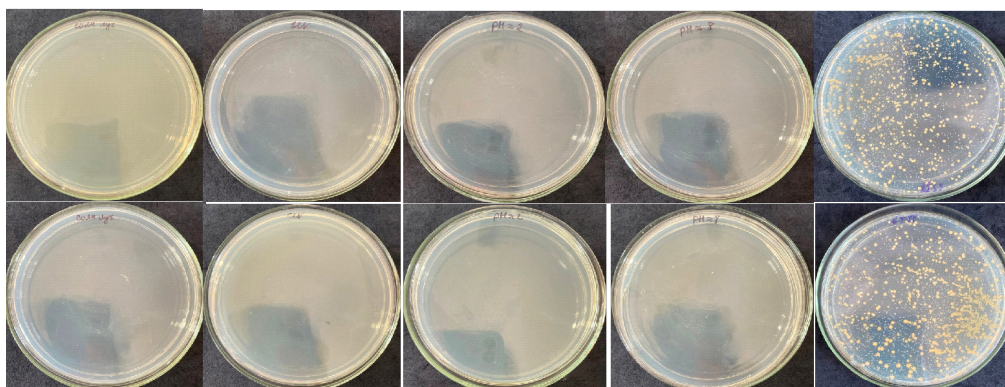


Рисунок 3 – Тестирование антимикробной активности композитных образцов с TCS в отношении штамма *S.aureus* 6538-Р после 7-ми дней воздействия физико-химическими факторами: а – влияние солнечного света; б – влияние УФ-облучения; с – влияние кислой среды рН 2 ; д– влияние щелочной среды рН 8; после 14-ти дней: ф – влияние солнечного света; г – влияние УФ-облучения; h – влияние кислой среды; i– влияние щелочной среды; е, j –контроль без TCS.

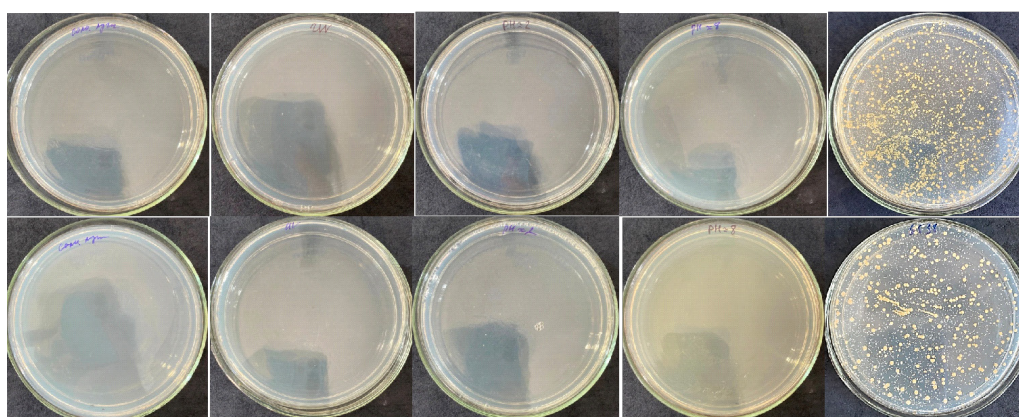


Рисунок 4 – Тестирование антимикробной активности композитных образцов в отношении штамма *S.aureus* 6538-Р после 1-го месяца воздействия физико-химическими факторами: а – влияние солнечного света; б – влияние УФ-облучения; с – влияние кислой среды; д – влияние щелочной среды; после 2-х месяцев: ф – влияние солнечного света; г – влияние УФ-облучения; h – влияние кислой среды; i – влияние щелочной среды; е, j –контроль без TCS.

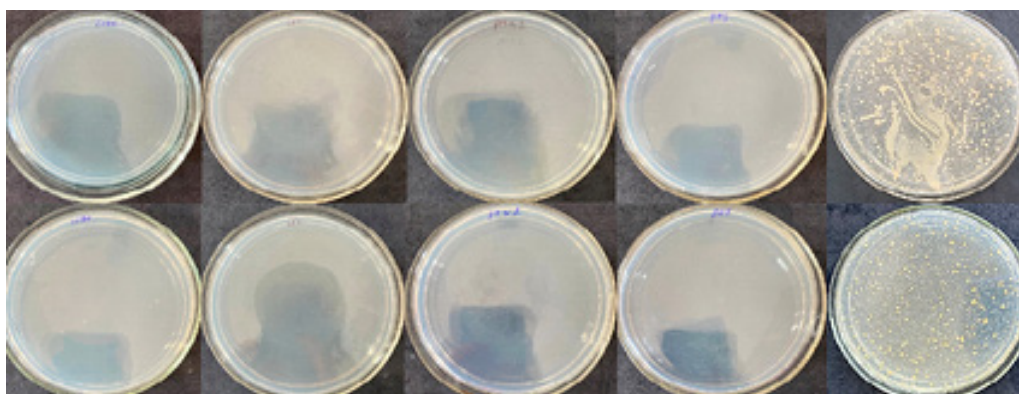


Рисунок 5 – Тестирование антимикробной активности композитных образцов в отношении штамма *S.aureus* 6538-Р после 3-х месяцев воздействия физико-химическими факторами: а – влияние солнечного света; б – влияние УФ-облучения; с – влияние кислой среды; д – влияние щелочной среды; после 4-х месяцев: ф – влияние солнечного света; г – влияние УФ-облучения; h – влияние кислой среды; i – влияние щелочной среды; е, j –контроль без TCS.

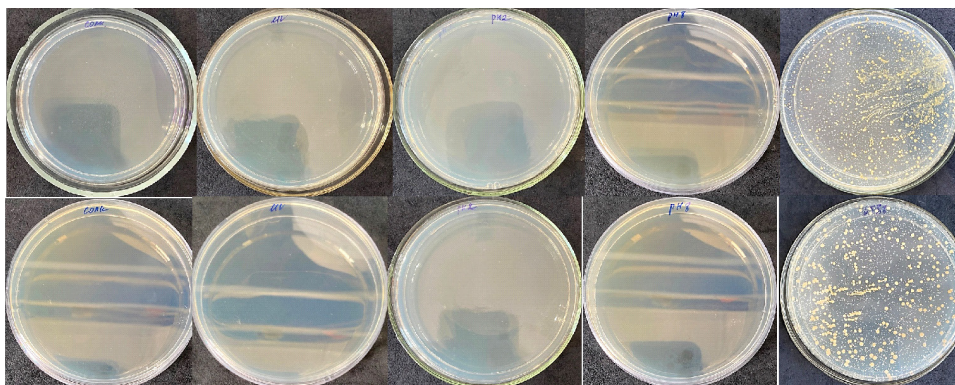


Рисунок 6 – Тестирование антимикробной активности композитных образцов в отношении штамма *S.aureus* 6538-Р после 5-ти месяцев воздействия физико-химическими факторами: а– влияние солнечного света; б – влияние УФ-облучения; с – влияние кислой среды; д – влияние щелочной среды; е – контроль; после 6-ти месяцев: ф– влияние солнечного света; г – влияние УФ-облучения; h – влияние кислой среды; и – влияние щелочной среды; j –контроль без TCS.

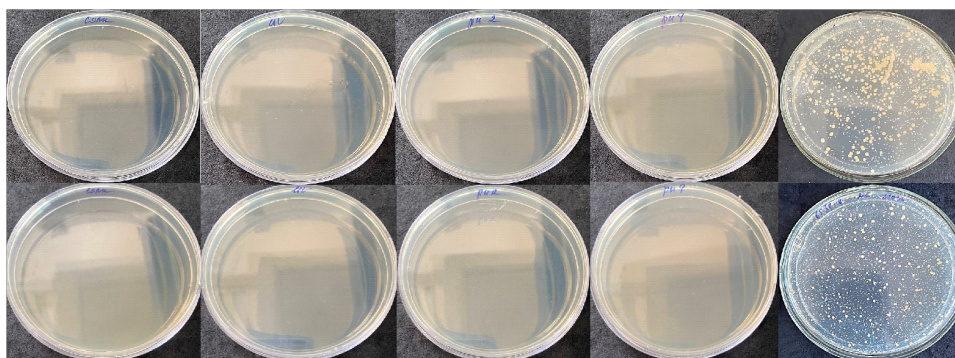


Рисунок 7 – Тестирование антимикробной активности композитных образцов в отношении штамма *S.aureus* 6538-Р после 7-ми месяцев воздействия физико-химическими факторами: а – влияние солнечного света; б – влияние УФ-облучения; с – влияние кислой среды; д – влияние щелочной среды; е – контроль; после 8-ми месяцев: ф – влияние солнечного света; г – влияние УФ-облучения; h – влияние кислой среды; и – влияние щелочной среды; j –контроль без TCS.

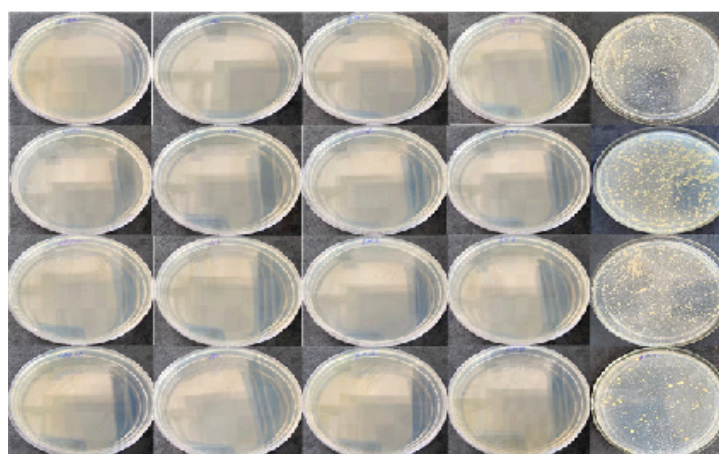


Рисунок 8 – Тестирование антимикробной активности композитных образцов в отношении штамма *S.aureus* 6538-Р после 9-ти месяцев воздействия физико-химическими факторами: а – влияние солнечного света; б –УФ-облучение; с – рН 2; д – рН 8; е, j, p, v – отрицательный контроль без TCS; после 10-ти месяцев: ф – влияние солнечного света; г – УФ-облучение; h – рН 2; и – рН 8; после 11-ти месяцев: к – влияние солнечного света; л – УФ-облучение; m – рН 2; n – рН 8; после 12-ти месяцев: q – влияние солнечного света; r – УФ-облучение; s – рН 2; t – рН 8.

Результаты тестирования антимикробной активности после 3-х циклов истирания

Исследования по оценке антимикробной активности композитов в условиях истирания проводили в отношении 2-х штаммов бактерий *S.aureus* ATCC 6538-Р и *Kl.pneumoniae* ATCC 1003 и 1-го штамма дрожжей – *C.albicans* ATCC 10231, соответственно. Тестирование осуществляли в течение 3-х циклов истирания. После чего контактное время для штаммов бактерий с композитом составлял 2 часа экспозиции, для дрожжей контактное время было 4 часа. Дан-

ные в таблице 2 свидетельствуют о сохранении 100%-ной антимикробной активности в отношении штамма *S.aureus* 6538-Р после 3-х циклов истирания (Рисунок 9). Бактерицидная активность композитов с триклозаном в отношении штамма *Kl.pneumoniae* 10031 после 3-х циклов истирания также остается на уровне 100% (Рисунок 9). При тестировании штамма дрожжей *C.albicans* 10231, выявлено отсутствие фунгицидной активности через 4 часа контактного времени при трехкратном истирании образцов (Рисунок 9).

Таблица 2 – Результаты тестирования антимикробной активности композитных образцов в условиях истирания

Штамм / цикл истирания	Контактное время	Образец	Ср. число КОЕ	Ср. значение \log^{10}	Антимикробная активность, \log^{10}	Антимикробная активность, %*
<i>S.aureus</i> 6538-Р Цикл 1	2 часа	Контроль	$2,78 \times 10^3$	3,444	4,648	100
		комп. TCS	0	-1,204		
<i>Kl.pneumoniae</i> 10031 Цикл 1	2 часа	Контроль	$1,16 \times 10^3$	3,063	4,267	100
		комп. TCS	0	-1,204		
<i>C.albicans</i> 10231 Цикл 1	4 часа	Контроль	$5,00 \times 10^3$	3,699	-0,068	0
		комп. TCS	$5,84 \times 10^3$	3,767		
<i>S.aureus</i> 6538-Р Цикл 2	2 часа	Контроль	$1,84 \times 10^3$	3,266	4,470	100
		комп. TCS	0	-1,204		
<i>Kl.pneumoniae</i> 10031 Цикл 2	2 часа	Контроль	$2,22 \times 10^3$	3,346	4,550	100
		комп. TCS	0	-1,204		
<i>C.albicans</i> 10231 Цикл 2	4 часа	Контроль	$7,09 \times 10^3$	3,851	-0,042	0
		комп. TCS	$7,81 \times 10^3$	3,893		
<i>S.aureus</i> 6538-Р Цикл 3	2 часа	Контроль	$1,41 \times 10^3$	3,148	4,352	100
		комп. TCS	0	-1,204		
<i>Kl.pneumoniae</i> 10031 Цикл 3	2 часа	Контроль	$2,25 \times 10^3$	3,352	4,556	100
		комп. TCS	0	-1,204		
<i>C.albicans</i> 10231 Цикл 3	4 часа	Контроль	$9,59 \times 10^3$	3,982	-0,004	0
		комп. TCS	$9,69 \times 10^3$	3,986		

* пересчет от значений показателя КОЕ контрольного образца

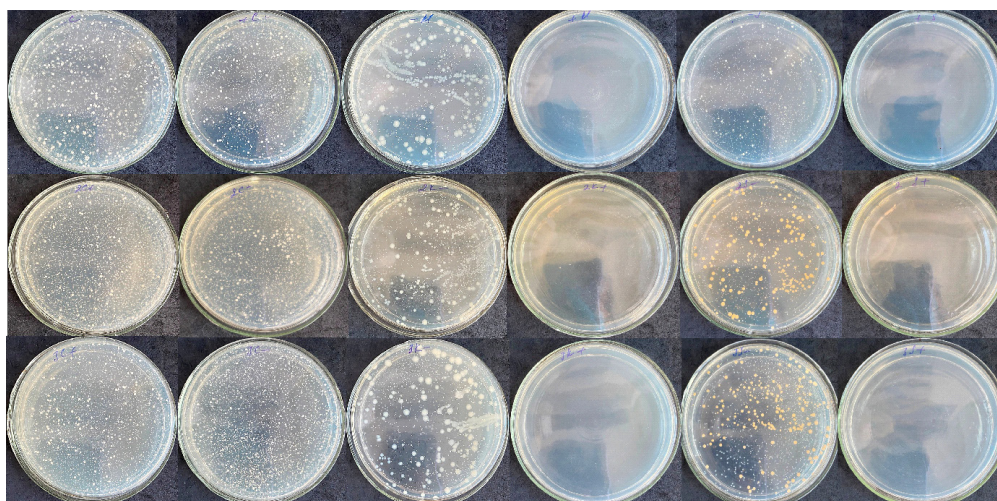


Рисунок 9 – Тестирование антимикробной активности композитных образцов в отношении штаммов: после 1-го цикла истирания *C. albicans* 10231 a, b; *Kl. pneumoniae* 10031 c, d; *S. aureus* 6538-P e, f; после 2-го цикла истирания *C. albicans* 10231 g, h; *Kl. pneumoniae* 10031 i, j; *S. aureus* 6538-P k, l; после 3-го цикла истирания *C. albicans* 10231 m, n; *Kl. pneumoniae* 10031 p,q; *S. aureus* 6538-P r,c.

Ранее показано, что композитный полимерный непористый монолитный материал состоящий из карбоната кальция, ненасыщенного сложного эфира ортофталевой кислоты, перекиси метилэтилкетона с добавлением TCS(5%) в условиях *in vitro* обладает высоким антимикробным эффектом в отношении штаммов *S. aureus* 6538-P, *S. aureus* 39, *S. epidermidis* 12228 и *Kl. pneumoniae* 10031 через 5 минут контактного времени с достижением 100% гибели клеток. Установлено, что активность TCS содержащего композита в отношении штамма *Ps. aeruginosa* 9027 отмечается только через 4 часа инкубации с снижением роста штамма на 85,8% [17]. Фунгицидная активность композита с TCS в отношении штамма *C. albicans* 2091 продемонстрирована на уровне снижения роста штамма на 82,1% и изолята *C. albicans* (снижение роста штамма на 92,2%) определена через 4 часа контактного времени. Следует отметить, что антимикробная активность TCS композита в отношении штаммов микроорганизмов *Kl. pneumoniae* 700603, *Ps. aeruginosa* TA2 и *C. albicans* 10231 при тестируемых временных экспозициях не выявлена. Откуда эти данные? Кем доказано? ссылка добавлена. В текущем исследовании в условиях искусственного истирания поверхности TCS композитных материалов выявлено сохранение бактерицидной активности в отношении штаммов *S. aureus* 6538-P и *Kl. pneumoniae* 10031 через 2 часа контактного времени после 3-х циклов истирания. Фунгицидная активность

композиты с триклозаном после 3-х циклов истирания в отношении штамма *C. albicans* 10231 не зафиксирована. Наши данные согласуются с литературными данными о слабой активности иммобилизованного триклозана против грибов. В исследовании Hieronim Maciejewski с сотр. была протестирована ткань модифицированная триклозаном, и подвергшаяся пяти стиркам (ТС-ТЭОС 5), которая обладала более слабой противогрибковой активностью, что зафиксировано по интенсивному росту плесени, покрывающая более 50% тестируемой поверхности. Однако аналогичный образец ткани с триклозаном, прошедший пятикратную химчистку (ТС-ТЭОС 5), сохранил свои биоцидные свойства. Образцы, не прошедшие процесс стирки, показали хорошую антигрибковую активность [7]. Было отмечено, что присутствие хитозана является определяющим фактором повышения чувствительности *S. aureus* к триклозану и α -бисаболу. Однако, иммобилизованный триклозан не проявлял никакой активности против *P. aeruginosa*. Наноинкапсуляция триклозана, напротив, показала минимальную ингибирующую концентрацию при концентрации 220 мг/мл до покрытия капсул и 56 мг/мл после покрытия капсул [23].

С одной стороны, использование таких композитных материалов перспективно в сфере медицинской техники ввиду долгосрочной антимикробной поверхности, что положительно скажется на здоровье пациентов. С другой стороны, вызывает опасение экологический аспект

использования триклозана в производстве материалов имеет достаточно серьезные опасения, в связи возможным приобретением устойчивости бактерий к триклозану. Полученный композит не подвергается переработке и поэтому вероятно его скопление на свалках. В связи с чем нужно разработать методы переработки и предусмотреть методы очищения воды. Существуют биологические методы удаления этого стойких загрязнителей включая триклозан [24-25]. Использование подходов биоремедиации с помощью комбинаций различных видов непатогенных бактерий можно проводить процесс удаления загрязняющих веществ непрерывно без дополнительных затрат в диапазоне концентраций ароматических хлоропроизводных от 5 до 25 мг/л [26-27].

Заключение

В данном исследовании нами детально исследована стабильность полимерного композитного образца с триклозаном (5%) к действию кислых и щелочных растворов в течение продолжительного времени до года, при этом снижения антимикробной активности не наблюдалось. В условиях *in vitro* полимерный TCS композит об-

ладает высоким антимикробным эффектом в отношении штамма *S.aureus* 6538-P (гибель 100 % клеток). Исследование влияния долгого облучения солнечным светом и УФ-излучение *in vitro* выявило сохранение бактерицидной активности TCS композита в отношении штамма *S.aureus* 6538-P в течение 7 и 14 дней, а также через 12 месяцев ежедневного воздействия. Таким образом, было установлено, что антимикробная активность триклозан-содержащих образцов сохраняется в течение года после ежедневного воздействия внешними факторами, имитирующими естественные и практические условия эксплуатации, и материал возможно сохраняет обеззараживающую активность более продолжительный период времени, в связи с чем может найти применение в производстве медицинской мебели или же стоматологии при производстве имплантов.

Благодарность, конфликт интересов

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP09058298, 2021–2023 гг.). Мы заявляем об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Jones RD, Jampani HB, Newman JL, Lee AS. Triclosan: a review of effectiveness and safety in health care settings // American journal of infection control. – 2000. – Vol.28, Is.2. – P.184-196.
2. Jirasripongpun K, Wongarethornkul T, Mulliganavin S. Risk assessment of triclosan using animal cell lines // Agriculture and Natural Resources. – 2008. – Vol.42, Is.2. – P.353-359.
3. Rodricks JV, Swenberg JA, Borzelleca JF, Maronpot RR, Shipp AM. Triclosan: a critical review of the experimental data and development of margins of safety for consumer products // Critical reviews in toxicology. – 2010. – Vol.40, Is.5. – P.422-484.
4. Akaki E, Mansur HS, Angelis LH, Castro BA, Valadão HF, Faria DB, et al. SEM/EDX and FTIR characterization of a dental resin cement with antibacterial agents incorporated. // Key Engineering Materials. – 2005. – Vol. 284-286. – P.391-394.
5. Kockisch S, Rees GD, Tsibouklis J, Smart JD. Mucoadhesive, triclosan-loaded polymer microspheres for application to the oral cavity: preparation and controlled release characteristics // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2005. – Vol.59, Is.1. – P.207-216.
6. Kalyon BD, Olgun U. Antibacterial efficacy of triclosan-incorporated polymers // American journal of infection control. – 2001. – Vol.29, Is.2. – P.124-125.
7. Foksowicz-Flaczyk J, Walentowska J, Przybylak M, Maciejewski H. Multifunctional durable properties of textile materials modified by biocidal agents in the sol-gel process // Surface and Coatings Technology. – 2016. – Vol. 304. – P.160-166.
8. Llorens E, Del Valle LJ, Ferrán R, Rodríguez-Galán A, Puiggali J. Scaffolds with tuneable hydrophilicity from electrospun microfibers of polylactide and poly (ethylene glycol) mixtures: Morphology, drug release behavior, and biocompatibility // Journal of Polymer Research. – 2014. – Vol. 21. – P.1-15.
9. Kugel AJ, Ebert SM, Stafslie SJ, Hevus I, Kohut A, Voronov A, et al. Synthesis and characterization of novel antimicrobial polymers containing pendent triclosan moieties // Reactive and Functional Polymers. – 2012. – Vol.72, Is.1. – P.69-76.
10. Davachi SM, Kaffashi B. Preparation and characterization of poly L-lactide/triclosan nanoparticles for specific antibacterial and medical applications // International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials. – 2015. – Vol.64, Is.10. – P.497-508.
11. Kamalipour J, Masoomi M, Khonakdar HA, Razavi SMR. Preparation and release study of Triclosan in polyethylene/Triclosan anti-bacterial blend // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. – 2016. – Vol. 145. – P.891-898.

12. Iconomopoulou S, Voyiatzis G. The effect of the molecular orientation on the release of antimicrobial substances from uniaxially drawn polymer matrixes // *Journal of controlled release*. – 2005. – Vol. 103. Is.2. – P.451-464.
13. Rathke A, Staude R, Mucbe R, Haller B. Antibacterial activity of a triclosan-containing resin composite matrix against three common oral bacteria // *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. – 2010. – Vol. 21– P.2971-2977.
14. de Paula AB, Taparelli JR, Alonso RCB, Innocentini-Mei LH, Puppim-Rontani RM. Synthesis and application of triclosan methacrylate monomer in resin composites // *Clinical Oral Investigations*. – 2019. – Vol. 23. – P.965-74.
15. Camilloto GP, de Fátima Ferreira Soares N, dos Santos Pires AC, de Paula FS. Preservation of sliced ham through triclosan active film. *Packaging Technology and Science: An International Journal*. – 2009. – Vol. 22, Is.8. – P.471-477.
16. Zhang W, Chu PK, Ji J, Zhang Y, Fu RK, Yan Q. Antibacterial properties of plasma-modified and triclosan or bronopol coated polyethylene // *Polymer*. – 2006. – Vol.47, Is.3. 931-936.
17. Tauanov Z, Zakiruly O, Baimenova Z, Baimenov A, Akimbekov NS, Berillo D. Antimicrobial Properties of the Triclosan-Loaded Polymeric Composite Based on Unsaturated Polyester Resin: Synthesis, Characterization and Activity // *Polymers*. – 2022. – Vol.14, Is.4. – P.676.
18. Ermukhambetova A., Berillo D. Green synthesis of silver nanoparticles using paper wasp's hydrolysate with antibacterial activity // *Results in Surfaces and Interfaces*. – 2023. – T. 11. – C. 100114.
19. Association JS. Antimicrobial products: test for antimicrobial activity and efficacy // *Japanese Industrial Standard – 2000. JIS Z 2801. 2000*. – P.1-14
20. Vilas JL, Laza JM, Garay MT, Rodríguez M, León LM. Unsaturated polyester resins cure: Kinetic, rheologic, and mechanical-dynamical analysis. I. Cure kinetics by DSC and TSR // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2001. – Vol.79, Is.3. – P.447-457.
21. Petersen RC. Triclosan antimicrobial polymers // *AIMS molecular science*. – 2016. – Vol.3, Is.1. – P.88.
22. Chen Z, Cao G, Song Q. Photo-polymerization of triclosan in aqueous solution induced by ultraviolet radiation // *Environmental Chemistry Letters*. – 2010. – Vol.8. – P.33-37.
23. De Marchi JGB, Jornada DS, Silva FK, Freitas AL, Fuentesfria AM, Pohlmann AR, et al. Triclosan resistance reversion by encapsulation in chitosan-coated-nanocapsule containing α -bisabolol as core: development of wound dressing // *International journal of nanomedicine*. – 2017. – Vol.12. – P.7855.
24. Nandikes, G., Pathak, P., Razak, A. S., Narayanamurthy, V., & Singh, L.. Occurrence, environmental risks and biological remediation mechanisms of Triclosan in wastewaters: Challenges and perspectives. *Journal of Water Process Engineering*,– 2022, – Vol.49, – P. 103078.
25. Solá-Gutiérrez C. et al. Critical review on the mechanistic photolytic and photocatalytic degradation of triclosan // *Journal of environmental management*. – 2020. – T. 260. – C. 110101.
26. Berillo D. A., Caplin, J. L., Cundy, A. B., & Savina, I. N. A cryogel-based bioreactor for water treatment applications // *Water research*. – 2019. – T. 153. – C. 324-334.
27. Al-Jwaid AK, Berillo D, Savina IN, Cundy AB, Caplin JL. One-step formation of three-dimensional macroporous bacterial sponges as a novel approach for the preparation of bioreactors for bioremediation and green treatment of water // *RSC advances*. – 2018. – Vol.8, Is.54. – C.30813-30824.

References

1. Jones RD, Jampani HB, Newman JL, Lee AS. Triclosan: a review of effectiveness and safety in health care settings. *American journal of infection control*. 2000;28(2):184-96.
2. Jirasripongpun K, Wongarethornkul T, Mulliganavin S. Risk assessment of triclosan using animal cell lines. *Agriculture and Natural Resources*. 2008;42(2):353-9.
3. Rodricks JV, Swenberg JA, Borzelleca JF, Maronpot RR, Shipp AM. Triclosan: a critical review of the experimental data and development of margins of safety for consumer products. *Critical reviews in toxicology*. 2010;40(5):422-84.
4. Akaki E, Mansur HS, Angelis LH, Castro BA, Valadão HF, Faria DB, et al., editors. SEM/EDX and FTIR characterization of a dental resin cement with antibacterial agents incorporated. *Key Engineering Materials*; 2005: Trans Tech Publ.
5. Kockisch S, Rees GD, Tsibouklis J, Smart JD. Mucoadhesive, triclosan-loaded polymer microspheres for application to the oral cavity: preparation and controlled release characteristics. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 2005;59(1):207-16.
6. Kalyon BD, Olgun U. Antibacterial efficacy of triclosan-incorporated polymers. *American journal of infection control*. 2001;29(2):124-5.
7. Foksowicz-Flaczyk J, Walentowska J, Przybylak M, Maciejewski H. Multifunctional durable properties of textile materials modified by biocidal agents in the sol-gel process. *Surface and Coatings Technology*. 2016; 304:160-6.
8. Llorens E, Del Valle LJ, Ferrán R, Rodríguez-Galán A, Puiggali J. Scaffolds with tuneable hydrophilicity from electrospun microfibers of polylactide and poly (ethylene glycol) mixtures: Morphology, drug release behavior, and biocompatibility. *Journal of Polymer Research*. 2014; 21:1-15.
9. Kugel AJ, Ebert SM, Stafslin SJ, Hevus I, Kohut A, Voronov A, et al. Synthesis and characterization of novel antimicrobial polymers containing pendent triclosan moieties. *Reactive and Functional Polymers*. 2012;72(1):69-76.
10. Davachi SM, Kaffashi B. Preparation and characterization of poly L-lactide/triclosan nanoparticles for specific antibacterial and medical applications. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*. 2015;64(10):497-508.

11. Kamalipour J, Masoomi M, Khonakdar HA, Razavi SMR. Preparation and release study of Triclosan in polyethylene/Triclosan anti-bacterial blend. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2016; 145:891-8.
12. Iconomopoulou S, Voyiatzis G. The effect of the molecular orientation on the release of antimicrobial substances from uniaxially drawn polymer matrixes. *Journal of controlled release*. 2005;103(2):451-64.
13. Rathke A, Staude R, Muche R, Haller B. Antibacterial activity of a triclosan-containing resin composite matrix against three common oral bacteria. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2010; 21:2971-7.
14. de Paula AB, Taparelli JR, Alonso RCB, Innocentini-Mei LH, Puppim-Rontani RM. Synthesis, and application of triclosan methacrylate monomer in resin composites. *Clinical Oral Investigations*. 2019; 23:965-74.
15. Camilloto GP, de Fátima Ferreira Soares N, dos Santos Pires AC, de Paula FS. Preservation of sliced ham through triclosan active film. *Packaging Technology and Science: An International Journal*. 2009;22(8):471-7.
16. Zhang W, Chu PK, Ji J, Zhang Y, Fu RK, Yan Q. Antibacterial properties of plasma-modified and triclosan or bronopol coated polyethylene. *Polymer*. 2006;47(3):931-6.
17. Tauanov Z, Zakiruly O, Baimenova Z, Baimenov A, Akimbekov NS, Berillo D. Antimicrobial Properties of the Triclosan-Loaded Polymeric Composite Based on Unsaturated Polyester Resin: Synthesis, Characterization and Activity. *Polymers*. 2022;14(4):676.
18. Ermukhambetova, A., & Berillo, D. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using paper wasp's hydrolysate with antibacterial activity. *Results in Surfaces and Interfaces*, 11, 100114.
19. Association JS. Antimicrobial products: test for antimicrobial activity and efficacy. Japanese Industrial Standard 2000; JIS Z 2801. 2000.
20. Vilas JL, Laza JM, Garay MT, Rodríguez M, León LM. Unsaturated polyester resins cure: Kinetic, rheologic, and mechanical-dynamical analysis. I. Cure kinetics by DSC and TSR. *Journal of Applied Polymer Science*. 2001;79(3):447-57.
21. Petersen RC. Triclosan antimicrobial polymers. *AIMS molecular science*. 2016;3(1):88.
22. Chen Z, Cao G, Song Q. Photo-polymerization of triclosan in aqueous solution induced by ultraviolet radiation. *Environmental Chemistry Letters*. 2010; 8:33-7.
23. De Marchi JGB, Jornada DS, Silva FK, Freitas AL, Fuentesfria AM, Pohlmann AR, et al. Triclosan resistance reversion by encapsulation in chitosan-coated-nanocapsule containing α -bisabolol as core: development of wound dressing. *International journal of nanomedicine*. 2017; 12:7855.
24. Nandikes, G., Pathak, P., Razak, A. S., Narayanamurthy, V., & Singh, L. Occurrence, environmental risks and biological remediation mechanisms of Triclosan in wastewaters: Challenges and perspectives. *Journal of Water Process Engineering*, 2022; 49: 103078.
25. Solá-Gutiérrez, Claudia, et al. Critical review on the mechanistic photolytic and photocatalytic degradation of triclosan. *Journal of environmental management* 2020; 260: 110101.
26. Berillo DA, Caplin JL, Cundy AB, Savina IN. A cryogel-based bioreactor for water treatment applications. *Water research*. 2019; 153 :324-34.
27. Al-Jwaid AK, Berillo D, Savina IN, Cundy AB, Caplin JL. One-step formation of three-dimensional macroporous bacterial sponges as a novel approach for the preparation of bioreactors for bioremediation and green treatment of water. *RSC advances*. 2018;8(54):30813-24.

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

Section 3
**ACTUAL PROBLEMS
OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

Раздел 3
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОХРАНЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

К.М. Ахмеденов^{1*} , М.К. Сапанов² 

¹Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, Казахстан, г. Уральск

²Институт лесоведения РАН, Россия, п/о Успенское

*e-mail: kazhmurat78@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДОБЫЧИ САЙГАКОВ В МЕЖДУРЕЧЬЕ ВОЛГИ И ЖАЙЫКА

Исследование посвящено научному обоснованию методологии промышленной добычи сайгаков в междуречье Волги и Жайык, численность которых по результатам весеннего учета 2022 г достигла 801 тыс. голов, что сравнимо, например, с количеством овец и коз, выпасающихся на этой территории (752,3 тыс. голов). Приведены результаты определения регионального ресурсного потенциала (емкости) пастбищных угодий с учетом количества видов (крупный рогатый скот, овцы, козы, лошади и верблюды) и среднегодовой площади пастбищной нормы на одну голову. Сравнились два периода, которые характеризуются экстенсивным использованием пастбищ в этом регионе, при котором осуществляется саморегуляция численности травоядных животных: в эпоху существования Букеевского ханства, которое занимало именно эти территории (1838 г.) и в современный период формирования частных фермерских хозяйств (2022 г.). Показано, что всего на этой территории выпасалось до 2,0 млн. голов домашних животных, при этом на современном этапе их количество в 1,5 раза меньше, чем в 1839 г. Выявлено, что в 1839 г. в среднем было необходимо около 10 млн. га пастбищных угодий (с учетом нормы выпаса каждого вида), а в 2022 г. около 8,1 млн.га. Кроме этого, сейчас для сайгаков необходимо еще 1,5 млн. га пастбищных угодий. При этом, общая площадь изучаемой территории составляет около 12,3 млн. га. Как видим, предлагаемая методология показывает сопоставимые результаты о емкости пастбищных угодий междуречья Волги и Жайык в разные периоды, что указывает на возможность его использования для математических, а не эмпирических расчетов искусственной регуляции численности поголовья сайгаков. Кроме этого, при их промышленной добыче следует учитывать изменчивость лимитирующих факторов природной среды (пищи и воды), которая подвержена климатогенной трансформации.

Ключевые слова: сайгаки уральской популяции, промысел, емкость пастбищ, сельскохозяйственные животные.

К.М. Akhmedenov^{1*}, М.К. Sapanov²

¹Makhambet Utemisov West Kazakhstan University, Kazakhstan, Uralsk

²Institute of Forestry of the Russian Academy of Sciences, Russia, Uspenskoye settlement

*e-mail: kazhmurat78@mail.ru

Features of determining the parameters of saiga production in the Interfluve of the Volga and Zhaiyk

The study is devoted to the scientific substantiation of the methodology for the commercial production of saigas in the Volga-Zhaiyk interfluve, the number of which reached 801,000 heads according to the results of spring accounting in 2022, which is comparable, for example, to the number of sheep and goats grazing in this area (752,300 heads). The results of determining the regional resource potential (capacity) of rangelands, taking into account the number of species (cattle, sheep, goats, horses and camels) and the average annual area of grazing rate per head are presented. Two periods characterized by extensive use of pastures in this region with self-regulation of the number of herbivorous animals were compared: in the era of the Bukeyev Khanate, which occupied these very territories (1838) and in the modern period of formation of private farms (2022). It has been shown that up to 2.0 mln head of livestock were grazing on this area in total, with 1.5 times less than in 1839, and that in the modern period saigas needed around 10 mln ha of grazing land on average (taking into account the grazing rate of each species). In addition, another 1.5 million hectares of rangeland are now needed for saigas. The total area of the study area is about 12.3 mln ha. As we can see, the proposed methodology shows comparable results on the capacity of the rangelands between the Volga and Zhaiik rivers in different periods, which indicates that it can be used for mathematical rather than empirical calculations of the artificial regula-

tion of the saiga population. In addition, the variability of limiting factors of the natural environment (food and water), which is subject to climatogenic transformation, should be taken into account in their industrial production.

Key words: saigas of the Ural population, animal fishery, pasture capacity, farm animals.

К.М. Ахмеденов^{1*}, М.К. Сапанов²

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

² Ормантану институты PFA, Ресей, Успенское ауылы

*e-mail: kazhmurat78@mail.ru

Еділ мен Жайық өзен аралығында ақбөкендерді өндіру параметрлерін анықтау ерекшеліктері

Зерттеу Еділ мен Жайық өзендер аралығындағы ақбөкендерді өнеркәсіптік өндіру әдіснамасының ғылыми негіздемесіне арналған, олардың саны 2022 жылдың көктемгі есебінің нәтижелері бойынша 801 мың басқа жетті, бұл, мысалы, осы аумақта жайылып жүрген қойлар мен ешкілердің санымен салыстыруға болады (752,3 мың бас). Түрлердің (ірі қара мал, қой, ешкі, жылқы және түйе) санын және бір басына шаққандағы жайылымдық норманың орташа жылдық аудақын ескере отырып, жайылымдық алқаптардың өңірлік ресурстық әлеуетін (сыйымдылығын) айқындау нәтижелері берілген. Шөпқоректі жануарлар санының өзін-өзі реттеуі жүзеге асырылатын осы аймақтағы жайылымдарды кең көлемде пайдаланумен сипатталатын екі кезең салыстырылды: дәл осы аумақтарды алып жатқан Бөкей хандығының дәуірінде (1838 ж.) және жеке шаруа қожалықтарының қалыптасуының қазіргі кезеңінде (2022 ж.). Бұл аумақта барлығы 2,0 миллионға дейін үй жануарлары жайылды, ал қазіргі кезеңде олардың саны 1839 жылмен салыстырғанда 1,5 есе аз. 1839 жылы орта есеппен 10 миллион гектарға жуық жайылымдық жерлер (әр түрдің жайылым нормасын ескере отырып), ал 2022 жылы шамамен 8,1 млн га қажет екендігі анықталды. Бұдан басқа, қазір ақбөкендер үшін тағы 1,5 млн га жайылымдық жерлер қажет. Бұл ретте зерттелетін аумақтың жалпы ауданы – шамамен 12,3 млн га. Көріп отырғанымыздай, ұсынылған әдістеме Еділ мен Жайық өзендері аралығындағы жайылымдық жерлердің сыйымдылығы туралы әртүрлі кезеңдерде салыстырмалы нәтижелерді көрсетеді, бұл оны ақбөкендердің санын жасанды реттеудің эмпирикалық емес, математикалық есептеулері үшін пайдалану мүмкіндігін көрсетеді. Сонымен қатар оларды өнеркәсіптік өндіру кезінде климатогендік трансформацияға ұшырайтын табиғи ортаның (азық пен судың) шектеуші факторларының өзгергіштігін ескеру қажет.

Түйін сөздер: Орал популяциясының ақбөкендері, жануарларды аулау, жайылым сыйымдылығы, ауыл шаруашылығы жануарлары.

Введение

В последние несколько лет в государственные органы поступают многочисленные просьбы от местных фермеров Западно-Казахстанской области, занимающихся животноводством в междуречье Волги и Жайыка, об увеличении числа сайгаков (*Saiga tatarica tatarica*), которые неконтролируемой потравой усиливают нагрузку на их пастбищные угодья. В действительности, за последние несколько лет численность уральской группировки сайгаков стремительно увеличилась до 801 тыс. особей в 2022 г. [1]. Это количество соизмеримо со всем количеством овец и коз – мелкого рогатого скота, которое выращивается здесь (752,3 тыс. голов). Такого количества сайгаков не было, по крайней мере, более 100 лет. В Казахстане промышленный промысел этих животных производился в 1954–1998 гг., но в некоторые годы прерывался для восстановления численности [2, 3]. Иными

словами, сайгак является полноценным возобновляемым природным ресурсом (мяса, шкур и рогов), которым нельзя пренебрегать в интересах государства.

На данном этапе, возникла необходимость его промысла, однако до сих пор не разработаны научно-технологические рекомендации по экологически безопасному искусственному изъятию их из природы. Это связано с тем, что, ранее нормы добычи регулировались, в основном, по данным скорости восстановления численности группировки сайгаков после выборки некоторой ее части [3]. Во всяком случае, мы не нашли в имеющейся литературе иного подхода к регуляции численности поголовья сайгаков. На наш взгляд, основой рекомендаций должно быть обоснование соответствия количества всех видов копытных животных ресурсному потенциалу пастбищных угодий. Иными словами, проблему рационального природопользования в регионе традиционного экстенсивного животноводства

необходимо рассматривать с точки зрения оптимизации пастбищной нагрузки на единицу выпасаемой площади, с включением нагрузок от жизнедеятельности сайгаков. Увеличение общей нагрузки ведет к деградации пастбищных земель и обеднению целинных растительных сообществ [4], уменьшение нагрузки – способствует накоплению ветоши, так называемого «войлока», что увеличивает пожароопасность территории [5]. Результаты исследований В.М. Павлейчика [6] указывают, что в Заволжско-Уральского регионе наибольшее развитие природные травяные пожары получили в пределах южных степей и северных пустынь и одним из главных природных факторов, лимитирующих возникновение и развитие пожаров, являются разреженность травостоя. При этом необходимо учитывать изменяющиеся природно-климатические условия, которые могут существенным образом ухудшить или улучшить продуктивность пастбищ и обводненность региона [7].

Цель работы – показать пути решения задачи оптимизации численности группировки сайгаков в междуречье Волги и Жайыка с привлечением материалов по учету количества домашних животных, которые выпасались здесь в разные периоды экстенсивного использования этих земель: в эпоху существования Букеевского ханства, которое занимало именно эти территории, а также в современный период формирования частных фермерских хозяйств. Такое сравнение вполне закономерно, так как характеризует общую территориальную емкость пастбищ при их экстенсивном использовании из-за отсутствия интенсивных методов их стойлового содержания, которое практиковалось в советский период развития общества.

Материалы и методы

Объектом исследований являются копытные травоядные животные: крупный рогатый скот, мелкий рогатый скот, лошади, верблюды, а также, сайгаки, которые обитают на этой территории. Изучены исторические материалы, статистические данные и нормативные материалы по количеству каждого вида животных и годовой норме площади пастбищ на одну голову [8 – 12]. Норма необходимой площади пастбищ для сайгаков нами приравнена к оптимальной норме для овец, хотя количество потребляемой пищи может быть больше за счет увеличения скорости метаболизма перевариваемой пищи из-за высокой двигательной активности сайгаков.

Пастбища относятся к наиболее пострадавшим геосистемам мира, в настоящее время они трансформируются в результате изменений климата и землепользования [13,14], что приводит к сокращению биоразнообразия [15]. Процессы опустынивания и деградации земель затрагивают до 65% территории Казахстана. На современном этапе Министерство сельского хозяйства Казахстана инициировал программу развития животноводства, предполагающую двукратное увеличение поголовья скота с упором на пастбищное содержание, что вызывает новую опасность. Слабая кормовая база является ключевой проблемой отрасли животноводства в Республике Казахстан [16-17], и требует проведения мероприятий по рациональному использованию и коренному улучшению пастбищных и сенокосных угодий [18-20].

Степи и полупустыни Казахстана сейчас активно восстанавливаются из-за массового снижения антропогенного влияния человека. Пастбища, расположенные на данной территории, могут обеспечить среду обитания для остаточной популяции крупных пастбищных животных, таких как находящиеся под угрозой исчезновения в глобальном масштабе сайгаков [21-22]. В Западно-Казахстанской области до сих пор не используются значительные по площади территории, например, удельный вес земель запаса, где преобладают пастбища по состоянию на 1.01.2020 г. составляет 26,1 % или 4,0 млн. га [23].

Пастбищная нагрузка относится к глобальным факторам формирования, функционирования и динамики большинства наземных геосистем степных и пустынных регионов [24]. Оседлый сельскохозяйственный скот сильно стравливает и выбивает пастбища, которые впоследствии становятся непригодными для диких копытных. Домашние животные становятся конкурентами сайгаков за источники воды в ночные и раннеутренние часы [21]. Сейчас отсутствуют научные данные о влиянии сайгаков при их высокой численности на пастбища и об их взаимодействии с домашним скотом [25]. К тому же отмечается нерациональное использование пастбищ в регионе, отсутствие систем пастбищеоборота, наблюдается нехватка кормов, особенно в засушливые годы [26], срочно требуется особое внимание для сокращения деградации земель и антропогенного опустынивания [27]. Имеются данные [28], что интенсивный выпас скота ухудшает состояния солонцовых участков, которые в регионе занимают до 70% почвенного покрова.

Сегодня большая часть домашних животных находится в частной собственности, мелкие владельцы вынуждены круглый год содержать их в основном вокруг населенных пунктов, что оказывает серьезное воздействие на окружающую среду [29 – 31]. Однако, в Казахстане отмечается общее сокращение поголовья домашнего скота, из-за чего слабо используются многие отдаленные пастбищные угодья [30].

В то же время, многими исследователями [32-33] подчеркивается потенциальная уязвимость исследуемого нами региона вследствие увеличения интенсивности землепользования и изменения климата. В этой связи, региональным руководителям необходимо разработать и внедрить более совершенную политику сохранения биоразнообразия и устойчивого управления пастбищами.

Полноценное возрождение популяций диких травоядных, таких как сайгак, способствует восстановлению местных геосистем. С одной стороны, сайгак, это последнее крупное дикое копытное травоядное животное, которое сильно воздействует на структуру растительности, разнообразие и круговорот питательных веществ, с другой – сильно уязвим для высших хищников [34]. К примеру, в Африке нынешнее сокращение численности мигрирующих травоядных наиболее заметно [34] и иллюстрируется культовым мигрирующим копытным – голубым антилопой гну (*Connochaetes taurinus*), которое испытывают ряд ограничивающих демографических воздействий из-за восстанавливающейся популяции хищников [35], браконьерства и вмешательства человека [36]. Эти антилопы являются основной добычей гиены, льва, африканской дикой собаки и гепарда. При этом гиены и львы поедают в первую очередь взрослых антилоп гну, а гепарды и дикие собаки — телят и годовалых животных [35-36]. Для сайгака основной хищник — это волк (*Canis lupus* L., 1758), который при многочисленности популяции сайги играет селективно-оздоровительную роль, а при малочисленности может истребить ее локальные группировки. В 2021 году численность волка в Западно-Казахстанской области составила 735 голов [37], они на фоне большого количества сайгаков, по-видимому, не оказывают существенного влияния на жизнедеятельность этих копытных животных. Сайгаки являются добычей также для собак, лисиц, корсаков и крупных птиц (беркут, степной орел, орлан-белохвост и другие), но в целом их влияние на численность также несущественно.

Таким образом, под влиянием изменения климата и общественно-политических факторов исследуемый регион характеризуется серьезной экологической деградацией и пастбищными конфликтами, в том числе, между дикими травоядными сайгаками и домашними животными. Однако экологические и антропогенные факторы, ограничивающие Волго-Уральскую популяцию сайгаков, изучены недостаточно, и это имеет серьезные последствия для сохранения и управления, как этим ключевым видом, так и геосистемой региона в целом. Поэтому изучение способов поддержания оптимальных размеров популяций сайгаков важно для понимания реакции пастбищных экосистем на изменение климата и деятельности человека.

Результаты и обсуждение

В историческом плане использование данной территории отличается ее некоторой обособленностью и является прекрасной моделью выявления особенностей жизнедеятельности местного населения, выживание которого полностью зависело от эффективности выращивания домашних животных. Во времена Букеевского ханства весь уклад общества был подчинен рациональному использованию пастбищ с применением методов отгонного скотоводства, т.е. эффективному и бережному использованию ресурсного потенциала территории. При этом, было известно ежегодное поголовье домашних животных, так как с их количества платился налог — зякат. Динамика его численности не была постоянной вследствие проявления отрицательных явлений: джутов, нехватки кормов и водопоев и других природно-климатических и социальных потрясений (волнений местного населения), однако всегда сохранялась тенденция к увеличению поголовья. С.З. Зиманов [38] указывает на то, что общее среднее ежегодное количество домашних животных здесь было около 2 млн. голов и приводит их численность в 1814, 1825, 1830 и 1839 гг.: 2026704, 2572050, 1945000, 2071000 голов, соответственно. Мы взяли данные за один 1839 г., в котором прослеживается типичная ситуация с преобладанием мелкого рогатого скота (1500 тыс. голов), крайне необходимого для повседневного питания, а также лошадей и верблюдов (300 и 91 тыс. голов, соответственно), которые могут находить подножный корм в любое время года. Количество крупного рогатого скота ограничивалось трудностью его выращивания (180 тыс. голов), но оно было крайне необходимо для

использования молочных продуктов в повседневной жизни. По-видимому, такое количество и соотношение видов домашних животных было предельно оптимальным для жизнеобеспечения местных жителей. Невозможность увеличения их поголовья вызывало недовольство и восстания бедных слоев населения, а также их миграцию на другие территории в поисках заработка.

Здесь необходимо указать, что сайгаки в это время также присутствовали на этой территории и бесконтрольно добывались для пропитания местным населением. Вот как описывает Э. А. Эверсман [39] особенности охоты на сайгаков казахами: «...Киргизы убивают сайгаков следующим странным способом: на ровной степи, поросшей полынью, любимым кормом сайгаков, делают из земли или из дерна кучки вышиною около 3 футов. Кучки эти образуют прямые линии, расходящиеся приблизительно под углом 45—60°. В конце угла, кучки, находящиеся на одной линии, очень близки одна от другой, на расстоянии 3—5 шагов; но потом чем дальше, тем реже они расставлены, и крайние удалены одна от другой сажен на 70. Большое отверстие угла бывает шириною около 3-х верст, а узкий конец его также открыт, и он шириною около 15 футов. Пред этим последним отверстием поставлены, на ½ фута один от другого, стебли камыша, наклоненные косо к отверстию угла, тонкими концами вперед. Эта камышовая солома довольно тверда, у основания толщиной около пальца, а наверху, где кисть отрезана, она острая. Когда ловушка готова, киргизы караулят верхом на лошадях, и, заметя стадо сайгаков, пасущихся вблизи широкого отверстия угла, они стараются загнать их внутрь его. Пугливые животные принимают земляные кучи за людей, не смеют приблизиться к ним и бегут среди их к концу угла, преследуемые криком киргизов. Чем ближе кучки одна к другой, тем больше они боятся, и, не смея броситься в сторону, хотят напоследок спастись чрез отверстие и накалываются на камыш. Почти невероятно, чтоб животное такой величины, как сайгак, могло заколоться до смерти тростником, но тем не менее это действительно так, и я сам был свидетелем, как даже одна из наших охотничьих собак, преследуя дичь и попавши в этот камыш, закололась до смерти...». А.Э.Брэм [40] также указывает: «...Несмотря на дурной вкус мяса, степные жители страстно охотятся за сайгаками. Их преследуют на лошадях и с собаками и обыкновенно настигают, особенно если приходится пробежать большие пространства. Как и другим антилопам, сайгам

опасны самые незначительные раны. Киргизы проделывают тропинки в жесткой степной траве и тростнике, срезая стебли до определенной высоты, потом загоняют туда лошадьми стада сайгаков, которые, поранившись об острые концы тростника, погибают от этих ран. Но еще чаще убивают их из огнестрельного оружия или ловят с помощью приученных к тому хищных птиц, но употребляют для этой охоты не соколов, а больших орлов, которые издавна принадлежат к злейшим врагам антилоп и, охотясь за ними, как будто следуют своему естественному инстинкту. Волки тоже производят страшные опустошения в стадах этих животных и пожирают мясо убитых, оставляя одни черепа и рога, которые киргизы и казахи продают в Китай по дешевой цене...» (рис.1).

Есть сведения [3], что в этой местности «... в первой половине XIX в. численность сайгаков была высокой. Резкое сокращение поголовья этих животных происходило во второй половине XIX в.». Напомним, что это был период обустройства почти безлюдной территории переселенцами во главе с Бокей ханом. В этой же работе указывается, что, по-видимому, к началу 30-х годов XX в. в низовьях Волги и в Казахстане сохранилось всего несколько сот голов этих животных, и они оказались на грани вымирания [3].

Для изучения развития современного сельскохозяйственного производства этого региона мы использовали статистические данные 2021–2022 г., по 6 административным районам Западно-Казахстанской области (Таскалинский, Казталовский, Акжайыкский, Бокейординский, Жангалинский, Жанибекский районы) и двум районам Атырауской области (Курмангазинский и Исатайский районы), которые полностью покрывают земли бывшего Букеевского ханства [9,10]. В настоящее время здесь выпасаются: крупный рогатый скот – 436,8 тыс. голов, мелкий рогатый скот – 752,3 тыс. голов, лошади – 157 тыс. голов, верблюды – 2 тыс. голов. Как видим, местные сельхозпроизводители нацелены на выращивание крупного рогатого скота, которого стало больше в 2,4 раза, чем в XIX в., в то время как количество мелкого рогатого скота и лошадей уменьшилось в половину, а верблюдов осталось только 2 %. Такое соотношение видов животных, по-видимому, обусловлено государственным товарным спросом. Всего на территории в 2021–2022 гг. выпасалось 1, 348 тыс. домашних животных, т. е. в 1,5 раза меньше, чем в 1839 г.

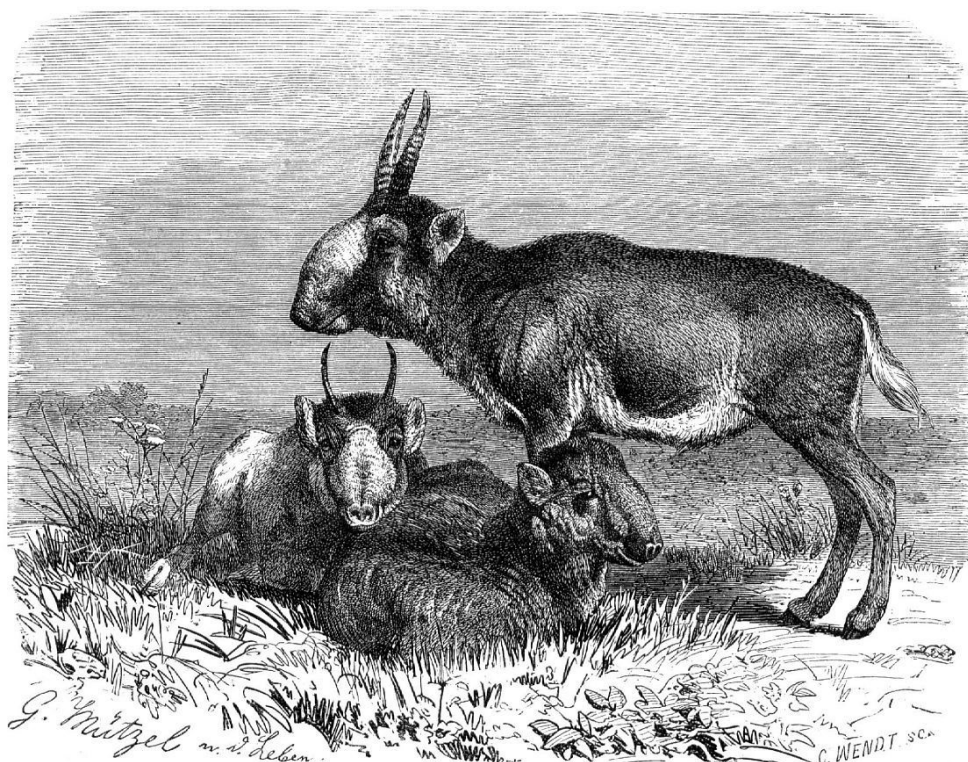


Рисунок 1 – Сайгак в «Жизни животных» А.Э. Брэма (гравюра, Густав Людвиг Генрих Мютцель, 3-ее немецкое издание, 1900) [40]

Организация экстенсивного пастбищного скотоводческого направления в XX в. началось лишь в 1990-е годы после развала крупных совхозов и колхозов, в которых было широко распространено интенсивное стойловое животноводство, поэтому в наших расчетах этот период не учитывается. Переход от социалистической к частной форме собственности земли осуществлялся продолжительное время, например, в середине 1990-х годов в ходе развала крупных сельхозпроизводителей «степь опустела», пастбища использовались животными лишь из личного подворья местного населения. Нынешнее количество домашних животных обусловлено становлением фермерских хозяйств, которые, по-видимому, могут и далее увеличить численность поголовья при наличии кормовых и питьевых ресурсов [41].

Как видим, на современном этапе формируется новый скотоводческий пул, который аналогичен периоду освоения этих земель казахскими родами в XIX в., отличаясь лишь количественным соотношением отдельных видов животных. Остается открытым вопрос об оптимизации процесса освоения территории, которое можно считать: (а) незавершенным, судя по количе-

ству животных в рассматриваемые периоды, или же, (б) уже находящимся в динамически-равновесном состоянии, когда количество домашних животных соответствует кормовым и питьевым ресурсам региона. Второе утверждение более правдоподобно, в связи с негативным изменением природно-климатических условий [7]. По-видимому, именно истощением регионального ресурсного потенциала обусловлена просьба местных фермеров к уменьшению численности поголовья сайгаков.

В Казахстане искусственное изъятие из природы этих животных проводилось в течение многих десятилетий. В период нарастания популяции без ущерба для расширенного воспроизводства изымалось до 20–25 % поголовья, в периоды депрессии – промысел прекращался, или изымалось не более 8–10 % учтенного осенью поголовья [42]. Тем не менее на современном этапе возникла необходимость разработки новых нормативных документов с учетом изменения природно-климатической обстановки. На это указывает факт разрешения отстрела по 200 голов из бетпакадалинской, устьюртской и уральской группировок для обоснования таких практических рекомендаций [43]. При этом,

создание в Западно-Казахстанской области государственного природного резервата «Бокейорда» должно способствовать оптимизации

взаимоотношений между фермерами и структурами, отвечающими за сохранность сайгаков (рис.2).



Рисунок 2 – Сайгаки в зимнем наряде, 5 марта 2023 года, территория резервата «Бокейорда», окрестности озера Аралсор, Западно-Казахстанская область

На наш взгляд, одним из ключевых подходов к выявлению основных показателей добычи сайгаков является вскрытие степени их участия в использовании природных ресурсов.

Эта задача облегчается тем, что для каждого вида травоядного копытного животного существуют средние годовые пастбищные нормы площади на одну голову, которые регламентируют количество животных на той или иной территории, в зависимости расти-

тельного покрова и ее состояния. Нормативные документы для Западно-Казахстанской области относят исследуемую территорию к пустынной степи и разделяют пастбищные угодья по произрастающей растительности на обедненные типчаково-полынно-ковыльные фитоценозы и более богатые – житняково-типчаково-полынные, по степени сбитости пастбищ – на восстановленные и деградированные [8].

Таблица – Наибольшая площадь пастбищных угодий, необходимых для выпаса домашнего скота в 1839 г. и в 2021–2022 гг. в Волго-Жайыкском междуречье*.

Показатели	Единица измерения	Крупный рогатый скот	Овцы и козы	Лошади	Верблюды	Всего
		1	2	3	4	6
Норма пастбища	га/голов	13,5	2,7	16,2	18,9	-
Количество животных в 1839 г.	голов	180	1500	300	91	2071
Площадь пастбищ для выпаса в 1839 г.	га	2430	4050	4860	1719	13059
Количество животных в 2022 г.	голов	436,8	752,3	157	2	1348
Площадь пастбищ для выпаса в 2022 г.	га	5896,8	2031,2	2543,4	32,2	10503,6

* – Рассчитано с учетом норм выпаса на деградированных типчаково-полынно-ковыльных территориях (по: [8]).

Оперируя этими данными, были подсчитаны необходимые площади для каждого вида животных. Для примера приведены наихудшие данные по продуктивности и состоянию пастбищ (Табл.). Такие расчеты показали, что во времена Букеевского ханства для домашних животных было необходимо 7,3-13 млн. га земли, в среднем, около 10 млн. га. На современном этапе необходимо 5,9-10,5 млн. га, в среднем, 8,1 млн. га. Кроме этого, для сайгаков (801 тыс. голов) необходимо еще 1,5 млн. га пастбищных угодий. При этом, общая площадь изучаемой территории составляет около 12,3 млн. га с включением водоемов, населенных пунктов, транспортной инфраструктуры, лесов и других площадных объектов. По статистическим данным, пастбищные угодья региона исследований на землях сельскохозяйственного значения и землях запаса составляют всего 4,4 млн. га. [11]. Иными словами, на данном этапе по нормативам уже отмечается избыток копытных животных, при этом, преимуществом сайгаков является их высокая миграционная активность и использование бросовых земель, которые мало или совсем не используются домашними животными.

Таким образом, проведенные исследования указывают на их практическую применимость для расчета оптимальной численности сайгаков, с учетом поголовья домашних животных. Однако, полученные результаты нужно считать весьма ориентировочными. Необходимы дальнейшие исследования, как в определении и оптимизации емкости пастбищ, с учетом регионального распределения сайгаков в зимнее и летнее время, так и уточнения оптимальных пастбищных нормативов.

Еще одним условием при составлении разрешительной документации на добычу сайгаков является учет естественных флуктуаций в их численности, вызываемых климатогенным изменением условий местообитания, которые существенным образом влияют на обводненность и засушливость территории, функционирование растительных экосистем и популяций животных, в том числе, объясняют периоды низкой и высокой численности сайгаков [7,44]. Как видим, при расчетах ежегодной промышленной добычи сайгаков необходимо также учитывать основные регуляторные климатогенные факторы, лимитирующие численность сайгаков.

Заключение

Комплексом республиканских природоохранных мероприятий поголовье сайгаков в междуречье Волги и Жайык было доведено в 2022 г. до 801 тыс. голов, сравнимого с количеством мелкого рогатого скота, что вызвало региональную проблему пастбищного перевыпаса в некоторых районах Западно-Казахстанской области. Назрела необходимость искусственной регуляции его численности, однако мировое значение сайгака, как реликтового животного, накладывает на Казахстан, взятых на себя обязательств по сохранности и преумножению популяции.

Поэтому необходимо всестороннее изучение данной проблемы для обоснования возможности и необходимости использования столь ценного природного ресурса. При этом алгоритм изъятия сотен тысяч особей сайгаков из природы должен иметь научное обоснование, в котором следует учитывать: (а) емкость пастбищных угодий с пасущимися там домашними животными и (б) изменчивость лимитирующих факторов природной среды (пищи и воды), которая подвержена климатогенной трансформации.

В данной работе по данным количества домашних животных и сайгаков, с учетом нормы площади пастбищ для каждого вида (крупного рогатого скота, мелкого рогатого скота, лошадей, верблюдов и сайгаков) приведена необходимая для них площадь пастбищных угодий. Оказалось, что для выпаса домашних животных во времена Букеевского ханства (без учета сайгаков) необходимо было около 10 млн. га пастбищ для двух млн. голов. В современный период развития региона для них, численностью 1348 тыс. голов, необходимо, в среднем 8,1 млн. га пастбищ, кроме этого, для сайгаков необходимо еще 1,5 млн. га пастбищных угодий (всего 9,6 млн. га).

Как видим, полученные разновременные данные вполне соизмеримы и равноценны, что указывает на обоснованность сравнительных наблюдений, а, главное, на возможность достоверного вычленения и оптимизации численности поголовья уральской группировки сайгаков из общего стада травоядных животных, с выявлением возможности обеспечения экологически нейтрального сосуществования их друг с другом. На наш взгляд, именно такая методология науч-

ного обоснования промысловой добычи сайгаков будет востребована в ближайшее время.

Направлением дальнейших наших исследований является определение ежегодного общего количества необходимого и желательного промысла с учетом изменения природно-климатических факторов, определяющих естественную волнообразную динамику численности поголовья сайгаков в регионе. Эти исследования, на наш взгляд, могут являться основой количественного обоснования промысловой добычи

столь ценного самовозобновляющегося ресурса при разной численности за длительный период времени с учетом состояния среды обитания и потенциальных возможностей воспроизводства популяции.

Конфликт интересов

Авторы статьи подтверждают отсутствие финансовой или какой-либо иной поддержки исследования, или конфликта интересов.

Литература

1. Smelyansky I., Kirilyuk V., Titova S. Saigas are returning to the Russian Trans-Volga region // Saiga news. – 2022/23. – Iss.28. – P. 23-25.
2. Жирнов Л.В. Возвращенные к жизни: Экология, охрана и использование сайгаков. – Москва: Лесная промышленность, 1982. – 224 с.
3. Фадеев В.А., Слудский А.А. Сайгак в Казахстане. Экология, хозяйственное значение. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» КазССР, 1982. – 160 с.
4. Nasiyev B., Bekkaliyev A.K., Manolov I.G., Shibaikin B. Influence of grazing technologies on the indices of chestnut soils in Western Kazakhstan // Polish Journal of Soil Science. – 2020. – Vol. LIII/1. – P.163-180. <https://doi.org/10.17951/pjss.2020.53.1.163>
5. Dara A., Baumann M., Hölzel N., Hostert P., Kamp J., Müller D., Ullrich B., Kuemmerle T. Post-Soviet land-use change affected fire regimes on the Eurasian steppes // Ecosystems. – 2020. – Vol.23. – P.943– 956. <https://doi.org/10.1007/s10021-019-00447-w>
6. Павлейчик В.М. Широотно-зональная неоднородность развития травяных пожаров в Заволжско-Уральском регионе // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2019. – № 2. – С.1–14.
7. Сапанов М.К. Экологические последствия потепления климата в Северном Прикаспии // Аридные экосистемы. – 2018. – Т. 24. – № 1 (74). – С. 20-31.
8. Об утверждении предельно допустимой нормы нагрузки на общую площадь пастбищ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011064>
9. Сельское, лесное и рыбное хозяйство в Западно-Казахстанской области 2017-2021 статистический сборник [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://stat.gov.kz/region/253160/statistical_information/publication
10. Сельское, лесное и рыбное хозяйство в Атырауской области 2017-2021 статистический сборник. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://stat.gov.kz/region/252311/statistical_information/publication
11. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2021 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gov.kz/uploads/2022/4/11/b09469de9be9c54d2cc0e9cc7a77e84_original.7131188.pdf
12. Земельные отношения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/bko/press/article/details/2699?lang=ru>
13. Fuhlendorf S. D., Davis C. A., Elmore R. D., Goodman L. E., Hamilton R. G. Perspectives on grassland conservation efforts: Should we rewild to the past or conserve for the future? // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2018. – Vol. 373. – Iss.1761. – 20170438. <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0438>
14. Zhang G, Biradar C.M., Xiao X., Dong J., Zhou Y., Qin Y., Zhang Y., Liu F., Ding M., Thomas R.J. (2018) Exacerbated grassland degradation and desertification in Central Asia during 2000–2014 // Ecol Appl – 2018. – Vol.28. – P. 442–456. <https://doi.org/10.1002/eap.1660>
15. Newbold T. Future effects of climate and land-use change on terrestrial vertebrate community diversity under different scenarios // Proc. R. Soc. Lond., Ser. B: Biol. Sci. – 2018. – Vol.285 – 20180792. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0792>
16. Гриднева Е.Е., Калиакпарова Г.Ш., Калманова Н.М. Развитие животноводства в Республике Казахстан: проблемы и пути их решения // Проблемы агроэкономики. – 2020. – №2. – С.19-125.
17. Сиволап В.Н., Иль Д.Е., Иль Е.Н. Оптимизация основных направлений развития животноводства Казахстана методом бенчмаркинга // Вестник Северо-Казахстанского Университета им. М. Козыбаева. – 2022. – №1 (53). – С.121-128. <https://doi.org/10.54596/2309-6977-2022-1-121-128>
18. Kazambayeva A.M., Aiesheva G.A., Yesengaliyeva S.M. Sustainable development of agricultural production based on the use of the resource potential of the region // Journal of Environmental Management and Tourism. – 2019. – №10 (7). – P.1478-1485. [https://doi.org/10.14505/jemt.v10.7\(39\).05](https://doi.org/10.14505/jemt.v10.7(39).05)

19. Есенгалиева С.М., Мансурова М.А., Махмудов А.Д., Федорченко Л.В. Современное состояние и тенденции развития животноводства в Республике Казахстан // *Economics: the strategy and practice*. – 2021. – №16(2). – С.134-144. <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2021-2-134-144>
20. Умбеткалиев Н., Ожанов Г. Факторы риска для агросистемы пастбищных земель Западно-Казахстанской области Республики Казахстан // *Ғылым және білім*. – 2021. – Т. 1. – Вып. 4 (65). – С.142–153. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2021-1-4-149-160>
21. Kock R.A., Orynbayev M., Robinson S., Zuther S., Singh N.J., Beauvais W., Morgan E.R., Kerimbayev A., Khomenko S., Martineau H.M., Rystaeva R., Omarova Z., Wolfs S., Hawotte F., Radoux J., Milner-Gulland E.J. Saigas on the brink: Multidisciplinary analysis of the factors influencing mass mortality events // *Science advances*. – 2018. – Vol 4. – Iss.1. DOI: 10.1126/sciadv. aao2314 <https://doi.org/10.1126/sciadv. aao2314>
22. Baumann M., Kamp J., Pötschner F., Bleyhl B., Dara A., Hankerson B., Prishchepov A.V., Schierhorn F., Müller D., Hölzel N., Krämer R., Urazaliyev R., Kuenmerle T. Declining human pressure and opportunities for rewilding in the steppes of Eurasia // *Diversity and Distributions*. – 2020. – Vol.26. – Iss.9. – P.1058-1070. <https://doi.org/10.1111/ddi.13110>
23. Даниярова М.Т. Качественное состояние сельскохозяйственных земель Республики Казахстан // *Проблемы агро-рынка*. – 2020. – № (4). – С.183-190. <https://doi.org/10.46666/2020-4-2708-9991.23>
24. Абатуров Б.Д., Елизаров А.В. Степи, естественные и измененные человеком: принципиальное сходство, о котором нельзя забывать // *Природа*. – 2018. – №11. – С.12-19. DOI:10.31857/S0032874X0002320-1
25. Чибилев А. А., Нурушев М. Ж., Левыкин С. В., Гулянов Ю.А., Яковлев И.Г., Казачков Г.В., Ахмеденов К.М., Шпигельман М.И., Грудинин Д.А. Волго-Уральская популяция сайгака: динамика, ресурсы, миграции, проблемы интеграции в агроландшафты // *Степная Евразия – устойчивое развитие: Сборник материалов Международного форума, Ростов-на-Дону, 27–30 сентября 2022 года*. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2022. – С. 259-262.
26. Гулянов Ю.А., Левыкин С.В., Казачков Г.В. Природоподобные технологии пастбищного использования степных угодий в условиях природных и антропогенных изменений // *Вопросы степеведения*. – 2019. – № XV. – С. 77-81. DOI: 10.2441/9999- 006A-2019-11511
27. Yan H., Lai C., Akshalov K., Qin Y., Hu Y., Zhen L. Social institution changes and their ecological impacts in Kazakhstan over the past hundred years // *Environmental Development*. – 2020. – Vol.34. – 100531, <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100531>.
28. Khomutova T.E., Fornasier F., Yeltsov M.V., Chernysheva E.V., Borisov A.V. Influence of grazing on the structure and biological activity of dry steppe soils of the southern Russian Plain // *Land Degradation and Development* – 2021. – Vol.32. – Iss.17. – P.4832-4844 <https://doi.org/10.1002/ldr.4032>
29. Benthien O., Braun M., Riemann J. C., Stolter C. Long-term effect of sheep and goat grazing on plant diversity in a semi-natural dry grassland habitat // *Heliyon* – 2018. – Vol. 4 – e00556. doi: 10.1016/j.heliyon. 2018.e00556
30. Hankerson B. R., Schierhorn F., Prishchepov A. V., Dong C., Eisefelder C., Müller D. Modeling the spatial distribution of grazing intensity in Kazakhstan // *PLoS One*. – 2019. – Vol.14. – e0210051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210051>
31. Kerven C., Robinson S., Behnke R. Pastoralism at Scale on the Kazakh Rangelands: From Clans to Workers to Ranchers // *Frontiers in Sustainable Food Systems. Sec. Agroecology and Ecosystem Services* – 2021. –Vol. 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.590401>
32. Wen X., Yan H., Xie X., Wengpeng D., Lai C., Zhen L. Temporal and spatial dynamics analysis of grassland ecosystem pressure in Kazakhstan // *Journal of Resources and Ecology*. – 2019. – Vol.10(6). – P.667-675. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2019.06.012>
33. Nunez S., Alkemade R., Kok K., Leemans R. Potential biodiversity change in Central Asian grasslands: scenarios for the impact of climate and land-use change // *Regional Environmental Change*. – 2020. – Vol.20. – P.39 <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01619-4>
34. Watson F., Becker M.S., Smit D., Droge E., Mukula T., Martens S., Mwaba S., Christianson D., Creel S., Brennan A., M’soka J., Gaylard A., Simukonda C., Nyirenda M., Mayani B. Predation strongly limits demography of a keystone migratory herbivore in a recovering transfrontier ecosystem // *Ecology and Evolution*. – 2022. – Vol.12. – Iss.10. – DOI: 10.1002/ece3.9414
35. Creel S., Becker M. S., Droge E., M’soka J., Matandiko W., Rosenblatt E., Mweetwa T., Mwape H., Vinks M., Goodheart B., Merkle J., Mukula T., Smit D., Sanguinetti C., Dart C., Christianson D., Schuette P. (2019). What explains variation in the strength of behavioral responses to predation risk? A standardized test with large carnivore and ungulate guilds in three ecosystems // *Biological Conservation*. – 2019. – Vol.232. – P.164– 172.
36. Droge E., Creel S., Becker M.S., Christianson D., M’soka J. (2019). Response of wildebeests (*Connochaetes taurinus*) movements to spatial variation in long term risks from a complete predator guild // *Biological Conservation*. – 2019. – Vol.233. – P.139– 151.
37. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2021 год. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/383692?lang=ru>
38. Зиманов С.З. Россия и Букеевское ханство. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» КазССР, 1982. – 171 с.
39. Эверсман Э. А. Естественная история Оренбургского края. Часть 2. Естественная история млекопитающих животных Оренбургского края, их образ жизни, способы ловли и отношение к промышленности – Казань: Тип. Казанского ун-та, 1850. – 295 с.

40. Брэм А.Э. Жизнь животных.: В 3 т. Т.1: Млекопитающие. – СПб.: Изд П.П. Сойкина, 1902. – 480 с.
41. Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Ахмеденов К.М. Этапы освоения и современное использование засушливых земель Северного Прикаспия // *Аридные экосистемы*. – 2015. – Т.21. – №3(64). – С. 84-91.
42. Жирнов Л.В. Возвращение к жизни: Экология, охрана и использование сайгаков – М.: Лесная промышленность, 1982. – 224 с.
43. Voronova V., Krivosheeva A. The Government of Kazakhstan on the way to sustainable use of saiga // *Saiga news*. – 2022/23. – Iss.28 – P.3-4.
44. Сапанов М.К. Влияние природно-климатических факторов на численность сайгаков (*Saiga tatarica* Pall.) в Волго-Уральском междуречье // *Поволжский экологический журнал*. – 2016. – № 4. – С. 445-454.

References

1. Smelyansky I., Kirilyuk V., Titova S. «Saigas are returning to the Russian Trans-Volga region.» *Saiga news*. 28 (2022/23):23-25.
2. Zhirnov L.V. “Vozvrashhennye k zhizni: Ekologiya, okhrana i ispol’zovanie saygakov [Brought back to life: Ecology, Conservation and Use of the Saiga]” Moskva: Lesnaya promyshlennost’, 1982. – (In Russian)
3. Fadeev V.A., Sludsky A.A. “Saygak v Kazakhstane. Ekologiya, khozyaystvennoe znachenie [Saiga in Kazakhstan. Ecology, economic importance]” Alma-Ata: Izd-vo «Nauka» KazSSR, 1982. – (In Russian)
4. Nasiyev B., Bekkaliyev A.K., Manolov I.G., Shibaikin B. «Influence of grazing technologies on the indices of chestnut soils in Western Kazakhstan.» *Polish Journal of Soil Science*. Vol. LIII/1. (2020): 163-180. <https://doi.org/10.17951/pjss.2020.53.1.163>
5. Dara A., Baumann M., Hölzel N., Hostert P., Kamp J., Müller D., Ullrich B. and Kuemmerle T. «Post-Soviet land-use change affected fire regimes on the Eurasian steppes.» *Ecosystems*, 23, (2020): 943– 956. <https://doi.org/10.1007/s10021-019-00447-w>
6. Pavlychik V.M. “Shirotno-zonal’naya neodnorodnost’ razvitiya travyanykh pozharov v Zavolzhsko-Ural’skom regione [Latitudinal-zonal heterogeneity of the development of grass fires in the Zavolzhsko-Ural region]” *Byul. Orenburgskogo nauch. tsentra UrO RAN*. № 2. (2019):1–14. – (In Russian)
7. Sapanov M.K. “Ekologicheskie posledstviya potepeniya klimata v Severnom Prikaspii [Ecological consequences of climate warming in the Northern Caspian region]” *Aridnye ekosistemy*. Т. 24. № 1 (74). (2018): 20-31. – (In Russian)
8. Ob utverzhdenii predel’no dopustimoy normy nagruzki na obschchuyu ploshchad’ pastbishch [On approval of the maximum allowable load on the total area of pastures]: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011064> (In Russian)
9. Sel’skoe, lesnoe i rybnoe khozyaystvo v Zapadno-Kazakhstanskoy oblasti 2017-2021 statisticheskiy sbornik [Agriculture, forestry and fisheries in the West Kazakhstan region 2017-2021 statistical compilation]: https://stat.gov.kz/region/253160/statistical_information/publication (In Russian)
10. Sel’skoe, lesnoe i rybnoe khozyaystvo v Atyrauskoj oblasti 2017-2021 statisticheskiy sbornik [Agriculture, forestry and fisheries in Atyrau region 2017-2021 statistical compilation]: https://stat.gov.kz/region/252311/statistical_information/publication (In Russian)
11. Svodnyy analiticheskiy otchet o sostoyanii i ispol’zovanii zemel’ Respubliki Kazakhstan za 2021 god [Consolidated analytical report on the state and use of lands of the Republic of Kazakhstan for 2021]: https://www.gov.kz/uploads/2022/4/11/b09469de9be9cc54d2cc0e9cc7a77e84_original.7131188.pdf (In Russian)
12. Zemel’nye otnosheniya [Land relations]: <https://www.gov.kz/memleket/entities/bko/press/article/details/2699?lang=ru> (In Russian)
13. Fuhlendorf S. D., Davis C. A., Elmore R. D., Goodman L. E. and Hamilton R. G. «Perspectives on grassland conservation efforts: Should we rewild to the past or conserve for the future?» *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 373. 1761. (2018): 20170438. <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0438>
14. Zhang G, Biradar C.M., Xiao X., Dong J., Zhou Y., Qin Y., Zhang Y., Liu F., Ding M. and Thomas R.J. «Exacerbated grassland degradation and desertification in Central Asia during 2000–2014.» *Ecol Appl*. 28. (2018): 442–456. <https://doi.org/10.1002/eap.1660>
15. Newbold T. «Future effects of climate and land-use change on terrestrial vertebrate community diversity under different scenarios.» *Proc. R. Soc. Lond., Ser. B: Biol. Sci*. 285 (2018): 20180792. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0792>
16. Gridneva Y.E., Kaliakparova G.S., Kalmanova N.M. “Razvitie zhivotnovodstva v Respublike Kazakhstan: problemy i puti ikh resheniya [Development of livestock production in the Republic of Kazakhstan: problems and solutions].” *Problems of AgriMarket*. 2 (2020):119-125. – (In Russian)
17. Sivolap V.N., Il D.E., Il E.N. “Optimizatsiya osnovnykh napravleniy razvitiya zhivotnovodstva Kazakhstana metodom benchmarkinga [Optimization of the main directions of the development of animal husbandry in Kazakhstan by the benchmarking method].” *Vestnik of M. Kozybayev North Kazakhstan University*. 1 (53), (2022):121-128. – (In Russian) <https://doi.org/10.54596/2309-6977-2022-1-121-128>
18. Kazambayeva A.M., Aiesheva G.A., Yesengaliyeva S.M. «Sustainable development of agricultural production based on the use of the resource potential of the region.» *Journal of Environmental Management and Tourism*. 10 (7) (2019):1478-1485.
19. Yessengaliyeva S.M., Mansurova M.A., Makhmudov A.D., Fedorchenko L.V. “Sovremennoe sostoyanie i tendentsii razvitiya zhivotnovodstva v Respublike Kazakhstan [Current state and development trends of livestock in the Republic of

Kazakhstan.] *Economics: the strategy and practice*. 16(2) (2021):134-144. – (In Russian) <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2021-2-134-144>

20. Umbetkaliev N., Ozhanov G. “Fakторы riska dlya agrosistemy pastbishchnykh zemel’ Zapadno-Kazakhstanskoy oblasti Respubliki Kazakhstan [Risk factors for the agrosystem of pasture lands in the West Kazakhstan region of the Republic of Kazakhstan.]” *Gylym zhane bilim*. 1,4 (65), (2021): 142–153. – (In Russian) DOI 10.52578/2305-9397-2021-1-4-149-160

21. Kock R.A., Orynbayev M., Robinson S., Zuther S., Singh N.J., Beauvais W., Morgan E.R., Kerimbayev A., Khomenko S., Martineau H.M., Rystaeva R., Omarova Z., Wolfs S., Hawotte F., Radoux J. and Milner-Gulland E.J. «Saigas on the brink: Multidisciplinary analysis of the factors influencing mass mortality events.» *Science advances*. 4, 1 (2018). DOI: 10.1126/sciadv.aao2314 <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao2314>

22. Baumann M., Kamp J., Pötschner F., Bleyhl B., Dara A., Hankerson B., Prishchepov A.V., Schierhorn F., Müller D., Hölzel N., Krämer R., Urazaliyev R. and Kuemmerle T. «Declining human pressure and opportunities for rewilding in the steppes of Eurasia.» *Diversity and Distributions* 26, 9 (2020): 1058-1070 <https://doi.org/10.1111/ddi.13110>

23. Daniyarova M.T. “Kachestvennoe sostoyanie sel’skokhozyaystvennykh zemel’ Respubliki Kazakhstan [Qualitative condition of agricultural lands of the Republic of Kazakhstan.]” *Problems of AgriMarket*. 4 (2020):183-190. – (In Russian) <https://doi.org/10.46666/2020-4-2708-9991.23>

24. Abaturov B.D., Elizarov A.V. “Stepi, estestvennye i izmenennyye chelovekom: printsipial’noe skhodstvo, o kotorom nel’zya zabyvat’ [Steppe Ecosystems of Natural and Anthropogenic Origin: Features of Similarity and Difference.]” *Priroda*. 11 (2018): 12-19. – (In Russian) DOI:10.31857/S0032874X0002320-1

25. Chibilev A. A., Nurushhev M. Zh., Levykin S. V., Gulyanov Yu.A, Yakovlev I.G., Kazachkov G.V., Akhmedenov K.M., Shpigel’man M.I. and Grudin D.A. “Volgo-Ural’skaya populyatsiya saygaka: dinamika, resursy, migratsii, problemy integratsii v agrolandshafty [Volga-Ural saiga population: dynamics, resources, migration, problems of integration into agricultural landscapes.]” *Stepnaya Evraziya – ustoychivoe razvitiye: Sbornik materialov Mezhdunarodnogo foruma, Rostov-na-Donu, 27–30 sentyabrya 2022 goda. Rostov-na-Donu: Izdatel’stvo Yuzhnogo federal’nogo universiteta, (2022):259-262. – (In Russian)*

26. Gulyanov Yu.A., Levykin S.V., Kazachkov G.V. “Prirodopodobnyye tekhnologii pastbishchnogo ispol’zovaniya stepnykh ugodiy v usloviyakh prirodnykh i antropogennykh izmeneniy [Nature-like technologies for pasture use of steppe lands in conditions of natural and anthropogenic changes.]” *Issues of steppe science*. XV (2019):77-81. – (In Russian) DOI: 10.2441/9999-006A-2019-11511

27. Yan H., Lai C., Akshalov K., Qin Y., Hu Y. and Zhen L. «Social institution changes and their ecological impacts in Kazakhstan over the past hundred years. » *Environmental Development*, 34, (2020):100531 <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100531>.

28. Khomutova T.E., Fornasier F., Yeltsov M.V., Chernysheva E.V. and Borisov A.V. «Influence of grazing on the structure and biological activity of dry steppe soils of the southern Russian Plain.» *Land Degradation and Development*, 32, 17 (2021):4832-4844 <https://doi.org/10.1002/ldr.4032>

29. Benthien O., Braun M., Riemann J. C. and Stolter, C. «Long-term effect of sheep and goat grazing on plant diversity in a semi-natural dry grassland habitat.» *Heliyon*. 4 (2018): e00556. doi: 10.1016/j.heliyon. 2018.e00556

30. Hankerson B. R., Schierhorn F., Prishchepov A. V., Dong C., Eisfelder C. and Müller, D. «Modeling the spatial distribution of grazing intensity in Kazakhstan.» *PLoS One*, 14, (2019): e0210051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210051>

31. Kerven, C., Robinson, S., Behnke, R. «Pastoralism at Scale on the Kazakh Rangelands: From Clans to Workers to Ranchers.» *Frontiers in Sustainable Food Systems. Sec. Agroecology and Ecosystem Services*, 4 (2021). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.590401>

32. Wen X., Yan H., Xie X., Wengpeng D., Lai C. and Zhen L. «Temporal and spatial dynamics analysis of grassland ecosystem pressure in Kazakhstan. » *Journal of Resources and Ecology*, 10(6) (2019):667-675. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2019.06.012>

33. Nunez S., Alkemade R., Kok K. and Leemans R. «Potential biodiversity change in Central Asian grasslands: scenarios for the impact of climate and land-use change. » *Regional Environmental Change*, 20 (2020):39 <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01619-4>

34. Watson F., Becker M.S., Smit D., Droge E., Mukula T., Martens S., Mwaba S., Christianson D., Creel S., Brennan A., M’soka J., Gaylard A., Simukonda C., Nyirenda M. and Mayani B. «Predation strongly limits demography of a keystone migratory herbivore in a recovering transfrontier ecosystem. » *Ecology and Evolution*, 12,10 (2022). DOI: 10.1002/ece3.9414


35. Creel, S., Becker, M. S., Droge, E., M’soka, J., Matandiko, W., Rosenblatt, E., Mweetwa, T., Mwape, H., Vinks, M., Goodheart, B., Merkle, J., Mukula, T., Smit, D., Sanguinetti, C., Dart, C., Christianson, D., and Schuette, P. «What explains variation in the strength of behavioral responses to predation risk? A standardized test with large carnivore and ungulate guilds in three ecosystems. » *Biological Conservation*, 232, (2019):164– 172.

36. Droge E., Creel S., Becker M. S., Christianson D. and M’soka J. «Response of wildebeests (*Connochaetes taurinus*) movements to spatial variation in long term risks from a complete predator guild.» *Biological Conservation*, 233, (2019):139– 151.

37. Natsional’nyy doklad o sostoyanii okruzhayushchey sredy i ob ispol’zovanii prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan za 2021 god [National report on the state of the environment and on the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan for 2021]: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/383692?lang=ru> (In Russian)

38. Zimanov S.Z. “Rossiya i Bukeevskoe khanstvo [Russia and the Bukeev Khanate]” Alma-Ata: Izd-vo «Nauka» KazSSR, 1982. – (In Russian)

39. Eversman E. A. “Estestvennaya istoriya Orenburgskogo kraya. Chast’ 2. Estestvennaya istoriya mlekopitayushchikh zhyvotnykh Orenburgskogo kraya, ikh obraz zhizni, sposoby lovli i otnoshenie k promyshlennosti. [Natural history of the Orenburg region. Part 2. Natural history of mammals in the Orenburg region, their way of life, methods of catching and attitude to industry]” Kazan’: Tip. Kazanskogo un-ta, 1850. – (In Russian)
40. Brem A.E. “Zhizn’ zhyvotnykh.: V 3 t. T.1: Mlekopitayushchie. [Animal life.: In 3 volumes. Vol. 1: Mammals]” SPb.: Izd P.P. Soykina, 1902 – (In Russian)
41. Sapanov M.K., Sizemskaya M.L., Akhmedenov K.M. “Etapy osvoeniya i sovremennoe ispol’zovanie zasushliviyykh zemel’ Severnogo Prikaspiya [Stages of development and modern use of arid lands of the Northern Caspian]” *Aridnye ekosistemy*. 21, 3(64), (2015):84-91. – (In Russian)
42. Zhirnov L.V. “Vozvrashchenie k zhizni: Ekologiya, okhrana i ispol’zovanie saygakov [Ecology, Conservation and Use of the Saiga]” M., Lesnaya promyshlennost’, 1982. – (In Russian)
43. Voronova V., Krivosheeva A. «The Government of Kazakhstan on the way to sustainable use of saiga. » *Saiga news*. 28 (2022/23):3-4.
44. Sapanov M.K. “Vliyanie prirodno-klimaticheskikh faktorov na chislennost’ saygakov (Saiga tatarica Pall.) v Volgo-Ural’skom mezhdurech’e [Influence of natural and climatic factors on the number of saigas (Saiga tatarica Pall.) in the Volga-Ural interfluve]” *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal*. 4 (2016): 445-454. – (In Russian)

С.А. Кубентаев¹ , И.Г. Левичев² , Д.Т. Алибеков¹ ,

К.С. Избастина^{1,3*} , Б.Б. Кубентаева¹ 

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, Казахстан, г. Астана

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук, Россия, г. Санкт-Петербург

³Казахский Агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, г. Астана

*e-mail: izbastina.k@gmail.com

GAGEA KAMELINII – РЕДКИЙ ВИД ФЛОРЫ КАЗАХСТАНА: РАСПРОСТРАНЕНИЕ, МОРФОЛОГИЯ И ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Приводятся данные об общем распространении, морфологии, фитоценотической приуроченности *Gagea kamelinii* Levichev и его отличиях от других родственных таксонов секции *Platyspermum* Boiss. Для флоры Казахского мелкосопочника (Улытауская область Центрального Казахстана) вид приводится впервые. Местонахождение является самой северной точкой его распространения и приурочено к белоземельно полынно-терескеновым и белоземельно полынным (*Artemisia terrae-albae* Krasch., *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldst.) сообществам на светло-каштановых суглинистых почвах. Данные находки подтверждают естественное, исторические сложившиеся распространение *G. kamelinii* на территории Казахстана. Вид в популяциях как правило встречается очень редко единичными экземплярами. Охарактеризованы и иллюстрированы морфология онтогенеза и биоморфологические особенности, отличия от близких видов, характеристика секции. Выпас скота признан лимитирующим фактором распространения вида. Рекомендовано включение *G. kamelinii* в следующее издание Красной книги Казахстана. Исследования проводились маршрутным методом с применением традиционных морфолого-географических подходов. На территории Казахстана представители рода *Gagea* распространены крайне неравномерно. Видовое разнообразие резко возрастает в горных регионах, особенно на юге республики и значительно сокращается на равнинах Северного и Центрального Казахстана.

Ключевые слова: *Gagea kamelinii*, секция *Platyspermum*, распространение, морфологические признаки, онтогенез, редкий вид, Флора Казахстана.

С.А. Kubentayev¹, I.G. Levichev², D.T. Alibekov¹,
K.S. Izbastina^{1,3*}, B.B. Kubentaeva¹

¹Astana Botanical Garden" Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, Kazakhstan, Astana

²Komarov Botanical Institute Russian Academy of Sciences (RAS), Russia, St. Petersburg

³S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University Kazakhstan, Astana

*e-mail: izbastina.k@gmail.com

***Gagea kamelinii* – a rare species of flora of Kazakhstan: distribution, morphology and phytocenotical characteristics**

Data is provided on the general distribution, morphology, phytocenotic preferences of *Gagea kamelinii* Levichev, and its distinctions from other related taxa in the *Platyspermum* Boiss section. For the flora of the Kazakh Upland (Ulytauskaia Oblast, Central Kazakhstan), this species is mentioned for the first time. The location represents the northernmost point of its distribution and is associated with chernozem-feathergrass and chernozem-sagebrush (*Artemisia terrae-albae* Krasch., *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldst.) communities on light chestnut loamy soils. These findings confirm the natural, historically established distribution of *G. kamelinii* in the territory of Kazakhstan. The species is typically encountered in populations very rarely and as individual specimens. Morphology throughout ontogenesis and biomorphological features are characterized and illustrated, along with distinctions from closely related species and a section description. Grazing by livestock has been recognized as a limiting factor in the species' distribution. The inclusion of *G. kamelinii* in the upcoming edition of the Red Book of

Kazakhstan is recommended. The research was conducted using a route-based method and traditional morphological-geographical approaches. Within the territory of Kazakhstan, representatives of the genus *Gagea* are distributed extremely unevenly. Species diversity sharply increases in mountainous regions, especially in the southern part of the country, and significantly diminishes in the flat lands of Northern and Central Kazakhstan.

Key words: *Gagea kamelinii*, section *Platyspermum*, distribution, morphological features, ontogeny, rare species, Flora of Kazakhstan.

¹С.А. Кубентаев, И.Г. Левичев², Д.Т. Алибеков¹,
К.С. Избастина^{1,3*}, Б.Б. Кубентаева¹

¹Қазақстан Республикасы экология және табиғи ресурстар министрлігі Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы», Қазақстан, Астана қ.

²В. Комаров атындағы ботаника институты РФА, Ресей, Санкт-Петербург қ.

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан, Астана қ.
*e-mail: izbastina.k@gmail.com

***Gagea kamelinii* – Қазақстан флорасының сиректеу түрі: таралуы, морфологиясы және фитоценотикалық сипаттамасы**

Gagea Kamelinii Levichev түрінің жалпы таралуы, морфологиясы, фитоценотикалық шектелуі және оның *Platyspermum* Boiss секциясының басқа туыстас таксондарынан айырмашылығы туралы мәліметтер берілген. Қазақ ұсақ шоқыларының флорасы үшін (Орталық Қазақстанның Ұлытау облысы) түр алғаш рет келтіріліп отыр. Орналасқан жері оның таралуының ең солтүстік нүктесі және ақ каштан сазды топырақтарында өскен боз жусанды-теріскен және бозжусанды қауымдастықтармен шектелген. Табылған *G. kamelinii* түр үлгілері, оның Қазақстанда табиғи, тарихи таралуын растайды. Популяциялардағы түр, әдетте, жалғыз данадан өте сирек кездеседі. Онтогенез кезіндегі түрдің морфологиясы мен биоморфологиялық белгілері, жақын туыстас түрлерден айырмашылығы, секцияның ерекшеліктері сипатталып суреттелген. Мал жаю түрдің таралуын шектейтін фактор ретінде танылады. Қазақстанның Қызыл кітабының келесі басылымына *G. kamelinii* түрін енгізу ұсынылды. Зерттеулер дәстүрлі морфологиялық және географиялық тәсілдерді қолдана отырып, маршруттық әдіспен жүргізілді. Қазақстан аумағында *Gagea* туысының өкілдері біркелкі таралмаған. Түрлердің алуантүрлілігі таулы аймақтарда әсіресе республиканың оңтүстігінде күрт өседі, ал Солтүстік және Орталық Қазақстанның жазықтарында айтарлықтай азаяды.

Түйін сөздер: *Gagea kamelinii*, *Platyspermum* секциясы, таралуы, морфологиялық белгілер, онтогенез, сирек түрлер, Қазақстан флорасы.

Введение

Род *Gagea* Salisb. является одним из самых крупных и сложных родов семейства *Liliaceae* Juss., который по текущим подсчетам содержит более 330 видов [1]. В регионе Центральной Азии произрастает более 3/4 гусиных луков [2-3], а горные системы Западного Тянь-Шаня и Памиро-Алая являются двумя самостоятельными центрами современного разнообразия, на которых обитает 77 и 122 вида соответственно (в совокупности – 164). Это позволяет полагать, что род возник в Домиоценовый период близости от этих горных сооружений, предположительно к западу от устья Ферганской долины, в результате «закрытия» исторического океана Неотетис, после последовательной серии стыковок фрагментов Аравийской платформы с континентом Евразии [4-5, 1].

Такие подвижки континентальной коры приводили к контактам разных по генезису

представителей флор «вельвичии» и «гинкго», образно названных так флорогенетиком Михаилом Григорьевичем Поповым [6]. Стыковки сопровождались субдукцией (погружение одной континентальной плиты под другую) краевых областей этих фрагментов и поступательному росту названных выше и других горных систем Альпийского горного пояса, как это исторически ранее произошло с Гималаями и Тибетом [7] после стыковки индостанского субконтинента. Медленное поднятие растущими горами анцесторов рода до гляциальных высот сопровождалось не только формированием новых таксонов, но и характерным для рода гибридогенезом [8-9] в результате возможности регулярного спуска по вертикали пыльцы, диаспор, луковиц (насекомые, оползни, сели, смыв). Следы стыковок фрагментов Африканской платформы вполне прослеживаются сегодня в виде Ферганской впадины, долин рек Сыр-Дарья, Аму-Дарья и других орографических рубежей.

Из пределов современного ареала рода (практически вся Евразия, без тундр и тропиков, [2, Fig. 1] за последние 25 лет описано 64 новых для науки вида, что подтверждает его историческую молодость и текущую дивергенцию. Морфологической изменчивости наиболее подвержены органы основания побега в виде чрезмерного многообразия вегетативного размножения [10] и поперечного сечения листьев прикорневой формации: от семядолеподобной формы до бифациальной пластинки [11]. Листовые формации в верхней части побега, особенно цветок и все его структуры, возникшие много ранее луковицы на заре появления покрытосемянных, обладают высокой степенью однообразия.

На территории Казахстана представители рода распространены крайне неравномерно. На обширных равнинах северного и центрального Казахстана обитает не более 14 видов [12], хотя всего в республике зарегистрировано 63 гусиных лука [13]. Видовое разнообразие резко возрастает в горах на западе и особенно на юге республики. В Казахстане приводится 12 эндемиков *Gagea* [14], однако в настоящее время в Казахстане произрастает всего четыре вида эндемичных *Gagea*: *Gagea almaatensis* Levichev, A.Peterson & J.Peterson, *G. sarysuensis* Murz., *G. ularsaica* I.G.Levichev, *G. iliensis* Popov.

Целью данной статьи является изучение распространения, морфологии и фитоценотической приуроченности редкого среднеазиатского гусиного лука – *G. kamelinii* Levichev.

В 2021 году *G. kamelinii* была впервые указана для Флоры Казахстана по старым сборам, хранящимся в гербарии Московского Государственного университета (MW) [13], что теперь подтверждено находками в природе (Рис. 1) и обсуждается ниже.

Материалы и методы

Материал собран маршрутным методом с применением традиционных морфолого-географических подходов. Фото, поперечные срезы (вручную, опасной бритвой) и выявление особенностей онтогенеза выполнены в полевых условиях на экземплярах разного возраста. Распространение изучалось в природе, по литературным данным и по гербарным материалам, хранящимся в Алматы (АА), Бишкеке (FRU), Москве (MW, МНА), Астане (NUR), Санкт-Петербурге (LE), Ташкенте (TASH). Карта распространения подготовлена с использованием ArcMap.

Результаты и обсуждение

G. kamelinii описан в 1982 году из Узбекистана. Тип: Западный Тянь-Шань, Западная часть Чаткальского хребта, Башкызылсай, урочище Кукар, высота 1300 м над ур. м. 1977. IV. 12. И. Левичев и Л. Красовская (TASH, изотип LE). Вид назван в честь выдающегося ученого, систематика и фитогеографа Рудольфа Владимировича Камелина, в 1976 году посетившего Чаткальский заповедник [15].

Габитуально и по ряду морфологических признаков *G. kamelinii* сближается с группой родственных видов: *G. Pseudoreticulata* Vved. [16], *G. taschkentica* Levichev [17], и *G. takhtajanii* Levichev [18] из секции *Platyspermum* Boiss. [19].

Обозначенная группа, как и все представители секции *Platyspermum* (около 40 видов), на молекулярном дереве образуют компактную кладу [3] и по совокупности морфологических признаков [8] четко отличаются от прочих подразделений рода. Для секции характерно наличие поверхностных ребер жесткости в виде продольных тяжей колленхимы на листьях и цветоносе, сизоватый оттенок (густое, короткое опушение, восковой налет) и мутовчатое соцветие (Рис. 2). Округло-ребристый цветонос ассиметричен на поперечном сечении из-за выступающего продольного ребра (спинка сросшегося прикорневого листа). Прикорневой лист узкий линейный (часто дуговидный), в поперечном сечении обычно пятигранный с проводящими пучками по периферии, реже пятигранно-расширенный сверху, с двурядным расположением пучков, в иматурном состоянии бывает 2 свободных прикорневых, в генеративном 2-й прикорневой сростается с цветоносом на всем протяжении и отделяется под мутовкой соцветия в виде нижнего, самого длинного и более широкого подсоцветного. Листочки околоцветника заостренные или длинно заостренные. Коробочка удлинённая, яйцевидной или эллиптической формы. Семена округло-треугольные, плоские, тонкие. В связи с 2-циклическостью развития побега присутствует 2 типа однолетних корней: тонкие геотропные и агеотропные, обычно более или менее утолщенные. Вегетативное размножение очень разнообразно (1 – несколько – много луковичек, прикорневых или в основании соцветия, на коротком или длинном столоне или группа столонов), что имеет видоспецифично изменчивое проявление на протяжении онтогенеза у разных видов.

Ареал секции приурочен к южным, аридным областям, охватывая Центральную и Юго-Восточную Азию, юг Восточной Европы, средиземноморские острова и побережье Африки до Алжира и Испании в Европе. Почти в таких же границах распространена другая родственно близкая, анцестральная (менее неотенизирована) секция *Graminifolia* Levichev [20].

Для *G. kamelinii* характерны красно-фиолетовые, линейные пыльники (Рис. 2, F, G). Их окраска хорошо заметна до раскрытия, после, их длина уменьшается вдвое и цвет маскируется остатками желтой пыльцы.

Такая же окраска пыльников (даже темнее) у *G. takhtajanii* [18], Рис. 1, но листочки околоцветника молочно-белые и всегда (только в ювенильном возрасте) присутствует одиночная вегетативная луковичка (не группа) и только один прикорневой лист (нет 2 свободных в имматурном возрасте). В бассейне Сангардак-сая (Ю.-З. Памиро-Алай) недавно найдены подобные, белоцветковые, сходные с *G. takhtajanii* образцы, но с желтыми пыльниками. Название и ранг этой находки пока не определены и требуют дальнейшего изучения морфологических особенностей онтогенеза и молекулярного положения на древе рода.

G. pseudoreticulata наиболее известный в этой группе родства таксон. Назван так из-за отсутствия высоко продолженной оплетки у основания растений, характерной для *G. reticulata* (Pall.) Schult. & Schult. f. и некоторых других видов в форме многослойной сетчатой или мочалистой шейки над луковицей. Обычно, это наиболее рослые растения со стандартными желтыми окрасками околоцветника и пыльников, нечасто встречающиеся на пестроцветках в предгорья Ю.-З. Памиро-Алая. Для вида характерны более широкие листочки околоцветника, особенно – внутренние, узколанцетные, с наибольшим расширением в верхней трети (не с расширением в центре). Вегетативные луковички от 1-2 в ювенильном возрасте до группы из десятка штук у имматурных особей, удлинённые, уменьшающегося размера, самая крупная – базальная, свисающая на очень коротком столоне. В первый год цветения может сохраняться только 1 свисающая базальная, позже вегетативное размножение отсутствует.

G. taschkentica растение глинистых местообитаний равнин и предгорий, с серовато-желтым оттенком листочков и пыльников. В ювенильный период образуется малочисленная (до 3-4) группа сидячих луковичек. Как и у *G. kamelinii*

эта группа может быть зажата у имматурных растений между 2 свободными прикорневыми листьями, или приподнята на коротком зачатке цветоноса до уровня почвы, реже до основания 1-2 цветкового соцветия. Такие тератологические отклонения в виде смещения луковичек в соцветие постоянно характерны для некоторых представителей рода или периодически встречаются у других.

В 2021 году *G. kamelinii* был в первый раз указан для Флоры Казахстана по гербарным материалам Московского Государственного университета (MW): 1. Туркестанская область, административная территория города Туркестан, Каратауский ФР: «Туркестанский район, горы Каратау, щербистые вершины и скаты гор, в урочище Уш-Улен, 27.IV.1930 год, С. Липшиц №111» (MW0813283). Вид хранился с некорректным названием *G. circinnata* Loud. 2. Алматинская область, Жамбылский район, Каратауский ФР: «Южно-Казахстанская область, каменная россыпь, у подножья гор Улкенбурул, 29.IV.1939, Н.В. Павлов, № 77» (MW0813284)[13].

В ходе полевых исследований *G. kamelinii* был обнаружен на территории Казахского Мелкосопочника в Улытауской области, Улытауском районе, южнее города Жезказган, по трассе Жезказган-Кызылорда, возле старых Курганов. 24.04.2021. С.А. Кубентаев, Д.Т. Алибеков (LE). Данное местонахождение находится на расстоянии 420 км к северу от недавно обнаруженного местонахождения в Туркестанской области. *G. kamelinii* произрастает на равнинном слабонаклонном участке. Вид входит в состав белоземельно-полынно-терескеновых (*Artemisia terrae-albae* Krasch., *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldst.) сообществ на светло-каштановых суглинистых почвах. В сообществе с участием *G. kamelinii* часто встречаются следующие виды: *Tulipa alberti* Regel, *Alhagi* sp., *Rheum tataricum* L., *Rindera tetraspis* Pall., *Klasea cardunculus* (Pall.) Holub., *Isatis* sp., *Atraphaxis spinosa* L., *Poa bulbosa* L., *Tanacetum santolina* C.Winkl., *Artemisia terrae-albae* Krasch., *Agropyron desertorum* (Fisch. ex Link) Schult.

Следующее новое местонахождение *G. kamelinii* обнаружено в Кызылординской области, Сырдарьинском районе, в Присарысуйских песках, вдоль трассы Жезказган-Кызылорда, на суглинистых и песчаных почвах, 19.04.2022. С.А. Кубентаев Д.Т. Алибеков (NUR). Вид входит в состав белоземельно-полынных (*Artemisia terrae-albae* Krasch.) сообществ на суглинистых

почвах. В сообществе часто встречаются *Salsola arbusculiformis* Drobw, *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldst., *Poa bulbosa* L. *Rheum tataricum* L. Численность популяции *G. kamelinii* низкая.

Данные находки подтверждают естественное, исторические сложившиеся распространение *G. kamelinii* на территории Казахстана. Новое местонахождение *G. kamelinii* на территории Казахского Мелкосопочника, является самой

северной границей общего ареала распространения вида. На рисунке 1 показаны основные морфологические признаки *G. kamelinii*, где хорошо просматривается красно-фиолетовая окраска пыльников (Рис. 1, F, G), поперечный срез прикорневого листа и цветоноса (Рис. 1, E), группа луковичек у ювенильных и имматурных растений (Рис. 1, D, I), соцветие на цветоножке разной длины (Рис. 1, F) и форма луковичек (Рис. 1, H, J).

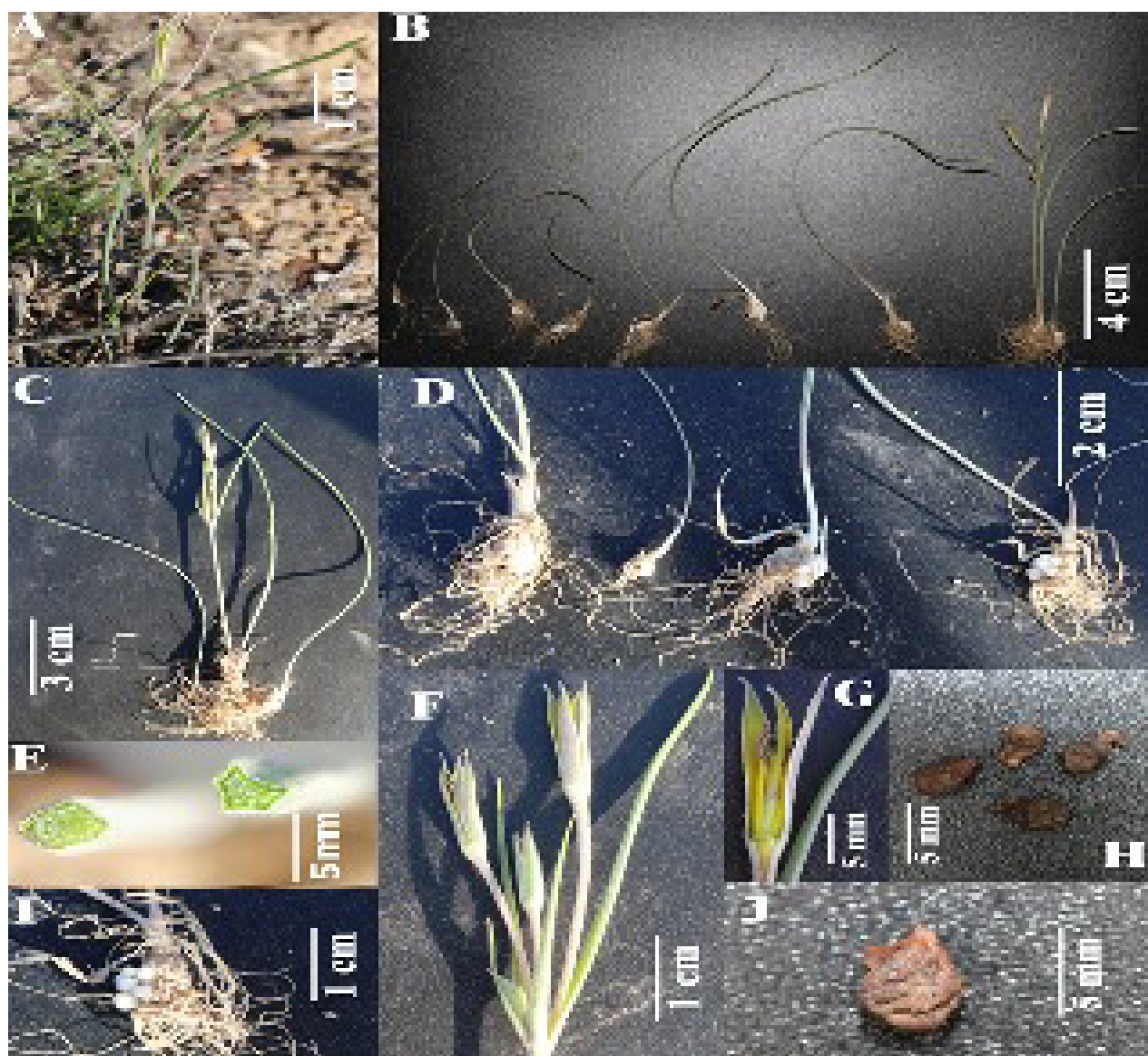


Рисунок 1 – *G. kamelinii* из окрестностей города Жезказган. А, С – растения генеративного возраста, В – разные возрастные состояния, от однолетнего проростка (слева) до первого года цветения, D, I – формирующиеся группы луковичек ювенильного возраста, Е – поперечный срез прикорневого листа (справа) и цветоноса, F – соцветие, G – цветок, H, J – созревшие (перезимовавшие) вегетативные луковички.

По результатам полевых исследований, анализа литературы и просмотра гербарных материалов АА, FRU, MW, МНА, NUR, LE и TASH уточнено общее распространение вида. Следует

отметить что распространение вида изучено слабо, в Казахстане достоверно известно 4 местонахождения, в Узбекистане 5 местонахождений включая «locus classicus» (Рис. 2).

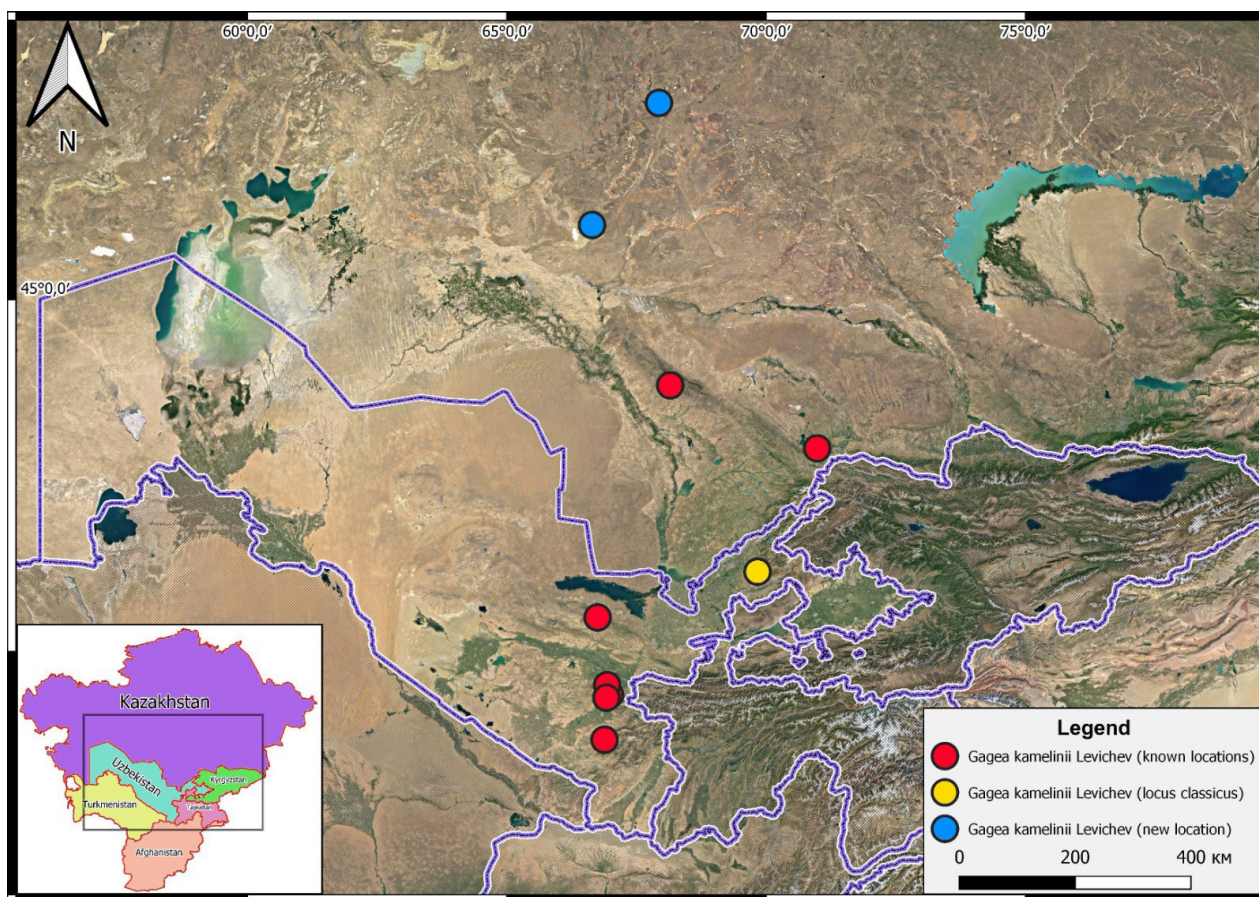


Рисунок 2 – Общее распространение *G. kamelinii* в Туранском регионе Центральной Азии.

Основными лимитирующими факторами в местах произрастания *G. kamelinii* в Центральном Казахстане является перевыпас скота. Вид в популяции встречается очень редко единичными экземплярами. *G. kamelinii* является редким и слабоизученным видом на северной границе своего ареала, что позволяет предложить включение его в следующее издание Красной Книги Казахстана.

Исследованные образцы, литература и наблюдения: **КАЗАХСТАН. Алматинская область**, Жамбыльский район, Каратауский ФР: «Южно-Казахстанская область, каменистая россыпь., у подножья гор Улкенбурыл, N 42.936829, E 70.994608, 29.IV.1939, Н.В. Павлов, № 77» (MW0813284). **Туркестанская область**, Сау-

ранский район, Каратауский ФР: «Туркестанский район, горы Каратау, щебнистые вершины и скаты гор в урочище Ушулен, N 43.832178, E 68.166054, 27.IV.1930, С.Ю. Н.В. Павлов, № 111» (MW0813283). **Кызылординская область**, Сырдарьинский район, Бетпақдалинский ФР, Присарысуйские пески, N 46.326982, E 67.157933, 19.IV.2022, С.А. Кубентаев, Д.Т. Алибеков» (LE). **Улытауская область**, Улытауский район, южнее города Жезказган, по трассе Жезказган-Кызылорда, возле старых Курганов. Координаты. 24.04.2021. С.А. Кубентаев, Д.Т. Алибеков (LE). **УЗБЕКИСТАН. Кашкадарьинская область**, Камашинский район, горы Майданак, между пос. Урта-Дара и Кани, выше Лянгары, N38.696725, E66.889001, 2.V.1979, М.И.

Пименов, Е.В. Клюйков, К.И. Боряев, И.В. Баранова, М.Г. Васильева, № 295» (MW0813285). **Ташкентская область**, Паркентский район, Западный Тянь-Шань, Западная часть Чаткальского хребта. Баш-кызыл-сай, Кукар, 1300 м н.у.м., N41.176013, E69.841970, 12.IV.1977, Левичев И.Г., Красовская Л.С.» (TASH000285). **Джизакская область**, Фаришский район, Нуратинский государственный горно-ореховый заповедник, N40.500557, E 66.750257 [21]. Чаткальский и кураминский хребты [22]. **Самаркандская область**, Ургутский район, Зеравшанский хребет. Окрестности перевала Аман-кутан. Ущелье Юлсай, N39.297892, E66.921272, 07.IV.1936

[23]. **Самаркандская область**: Самаркандский район, Зеравшанский хребет, Горы Агалык, N 39.509137, E 66.939383, 17. IV.1941, Закиров (TASH); Ургутский район, Трасса Ташкент-Термез, вблизи перевала Тахта-Карача, N 39,275194, E 66,910234, 11.IV.1958, А.И. Введенский, С.С. Ковалевская, О.В. Чернев (TASH).

Благодарности:

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №: AP19680161).

Литература

- 1 Левичев И.Г. Структурные особенности побегов *Lloydia*, *Gagea*, *Kharkevichia* (Liliaceae) как эволюционная изменчивость модулей мезомной природы у однодольных // Ботанический журнал. – 2013. – Т. 98. – № 4. – С. 409–452.
- 2 Левичев И.Г. Фитогеографический анализ рода *Gagea* Salisb. (Liliaceae) // Komarovia. – 1999a. – Т.1. – С. 45–57.
- 3 Peterson A., Harpke D., Peterson J., Harpke A., Peruzzi L. A pre-Miocene Irano-Turanian cradle: Origin and diversification of the species-rich monocot genus *Gagea* (Liliaceae) // Ecology and Evolution. – 2019. – Vol. 9. – No. 10. – P. 5870–5890. <https://doi.org/10.1002/ece3.5170>
- 4 История океана Тетис (отв.ред. А.С.Монин, Л.П.Зоненшайн). – М.: Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова, 1987. – 156 с.
- 5 Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов. – М.: Научный мир, 2001. – 606 с.
- 6 Попов М.Г. Происхождение и эволюция покрытосеменных растений // М.Г.Попов. Избранные труды. Киев, – 1983. – № 2. – С. 281–290.
- 7 Попов С.В., Ахметьев М.А., Лопатин А.В., Бугрова Э.М., Сычевская Е.К., Копп М.Л., Щерба И.Г., Запорожец Н.И., Андреева-Григорьевич А.С., Николаева И.А. Палеогеография и биогеография бассейнов Паратетиса. Часть 1. Поздний эоцен – ранний миоцен. – М.: Научный мир, 2009. – 200 с.
- 8 Peterson A., Levichev I. G., Peterson J. Systematics of *Gagea* and *Lloydia* (Liliaceae) and infrageneric classification of *Gagea* based on molecular and morphological data // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2008. – Vol. 46. – No. 2. – P. 446–465. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2007.11.016>
- 9 Peterson A., Harpke D., Peruzzi L., Levichev I. G., Tison J. M., and Peterson J. Hybridization drives speciation in *Gagea* (Liliaceae) // Plant Systematics and Evolution, – 2009. – Vol. 278. – No. (3-4). – P. 133–148. <https://doi.org/10.1007/s00606-008-0102-3>
- 10 Levichev I. G. Zur Morphologie in der Gattung *Gagea* Salisb. (Liliaceae). I. Die unterirdischen Organe // Flora. 194, – 1999b. – P. 379–392.
- 11 Левичев И.Г. Неотеническая дивергенция в роде *Gagea* (Liliaceae) // Takhtajania. – 2011. – Т. 1. – С. 133–137.
- 12 Куприянов А.Н. Конспект флоры Казахского мелкосопочника. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2020. – 423 с. DOI: 10.21782/B978-5-6043021-8-7.
- 13 Kubentayev S.A., Levichev I.G., Sitpayeva G.T., Mukhtabayeva S.K., Izbastina K.S. First records of five species of *Gagea* (Liliaceae), new in the Kazakhstan flora // Nature Conservation Research. – 2021. – Vol. 6. – No. 4. – P.112–114. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2021.045>
- 14 Байтенов М.С. Флора Казахстана. Родовой комплекс флоры. – Алматы: Ғылым, 2001. – Т. 2. – 189 с.
- 15 Красовская Л.С. Рудольф Камелин. Штрихи к портрету // Turczaninowia. – 2016. – Т. 19. – № 4. – С. 87-98. <https://dx.doi.org/10.14258/turczaninowia.19.4.11>
- 16 Флора Туркменистана. – Л.-Ашхабад: АН Туркм. ССР, 1932-1960. – ТТ.1-7. – 399 с.
- 17 Левичев И.Г. Новые виды рода *Gagea* из Центрального Казахстана // Ботанические материалы гербария института ботаники Академии наук Узбекской ССР. 20: 22 – 1982. – С. 17–28.
- 18 Левичев И.Г. Новый вид рода *Gagea* (Liliaceae) // Ботанический журнал. – 2000. – Т. 85. – № 7. – С. 186–188.
- 19 Boissier E., *Gagea*. In: Flora Orientalis // Geneve et Basiliae 5, –1882. – P. 203–211.
- 20 Левичев И.Г. Конспект рода *Gagea* (Liliaceae) Западного Тянь- Шаня // Бот. журн., – 1990. – Т. 75. – №. 2. – С. 225–234.
- 21 Бешко Н.Ю. 2017–2023. Флора Нуратинского заповедника [флористический список] // Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. [Электронный ресурс] URL: <https://www.plantarium.ru/page/flora/id/1046.html> (дата обращения: 21.07.2023)

22 Газиев А.Д. 2021–2023. Флора Ташкентской области [флористический список] // Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. [Электронный ресурс] URL: <https://www.plantarium.ru/page/flora/id/1123.html> (дата обращения: 21.07.2023)

23 Kurbaniyazova G., Levichev I. and Kadirov U. The Species of the Genus *Gagea* Salisb. Is Distribution in the Flora of the Urgut Region (Uzbekistan) // American Journal of Plant Sciences, – 2022. – Vol. 13. – P. 1183–1195. <https://dx.doi.org/10.4236/ajps.2022.139080>

References

1 Levichev, I.G. “Strukturnye osobennosti pobegov *Lloydia*, *Gagea*, *Kharkevichia* (LILIACEAE) kak jevoljucionnaja izmenchivost’ modulej mezomnoj prirody u odnodol’nyh [Structural features of the shoots of *Lloydia*, *Gagea*, *Kharkevichia* (LILIACEAE) as evolutionary variability of the modules of mesomic nature in monocots].” *Botanical journal* 98, no 4 (2013): 409–452. (In Russian)

2 Levichev, I.G. “Fitogeograficheskiy analiz roda *Gagea* Salisb. (Liliaceae) [Phytogeographic analysis of the genus *Gagea* Salisb. (Liliaceae)].” *Komarovia* 1, (1999a): 45–57. (In Russian)

3 Peterson A., Harpke D., Peterson J., Harpke A., Peruzzi L. «A pre-Miocene Irano-Turanian cradle: Origin and diversification of the species-rich monocot genus *Gagea* (Liliaceae)». *Ecology and Evolution* 9, no 10 (2019): 5870–5890. <https://doi.org/10.1002/ece3.5170>

4 “*Istoriya okeana Tetis [The History of the Tethys Ocean]* (Ed. A.S. Monin, L.P. Zonenshain).”, M: Institute of Oceanology im., 1987. (In Russian)

5 Khain, Viktor E. “*Tektonika kontinentov i okeanov [Tectonics of continents and oceans]*.” M.: Scientific world, 2001. (In Russian)

6 Popov, M.G. “Proiskhozhdenie i evolyuciya pokrytosemnykh rastenij [Origin and evolution of angiosperms].” *Selected works*. Kyiv, no 2 (1983): 281–290 (In Russian)

7 Popov, Sergey, Akhmetiev Mikhail, Lopatin Alexey, Bugrova Eleonora, Sychevskaya Evgenia, Kopp Michael, Grigory Shcherba, Nina Zaporozhets, Andreeva-Grigorovich Aida, and Irina Nikolaeva “*Paleogeografiya i biogeografiya bassejnov Paratetisa. CHast’ 1. Pozdnij eocen – rannij miocen. [Paleogeography and biogeography of the Paratethys basins. Part 1. Late Eocene – Early Miocene]*.” Moscow: Scientific world, 2009. (In Russian)

8 Peterson, A., Levichev, I. G., Peterson, J. «Systematics of *Gagea* and *Lloydia* (Liliaceae) and infrageneric classification of *Gagea* based on molecular and morphological data». *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46, no 2 (2008): 446–465. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2007.11.016>

9 Peterson, A., Harpke, D., Peruzzi, L., Levichev, I. G., Tison, J. M., and Peterson, J. «Hybridization drives speciation in *Gagea* (Liliaceae)». *Plant Systematics and Evolution* 278, no 3–4 (2009): 133–148. <https://doi.org/10.1007/s00606-008-0102-3>

10 Levichev, I.G. «Zur Morphologie in der Gattung *Gagea* Salisb. (Liliaceae). I. Die unterirdischen Organen». *Flora* 194, (1999b): 379–392.

11 Levichev, I. G. “Neotenicheskaya divergenciya v rode *Gagea* (Liliaceae) [Neotenic divergence in the genus *Gagea* (Liliaceae)].” *Takhtajania* 1, (2011): 133–137. (In Russian)

12 Kupriyanov Andrey, N. *Synopsis of the flora of Kazakh Upland*. Novosibirsk Academic Publishing House «Geo», 2020. DOI: 10.21782/B978-5-6043021-8-7. (In Russian)

13 Kubentayev, S.A., Levichev, I.G., Sitpayeva, G.T., Mukhtubayeva, S.K., Izbastina, K.S. «First records of five species of *Gagea* (Liliaceae), new in the Kazakhstan flora». *Nature Conservation Research* 6, no 4 (2021): 112–114. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2021.045>

14 Baitenov, Muslim S. “*Flora Kazahstana. Rodovoj kompleks flory [Flora of Kazakhstan. Generic complex of flora]*.” Almaty: Gylym, 2001. (In Russian)

15 Krasovskaya, Ludmila S. “*Rudol’f Kamelin. SHtrih k portretu [Rudolf Kamelin. Touches to the portrait]*.” *Turczaninowia* 19, no 4 (2016): 87–98. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.14258/turczaninowia.19.4.11>

16 *Flora Turkmenistana [Flora of Turkmenistan]*, L.-Ashgabat: AN Turkm. SSR, 1932 (In Russian)

17 Levichev, I.G. “*Novye vidy roda Gagea iz Central’nogo Kazahstana [New species of the genus Gagea from Central Kazakhstan]*.” Botanical materials of the herbarium of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR, (1982): 17–28. (In Russian)

18 Levichev, I.G. “Novyj vid roda *Gagea* (Liliaceae) [New species of the genus *Gagea* (Liliaceae)].” *Botanical journal* 85, no 7 (2000): 186–188. (In Russian)

19 Boissier, E., *Gagea*. In: *Flora Orientalis*, Geneve et Basiliae 5, (1882): 203–211.

20 Levichev, I.G. «Konspekt roda *Gagea* (Liliaceae) Zapadnogo Tyan’-SHanya [The synopsis of the genus *Gagea* (Liliaceae) from the western Tian-Shan]». *Bot. Zhurn.* 75, no 2 (1990): 225–234. (In Russian)

21 Beshko N.Yu. 2017–2023. Flora of the Nurata Reserve [floristic list]. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: an open online atlas and guide to plants. <https://www.plantarium.ru/page/flora/id/1046.html> (date of access: 21.07.2023)

22 Gaziev A.D. 2021–2023. Flora of the Tashkent region [floristic list]. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: an open online atlas and guide to plants. <https://www.plantarium.ru/page/flora/id/1123.html> (date of access: 21.07.2023)

23 Kurbaniyazova, G., Levichev, I. and Kadirov, U. «The Species of the Genus *Gagea* Salisb. Is Distribution in the Flora of the Urgut Region (Uzbekistan)». *American Journal of Plant Sciences* no 13, (2022): 1183–1195. <https://dx.doi.org/10.4236/ajps.2022.139080>

A.A. Ivashchenko¹ , D.M. Almabek² ,
R.E. Kaparbay^{2,3} , K.T. Abidkulova^{2*} 

¹Institute of Zoology of KN MES RK, Kazakhstan, Almaty

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

³SNNP «Kolsay kolderi» of CFW MEENR RK, Kazakhstan, v. Saty

*e-mail: karime_58@mail.ru

CONSERVATION OF THE GENE POOL OF RANUNCULACEAE AND RELATED FAMILIES (Paeoniaceae, Berberidaceae) IN THE NATIONAL PARKS OF THE NORTHERN TIEN SHAN

The article provides data on the number of species of three families of the Zailiysky Kungei Alatau floristic area: Ranunculaceae, Paeoniaceae and Berberidaceae recorded in two protected areas, Ile Alatau State National Nature Park (IA SNNP) and the State National Nature Park (SNNP) “Kolsai Koldery”. In total, there were 82 species from 26 genera, or 97.6% of the flora of the Trans-Ili Kungei Alatau floristic region. Of those, 38 species from 17 genera were found in both protected areas. The largest genus, *Ranunculus*, had 26 species, of which 10 grew in both protected areas. Among these plants there were abundant, widespread, endemic, and rare species listed in the Red Book of Kazakhstan. There were two endemic and five rare species. *Ranunculus dilatatus* was an endemic of the Northern Tien Shan, and *Anemone almaatensis* was an endemic of Zailiysky Alatau. Both were found only in IA SNNP. Rare species listed in the Red Book of Kazakhstan were *Hepatica falconeri*, *Gymnospermium altaicum*, *Adonis chrysocyathus*, *A. tianschanicus*, and *Berberis iliensis*. Of those, only *Adonis chrysocyathus* and *A. tianschanicus* were found in both protected areas. The presence of *Gymnospermium altaicum* in the SNNP “Kolsai Koldery” requires verification. Most species of the families Ranunculaceae, Paeoniaceae and Berberidaceae have different beneficial properties, including decorative and medicinal; some species are poisonous. Several species are weeds, the number of which increases sharply with grazing. One example is *Aconitum leucostomum*, which forms a special formation. In terms of life forms, grassy perennials predominate, and in terms of ecological and cenotic groups, meadow, forest-meadow and forest elements predominate. This is unsurprising given a boreal origin of the family Ranunculaceae.

Key words: endemics, rare species, weeds, Zailiysky Alatau, Kungei Alatau.

A.A. Иващенко¹, Д.М. Алмабек², Р.Е. Қапарбай^{2,3}, К.Т. Абидкулова^{2*}

¹ҚР БҒМ ҒК Зоология институты, Қазақстан, Алматы қ.

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

³ҚР ЭГТРМ ОШЖДК «Көлсай көлдері» мемлекеттік ұлттық табиғи паркі РММ, Қазақстан, Саты а.

*e-mail: karime_58@mail.ru

Солтүстік Тянь-Шань ұлттық парктарындағы Ranunculaceae және онымен туыс тұқымдастардың (Paeoniaceae, Berberidaceae) генофондын сақтау

Мақалада флоралық ауданның Іле Күңгей Алатауының үш тұқымдасы: Ranunculaceae, Paeoniaceae және Berberidaceae, екі ЕҚТА – Іле Алатауы мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің (IA МҰТП) және «Көлсай көлдері» мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің аумақтарында белгіленген түрлері бойынша деректер келтіріледі. Мұнда барлығы 26 тұқымдастың 82 түрі бар, бұл – Іле Күңгей Алатауы флоралық ауданы флорасының 97,6%-ы. Оның ішінде 17 тұқымдастың 38 түрі екі аумақта да кездеседі. Ең үлкен туыс *Ranunculus* ішінде 26 түрі бар, олардың 10-ы екі ЕҚТА өседі. Аталған өсімдіктердің ішінде Қазақстанның Қызыл кітабына енген, кең таралған, эндем және сирек кездесетін өсімдіктерде келтірілген. Соңғы екеуіне 7 түр жатады, олардың екеуі эндем, қалғандары сирек кездеседі. Солтүстік Тянь-Шань эндемдеріне *Ranunculus dilatatus*, Іле Алатауына *Anemone almaatensis* жатады. Екеуі де Іле Алатау МҰТП ғана кездеседі. Қазақстанның Қызыл кітабына енгізілген сирек кездесетін түрлер – *Hepatica falconeri*, *Gymnospermium altaicum*, *Adonis chrysocyathus*, *A. tianschanicus* және *Berberis iliensis*. Олардың ішінде екі аумақта да болу тек *Adonis chrysocyathus* және *A. tianschanicus* арқылы расталады. «Көлсай Көлдері» МҰТП *Gymnospermium altaicum* болуы дәлелдемелерді талап етеді. Ranunculaceae, Paeoniaceae және Berberidaceae тұқымдасының аталған түрлерінің көпшілігі әртүрлі пайдалы қасиеттерге ие –

сәндік, дәрілік, кейбіреулері улы, арамшөптер бар, олардың саны мал жаю кезінде күрт артады, мысалы, *Aconitum leucostomum* арнайы формацияны құрайды. Тіршілік формаларында шөпті көпжылдықтар басым, экологиялық-ценотикалық топтарда – шабындық, орман-шабындық және орман элементтері, бұл бореальды шыққан Ranunculaceae тұқымдасына түсінікті.

Түйін сөздер: эндемдер, сирек, арамшөп түрлері, Іле Алатауы, Күнгей Алатауы.

А.А. Иващенко¹, Д.М. Алмабек², Р.Е. Капарбай^{2,3}, К.Т. Абидкулова^{2*}

¹Институт зоологии КН МОН РК, Казахстан, г. Алматы

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

³ГНПП «Көлсай көлдері» КАСИЖМ МЭГИПР ҚР, Казахстан, п. Саты

*e-mail: karime_58@mail.ru

Сохранение генофонда Ranunculaceae и родственных семейств (Paeoniaceae, Berberidaceae) в национальных парках Северного Тянь-Шаня

В статье приводятся данные по количеству видов трех семейств Заилийский Күнгей Алатау флористического района: Ranunculaceae, Paeoniaceae и Berberidaceae, отмеченных на территориях двух ООПТ – Іле Алатауского государственного национального природного парка (ІА ГНПП) и государственного национального природного парка «Көлсай Көлдері». Всего здесь насчитывается 82 вида из 26 родов представленных семейств, что составляет 97,6% флоры флористического района Заилийский Күнгей Алатау. Из них 38 видов из 17 родов встречаются на обеих территориях. Самый крупный род *Ranunculus* насчитывает 26 видов, из которых 10 произрастают в обоих ООПТ. Среди приведенных растений есть массовые, широко распространенные, эндемичные и редкие, занесенные в Красную книгу Казахстана. К последним двум относятся 7 видов, из них два эндемика, остальные редкие виды. К эндемикам Северного Тянь-Шаня относится *Ranunculus dilatatus*, Заилийского Алатау – *Anemone almaatensis*. Оба встречаются только в Іле Алатауском ГНПП. Редкими видами, внесенными в Красную книгу Казахстана, являются *Hepatica falconeri*, *Gymnospermium altaicum*, *Adonis chrysocyathus*, *A. tianschanicus* и *Berberis iliensis*. Из них нахождение на обеих территориях подтверждено только у *Adonis chrysocyathus* и *A. tianschanicus*. Наличие *Gymnospermium altaicum* в ГНПП «Көлсай Көлдері» требует доказательств. Большинство указанных видов семейств Ranunculaceae, Paeoniaceae и Berberidaceae обладают разными полезными свойствами – декоративными, лекарственными, некоторые являются ядовитыми, есть сорные и сорничающие, количество которых резко увеличивается при выпасе скота, как например, *Aconitum leucostomum*, образующий особую формацию. По жизненным формам преобладают травянистые многолетники, по эколого-ценотическим группам – луговые, лесо-луговые и лесные элементы, что вполне объяснимо для семейства *Ranunculaceae*, имеющего бореальное происхождение.

Ключевые слова: эндемики, редкие, сорные виды, Заилийский Алатау, Күнгей Алатау.

Introduction

In the Northern Tien Shan, there are two well-known in Kazakhstan large state national natural parks, the Іle-Alatau (hereinafter **No.1**) and “Kolsai Koldery” (hereinafter **No.2**). The Іle-Alatau national park was established by the Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan No.228 of February 22, 1996. It has an area of about 200 thousand hectares in the central part of the northern slope of the Trans-Ili Alatau. “Kolsai Koldey” was established by the Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan No.88 of February 7, 2007, and occupies an area of just over 161 thousand hectares, mainly on the northern slope of the Kungei Alatau and partially on the southern slope of the Trans-Ili Alatau. Within the territories of the two parks there are various ecosystems representing all elevation belts, from the foothills to the alpine and nival (Fig.1).

In specially protected areas, the main area of scientific research is comprehensive monitoring. Following the classification of V. D. Utekhin [1], it includes four types of observation: inventory, retrospective, regime and methodological.

The most relevant for both protected areas are the inventory observations, since the studies of biological diversity in IA SNNP, including that of the higher plants, have been rather fragmentary until recently, although started a century and a half ago [2]. The biodiversity of SNNP “Kolsai Koldery”, as presented in the monograph of S.K. Mukhtabayeva [3], requires further verification and addition. Without comprehensive floristic inventory, it is impossible to carry out monitoring of natural phenomena and organize protection and rational use of biological diversity, in particular, for the purposes of environmental education and tourism.



Figure 1 – Location of IA SNNP (№1) and SNNP “Kolsai Koldery” (№2)
https://www.oopt.kz/categories/view/ile-atalay_gnpp/

Materials and Methods

The object of our study was the family Ranunculaceae, which occupies the sixth and seventh places on the list of the top ten most diverse families of the two protected areas, as well as two other closely related families [4,5].

The study of the floristic composition was carried out by the method of route-reconnaissance, and by stationary and semi-stationary surveys of the protected areas and the adjacent Almaty State Complex Nature Reserve (ASCNR). At the same time, traditional methods were used, including compiling lists of known species recorded on specific routes, points, sites and ecosystems, as well as herbarium collection and subsequent identification following various floristic summaries [6-11], and taking into account the taxonomic revisions of S.K. Cherepanov [12] and S.A. Abdulina [13] with additions [14]. In addition, materials of the herbariums of the Department of Science and Monitoring of SNNP “Kolsay koldery”, Al-Farabi KazNU, and the Institute of Botany and

Phytointroduction were studied.

To describe species distributions, materials from personal diaries for all years of observations, as well as geobotanical descriptions of monitoring sites and cenopopulations of rare species were used. In addition, data from literary sources [15-23], materials of herbarium collections stored at the Institute of Botany and Phytointroduction of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Almaty) and the Al-Farabi Kazakh National University were used. In 2010-2013, at our request, Dr Grachev, an employee of the Institute of Zoology, collected a herbarium on the territory of IA SNNP, for which we are sincerely grateful to him. Several herbarium specimens were provided by employees of IA SNNP: V.V. Vasilyev, G. Bagasharov, and M. Agibaev.

Habitat typology was according to V.P. Goloskokov [24], or in some cases, according to M.S. Baitenov [21]; ecological and cenotic groups, according to I.I. Roldugin [25]; the order of taxonomic groups, according to the A. Engler’s system adopted in the Flora of Kazakhstan [6];

and the species nomenclature, according to S.A. Abdulin's summary with additions [13,14]. Endemic species, as well as species listed in the Red Book of Kazakhstan are marked with an asterisk (*).

Results and Discussion

Summary of the families Paeoniaceae, Ranunculaceae, and Berberidaceae

Family Paeoniaceae Rudolphi

***Paeonia intermedia* C.A. Mey.** (*P. anomala* var. *intermedia*) is a mountain Central Asian-South Siberian perennial forest-meadow species (№1, 2). It occurs sporadically on the steppe slopes of foothills and open rocky slopes of the lower belt, up to the lower boundary of the spruce belt (1800 m).

№1. We are aware of the following localities: the valley of the Kaskelen River (including the Kassymbek Gorge), the Ozhaylau Gorge, the B. Almaty and M. Almaty gorges (including the Medeu Gorge), valleys of the Kotyrbulak and Talgar rivers, and the Soldatsai Gorge. It grows in apple forests, on meadow slopes, and among shrubs. The species is common, not abundant; the numbers are diminishing due to the collection by vacationers for bouquets [26].

№2. So far, only one micropopulation consisting of a dozen generative individuals has been found in the spruce belt (2630 m above sea level) on the slope of the Karasay Gorge [27].

Family Ranunculaceae Juss.

***Aconitum karakolicum* Rapaics** is a Dzhungar-Tian Shan forest-meadow perennial species. It grows on meadow slopes in the forest and alpine belt, in spruce forests, in openings and forest edges.

№2. It is found in the Zap. Karabulak Gorge, Kuturga.

***A. leucostomum* Worosch.** is an Altai-Tian Shan forest-meadow perennial species (№1, 2), the most abundant representative of the genus in the surveyed territory. It is quite common in the subalpine and alpine belts; grows in mixed grass meadows, rocky-crushed stone slopes, on pebbles, river banks, and in the openings and forests edges.

№1. It is found everywhere, from the lowlands (1200 m) to the upper part of the spruce forest (2700 m, Mramornyi Ruchej). It is common, sometimes abundant, and forms thickets, being a subdominant in deciduous forests.

№2. It was found in the Zap. Karabulak, Kuturga, Kolsai, and Taldy gorges, and on the left bank of the Saty Gorge.

***A. nemorum* M. Pop.** is a Tian Shan forest perennial species (№1, 2). It occurs sporadically in the forest and subalpine belts in sparse fir forests, meadows, archevniks, in the rock shade, sometimes along streams, and less often on sazes. The territory of IA SNNP is a "locus classicus" for this species, which has been described from the vicinity of Almaty [7].

№1. It is found in the upper reaches of the B. Almaty Gorge (below the lake, 2300 m), in the valleys of the Turgen and Talgar rivers, including the Left Talgar and M. Almatinka. It is not numerous; of the 16 monitoring sites, it was found in only one, No.8 (Chinturgen).

№2. It is more common in the gorge and on the Kurmekty pass, in the upper reaches of Saty, in the Zap. Karabulak Gorge, Kaindy.

***A. rotundifolium* Kar. et Kir.** is a mountain Central Asian perennial meadow species widely distributed throughout the surveyed territory (№1, 2). It grows on dry grassy and rocky slopes of the subalpine and alpine belts, on pebbles, river banks, and moraines.

№1. The species is common throughout the territory in suitable habitats.

№2. It was found in the Zap. Karabulak Gorge, on the Kurmekty pass, and in one of the monitoring sites, Kolsai-3.

***A. soongoricum* Stapf.** is a Tian Shan-Himalayan perennial forest-meadow species (№1, 2). It grows sporadically in meadows, near streams and in forest openings, from the forest belt (1600 m) up to the alpine belt.

№1. We found small isolated populations in the upper reaches of the rivers Kazachka, B. Almatinka, Kaskelen, and Kirgauldy, in the Ozhaylau Gorge; M.S. Baitenov et al. [23] described it in the Left Talgar, and V.P. Goloskokov [15], in the upper Tau-Chilik and M. Almatinka.

№2. It was found in the subalpine belt in one gorge, Karabulak [28].

***Adonis aestivalis* L.** is an annual eastern ancient Mediterranean steppe species (№1,2). According to M.G. Popov [17], it is common in the foothills and dry lowlands.

№1. We found it in the lower part of the valleys of the rivers B. Almatinka and Kaskelen, and in the middle part of the Kotyrbulak River valley (1100-1600 m). It is not abundant, sometimes grows in weedy places.

№2. It was found in 2015 on the meadow terrace of the left bank of the Saty Gorge by S.K. Mukhtubayeva, A.A. Shormanova and M.P. Danilov [3].

**A. chrysocyathus* Hook. fil. et Thoms. is a disjunctive, mountain Central Asian-Himalayan forest-meadow species, a rhizome perennial (No.1, 2). It grows in fine-grained areas of stony slopes, in mixed grass. Being a rare species throughout the Northern Tien Shan listed in the Red Book of Kazakhstan, it is found growing sporadically in the upper part of the spruce belt and in the subalpine belt of the Talgar and Issyk river basins [17].

№1. To date, two small isolated populations have been found, numbering no more than 100 individuals each. The first population was found in June 1998 by V.G. Epiktetov (oral report) on the northern slope of the upper Kirgauldy River (2800 m), and the second, on 16.07.2000 by one of the authors of the publication, A.A. Ivashchenko, on the north-western slope of the left bank of the Ozernaya River (a steep slope with meadow grass and isolated bushes of *Juniperus pseudosabina* Fisch. & C.A. Mey., 2800 m). Herbarium collections of other authors: the interfluvium of Kirgauldy (Aksay-Kaskelen), 5.07.1936 (B.A. Bykov); Issyk, on the pass to Teskensu, the upper reaches of the eastern sairs, grassy slopes, 17.07.1937 (M.G. Popov); Pryamaya Schel, upper reaches, 30.06.1936 (V.P. Goloskokov).

№2. It was found in 1998 above the confluence of the Kaindy River by S.K. Mukhtubayeva [3]. After a dedicated search, we could not find it.

A. parviflora Fisch. ex DC. is a Palearctic annual meadow species found on deposits, saline and wet meadows, in shady places, on rocks, and in bushes.

№2. It is known only from the Kurmekty Gorge, where it was collected in 1964 by I.I. Roldugin [3].

**A. tianschanicus* (Adolf) Lipsch. is a Tien Shan perennial meadow species (№1, 2). It grows in subalpine meadows, on stony-crushed stone slopes, and in shrub thickets. The species is listed in the Red Book of Kazakhstan [49].

№1. It has been found in the highlands of Talgar [23]. There are no other data from the surveyed area.

№2. In 1942, it was collected in the Kurmekty Gorge by A.S. Lazarenko [3]. By now, several other localities have been found: the Kurgoby Gorge [30], Kurgoby and Zhamanbulak gorges (2020, R.E. Kaparbay, B.B. Arynov).

Anemone almaatensis Juz. is an endemic meadow-steppe perennial species of the Zailiysky Alatau described by S.V. Yuzepchuk [7] from the vicinity of Almaty. However, neither M.G. Popov [17] nor M.S. Baitenov et al. [29] put it on the list of flora of the area studied.

№1. We have repeatedly found it on the dry slopes of the right bank of the Kotyrbulak River and in the Kirgauldy Gorge (1300 m); I.I. Kokoreva [33] found it in the Pryamaya Schel.

A. protracta (Ulbr.) Juz. is a Pamir-Alai-Tian Shan forest-meadow species, perennial (No.1, 2). It grows in subalpine and alpine belts, in meadows, along forest edges and clearings, in archevniks, and less often on stony slopes.

№1. It is common, sometimes plentiful.

№2. It is common in the gorge and on the Kurmekty pass, in the basins of the Kolsai and Taldy rivers. Not so long ago it was found in the Malye Urjukty [28].

Aquilegia atrovinosa M.Pop. ex Gamajun. is a Pamir-Alai-Tian Shan forest, forest-meadow perennial species (No.1, 2). It occurs sporadically throughout the study area in meadows, in archevniks, along forest edges and clearings, sometimes along pebbles, from the forest to alpine belts.

№1. It is found in the valleys of the rivers B. and M. Almatinka, Talgar, Chinturgen, and Aksai, on monitoring sites in apple forests (Soldatsay) and spruce forests (Almaarasan, near the Lake B. Almaty, Chimbulak).

№2. It is found in the Kurmekty and Zap. Karabulak River. It was found in the Taldy Gorge by I.G. Otradnykh and I.A. Syedina in 2016.

A. glandulosa Fisch. ex Link is a Dzhungaromountain-Siberia perennial species (No.1). M.S. Baitenov et al. [23] found it on stony slopes near streams of the alpine belt, in the valleys of the Left and Middle Talgar rivers. This fact needs to be verified, since in one of the previous works M.S. Baitenov [21] described it only for the Dzhungar Alatau.

A. karelinii (Baker) O. et B. Fedtsch. is a Tarbagatai-Tian Shan forest, forest-meadow perennial species (No.1, 2).

№1. M.G. Popov [17] found it only in the middle part of the Chilik River valley; M.S. Baitenov et al. [23], near the Talgar River.

№2. It is likely to grow here, since it was found by S.K. Mukhtubayeva [3] in the Kentsu Gorge.

Atragene sibirica L. is a Pamir-Alai-Tian Shan-Siberian forest species (No.1, 2). This is a shrubliana, growing in coniferous forests, archevniks, among shrubs, and sometimes on stony slopes.

№1. It is distributed throughout the study area, and is particularly abundant in the valley of the B. Almatinka River (2300-2800 m). Occasionally, individuals with white sepals are found, differing in the shape of the petals, which are similar to those of *A. tianschanica* described by N.V. Pavlov

in 1954 [6], but then promoted to a synonym of the main species [12,13]. We collected such individuals on June 18, 2009 in the valley of the Kazachka River, near the river, above the upper barrier (1850 m). It is noteworthy that in this spruce forest there were also typical individuals with yellow sepals and petals, which indicates the need for further study of the polymorphism of this species and determination of the taxonomic affiliation of such forms. It is possible that N.V. Pavlov's species was "closed down" without sufficient grounds.

№2. It grows in the Kurmekty Gorge, Kolsay. In the Saty Gorge, on the meadow terrace of the left bank it was found in 2015 (M.P. Danilov, A.A. Shormanova, B.K. Bilibayeva). In 2020, one of the authors of this article, R.E. Kaparbay, found it in the Taldybulak Gorge.

***Batrachium divaricatum* (Schrenk) Wimm.** is a Holarctic aquatic species, a perennial growing in stagnant and weakly flowing waters, often on wet mud of drying water bodies.

№1. In such conditions, we collected it on 12.08.2010 on the swampy soils of the dried-up channel near the left bank of the Lake Issyk (1750-1800 m). V.P. Goloskokov [15] described this species as rare, growing in drying closed reservoirs of the Ulken-Turgen River valley (2950 m). It should be emphasized that it was thanks to the research of V.P. Goloskokov that representatives of this genus were first found in the surveyed territory.

***B. mongolicum* (Kryl.) V. Krecz.** is a Siberian-Mongolian aquatic species, perennial.

№1. Here it is known only from the upper Turgen River [9]. The Flora of Kazakhstan [6] also provides information about the collections of this species by V.P. Goloskokov from the reservoirs of the Kairakty Gorge (2900-3200 m).

***B. pachycaulon* Nevski** is a mountainous Central Asian-Iranian aquatic species, perennial.

1. It was found in the vicinity of Almaty [9].

***Callianthemum alatavicum* Freyn.** is a mountain Central Asian-Altai perennial meadow species (**№1, 2**). It is found in the subalpine belt, on alpine lawns and steppe slopes, and in crushed stone areas and moraines. It grows along the rock cracks and on stream banks.

№1. The species is common, not numerous, found from the lower boundary of the subalpine belt (2800 m) to the upper limit of vegetation (3450 m, upper Kirgauldy, 18.06.2015, V. Vasilyev).

№2. It was found on the pass and in the upper reaches of the Kurmekty River, at the source of the Kolsai River, and in the Kuturga Gorge.

***Ceratocephalus testiculatus* (Grantz) Bess.** is a Palearctic, annual meadow-steppe species.

№1. It is common in the foothills [15], but not found in the Almaty reserve [23]. We first registered it on 25.05.1989 while recording *Tulipa ostrowskiana* on the dry slope of the right bank of the Talgar River (1700 m). Later (1.05.2015 and 7.05.2015), it was found in similar conditions on the left bank of the Kaskelen River (1200 m) and in the lower part of the Kazachka River valley (1300 m). The species is not plentiful, weedy. Of particular interest are our findings (20.06.2015) of this species in the highlands: near a road on the right bank of the Turgen River (2175 m) and in the upper reaches of the Assy River (2710 m).

***Clematis asplenifolia* Schrank.** is a mountainous Central Asian meadow-steppe semi-shrub.

№2. It grows on rocky mountain slopes and foothills in lower and middle mountain belts. It is found in the village of Saty and in the Kuturga Gorge [3].

***C. glauca* Willd.** is a Tian Shan-Siberian forest species, shrub-liana (**№1, 2**). It occasionally occurs in floodplain forests, near springs, and in the lower part of gorges, in shrub thickets.

№1. We recorded it in the valley of the Kaskelen River; M.S. Baitenov et al. [23] recorded it in the valley of the Talgar River, where he described two following species. M.G. Popov [17] points to its distribution in the valley of the Turgen River.

№2. It was found in the Kurmekty and Kaindy gorges.

***C. orientalis* L.** is a forest shrub-liana, more common in the territory of the IA SNNP, and occurs in the same conditions as the previous species.

№1. According to our data, it is not numerous in the valleys of the Aksai (1300-1400 m) and B. Almatinka rivers, in the vicinity of the Lake Issyk (1700 m).

***C. songarica* Bunge** is a Tian Shan-Altai meadow-steppe shrub (**№1, 2**). It grows on dry scree in the lower parts of valleys, on saline clay residues, in meadows and near streams, in low mountains and the lower mountain belt.

№1. The species is quite rare, found by us in the lower reaches of the Aksai River (1200-1300 m).

№2. It is found in the floodplain of the Saty River, near the village of Saty, in the Kurmekty and Taldu-su river gorges.

***Delphinium biternatum* Huth** is a mountainous Central Asian perennial steppe species (**№1, 2**). It occasionally occurs on dry slopes of the foothills, and less often in the lower mountain belt, on the foothill plains, on the ravine

slopes and crushed stone slopes in shrubs, and sometimes on deposits.

№1. M.G. Popov [17] described it on the foothills “from Almaty to Syugaty”, and M.S. Baitenov et al. [23], in the Right Talgar. We found two small populations on a shrub slope of the left bank of the B. Almatinka River, near the dam (1250 m) and near the highway in front of the village Turgen.

№2. It is found in the Saty Gorge, Aliman Gorge, and on the left bank of the Saty River.

***D. confusum* Popov** is a Pamir-Alai-Tian Shan meadow perennial species. It grows mainly on rocky slopes of the subalpine belt, in mixed grass meadows, and on river pebbles.

№2. It was found in Tau-Chilik, near the village of Saty, in the Taldy Gorge [3].

***D. dictyocarpum* DC.** is a Panno-Kazakhstan perennial species.

№1. We cite it according to M.G. Pakhomova [9], who described this species in the vicinity of Almaty.

***D. iliense* Huth** is a north-central Tian Shan meadow perennial species (**No.1, 2**). This is a common member of the family in the study area. It is found in subalpine and alpine belts in mixed grass meadows, shrubbery thickets, raw cobresia meadows, on river pebbles, and moraines.

№1. It is common everywhere in the forest belt: in clearings and forest edges, and along meadow slopes in the altitude range of 1400–2700 m.

№2. It is found in Tau-Chilik, at the village of Saty, 15.07.1937; the Kurmekty pass, 27.08.1937, Mikhailova V.P.; the Kurmekty Gorge, 24.07.1937, Gorbunova E.P.; the Kurmekty Gorge, 29.07.1953, 31.07.1953; the Kaindy Gorge, 08.08.1964, Roldugin I.I.

***D. oreophilum* Huth** is a Pamir-Alai-Tian Shan meadow perennial species found growing sporadically, mainly in the alpine belt, in meadows, rocky scree, sometimes near snowfields.

№1. V.P. Goloskokov [15] considered it common, and M.S. Baitenov et al. [23] pointed to the distribution in the Talgar valley.

***D. poltoratzkii* Rupr.** is a Pamir-Alai-Tian Shan perennial meadow species.

№1. It inhabits rocky slopes of the subalpine and alpine belts of the Left Talgar River valley [23]. Data on the distribution of this and the previous species need to be clarified, since M.G. Pakhomova [9] mentioned only the Trans-Ili Alatau as the distribution area of *D. poltoratzkii*, and the Western Tien Shan as the distribution area of the previous species.

***Ficaria verna* Huds.** is a European-Volga perennial forest-meadow species.

№1. It was found in the vicinity of Almaty [6,9], and without a doubt was a cultivar.

***Halerpestes salsuginosa* (Pall. ex Georgi) Greene** is a Holarctic perennial coastal-water species found in salt marshes and salty places, on damp pebbles, and at the exits of groundwater and springs.

№2. It grows in the Kurmektsy Gorge.

****Hepatica falconeri* (Thoms.) Steward.** is a disjunctive, Tian Shan-Himalayan perennial forest species. It occurs occasionally on rocky slopes and screes in the subalpine belt.

№2. It grows in the Taldy-su Gorge; in the Saty Gorge it was discovered in 2015 by S.K. Mukhtubayeva, M.P. Danilov, A.A. Shormanova and D.A. Akhataeva. In 2016, the presence of plants in the Taldy Gorge was confirmed by I.G. Otradnykh and I.A. Syedina. In 2020, a small population was found in the upper reaches of the Taldy Gorge (Tsarskie Vorota) by R.E. Kaparbay and B.B. Arynov.

***Nigella integrifolia* Regel** is an annual steppe species. It grows in dry crushed stone parts of foothills and lowlands.

№1. It is found growing sporadically on the territory of ASCNR, east of Almaty.

***Oxygraphis glacialis* (Fisch.) Bunge** is an Arctic-Alpine, mountainous Central Asian-Siberian perennial meadow species (**№1, 2**). This is an ordinary alpine species growing on cryophilic lawns, moraines, and among melting snow.

№1. It occurs sporadically only in the alpine belt, on lawns, wet crushed stone slopes, and near snowfields; not abundant.

№2. It is found in the basin of the Kolsay River.

***Paraquilegia anemonoides* (Willd.) Ulbr. (*P. grandiflora* Fisch. ex DC.)** is a mountain-central Asian petrophilic species, turf perennial (**№1, 2**). It grows on rocky slopes in the upper belt of the mountains in the subalpine and alpine belts.

№1. It is found quite often in the subalpine and alpine belts. It is common, sometimes quite abundant and grows in rock cracks.

№2. It is found on the pass and in the upper Kurmekty, and in the Zap. Karabulak Gorge, Kuturga.

***P. caespitosa* (Boiss. et Hohen.) Drum. et Hutsch.** is an east-Palaearctic petrophilic perennial species.

№1. V.P. Goloskokov [15] described it only in the M. Almatinka (based on the collections of B.K. Shishkin), and M.S. Baitenov et al. [23], in the Left Talgar.

***Paropyrum anemonoides* (Kar. et Kir.) Ulbr.** is an Iran-Mountain-Central Asia-Himalayan petrophilic perennial species (No.1, 2). It grows in the subalpine and alpine belts on rocky outcrops, in rock cracks, damp lawns, in the shade of rocks, among archevniks, and less often on lawns, in cobrezia thickets, and on pebbles (2900 m).

№1. The species is common, not abundant.

№2. It is found in the upper course of the Saty River, and in the Zap. Karabulak Gorge.

***Pulsatilla campanella* Fisch. ex Regel et Til.** is a Pamir-Alai-Tian Shan-Siberian meadow-steppe perennial species (No.1, 2). It is found throughout the surveyed area in dry steppe and meadow-steppe, in archevniks, and on the rocky slopes of the subalpine and alpine belts. Sometimes it occurs down to the upper part of the forest belt.

№1. The species is common, not abundant.

№2. It has been found in the Zhamanbulak Gorge, Kolsay, and on the right bank of the Taldy River.

***Ranunculus alberti* Regel et Schmalh.** is a disjunctive, mountain-central Asian meadow perennial species (No.1, 2) found everywhere, in subalpine and alpine belts, in meadows, on rocky slopes, near snowfields, on river pebbles, damp lawns, and moraines

№1. The species is common, sometimes plentiful.

№2. It grows in the upper reaches of the Kurmekty River, and in the upper reaches of the Kolsay River.

***R. altaicus* Laxm.** is an Altai-Tian Shan meadow perennial species. It grows in the alpine belt on damp lawns, near moraines, and at the edge of melting snow.

№2. It grows on the Kurmekta pass, at the headwaters of the river of the same name, and at the headwaters of the Kolsai River.

***R. auricomus* L.** is a West Palearctic perennial species.

№1. In the study area, it has been found only in the Talgar valley [23]. This information needs verification, because according to other studies [6,9,12] it was found only in Europe and Siberia; in Kazakhstan it does not occur south of the Saur and the northern regions.

***R. borealis* Trautv.** is a mountainous Siberian-Tian Shan forest-meadow perennial species. The species was not recorded in the surveyed area by previous investigators.

№1. A few of its populations were found by us in two locations: in the apple-tree forest of the Aksai

River valley (1350 m) and in similar conditions in the Belchabdar River valley (1400 m).

***R. brotherusii* Treyn.** is a Central-Eastern Tian Shan perennial steppe species.

№1. According to V.P. Goloskokov [15], this is a rare species, found in the high mountain steppes and on the rocky slopes of the subalpine and alpine belts.

****R. dilatatus* Ovcz.** is a meadow species, perennial. It is an endemic of the Northern Tien Shan described by P.S. Ovchinnikov from the Trans-Ili Alatau [6].

№1. It grows on grassy slopes, near roads and in the river floodplains of the lower mountain belt, in particular, in the valleys of the Talgar and Turgen rivers [17,23].

***R. fraternus* Schrenk.** is a Dzhungar-Eastern-Tian Shan coastal and alkaline perennial species. It grows along river banks and wetlands of the subalpine and alpine belts.

№1. It is known from the valleys of the rivers Talgar and Issyk [23].

***R. gelidus* Kar. et Kir. (*R. karelinii* Czer.)** is a Dzhungar-Eastern-Tian Shan meadow perennial species.

№1. It is found quite often in the alpine and nival belts, on rocky slopes and crushed stone scree in the valleys of the rivers M. Almaty, Talgar, Issyk, and Turgen.

***R. grandifolius* C.A. Mey.** is a north-central-Tian Shan-Altai-Sayan forest-meadow, meadow perennial species (No.1, 2) found everywhere in the spruce belt, in meadows, clearings and edges, in meadows, and in shrub thickets in the altitudinal range of 1500-2700 m.

№1. It is often found in considerable abundance, forming aspect glades (B. Almaty, 2300-2400 m).

№2. It is common in the Zap. Karabulak, Kuturga, Kolsai, and Saty gorges.

***R. krylovii* Ovcz.** is a mountain Siberia-Tian Shan perennial species.

№2. It has been recorded at the Kolsai-2 monitoring site, Sairam Ogem [30].

***R. longicaulis* C.A. Mey.** is a Tian Shan-Altai-Sayan coastal-water-meadow perennial species (No.1, 2) found growing sporadically in damp meadows, highland swamps and sazes.

№1. M.G. Popov [17] did not find it in the surveyed territory, and M. S. Baitenov et al. [23] mentioned the Left Talgar as a collection locality. We know this species from two localities: silted banks and bays at the stream above the Lake B. Almaty (2550 m), and the banks of the stream on the left bank of the Mramornoe, in the vicinity of ASCNR (2700 m).

№2. It is found in the Saty Gorge.

***R. monophyllus* Ovcz.** is an east-palaearctic forest-meadow, meadow species, perennial. It grows in grassy swamps, damp meadows and deciduous forests.

№1. There are data from the Talgar River valley [23], as well as from apple and spruce forests of the M. Almatinka and Turgen river valleys [17].

***R. natans* C.A. Mey.** is a mountainous Siberian and Central Asian aquatic species, perennial. It is found growing sporadically in streams and swamps of the highlands.

№1. It has been recorded in Talgar, Zhenishke and Upper Chilik [17,23]. We found only two locations: the upper part of the Assy River, below the observatory (2600 m); and the upper part of the Ozernaya River, below the hydrometeorological station (2600 m).

***R. pedatifidus* Smith** is an Altai-Tian Shan meadow perennial species.

№1. It is very rare. M.G. Popov [17] mentioned its occurrence under the name of *R. affinis* R.Br. in the alpine belt of the Chinturgen River valley, and M.S. Baitenov et al. [23], in the subalpine belt of the Talgar River valley.

***R. polyanthemus* L.** is a West Palearctic meadow perennial species (**№1, 2**) found throughout the study area in dry and steppe meadows, among shrubs, along forest edges and river banks; common, not abundant.

№1. It was recorded at five monitoring sites, from the foothills to the lower border of the spruce forests (1730 m, Alma-Arasan).

№2. It grows in the Taldy River valley, in the Kurmekty, and Zap. Karabulak Gorge.

***R. polyrhizus* Steph.** is a Palearctic meadow-steppe perennial species.

№1. M.G. Popov [17] mentioned this species occurring on the steppe slopes of the Syugatinsky Mountains and in the Talgar Gorge. The last locality is also on the list of M.S. Baitenov et al. [23] We found it in low abundance on May 12, 2012 in a meadow of the left bank of the Aksai River (1350-1450 m), as well as in the valley of the Ayusai stream (1700 m).

***R. popovii* Ovcz.** is a north-central Tian Shan perennial species (**№1, 2**) found on stony slopes, scree and alpine lawns of highlands, and on stream pebbles.

№1. V.P. Goloskokov [15] described it as a rare species from the eastern part of the ridge, and M.S. Baitenov et al. [23], from the valleys of the Talgar and Issyk rivers. We found it quite common in the archevniks of the Mramornyi Ruchei (2750-2800 m) in the vicinity of Gaish.

№2. It is found in the Taldy Gorge.

***R. pseudohirculus* Schrenk** is a mountain Central Asian coastal-water meadow perennial species.

№1. It is quite common in the subalpine and alpine belts, where it grows in meadows and along streams.

***R. pulchellus* C.A.Mey.** is a Pamir-Alai-Tian Shan-mountain-Siberian coastal-water-meadow species, perennial, similar to the previous species and to *R. longicaulis* C.A.Mey. (**№1,2**). Some systematics [22] even combine them into one. This is a species with an eastern-Palearctic range type growing along meadows in the upper part of the forest and subalpine belts.

№1. It is known from the valleys of the Talgar River and east of Turgen [17].

№2. It grows on the pass and in the upper Kurmekta.

***R. regelianus* L.** is a mountain Central Asian steppe species, perennial (**№1, 2**). It grows on dry crushed stone slopes and among shrubs in the lower mountain belt, sometimes up to the lower border of spruce forests.

№1. We found it in the valleys of the Kaskelen and Talgar rivers, as well as in the territory of the ASCNR (Karaturuk, Kokbeksai, Aksheshkek).

№2. It grows in the Saty Gorge, Kuturga.

***R. repens* L.** is a Palearctic coastal-water-meadow species, perennial (**№1, 2**). It is found growing sporadically throughout the study area along the banks of streams, in wet meadows and high-mountain swamps.

№1. We found it in the B. and M. Almatinka river valleys (the vicinity of the Lake B. Almaty and Gaysh, the left bank of the Sarysay River, Kazachka), in the vicinity of the cordons Tastibulak and Oizhailau, and in the Soldatsay (below the monitoring site No.2) in the altitudinal range of 1500-2700 m.

№2. It is found in the Kurmekta Gorge, on the left bank of Saty.

***R. rubrocalyx* Regel ex Kom.** is a Pamir-Alae-Tian Shan meadow perennial species. It is found growing sporadically on rocky scree, and in rocky areas of the alpine belt.

№1. It is known from the Talgar and Issyk river valleys [23].

***R. sceleratus* L.** is a holarctic coastal-water-meadow species, annual-biannual (**№1, 2**). It grows near streams and ditches in the foothills.

№1. The species was not found in the Almaty Reserve in its current borders [17,23]. We found it in two locations: a swamp near the Turgen River

bed (1300 m); and a drying swamp in the Kaskelen River valley and along the aryks (1600 m).

№2. It has been found in the Kurmekty and Karabulak gorges.

R. songoricus Schrenk is a Pamir-Alai-Tian Shan-Tarbagatai meadow species, perennial (**No.1, 2**) found throughout the surveyed territory in the forest and subalpine belts, in meadows, along river banks and stony slopes.

№1. The species is common, not abundant.

№2. It has been found in the Kurmekty Gorge.

R. transiliensis M.Pop. ex Ovcz. is a Dzhungaro-Eastern Tian Shan meadow species, perennial. It has been described in the surveyed territory [6]. It occurs sporadically in the upper mountain belt, on lawns and moraines, and around snowfields.

№1. The author of the first description of the species, M.G. Popov [17], described it growing in the valleys of the rivers M. Almatinka and Turgen, and M.S. Baitenov et al. [23], in the Talgar and Issyk river valleys. We collected it on 07.06.2008 on rocky slopes of a pit in the Chimbulak Gorge, near the second lift station at the Talgar Pass (2850 m).

R. trautvetteranus Regel ex Kom. is a Pamir-Alai-Tian Shan meadow species, perennial. This species is identified by some authors [24] with *R. songoricus*.

№1. It grows on wet slopes and lawns of the alpine belt: in the upper reaches of the rivers Turgen and Teskensu [15], and in the valleys of the Talgar and Issyk rivers [23].

Shibatheranthis longistipitata (Regel) Nakai is an Iranian-Mountainous-Asian meadow-steppe species, perennial. It is rare in the surveyed area. It occurs sporadically in small isolated populations on the dry slopes of lowlands,

№1. M.S. Baitenov et al. [23] mentioned that in the valley of the Left Talgar River it grows up to the alpine belt. We found it in the middle part of the Kotyrbulak River valley (dry slope with shrubs and single trees of Dzhungar hawthorn, 1300 m) and in the same conditions in the valley of the Kirgaulda River (oral communication by V. Epiktetov).

Thalictrum alpinum L. is an Arcto-Alpine, Holarctic meadow species, a miniature perennial plant (**№1, 2**). It is found everywhere in the alpine belt on lawns, crushed stone slopes, and moraines. Sometimes it descends to the upper part of the subalpine belt.

№1. The species is common, sometimes plentiful.

№2. It grows on the Kurmekty pass and in the upper reaches of the Kurmekty Gorge.

Th. collinum Wallr. is a Palearctic meadow, meadow-steppe species, perennial. It is found scattered throughout the surveyed area among shrubs, along dry meadows and steppe slopes, from the foothills to the lower part of the subalpine belt.

№1. The species is common, not abundant.

Th. flavum L. is a Palearctic forest-meadow species, perennial. It is found growing sporadically in a strip of deciduous forests in clearings and among shrubs, sometimes along river banks.

№1. We found it in the valleys of the rivers Aksai, Turgen, B. Almatinka (Alma-Arasan), and in the Oizhailau and Soldatsay gorges, not abundant.

Th. foetidum L. is a Palearctic meadow species, perennial (**No.1, 2**). It is found in the sub-alpine belt on rocky slopes, among various grasses, and in meadows.

№1. According to M.G. Popov [17], it sometimes grows in meadows of the spruce belt in the valley of the Turgen River, and according to M.S. Baitenov et al. [23], on rocky and crushed stone slopes of the upper mountain belt in the valley of the Talgar River.

№2. It has been found on the Kurmekty pass, in the Zap. Karabulak Gorge, and in the middle course of the Kaindy River.

Th. isopyroides C.A. Mey. is a Dzhungaro-Mediterranean steppe species, perennial. It is common on dry slopes of the desert lowlands.

№1. It was described by M.G. Popov [17] growing in the mountains of Shugata. It is likely to occur in the eastern part, in ASCNR.

Th. minus L. is a Palearctic forest-meadow species, perennial. It grows on stony-crushed slopes, in shrub thickets, and in mixed grass.

№2. It has been found in the Zap. Karabulak, Kolsai, Saty, and Zhamanbulak gorges.

Th. simplex L. is a Palearctic forest-meadow species, perennial (**No.1, 2**). It is found in the forest and subalpine belts in meadows, forest clearings and along river banks.

№1. M.G. Popov [17] described it growing in Chilik and Zhenishke, and M.S. Baitenov et al. [23], in Talgar. We found it growing sporadically in the valley of the Turgen River (2175 m) and in sparse spruce stands of M. Almatinka (1700 m).

№2. It is found on the Kurmekty pass, in the Kolsai and Saty gorges, on the left bank.

Trollius altaicus C.A. Mey. is a Tian Shan-Altai forest-meadow species, perennial (**No.1,2**). It is found in the subalpine belt, in herb meadows of spruce forests, archevniks, and in damp meadows.

№1. It is quite rare in the surveyed territory, and is not on the earlier lists [15,17,23]. We found it in

the valley of the Kotyrbulak River (Ivashchenko, 2007) [31] and on the left bank of the Almatinka River, above the Chimbulak Gorge (2400 m), not abundant.

№2. It grows in the Taldy, Kolsai, Saty gores on the left bank, the Aliman Gorge.

Trollius asiaticus L. is a North Tian Shan-Siberian meadow species, perennial. It grows in the sub-alpine belt in herb meadows, on damp lawns, pebbles, and near streams.

№2. It has been found in the Zap. Karabulak Gorge.

T. dschungaricus Regel is a Dzhungaro-Pamir-Alai forest-meadow, meadow species, perennial (**No.1, 2**). This is a common species found throughout the study area in meadows, among archevniks, along forest glades and edges from the upper part of the forest belt to the alpine belt.

№1. The species is abundant in places.

№2. It is found on the pass and gorge Kurmekty, at the headwaters of the right tributaries of the Kolsai River, 14.07.1952; in the Kaindy Gorge, Zap. Karabulak, Kuturga, Kolsai, and Saty Gorges.

T. lilacinus Bunge is a Pamir-Alai-Tian Shan-Altai meadow species, perennial (**No.1, 2**). This is a typical inhabitant of the alpine belt. It grows sporadically on alpine lawns and on rocky slopes near snowfields, and in pits.

№1. The pretty rare.

№2. It grows on the Kurmekta pass, in the upper reaches of the Sata River, and at the sources of the Kolsai River.

Family Berberidaceae Juss.

**Berberis iliensis* M. Pop. is a forest shrub endemic to the Ili River valley; listed in the Red Book of Kazakhstan [29].

№1. It does not grow in the IA SNNP, but is found on the territory of the ASCNR, in tugai thickets along the Chilik River valley, below the Bartogay reservoir.

Berberis sibirica Pall. is a Dzhungaro-mountain-Siberia petrophilic-lithophytic shrub. It grows on stony rocks, rocky slopes and placers.

№2. It has been found in the Kolsai Gorge, in 2015, by S.K. Mukhtubayeva, M.P. Danilov, A.A. Shormanova, and B. Bilibayeva [3]. The species needs further investigation.

B. sphaerocarpa Kar. et Kir. (*B. heteropods* Schrenk) is an Altai-Tian Shan forest-meadow shrub (**No.1, 2**). This is a common species found throughout the territory in deciduous forests, along slopes and rivers, up to the upper boundary of the spruce forests.

№1. It has been recorded at all forest monitoring sites, from Aksai (1350 m) to the vicinity of the Lake B. Almaty (2550 m).

№2. It is found along the river in the Kurmety Gorge, in the Zap. Karabulak, Kaindy, Vost. Karabulak, and Saty gorges on the left bank.

Gymnospermium altaicum (Pall.) Spach is a Tian Shan-Altai forest perennial tuberous ephemeroïd, one of the most prominent primroses (after *Crocus alatavicus* Regel & Semenow and *Iridodictyum kolpakowskianum* (Regel) Rodion.). It grows mainly in apple forests, among shrubs, only in the lower belt of mountains (1000-1600 m).

№1. It occurs sporadically (Talgar, Kotyrbulak, Belbulak, Turgen, Remezovka), in places abundantly. The species is listed in the Red Book of Kazakhstan [48].

№2. There are no reliable data on this species in the protected area. It was recorded by S.K. Mukhtubayeva [3] in the Kungei Alatau without specific location.

Leontice ewersmannii Bunge is a Central Palearctic steppe perennial ephemeroïd found in clay plains and foothills.

№1. It was not previously recorded in the surveyed area; M.G. Popov [17] found it only in the foothills of Sugata (Pshuk-Nura). The only known population reported by V.G. Epiktetov was located in the lower part of a dry slope of the left bank of the Kirgaulda River (1200 m).

Conclusion

Thus, within the protected areas of the Northern Tien Shan (Ile Alatau State National Nature Park, Almaty Reserve and the "Kolsai Koldery" State National Nature Park), 82 species from 26 genera of the family Ranunculaceae and two related families, Paeoniaceae and Berberidaceae, are protected, which is 97.6% of the flora of this floristic area. There are abundant, widespread, endemic and rare, listed in the Red Book, species. There were two endemics and five rare species. Among the Red Book listed species, one, *Hepatica falconeri*, is the rarest and the only representative of the genus *Hepatica* in the flora of Kazakhstan; it occurs in a few locations in a single gorge of the Kungei Alatau. Another rare species is *Gymnospermium altaicum*, one of the early primroses of the Northern Tien Shan, which presence in the SNNP "Kolsai Koldery" requires confirmation. The above rare species, as well as *Adonis tianschanicus*, are the objects of a special study by a doctoral students of Al-Farabi KazNU.

In turn, all rare species should be subject to regular monitoring within the protected areas.

Most of the species of the families Ranunculaceae, Paeoniaceae and Berberidaceae have various beneficial properties including decorative and medicinal; some species are poisonous. Some species are weeds, the number of which increases sharply with grazing, for example *Aconitum leucostomum*. This species forms a special formation studied in detail by S.A. Arystangaliev [32]. In “Kolsai Koldery” it consists of three groups of associations: Aconite-Geranium, Chervils-Aconite and False Hellebore-Aconite, where the dominants and subdominants are *Geranium rectum* Trautv., *Anthriscus aemula* (Woronow) Schischk. and *Veratrum lobelianum* Bernh. The group of harmful weeds not eaten on pastures includes, in addition to aconites, other representatives of the family Ranunculaceae (*Thalictrum simplex*, *Th. foetidum*, *Ranunculus polyanthemus*, *R. grandifolius*). Especially abundant are their thickets in the Kungei Alatau, including in the territory of “Kolsai Koldery”, where grazing ceased not so long ago.

Some weeds grow abundantly in cattle sites, sometimes appearing in atypical habitats. For

example, on June 20, 2015 we recorded a typical inhabitant of the foothills, an annual *Ceratocephalus testiculatus* in the upper reaches of the Assy River at an altitude of 2710 m, as well as in the spruce belt near the road to the Turgen Gorge (2175 m).

Analysis of the study group by life form showed that the vast majority are herbaceous plants, mainly perennials (84.1%), with annuals comprising only 6.1%. Also, the share of shrubs is low (9.8%). With regard to the distribution of species by ecological and cenotic groups, since the family Ranunculaceae is of boreal origin, its representatives are mostly found in the forest, forest-meadow and meadow plant communities (59.7%). The proportion of meadow-steppe and steppe species is lower (19.5%), as well as that of the coastal-water-meadow and aquatic species (15.6%); a few species (*Paraquilegiaanemonoides*, *P. caespitosa*, *Paropyrum anemonoides* and *Berberis sibirica*) belong to the group of petrolithophilic elements.

This research was conducted due to a scientific grant BR10965224 «Working out the cadastre of the animal world of the Northern Tien Shan to preserve their genetic diversity».

References

1. Abdulina S.A. (1999). *Spisok sosudistyh rastenij Kazahstana* [List of vascular plants of Kazakhstan]. Almaty, pp.187. (in Russian).
2. Abdulina S.A., Ivashhenko A.A. (2002). Dopolnenie k «Spisku sosudistyh rastenij Kazahstana» [Addition to the “List of vascular plants of Kazakhstan”]. *Itogi i perspektivy botanicheskoy nauki v Kazahstane*. Almaty, pp. 6-10. (in Russian).
3. Arystangaliev S.A. (2022). *Ocherki po geobotanike. Rastitel'nyj pokrov gornyh rajonov Kazahstana* [Essays on geobotany. Vegetation cover of mountainous regions of Kazakhstan]. Almaty: LEM, pp. 144. (in Russian).
4. Bajtenov M.S. (1985). *Vysokogornaja flora Severnogo Tjan'-Shanja* [Alpine flora of the Northern Tien Shan]. Alma-Ata, pp. 232. (in Russian).
5. Bajtenov M.S., Kudabaeva G.M., Myrzakulov P.M., Toguzakov B.Zh. (1991). *Flora Alma-Atinskogo zapovednika* [Flora of the Alma-Ata Reserve]. Alma-Ata, pp. 158. (in Russian).
6. Bajtenov M.S., Vintergoller B.A. i dr. (1988). Sosudistye rastenija. Vidy vysshih rastenij, gribov i lishajnikov gornyh ushhelij central'noj chasti Zailijskogo Alatau [Vascular plants. Species of higher plants, fungi and lichens of mountain gorges in the central part of the Zailiyskiy Alatau]. *Putevoditel' botanicheskikh jekskursij po Kazahstanu (Zailijskij Alatau i Juzhnoe Pribalhash'e)*. Alma-Ata, pp.33-39. (in Russian).
7. Bykov B.A. (1950). *Elovyje lesa Tjan'-Shanja* [Spruce forests of the Tien Shan]. Alma-Ata, pp. 142. (in Russian).
8. Cherepanov S.K. (1995). *Sosudistye rastenija Rossii i sopredel'nyh gosudarstv* [Vascular plants of Russia and neighboring countries]. SPb, pp. 992. (in Russian).
9. Cvelev N.N. (1976). *Zlaki SSSR* [Grains of the USSR]. L, pp. 598. (in Russian).
10. *Flora Kazahstana* [The flora of Kazakhstan]. (1956-1966). Alma-Ata, vol.1-9. (in Russian).
11. *Flora Sibiri* [Flora of Siberia]. Novosibirsk. vol. 1-14. (in Russian).
12. *Flora SSSR* [Flora of USSR]. (1934-1964). V.-L, vol.1-30. (in Russian).
13. Goloskokov V.P. (1949). *Flora i rastitel'nost' vysokogornyh pojasov Zailijskogo Alatau* [Flora and vegetation of the high-mountain belts of the Zailiyskiy Alatau]. Alma-Ata, pp. 203. (in Russian).
14. Goloskokov V.P. (1963). Gerbarii tipov rastenij Kazahstana [Herbariums of plant types of Kazakhstan]. *Bot. mater. Gerbarija In-ta bot. AN KazSSR*. Alma-Ata, vol. 1, pp. 4-67. (in Russian).
15. Goloskokov V.P. (1984). *Flora Dzhungarskogo Alatau* [Flora of Dzungarian Alatau]. Alma-Ata, pp. 224. (in Russian).
16. *Illjustrirovannyj opredelitel' rastenij Kazahstana* (1969; 1972) [Illustrated guide to plants of Kazakhstan]. Alma-Ata, vol.1, pp.652; vol.2, pp.572. (in Russian).

17. Ivashhenko A.A. (2007). Materialy k flore Ile-Alatauskogo nacional'nogo prirodnogo parka [Materials for the flora of the Ile-Alatau National Natural Park]. *Almaty: Nauchnyj zhurnal Terra*, no 2(3), pp. 98-105. (in Russian).
18. Ivashhenko A.A. (2012a) Rol' kazahstanskih botanikov v izuchenii flory Ile-Alatauskogo nacional'nogo parka [The role of Kazakh botanists in the study of the flora of the Ile-Alatau National Park]. *Rastitel'nyj mir i ego ohrana: Master. mezhdunar. nauchn. konfer. posvjashhennoj 80-letiju Instituta botaniki i fitointrodukcii*. Almaty, pp.43-47. (in Russian).
19. Ivashhenko A.A. (2015) "Materialy k flore Ile-Alatauskogo nacional'nogo parka i priliegajushhih territorij [Materials for the flora of the Ile-Alatau National Park and adjacent territories.]" *Tr. Ile-Alatauskogo nacional'nogo parka*. 1st ed. Sost. A.A.Ivashhenko, R.M. Turehanova. Astana: Zhasyl Orda, pp. 29-79. (in Russian).
20. Ivashhenko A.A., Ishkov L.V. (2012) "Materialy po flore i rastitel'nosti nacional'nogo parka «Kolsaj kolderi» [Materials on the flora and vegetation of the national park "Kolsai Kolderi"]". *Nauchnye trudy GNPP «Kolsaj kolderi»*. 1st ed. Almaty, pp.34-70. (in Russian).
21. Ivashhenko A.A., Kaparbay R.E. (2016). O sostojanii populjaccii *Paeonia intermedia* C.A. Mey [On the state of the population of *Paeonia intermedia* C.A. Mey]. *Materialy nauchn. konf. s mezhdunar. uchastiem «Sohranenie bioraznoobrazija i racional'noe ispol'zovanie bioresursov*. Almaty, pp. 66-70. (in Russian).
22. Kaparbay R.E., Tolenova A.D., Almabek D.M., Ivashchenko A.A., Abidkulova K.T., Arynov B.B. (2023). Monitoring of rare floristic elements of the Northern Tien-Shan Mountain Forest. *Experimental Biology*, no1(94), pp.11-24.
23. Kokoreva I.I. (2007). *Rastenija Dzhungarskogo i Zailijskogo Alatau, nuzhdajushhiesja v ohrane* [Plants of the Dzungarian and Zailiysky Alatau in need of protection]. Almaty, pp. 212. (in Russian).
24. *Krasnaja kniga Kazahstana T.2. Rastenija* (2014) [Red Book of Kazakhstan T.2. Plants]. Astana, pp. 452. (in Russian).
25. Malybekova B.B., Otradnyh I.G., S'edina I.A. (2016). Sostav rastitel'nyh soobshhestv monitoringovyh ploshhadok vblizi sistemy ozer GNPP «Kolsaj kolderi» [The composition of plant communities of monitoring sites near the system of lakes of the SNNP "Kolsai Kolderi"]. *Problemy sohraneniya biologicheskogo raznoobrazija Zapadnogo Tjan'-Shanja*. Shymkent, pp.150-155. (in Russian).
26. 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, pp.8 – 18. (in Russian).
27. *Opredelitel' rastenij Srednej Azii* (1968-1993) [Key to plants of Central Asia]. Tashkent, vol. 1-10. (in Russian).
28. Poljakov P.P. (1948). Listvennye lesa Zailijskogo Alatau [Deciduous forests of Zailiyskiy Alatau]. *Tr. Almatinskogo gos. zapovednika*. Alma-Ata, vol.6, pp.103-121. (in Russian).
29. Popov M.G. (1940). *Flora Alma-Atinskogo gosudarstvennogo zapovednika* [Flora of the Alma – Ata State Reserve] – Alma-Ata. – pp. 50. (in Russian).
30. Roldugin I.I. (1989). *Elovyje lesa Severnogo Tjan'-Shanja* [Spruce forests of the Northern Tien Shan]. Alma-Ata, pp. 304. (in Russian).
31. Rubcov N.I. (1941). Geobotanicheskie issledovanija v bassejne r. Maloj Alma-atinki [Geobotanical research in the basin of the river. Small Alma-Atinka]. *Materialy issledovanij rastitel'nosti Kazahstana*. L., pp.43-127. (in Russian).
32. S'edina I.A., Otradnyh I.G., Ualiev B.B., Arynov B. (2017). Sovremennoe sostojanie populjaccij redkih vidov rastenij na territorii 2 [The current state of populations of rare plant species in the territory 2]. *Aktual'nye voprosy sohraneniya bioraznoobrazija severnogo Tjan'-Shanja. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii k 10-letiju 2 i mezhdunarodnomu dnju zashhity snezhnogo barsa*. Saty, pp. 205-208. (in Russian).
33. Utehin V.D. (1984) Proekt instrukcii po organizacii i osushhestvleniju geosistemnogo monitoringa v biosfernyh zapovednikah. *Geosistemnyj monitoring v biosfernyh zapovednikah*. M., pp. 14-32. (in Russian).

R. Salmurzauly^{1,2,3*}, S.T. Nurtazin², A.B. Mirzakul^{1,2},
S.S. Boltaev^{1,2}, I.S. Galymzhanov², Y.A. Matenov^{1,2}

¹Satbayev University, Kazakhstan, Almaty

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

³The Scientific Research Institute of Ecological Problems (SRIEP), Kazakhstan, Almaty

*e-mail: ruslan.salmurzauli@gmail.com

CURRENT STATE OF TUGAY ECOSYSTEMS IN THE MIDDLE STREAM OF THE ILI RIVER

Forest ecosystems are one of the most important components of the Earth's biosphere due to their global ecological and socio-economic importance. In hydromorphic landscapes of arid regions of Central Asia with its sharply continental climate, these ecosystems are represented by unique in their biodiversity and environment-forming role coastal tugay forests in river floodplains, flooded lowlands and islands. Among desert, semi-desert and steppe ecosystems, tugay forests are ecosystems with the highest aboveground biomass and biodiversity. Due to the growing reduction of runoff of most rivers in Central Asia due to increased water consumption by agrarian and industrial production and negative climatic changes, the area of tugay forest ecosystems has catastrophically decreased. Ecological restoration of degraded tugay forests is a key factor in combating desertification in arid regions. Taking into account the fact that tugay forest ecosystems are currently represented only by scattered areas exclusively in West and Central Asia, their conservation is of global importance. The results of a comprehensive study using remote sensing and GIS-technologies, field work to assess the successional dynamics of tugay ecosystems in the middle reaches of the Ili River in connection with hydrological and climatic factors are presented in the article.

Key words: tugay ecosystems, remote sensing methods, vegetation degradation, climate change, river flow regulation, ecosystem conservation.

Р. Салмұрзаұлы^{1,2,3*}, С.Т. Нұртазин², А.Б. Мірзақұл^{1,2},
С.С. Болтаев^{1,2}, И.С. Галымжанов², Е.А. Матенов^{1,2}

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Қазақстан, Алматы қ.

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

³Экология мәселелері ҒЗИ, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: ruslan.salmurzauli@gmail.com

Іле өзенінің орта ағымындағы тоғай экожүйелерінің қазіргі жағдайы

Жаһандық экологиялық және әлеуметтік-экономикалық маңыздылығына байланысты жер биосферасының маңызды компоненттерінің бірі – орман экожүйелері. Орталық Азияның құрғақ аймақтарының гидроморфты ландшафттарында, оның күрт континентальды климаты бар, бұл экожүйелер биоәртүрлілігімен және өзеннің жайылмаларындағы, су басқан ойпаттар мен аралдардағы жағалаудағы тоғай ормандарының қоршаған орта қалыптастырушы рөлімен ерекшеленеді. Шөл, шөлейт және дала экожүйелерінің ішінде тоғай ормандары – жер үсті биомассасы мен биоалуантүрлілігі ең жоғары экожүйелер. Аграрлық-өнеркәсіптік өндірістің су тұтынуының өсуіне және климаттың теріс өзгеруіне байланысты, Орталық Азияның көптеген өзен ағындарының азаюына байланысты тоғай орман экожүйелерінің аумағы апатты түрде қысқарды. Тозған тоғай ормандарын экологиялық қалпына келтіру – құрғақ аймақтардағы шөлейттенуге қарсы күрестің негізгі факторы. Тоғай орман экожүйелері қазіргі уақытта тек алдыңғы және Орталық Азиядағы шашыраңқы диапазондармен ұсынылатындығын ескере отырып, оларды сақтауда жаһандық маңызы бар. Гидрологиялық және климаттық факторларға байланысты Іле өзенінің орта ағысындағы тоғай экожүйелерінің сабақтастық динамикасын бағалау бойынша ЖҚЗ және ГАЖ-технологияларын және далалық жұмыстарды пайдалана отырып кешенді зерттеу нәтижелері беріледі.

Түйін сөздер: тоғай экожүйелері, ЖҚЗ-әдістері, өсімдік жамылғысының деградациясы, климаттың өзгеруі, өзен ағынын реттеу, экожүйелерді сақтау.

Р. Салмурзаулы^{1,2,3*}, С.Т. Нуртазин², А.Б. Мирзақұл^{1,2},
С.С. Болтаев^{1,2}, И.С. Галымжанов², Е.А. Матенов^{1,2}

¹Казахский Национальный Исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы

²Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

³НИИ проблем Экологии, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: ruslan.salmurzauli@gmail.com

Современное состояние пойменных тугайных экосистем среднего течения реки Иле

Одним из важнейших компонентов биосферы Земли, благодаря своему глобальному экологическому и социально-экономическому значению, являются лесные экосистемы. В гидроморфных ландшафтах аридных регионов Центральной Азии с ее резко континентальным климатом данные экосистемы представлены уникальными по своему биоразнообразию и средообразующей роли прибрежными тугайными лесами в поймах рек, в затопляемых низинах и островах. Среди пустынных, полупустынных и степных экосистем тугайные леса являются экосистемами с самой высокой надземной биомассой и биоразнообразием. В связи с растущим сокращением стока большинства рек Центральной Азии из-за роста водопотребления аграрно-промышленным производством и негативными климатическими изменениями, площадь тугайных лесных экосистем катастрофически сократилась. Экологическое восстановление деградировавших тугайных лесов является ключевым фактором в борьбе с опустыниванием в засушливых регионах. Учитывая тот факт, что тугайные лесные экосистемы в настоящее время представлены лишь разрозненными ареалами исключительно в Передней и Центральной Азии, их сохранение имеет мировое значение. Приводятся результаты комплексного изучения с использованием методов ДЗЗ и ГИС-технологий, полевых работ по оценке сукцессионной динамики тугайных экосистем в среднем течении реки Или в связи с гидрологическими и климатическими факторами.

Ключевые слова: тугайные экосистемы, методы-ДЗЗ, деградация растительного покрова, изменение климата, зарегулирование речного стока, сохранение экосистем.

Introduction

One of the most important components of the biosphere is forest ecosystems, which are of global ecological, social, and economic importance. For hydromorphic landscapes of arid regions of Central Asia with its sharply continental climate, tugay forests form the main element of natural vegetation in the river floodplain [1-3].

Tugay forests are not only characterized by exceptional biodiversity in the arid zone, but also provide important food, regulating, and ecosystem services. They have significant environment-forming, soil-fixing, and ameliorative properties and generally stabilize the ecological situation in the river floodplains of arid territories [4-6].

Under natural conditions tree and shrub tugay forests are undergoing changes of dynamic states, which depend entirely on the nature of water availability in the territory and climatic changes [7]. In the past, tugay forests were widespread in Central Asia, but as a result of a sharp increase in water consumption, primarily for irrigation, the total area of tugay forests has dramatically decreased. Modern tugay forests of Central Asia show signs of degradation and desertification, halophytization and simplification of structure, reduction of species

diversity and decrease in productivity [8]. Thus, if in the early 1930s the area of tugay lower reaches of the Amu Darya River amounted to 300,000 ha, by the beginning of 1994 there were only 27,000 ha [10]. Today, the area of tugay in Central Asia is less than 10% of the area occupied by them in the 1960s [11,12].

In Kazakhstan, natural tugay forests have survived only in localized areas within the Shu, Ili, and Syr Darya river basins. A similar trend of the sharp decrease in the areas of tugay forests in recent times is characteristic of West and Central Asia. Against the background of the global trend of floodplain forests reduction, the disappearance of tugay forests is occurring at a catastrophic rate [13].

Reduction of the tugay area leads to the loss of many valuable, rare, and relict species of plants and animals, to the reduction of water protection, water regulation, bank protection, and meliorative role of tugay forests, to the deterioration of human habitat, and to the reduction of certain types of economic activity. The general direction of tugay transformation is shifted towards halophytization and desiccation; loss of typical (conditionally indigenous) tugay tree-shrub communities is observed everywhere, not only groups of associations, but also completely separate formations of tugay vegetation disappear; tree-shrub

tugay is replaced by various variants of grass and halophytic communities, which previously were not widespread [14-16].

Numerous studies have identified the main reasons for the reduction of tugay forests, among which the regulation of river flow, reduction of water availability and changes in the natural hydrological regime of rivers, leading to changes in groundwater regime and flooding, which is the main cause of widespread degradation of tugay ecosystems [17-19].

Thus, the analysis of long-term changes in the flow of the transboundary Ili River, one of the three largest waterflows of Kazakhstan, in the basin of which about 4.5 million people live, shows that approximately from the 1970s began a period of increased water availability of the river, which continues to the present time. However, the Ili River flowing from northwest China is steadily decreasing as the area of land used for agriculture along the Ili River in China has increased by 30% over the past 20 years. Intensive water consumption is also taking place in Kazakhstan. Over the past 60 years, the glaciers of the Zailiisky Alatau, as well as other mountain ranges in Central Asia, have been shrinking at a rate of about 1% per year in terms of ice volume. If these rates continue in the future, the vast majority of glaciers may completely melt by the end of this century [20-23].

Since the climate is one of the main factors shaping ecosystems, the analysis of climatic changes as applied to the assessment and prediction of the dynamics of terrestrial ecosystems of both

floodplain and watershed areas is an extremely important task today. Since vegetation plays an edificatory role in ecosystems, a significant reduction in floods during the growing season and an increase in winter discharges lead to ice jams, freezing of shallow water a long period of time, as well as freezing and soaking of perennial floodplain grass meadows. The established trends in climate change also affect natural vegetation: both zonal and floodplain [24,25].

Our goal was to assess the current state of tugay ecosystems of floodplain areas of the middle flow of the Ili River. To achieve this goal, we solved the following tasks: to describe the main vegetation types of tugay ecosystems depending on the hydrological regime, meteorological conditions and the nature of the impact of anthropogenic factors. Changes in floodplain ecosystems, including riparian forests, were determined using modern Earth remote sensing methods (ERS) with reference to ground data.

Materials and methods

Study Region

The study area is located in the Ili depression and occupies floodplain ecosystems with a length of about 140 km down the middle flow of the Ili River from the Kazakhstan-China border (43°48'12.79"–79°55'43.16 "E) to the Kapshagay water reservoir (43°50'44.76 "N – 78°30'47.23 "E). The Iliysk depression divides the mountain systems of the Zailiisky and Zhetysu (Dzungarian) Alatau (Fig. 1).

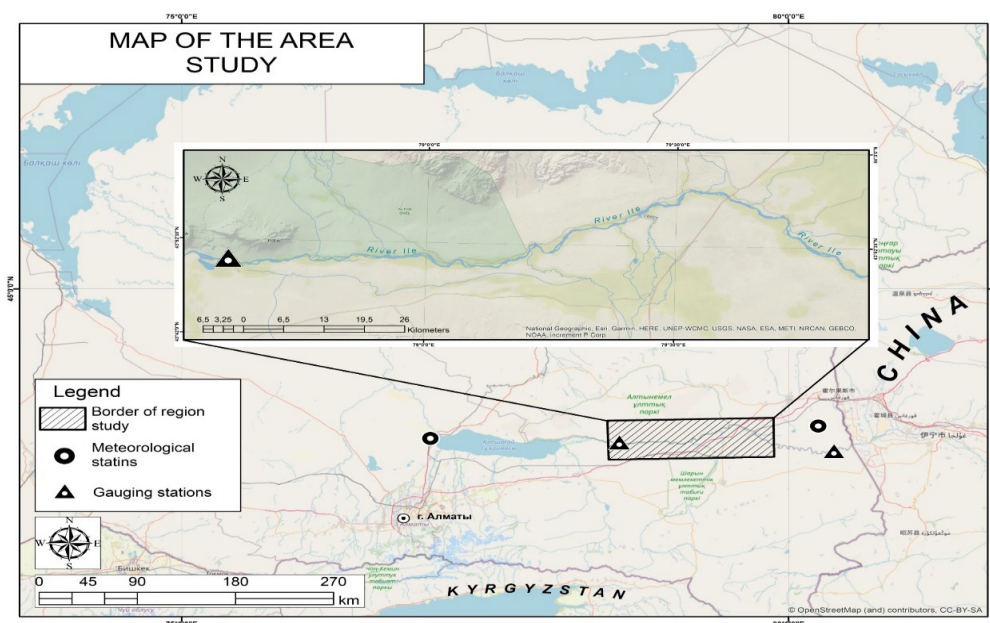


Figure 1 – Location map of the study region

The western part of the depression with a length of about 300 km is located within Kazakhstan. Its absolute heights vary from 800 m in the east near the city of Kulja (PRC) to 400-350 m in the west. The Ili River flows in the most lowered central part of the depression. The natural conditions of the Ili Depression are extremely diverse. Its marginal high parts, especially the zone of outcrop cones at the foot of the Zailiysky and Dzungarian Alatau with snows and glaciers feeding numerous rivers and streams, have well-developed natural irrigation, so they represent diverse grass and cereal meadow steppes on chernozems with deciduous tree species.

In addition, the study area is characterized by a significant diversity of ecosystems, among which there are terrestrial natural ecosystems (weakly modified by human activity), terrestrial anthropogenic-transformed (with changes in soil and vegetation cover) and aquatic ecosystems (rivers, lakes). This is caused by climate change and mainly by the peculiarities of geomorphology, geology and hydrogeology of the area.

One of the main key factors in the reduction and degradation of floodplain ecosystems is the steady decline in water availability of the Ili River, primarily due to the growth of water consumption by the PRC, as well as the withdrawal of tributaries of

the Ili River on the territory of the Kazakhstan. This trend is likely to continue in the future, which will entail corresponding risks for floodplain ecosystems of the Ili River.

Remote sensing methods

Earth remote sensing data, methods of their decryption, as well as classification of space images with a subsequent compilation of thematic GIS maps were used in the study. In mapping and classification of floodplain ecosystems we used multi-temporal multispectral space images from SENTINEL-2 spacecraft with spatial resolution of 10 meters. The selection of space images followed all standard quality criteria (minimum cloud cover, image clarity and full coverage of the study region), as well as the time of imagery, oriented to the purpose of use and the time of field work. The study used 8 satellite images from 2016 to 2023, in addition, radar space data from Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (30 meters) radar systems were used to map aquatic and floodplain landscapes. All used space images were taken from open official catalogs of the US space agency – NASA (<http://landsat.gsfc.nasa.gov>) and European Space Agency (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access>) (Table 1).

Table 1 – List of Earth Remote Sensing data used

Nomenclature	Date of photo	Names of spacecrafts
S2A_MSIL1C_20160717T053642_N0204_R005_T44TLP	17.07.2016	Sentinel-2 (S2MSI2C)
S2A_MSIL1C_20170722T053641_N0205_R005_T44TLP	22.07.2017	Sentinel-2 (S2MSI2C)
S2A_MSIL1C_20180727T053641_N0206_R005_T44TLP	27.07.2018	Sentinel-2 (S2MSI2C)
S2A_MSIL2A_20190712T053651_N0213_R005_T44TLP	12.07.2019	Sentinel-2 (S2MSI2A)
S2A_MSIL2A_20200726T053651_N0214_R005_T44TLP	26.07.2020	Sentinel-2 (S2MSI2A)
S2A_MSIL2A_20210731T053651_N0301_R005_T44TLP	31.07.2021	Sentinel-2 (S2MSI2A)
S2A_MSIL1C_20220726T053651_N0400_R005_T44TLP	26.07.2022	Sentinel-2 (S2MSI2C)
S2A_MSIL2A_20230721T053651_N0509_R005_T44TLP	21.07.2023	Sentinel-2 (S2MSI2A)
SRTM1N43E078V3	23.09.2014	SRTM
SRTM1N43E079V3	23.09.2014	SRTM
SRTM1N43E080V3	23.09.2014	SRTM

Pre-processing and classification of the satellite images and further making of the thematic maps were carried out using the widely used GIS applications SNAP; QGIS: ENVI 5.0; ArcGIS.

To assess the state of the vegetation cover of the study region widely used vegetation indices were applied, such as NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and NDWI (Normalized

Difference Water Index), which are linear and fractional-linear combinations of three spectral channels: 665 nm (red spectral range); 560 nm (green spectrum range), 705 nm (near infrared spectrum range), calculated by the formula:

$$NDVI = \frac{\rho Nir - \rho R}{\rho Nir + \rho R} \quad (1)$$

$$NDWI = \frac{\rho G - \rho Nir}{\rho G + \rho Nir} \quad (2)$$

where:

ρNir – pixel value in the near infrared channel of the spectrum;

ρR – pixel value in the red channel of the spectrum;

ρG – pixel value in the green channel of the spectrum;

We used the NDVI index to assess the condition of floodplain ecosystems, as well as for seasonal comparative analysis [26]. Multi-channel spectral indices, in particular the NDWI water index [27], as well as thematic classification, linear separation and single channel classification using separation threshold [28] have been used in remote sensing of the water surface area of floodplain reservoirs and watercourses.

For the classification of floodplain biocenoses, a “dynamic threshold segmentation” algorithm was used where the basis for riparian vegetation was multi-temporal NDVI series and for aquatic ecosystems was NDWI [29]. Threshold ranges were extracted automatically, the threshold range set for NDWI was: $\geq 0.1 - \leq 0.99$; for NDVI: $\geq 0.26 - \leq 0.99$ (Fig. 2).

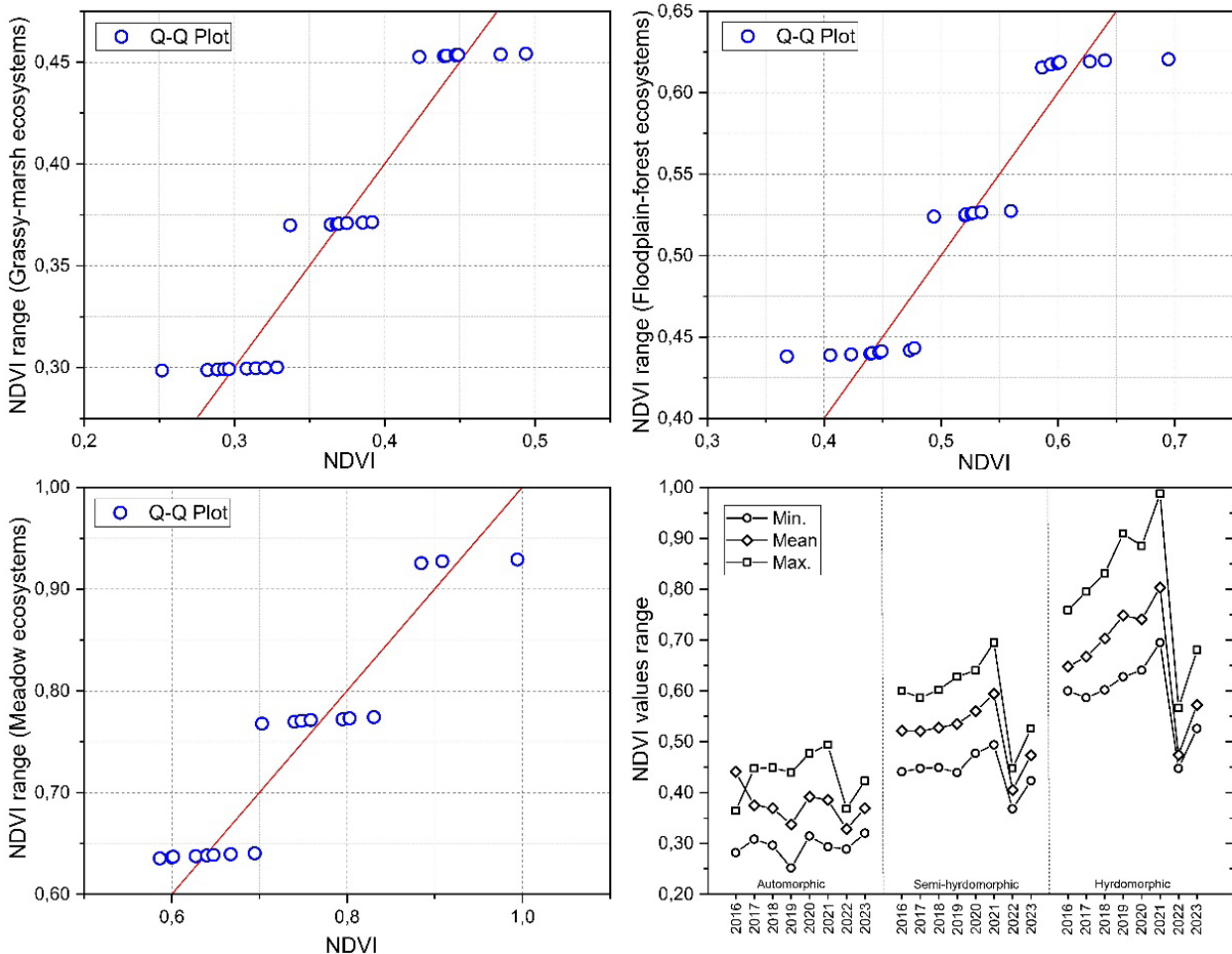


Figure 2 – NDVI threshold values for different types of floodplain hydromorphic ecosystems

As a result of clustering, the resulting data were post-processed to correct vector contours of floodplain ecosystems and tugay forest boundaries using ArcGIS software, and the accuracy of the classification was verified using high-resolution satellite imagery, field research data, and land use data.

In addition to remote sensing techniques, a set of field works was carried out in 2022-2023 in the study region. During the field researches the data on vegetation cover and landscape features at 63 representative sites from different types of tugay biocenoses were collected. The obtained field data on land cover in the form of GPS key points were mapped on space images for further classification of the main biocenoses.

To analyze the dynamics of the hydrological regime of the middle flow of the Ili River (for the period 2000-2020), the data of RSE “Kazhydromet” from the gauging stations “Dobyn Wharf”, located 25 kilometers below the border with the PRC (43°45’29.88 “N, 80°13’50.09 “E) and gauging station No. 164 located 164 kilometers upstream of the Kapshagay HPP dam (43°50’11.87 “N, 78°49’42.54 “E). The regime of precipitation and surface temperature in

the survey area was considered by 2 meteorological stations: MS Kapshagay (43°55’20.42 “N 77° 5’50.33 “E) and MS Zharkent (44° 8’40.78 “N, 79°59’28 “E) (Fig. 1).

Results of the study

Climatic changes in the study region

Atmospheric precipitation regime in the survey area was considered for 2 meteorological stations (MS Kapshagay, MS Zharkent) for the period 2001-2022. In the annual course of precipitation, the maximum falls on spring months with an average value of 105 mm. and the secondary maximum is noted in the fall (October-November), where the long-term average precipitation is equal to 60 mm. The minimum precipitation occurs in August-September and in January-February throughout the study area. In general, warm period (TP) precipitation prevails during the year. Analysis of the linear trend in the time course of annual precipitation amounts and precipitation amounts for warm and cold periods (WP) for both meteorological stations under consideration shows a negative trend (Fig. 3).

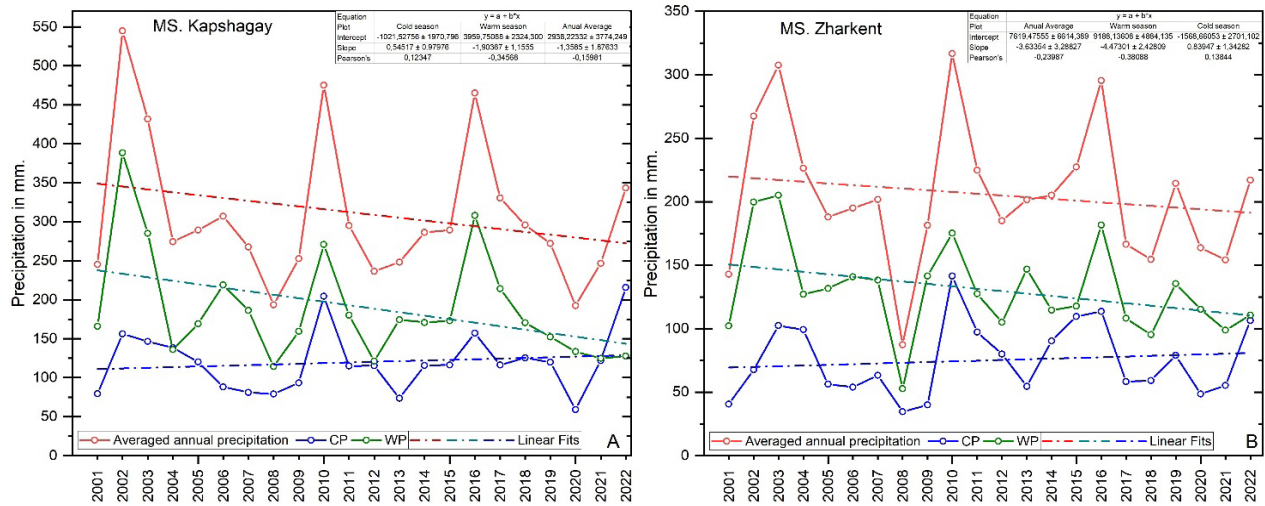


Figure 3 – Averaged annual precipitation sums at MS Kapshagay (A) and Zharkent (B);

Maximum negative values of the linear trend coefficient were observed at the Kapshagay MS (-3.8 mm/year). In the warm period of the year, the character of precipitation change approximately corresponds to the annual one with a negative trend (-4.7 mm/year). In Zharkent there is also a pronounced negative trend in average annual precipitation (minus 1.4 mm/year). In the cold

period of the year, a weak positive trend (0.57-0.88 mm/year) is observed according to the data of the meteorological station. Despite the large variability of atmospheric precipitation from year to year in the period under observation (2001-2022) can be noted anomalously rainy years: 2002, 2010 and 2016 where an average of 40% more precipitation from the mean annual value of 310 mm. There is

also a change in the ratio of warm and cold period precipitation, if in the last decade (2001-2011) the ratio was 37/63%, in the last ten years (2012-2022) the percentage of cold period precipitation increased by 5% – i.e. 42/58%.

The main characteristics of the temperature regime are average annual and average monthly air temperature values, as well as absolute maximum and absolute minimum. The deviations of the actual temperature from its long-term average (norm) provide insight into the temperature variability. The initial material for the study included long-term data

(2000-2022) on air temperature at 2 meteorological stations (MS) located in the study area: Kapshagay and Zharkent.

Winter months show the highest inter-annual variability, while summer months show the lowest. Thus, the long-term average air temperature can vary in January from -0.1 °C to -9.7 °C, and in July from 22.6 °C to 25.5 °C. Temperatures of the warm period of the year, especially summer temperatures, are quite stable, their inter-annual variability is minimal compared to other months of the year (Fig. 4).

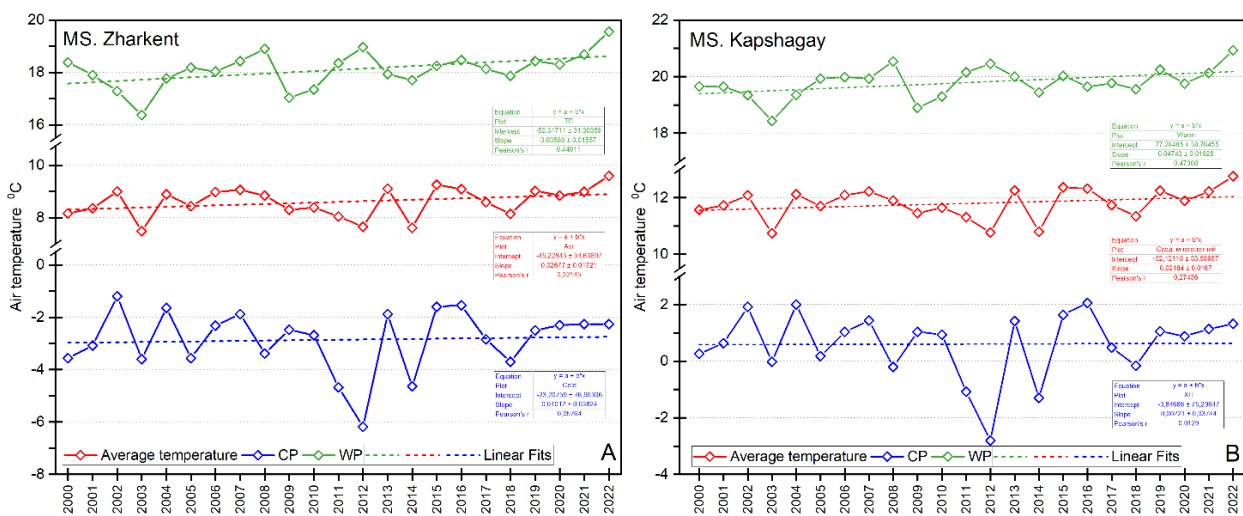


Figure 4 – Graphs of multi-year dynamics of mean annual temperatures at MS Kapshagay (A) and Zharkent (B);

The first general feature to note is the positive trend in surface air temperature anomalies for the mean annual temperature and the absence of any trend for the cold period. Thus, the mean annual temperature in Kapshagay increased by 0.25°C/10 years, and the temperature of the warm period increased by 0.4°C/10 years; the temperature for the cold period remained unchanged and amounted to 0.02°C/10 years. However, it should be noted that the temperature of the summer season is less variable compared to the temperature of other seasons. Zharkent is characterized by the following temperature changes: the average annual temperature increased by 0.3°C/10 years, the warm period (WP) temperature increased by 0.5°C/10 years, and the thermal regime of the cold period by 0.1°C/10 years. Figure 4 shows the time course of surface air temperature for annual mean, cold period and warm period according to MS Kapshagay and Zharkent (Fig. 4).

Trends of changes in the hydrological regime of the Ili River for the period 2001-2020

The main complex factor determining the features of the natural complex of the Ili River floodplain located in the arid zone is the hydrological regime and, first of all, the nature of spring and summer floods, which have been artificially regulated since 1970. Therefore, ecological grounding of the regime of artificial regulation of water flow and tracking the consequences of such regulation is of great importance in the monitoring system in this region [30-32].

To analyze the dynamics of the hydrological regime of the lower reaches of the Ili River (for the period 2001-2020), data from the gauging station “Dobyn Wharf” and gauging station No. 164, located 164 kilometers upstream of the Kapshagay HPP dam, were used.

According to water discharge measurements at the Dobyn gauging station, there was a

significant decrease in the flow of the Ili River, in particular, the amount of water coming from China decreased by 30%. Despite the noticeable decrease in the total flow during the period under consideration, we can highlight the anomalously

high-water years – 2010 and 2016, with an average annual water flow of 594 and 641 m³/sec, respectively. Dry years include 2014 and 2020, where the average flow was below 350 m³/sec (Fig. 5).

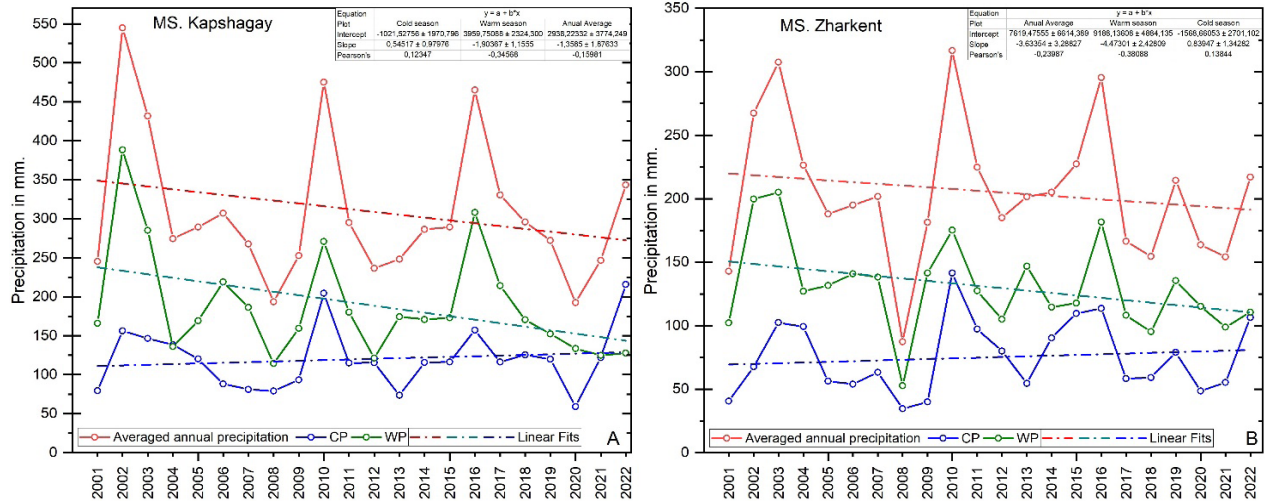


Figure 5 – Combined graph of average annual and average monthly water discharge in m³/sec (based on data from “Dobyn Wharf” hydropost)

According to long-term data for the last 20 years, the following periods can be distinguished: spring flood (April-May, with an average monthly discharge of 422 m³/sec), three-month summer flood (with an average monthly discharge of 573 m³/sec) and seven-month autumn-winter low water (with an average monthly discharge of 367 m³/sec). The maximum average monthly water flow, more than 600 m³/sec, is observed in July during the most intensive melting of snow and glaciers.

When considering the variability of distribution within the annual runoff, the most informative are the distinctions of high-water years from low-water years. According to our observations over the last 10 years, the high-water years can include 2015-2017, where the average discharge of the three-month summer flood reached 860 m³/sec, whereas in the last three years (2018-2022) it decreased almost three times reaching a minimum of 290 m³/sec (Fig. 5).

The problem of reducing water flow in the Ili River as a transboundary river is extremely complex and has no unambiguous solutions. Against the background of global warming and reduction of glacier reserves, the issue of water allocation between Central Asian countries becomes even more complicated and urgent.

Dynamics of floodplain ecosystems in the Ili River delta

Tugay belongs to special so-called intrazonal hydromorphic ecosystems, predated to river valleys and deltas, as well as to the shores of lakes and reservoirs and areas of groundwater and subsurface water outflow. As in the case of “zonal” ecosystems, the spatial distribution of intrazonal ecosystems reflects latitudinal and altitudinal zonality.

Using space data and remote sensing methods with subsequent linkage to ground data, we have identified 3 subtypes of hydromorphic ecosystems in the study region:

- meadow ecosystems formed on alluvial soils of meadow series and often used as hayfields;
- grassy-marsh ecosystems, confined to soils of the marsh series, formed under excessive moisture on negative relief positions;
- floodplain-forest ecosystems, formed in streamside areas on primitive alluvial meadow-tugay soils.

In addition to the above ecosystems, the authors also determined the dynamics of changes in aquatic ecosystems including channels and floodplain lakes (Figure 6).



Figure 6 – Aerial photo of general view of floodplain ecosystems of the Ili River valley

The vegetation cover of meadow ecosystems is directly related to river activity and occupies the first floodplain terrace, where some relief elements are flooded annually and others are flooded sporadically or not at all, i.e. areas of dry meadows alternate with flooded or marshy meadows. Diversity of meadow communities is usually found with predominance of coarse-stemmed and soft-stemmed grasses: bushgrass (*Calamagrostis epigeios*), common reed (*Phragmites australis*), needlegrass (*Achnatherum calamagrostis*), reed canary grass (*Phalaris arundinacea*), couch grass (*Elytrigia repens*), barley (*Hordeum bogdanii*). They form both monodominant communities and in various combinations with each other, often with a considerable admixture of grasses and weeds: bushgrass-cough grass-herb, cough grass-reed-herb,

cough grass, bushgrass, barley grass, reed-dogbane, canary grass-cough grass. Licorice and bramble thickets are found in large areas (Fig. 7).

Grassy-marsh ecosystems are represented on the coast of the Ili River channel and islands (in the form of rather dense reed thickets), formed as a result of meandering of its channel, as well as periodic, mainly early-spring flooding on fluvial-marsh, meadow-marsh, marsh-meadow, less often floodplain meadow soils. Common reed here forms monodominant communities with projective cover of almost 100% and height of 1.5-2.0 m. In these ecological conditions, together with reed communities, cattail, spikeseedge, spikeseedge-marsh, reed-spikeseedge, reed-cough grass communities are found (Fig. 8).



Figure 7 – Grass – herb community on meadow soil of the Ili River floodplain



Figure 8 – Reed-cattail communities of the Ili River floodplain

Regarding the floristic composition of ecosystems represented in the surveyed region, it should be noted that floodplain-forest ecosystems (riparian forests) are represented by the largest number of species. As a rule, they are confined to riverbed areas and belong to the type of semi-hydromorphic intrazonal ecosystems. Their main edificators are xeromesophilic mesothermal trees – turanga poplars (*Populus Diversifolia* (*Populus euphratica*), *P. ariana*, *P. pruinosa*), oleaster (*Elaeagnus turcomanica*, *E. orientalis*), willow (*Salix songarica*), often wrapped with vines (*Cynanchum sibiricum*, *Clematis orientalis*), as well as large shrubs and tall grasses: tamarisk (*Tamarix ramosissima*, *T. meyeri*, *T. floror. meyeri*, *T. florida*, *T. laxa*, *T. elongata*, etc.), common salt tree (*Halimodendron halodendron*), reed (*Phragmites australis*), reed grass (*Calamagrostis dubia*, *C. epigeios*, *C. pseudophragmites*), cough grass (*Elytrigia repens*), dogbane (*Trachomitum scabrum*) (Fig. 9).

Analysis of satellite images allowed to observe the dynamics of changes in the area ratios of the main subtypes of hydromorphic ecosystems with the subsequent creation of thematic GIS maps of the study area (Fig. 10).



Figure 9 – Tugay forests

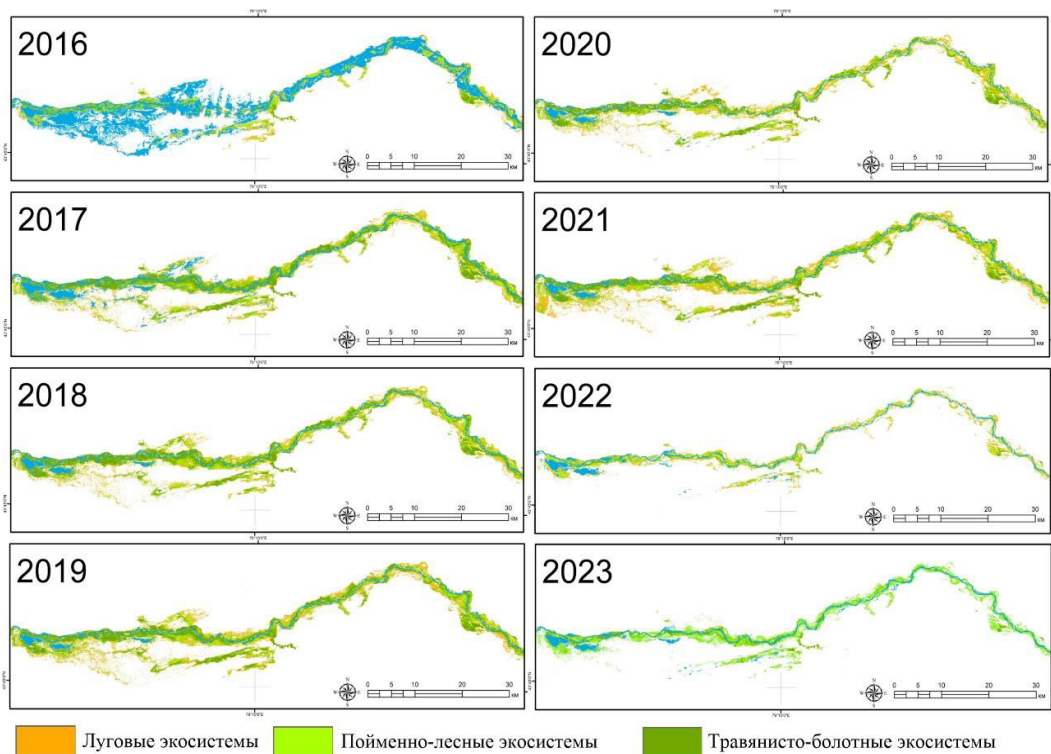


Figure 10 – Thematic GIS maps of changes in the main types of hydromorphic ecosystems of the river floodplain

Among the studied time series, 2016 is distinguished with anomalous high water content with the average monthly flow for the summer

months – 1118 m³/sec, while it reached a maximum of 1350 m³/sec in July. A sharp increase in water availability by 45% in a short time resulted

in extensive flooding not only of floodplain terraces but also of over-floodplain coastal semi-hydromorphic ecosystems. According to the data from gauging station No. 164, during the summer

floods the river level rose by almost 1.8 meters, and the flooded area according to calculations of authors in the study area amounted to almost 298.4 km² (Fig. 11).

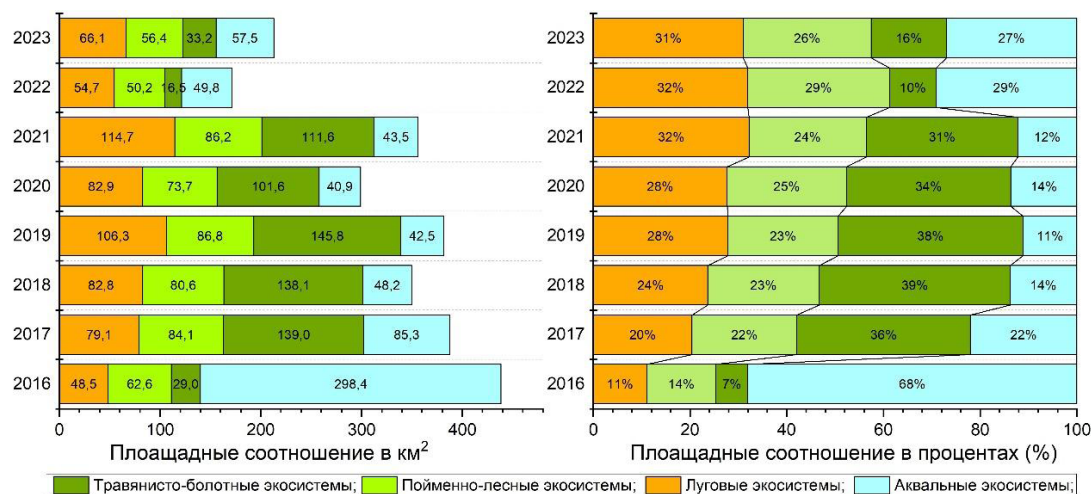


Figure 11 – Area ratios of the main subtypes of hydromorphic ecosystems of the Ili River floodplain over the last 8 years in km² and percent.

A similar abnormally high summer flood occurred in 2010, but then the flooded area was 24% smaller and amounted to 230 km². Field work conducted in the lower reaches of the Ili River in 2012 showed that after flooding, in areas with light soils, where the salt content in soils decreased as a result of washout.

Rich development of mesophytic vegetation was also noted – there appeared areas of grass, bushgrass (*Elytrigia repens*), cough grass (*Calamagrostis epigeios*), grass-herb (*Glycyrrhiza uralensis*, *Leumus multicaulis*) meadows, abundant renewal of tugay vines, especially bugle vine (*Calystegia sepium*) and Chinese clematis (*Clematis orientalis*). In the areas with heavier soils, among dogbane-wildrye-licorice (*Glycyrrhiza uralensis*, *Leumus multicaulis*, *Trachomitum lancifolium*) meadows there were spotted saline areas with halophytic-annual-saline (*Suaeda linifolia*, *S.heterophila*, *Saussurea salsa*, *Limonium otolepis*, *Puccinellia dolicholepis*) cenoses.

Marsh-meadow and alluvial-meadow soils with heavier mechanical composition are literally cemented after flooding, i.e. soil drying processes are preserved, as a result of which the vegetation cover does not fully recover cough grass and bushgrass meadows, typical for these massifs under natural flood regime.

Such flooding is very important for maintenance of groundwater level and for sustainable development of floodplain hydromorphic ecosystems, in particular, tugay forests.

In the following three years (2017-2019), the average annual river flow decreased to an average of 383 m³/sec, resulting in a sharp decrease in aquatic ecosystems. At the same time, floodplain hydromorphic ecosystems, unlike aquatic ecosystems, did not undergo much change due to groundwater accumulation in 2016.

In 2020, water flow during summer months amounted to 165 m³/sec, which is a record low for 20 years of observations. Such dramatic negative changes led to drying of meadow soils with subsequent salinization. The field studies conducted by authors in 2022-2023 on the middle reaches of the Ili River, as well as data obtained from space images show the continuing decrease in water availability in summer floods, which in turn negatively affected floodplain ecosystems, in particular riparian forests.

Conclusion

The main factor affecting the state of biotic components of tugay ecosystems in the floodplain of the middle reaches of the Ili River is the reduction in the range of fluctuations in water flow rates and

levels in the annual cycle, due to flow regulation in the interests of irrigated agriculture in the PRC and Kazakhstan, as well as due to climatic changes.

According to water flow measurements at the border Dobyng gauging station, in recent decades, and especially since 2018, the average annual flow of the Ili River coming from China has decreased by 30%, despite a significant increase in the total annual flow in the basin, associated with the melting of glaciers and snowfields as a result of climate warming. Naturally, this circumstance negatively affects the state of the considered riparian ecosystems.

At the same time, in the 22-year period under consideration there can be distinguished anomalously high-water years – 2010 and 2016 with average flow rates of 594 and 641 m³/sec, respectively. Dry years include 2014 and 2020, when the average annual discharge was below 350 m³/sec. Analysis of thematic GIS maps of changes in the main types of the studied hydromorphic ecosystems of the Ili floodplain showed that the abnormally high-water year 2016 with high precipitation caused large-scale flooding in the floodplain areas and an increase in the area of hydromorphic ecosystems up to 298.4 km². The water level rise in the Ili River during the warm period of this year reached 1.8 meters and at this time, as it is evident from the results of field surveys, even the upper floodplain was flooded over a significant area. It should be especially noted that the high water level and prolonged flooding of the floodplain in 2016 caused a significant expansion of the total area of hydromorphic and semi-hydromorphic tugay ecosystems. Notably, this increase in area had an

unexpectedly long-term effect that persisted until 2022, despite the low water period that began in 2017. Preliminarily, it can be said that high levels of flooding of floodplain ecosystems can provide a 2–4-year lag in the maintenance of normal state of ecosystems in the area. This could be a significant argument in formulating decisions in managing regulated flooding of the middle reaches and upper stream of the Ili River.

The results of the research show that under the conditions of decreasing flow of the Ili River due to the growth of irrigated land area, combined with pronounced regional climate warming and decreasing precipitation, preservation of unique tugay ecosystems on the Ili River is possible only under the coordinated interstate environmental policy of PRC and Kazakhstan.

Conflict of Interest

All authors have read and are familiar with the content of the article and have no conflict of interest.





Funding

This work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan within the Project No: AP19576584: “Comprehensive study, development of a system of monitoring and sustainable management of riparian ecosystems of floodplain and delta areas of the Ili and Sharyna rivers” (2022 – 2025).

References

1. Besschetnov P.P., Grudzinskaya L.M. Turangovye topolya Kazakhstana. – Alma-Ata: Nauka KazSSR, 1981. – 152 s.
2. Thevs , N. , Zerbe , S. , Gahlert , F. , Mijit , M. and Succow , M. 2007 Productivity of reed (*Phragmites australis* Trin. ex Steud.) in continental-arid NW-China in relation to soil, groundwater, and land-use . *J. Appl. Bot. Food Qual.* 81, 62 – 68;
3. Kuzmina Zh.V., Treshkin S.E. 2012. Riparian Forests and the Possibility of Their Modern Restoration // *Arid Ecosystems*. Vol. 2. No. 3. P. 165-176.
4. Zerbe , S. and Thevs , N. 2007 Structure, growth, and flood-induced dynamics of Tugai forests at the Tarim River in Xinjiang, NW China . In *25 Years of Landscape Ecology: Scientific Principles in Practice*. R.G.H. Bunce , R.H.G. Jongman , L. Hojasand S. Weel(eds). IALE , Wageningen, the Netherlands , pp. 1103 – 1104;
5. Rakhimzhanov, A.N.; Ivashchenko, A.A.; Kirillov, V.Y.; Aleka, V.P.; Stikhareva, T.N. Assessment of the current status of the turanga forests in the south-east of Kazakhstan. *Bull. KazNU Ecol. Ser.* 2021, 67, 86–96.
6. Thomas, F.M.; Lang, P. Growth and water relations of riparian poplar forests under pressure in Central Asia’s Tarim river basin. *River Res. Appl.* 2021, 37, 233–240.
7. Kuz'mina Zh.V., Treshkin S.E. 2018. Ocenka stepeni transformacii nazemnyh ekosistem i landshaftov pri zaregulirovanii rechnogo stoka i klimaticeskikh izmeneniyah. Glava V/29 // *Novye metody i rezul'taty issledovaniy landshaftov v Evrope, Central'noj Azii i Sibiri (v pyati tomah)*. T. 5 «Planirovanie, upravlenie i reabilitaciya landshaftov» // Red. V.G. Sychyov, L. Myuller. M.: izd-vo FGBNU «VNII agrohimii». C. 136-141
8. Breckle, S.W., Vesté, M., Wucherer, W., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2001; pp. 95–102.
9. Kuzmina Zh.V., Treshkin S.E. 2012. Riparian Forests and the Possibility of Their Modern Restoration // *Arid Ecosystems*. Vol. 2. No. 3. P. 165-176.

10. Treshkin S.E. Sovremennoe sostoyanie pojmyennyh lesnyh ekosistem rek Amudar'i i Sumbara v svyazi s antropogennym vozdeystviem / Treshkin S.E., Kuz'mina ZH.V. //Problemy osvoeniya pustyn'. Ashkhabad, 1993. № 2. – S. 14-19
11. Treshkin S.Y. The Tugai forests of floodplain of the Amudarya river: ecology, dynamics and their conservation / Treshkin S.Y. // Sustainable Land Use in Deserts. Springer Publisher-Heidelberg-Stuttgart-New York, 2000. pp. 95-102
12. Huang, P. 1986 A preliminary study on the decline of the distribution range and regeneration of the forest land of *Populus euphratica* in the Tarimpendi (basin). *Acta Phytoecol. Geobot. Sin.* 10, 302 – 309. (in Chinese);
13. Kath, J., Reardon-Smith, K., Le Brocq, A. F., Dyer, F. J., Dafny, E., Fritz, L., et al. (2014). Groundwater decline and tree change in floodplain landscapes: identifying non-linear threshold responses in canopy condition. *Glob. Ecol. Conserv.* 2, 148–160. doi: 10.1016/j.gecco.2014.09.002
14. Thevs N, Zerbe S, Schnittler M, Abdusalih N, Succow M. Structure, reproduction and flood-induced dynamics of riparian tugay forests at the Tarim River in xinjiang, NW China. *Forestry.* 2008;81: 45–57.
15. Трешкин С.Е. Деградация тугаев Средней Азии и возможности их восстановления: автореф. ... док. с-х. наук: 06.03.03 – Волгоград: ВНИИ агролесомелиорации, 2011. – 47 с.;
16. Lang P, Ahlborn J, Schaefer P, Wommelsdorf T, Jeschke M, Zhang X, et al. Growth and water use of *Populus euphratica* trees and stands with different water supply along the Tarim River, NW China. *Forest Ecol Manag.* 2016; 380: 139–148
17. Liu S, Chen Y, Chen Y, Friedman JM, Hati JHA, Fang G. Use of 2H and 18O stable isotopes to investigate water sources for different ages of *Populus euphratica* along the lower Heihe River. *Ecol Res.* 2015;30: 581–587
18. Chen Y, Li W, Xu C, Ye Z, Chen Y. Desert riparian vegetation and groundwater in the lower reaches of the Tarim River basin. *Environ Earth Sci.* 2014;73: 547–558
19. Xu H, Wang X, Pan C, Ling H. The influence of groundwater depth on aboveground herbaceous characteristics in the lower reaches of Tarim River. *Chinese J Ecol.* 2015;34: 3057–3064
20. Cherednichenko A.V. *Izmenenie klimata Kazahstana i vozmozhnosti adaptacii za schet dostupnyh vodozapasov oblachnosti.* – Bishkek: Ilim, 2010. – 260 s.
21. Vilesov E.N., Gorbunov A.P., Morozova V.N., Severskiy E.V., *Degradaciya ledeniya i kriogenez na sovremennyh morenah severnogo Tyan'-SHanya // Kriosfera Zemli.* – 2006. – Вып. № 1. – S. 69-73
22. Burlibaev M.ZH., Dostaj ZH.D., Mirhashimov I., Nikolaenko A.YU. *Sovremennoe sostoyanie hozyajstvennoj deyatel'nosti v Ile-Balkashskom bassejne. Integrirovannoe upravlenie vodnymi resursami v Ile-Balkashskom bassejne.* UNDP. – Almaty, 2011. – S. 3-16
23. Burlibaev M.ZH., Volchek A.A., Kalinin M.YU. *Gidrometricheskie imereniya i gidrogeologicheskie raschety dlya vodohozyajstvennyh celej.* – Almaty: Kaganat, 2004. – 362 s.
24. Kolesnichenko YU.S. *K voprosu izuchennosti tugajnyh lesov i prichin ih degradacii (analiticheskij obzor) // Issledovaniya, rezul'taty.* – 2013. – №3. –S. 123-128
25. Zhang Z, Huisingh D. Combating desertification in China: monitoring, control, management and revegetation. *J Clean Prod.* 2018; 182: 765–775
26. Puissant, A., Rougiera, S., Stumpf, A. Object-oriented mapping of urban trees using random forest classifiers (2014) *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26 (1), pp. 235-245. doi: 10.1016/j.jag.2013.07.002.
27. Li, W., Du, Z., Ling, F., Zhou, D., Wang, H., Gui, Y., Sun, B., (...), Zhang, X. A comparison of land surface water mapping using the normalized difference water index from TM, ETM+ and ALI (2013) *Remote Sensing*, 5 (11), pp. 5530-5549. doi: 10.3390/rs5115530
28. Huang, X., Liu, J., Zhu, W., Atzberger, C., Liu, Q. The optimal threshold and vegetation index time series for retrieving crop phenology based on a modified dynamic threshold method. (2019) *Remote Sensing*, 11 (23), art. no. 2725. doi: 10.3390/rs11232725
29. Huang, X., Liu, J., Zhu, W., Atzberger, C., Liu, Q. The optimal threshold and vegetation index time series for retrieving crop phenology based on a modified dynamic threshold method. (2019) *Remote Sensing*, 11 (23), art. no. 2725. doi: 10.3390/rs11232725
30. Burlibaev M.ZH., Volchek A.A., Kalinin M.YU. *Gidrometricheskie imereniya i gidrogeologicheskie raschety dlya vodohozyajstvennyh celej.* – Almaty: Kaganat, 2004. – 362 s.
31. Salmurzauly R., Nurtazin S.T., Hoshino B., Tevs N., Eszhanov A.B. *Transformaciya ekosistem del'ty reki Ile v svyazi s zaregulirovaniem stoka rek Ile-Balkashskogo bassejna // Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya.* – 2015. – № 1/2 (44). – S. 326-333
32. Hajdarov R.M. *Gidrologicheskij ocherk / Ilijskaya dolina, ee priroda i resursy. pod obshch. Red. M. I. Lomonovicha.* AN Kaz. SSR. – Alma-Ata: Izd-vo Akad. nauk KazSSR, 1963. – 238-249 s.

M.M. Yermagambetova^{1,2} , A.A. Ivashchenko³ ,
S.I. Abugalieva¹ , S.S. Almerekova^{1*} 

¹Institute of plant biology and biotechnology, Kazakhstan, Almaty

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

³Institute of zoology, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: almerekovakz@gmail.com

FLORISTIC COMPOSITION OF SOME PLANT COMMUNITIES INCLUDING JUNIPERUS SERAVSCHANICA KOM. IN AKSU-ZHABAGLY STATE NATURAL RESERVE

The floristic composition of plant communities, including *Juniperus seravschanica* Kom. from the Aksu-Zhabagly state natural reserve, was studied. Three populations of *J. seravschanica* represented by 8 cenopopulations have been studied. The list of studied plant communities with the participation of *J. seravschanica* includes 254 species of 175 genera from 51 families. The majority of them are herbaceous plants (87%), trees, and shrubs – 32 species (13%). The leading position among these species have representatives of 11 main families, constituting 56% of the total list: Apiaceae Lindl., Asteraceae Dumort., Brassicaceae Burnett, Scrophulariaceae Juss., Caryophyllaceae Juss., Fabaceae Lindl., Lamiaceae Lindl., Liliaceae Juss., Poaceae Barnhart, Ranunculaceae Juss. and Rosaceae Juss. It were also revealed that there are other rare species listed in the Red Book of Kazakhstan – *Ungernia sewerzowii* (Regel) B. Fedtsch., *Mediasia macrophylla* (Regel ex Schmalh.) Pimenov., *Arum korolkowii* Regel, *Eminium lehmannii* (Bunge) O.Kuntze, *Centaurea turkestanica* Franch., *Celtis caucasica* Willd., *Allochrysa gypsophiloides* (Regel) Schischk., *Euonymus koopmannii* Lauche, *Rhaphidophyton regelii* (Bunge) Ij'in, *Colchicum luteum* Baker, *Medicago tianschanica* Vassilcz., *Juno coerulea* (B. Fedtsch.) Pojak., *Tulipa greigii* Regel, *Tulipa kaufmanniana* Regel, *Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem., and *Valeriana chionophila* Popov & Kult. Since *J. seravschanica* plays an important ecological role and has an important forest-forming, water-protective, soil-protective, and anti-mudflow value, the study of the current state of cenopopulations with its participation may be a valuable source of information for the conservation and rational use of genetic resources in the Western Tien Shan. The results obtained in the current study will be used further in the study of the genetic diversity research of wild flora, including species of the genus *Juniperus*.

Key words: *Juniperus seravschanica*, species, plant community, cenopopulation, population, Aksu-Zhabagly state natural reserve, floristic composition.

М.М. Ермагамбетова^{1,2}, А.А. Иващенко³,
С.И. Аbugалиева¹, Ш.С. Альмерекова^{1*}

¹ШЖК РМК «Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты», Қазақстан, Алматы қ.

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

³ҚР ҒЖБМ ҒК Зоология институты, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: almerekovakz@gmail.com

Ақсу-Жабағылы мемлекеттік табиғи қорығындағы *Juniperus seravschanica* ком. қатысуымен кейбір өсімдіктер бірлестіктерінің флоралық құрамы

Ақсу-Жабағылы мемлекеттік табиғи қорығында Қызыл кітапқа енген *Juniperus seravschanica* Kom. түрінің қатысуымен өсімдіктер бірлестігінің флоралық құрамы зерттелді. Зеравшан аршасының 8 ценопопуляциядан тұратын 3 популяциясы зерттелді. *J. seravschanica* қатысуымен зерттелген өсімдік қауымдастығындағы түрлердің жиынтық тізіміне 51 тұқымдасқа жататын 175 туыстың 254 түрі кіреді. Олардың көпшілігін шөптесін өсімдіктерден (87 %), сондай-ақ ағаштар мен бұталардың – 32 түрінен (13 %) тұрады. Жалпы тізімнің 56% 11 негізгі тұқымдас өкілдері құрайды: Apiaceae Lindl., Asteraceae Dumort., Brassicaceae Burnett, Scrophulariaceae Juss., Caryophyllaceae Juss., Fabaceae Lindl., Lamiaceae Lindl., Liliaceae Juss., Poaceae Barnhart, Ranunculaceae Juss. және Rosaceae Juss. Бұл бірлестіктердің құрамында Қазақстанның Қызыл кітабына енген басқа да сирек түрлердің бар екені анықталды – *Ungernia sewerzowii* (Regel) B. Fedtsch., *Mediasia macrophylla* (Regel ex Schmalh.) Pimenov., *Arum korolkowii* Regel, *Eminium lehmannii* (Bunge) O.Kuntze, *Centaurea turkestanica* Franch., *Celtis caucasica* Willd., *Allochrysa gypsophiloides* (Regel)

Schischk., *Euonymus koopmannii* Lauche, *Rhaphidophyton regelii* (Bunge) Ijlin, *Colchicum luteum* Baker, *Medicago tianschanica* Vassilcz., *Juno coerulea* (B. Fedtsch.) Pojak., *Tulipa greigii* Regel, *Tulipa kaufmanniana* Regel, *Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem., and *Valeriana chionophila* Popov & Kult. *J. seravschanica* маңызды орман түзетін, суды, топырақты қорғау және селге қарсы маңызы бар экологиялық рөл атқаратындықтан, оның қатысуымен ценопопуляциялардың қазіргі жағдайын зерттеу нәтижелері Батыс Тянь-Шаньдағы генетикалық ресурстарды сақтау және ұтымды пайдалану үшін құнды ақпарат көзі бола алады. Алынған нәтижелер жабайы өсімдік түрлерінің, оның ішінде *Juniperus* туысы түрлерінің генетикалық алуантүрлілігін зерттеуде қолданылады.

Түйін сөздер: *Juniperus seravschanica*, түрлер, өсімдіктер бірлестігі, ценопопуляция, популяция, Ақсу-Жабағылы мемлекеттік табиғи қорығы, флоралық құрамы.

М.М. Ермагамбетова^{1,2}, А.А. Иващенко³,
С.И. Аbugалиева¹, Ш.С. Альмерекова^{1*}

¹РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений», Казахстан, г. Алматы

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

³КН МНВО РК «Институт зоологии», Казахстан, г. Алматы

*e-mail: almerkovakz@gmail.com

Флористический состав некоторых растительных сообществ с участием *Juniperus Seravschanica* Kom. в Ақсу-Жабағлинском Государственном Природном Заповеднике

Изучен флористический состав растительных сообществ с участием краснокнижного вида *Juniperus seravschanica* Kom. в Ақсу-Жабағлинском государственном природном заповеднике. Было изучено 3 популяции можжевельника зеравшанского, представленных 8 ценопопуляциями. Сводный список флоры растительных сообществ с участием *Juniperus seravschanica* включает 254 видов из 175 рода 51 семейств. Большинство из них представлено травянистыми растениями (87 %), древесно-кустарниковых – 32 вида (13 %). Ведущее положение занимают представители 11 основных семейств, составляющих 56 % от общего списка: *Apiaceae* Lindl., *Asteraceae* Dumort., *Brassicaceae* Burnett, *Scrophulariaceae* Juss., *Caryophyllaceae* Juss., *Fabaceae* Lindl., *Lamiaceae* Lindl., *Liliaceae* Juss., *Poaceae* Barnhart, *Ranunculaceae* Juss. и *Rosaceae* Juss. Выявлено, что в составе данных сообществ встречаются другие редкие виды, занесенные в Красную книгу Казахстана – *Ungernia sewerzowii* (Regel) B. Fedtsch., *Mediasia macrophylla* (Regel ex Schmalh.) Pimenov., *Arum korolkowii* Regel, *Eminium lehmannii* (Bunge) O.Kuntze, *Centaurea turkestanica* Franch., *Celtis caucasica* Willd., *Allochrysa gypsophiloides* (Regel) Schischk., *Euonymus koopmannii* Lauche, *Rhaphidophyton regelii* (Bunge) Ijlin, *Colchicum luteum* Baker, *Medicago tianschanica* Vassilcz., *Juno coerulea* (B. Fedtsch.) Pojak., *Tulipa greigii* Regel, *Tulipa kaufmanniana* Regel, *Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem., and *Valeriana chionophila* Popov & Kult. Поскольку *J. seravschanica* играет важную экологическую роль, имеет важное лесообразующее, водоохранное, почвозащитное и противоселевое значение, результаты изучения современного состояния растительных сообществ с его участием могут быть ценным источником информации для сохранения и рационального использования генетических ресурсов в Западном Тянь-Шане. Полученные результаты могут быть использованы в изучении генетического разнообразия дикорастущих видов растений, включая виды рода *Juniperus*.

Ключевые слова: *Juniperus seravschanica*, виды, растительное сообщество, ценопопуляция, популяция, Ақсу-Жабағлинский государственный природный заповедник, флористический состав.

Introduction

Juniperus L. is the most numerous genus in the family Cupressaceae Bartl. It represents evergreen coniferous trees or shrubs found on almost all continents in a variety of environmental conditions [1]. There are about 75 species of junipers in the world, belonging to 3 sections: *Caryocedrus*, *Juniperus*, *Sabina* [2]. All types of juniper are widely used in folk medicine, they play an important ecological role in nature, protecting soils from erosion and reducing mudflow hazard. Many species of junipers

are dominant representatives of plant communities in mountain systems [3]. In Kazakhstan there are 7 species of junipers, which are one of the important components of mountain forest phytocenoses [4, 5].

The object of this study were plant communities with the Zeravshan juniper (*Juniperus seravschanica* Kom.), included in the Red Book of Kazakhstan (category III) [6]. *J. seravschanica* is a wind-pollinated, drought-resistant, slow-growing tree (Fig. 1), reaching a height of up to 10 m, leaves are oblong, sharp with an oblong gland on the back, cones are large, spherical or ovoid, 10-13 mm in diameter [7].



Picture 1 – The object of research is the Red Data Book species *Juniperus seravschanica* Kom.

J. seravschanica is widely distributed in southern Kazakhstan, southeastern Uzbekistan, western Kyrgyzstan, and the mountainous regions of Tajikistan and northern Afghanistan [3]. In Kazakhstan, *J. seravschanica* is found on the mountain ranges of the Western Tien Shan (Karzhantau, Ugamsky, Talassky Alatau), Syrdarya Karatau (Boraldaytau), the western part of the Kirghiz Range, forming sparse forests everywhere, and in small areas, more dense communities [6, 8].

The study area is in the Turkestan region's Aksu-Zhabagly state nature reserve. According to the floristic zoning of Kazakhstan, this area belongs to the 29th floristic region – “Western Tien Shan” [7]. This area is a unique environment, rich in floristic diversity of higher vascular plants, and makes up about 50% of the flora of the Western Tien Shan and almost 25% of the flora of all Central Asia [9]. Representatives of about 20 genera endemic to the Central Asian Mountain system grow here, which indicates a high degree of endemism. Also, on the reserve territory of the wild relatives of cultivated plants, medicinal plants, and species listed in the Red Books of Kazakhstan, Uzbekistan, and Kyrgyzstan are occurred [10]. Despite the wide distribution of *J. seravschanica*, a decrease in the number of natural populations is observed. Sparse woodlands dominated by *J. seravschanica* are most widespread in these regions, although the availability of zeravshan juniper growing in the lower belt has determined the greatest anthropogenic impact on them [11]. The main factor in reducing the number of species is the use of wood for construction, overgrazing, fires, and haymaking, which prevent natural renewal [12].

The altitudinal range of *J. seravschanica* ranges from 500 to 3500 m above sea level. The main massifs of juniper forests occupy the slopes of southern exposures in the altitude range of 1200 (1600) – 2000 (2400) m and form the lower boundary of the type. On Talas Alatau ridge the juniper forests occupy a height interval of 1200-2000 m, on the Ugam ridges – 1200-2200 (2500) m. At the upper boundary above (more than 2200-2400 m) more cryophilic species are common – *J. semiglobosa* Regel and *J. turkestanica* Kom. [13, 14]. *J. seravschanica* grows on fine-earth, more often rubbly-stony mountain gray-brown (xeromorphic), less often on mountain brown and light brown leached soils underlain by dense rocks. *J. seravschanica* can grow on a wide variety of substrates, from steep (up to 70°) rocky outcrops to powerful brown soils with significant (up to 16%) humus content. The average annual temperature in the *J. seravschanica* area is +6-10°C, the duration of the frost-free period is 150-190 days, the annual precipitation reaches up to 600-700 mm (with a winter-spring maximum), the average relative humidity in summer period is 25-35 % [11, 15]. The natural regeneration of *J. seravschanica* is usually weak. Over the entire area of the range, light forest formations from *J. seravschanica* find optimal conditions for development in the middle mountains, which indicates a high thermophilicity of the species [11].

The floristic composition of plant communities of junipers with the *J. seravschanica* in the Western Tien Shan has not been studied enough. The last detailed studies of juniper forest communities' floristic composition and diversity were carried out in 1962-1980. According to the results of these works, the floristic composition ranges from 80 species [16], 137 species [17], 40–50 species [18], and 159 species [11]. This indicates the need for regular monitoring and strengthening of the protection of communities.

The main purpose of this work is to study the floristic composition of the plant communities of juniper forests with the participation of *J. seravschanica* in the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve (SNR).

Materials and methods

Expedition trips to the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve (SNR) were carried out in 2021, data processing was carried out in 2021-2022. Three populations of *J. seravschanica* were studied on the territory of the Aksu-Zhabagly SNR. Population 1,

explored in the Baldabrek River valley, Darbaza tract, consisted of 4 cenopopulations (CP). Population 2 growing in the Aksu canyon was represented by 2 cenopopulations [5]. Population 3 explored in the Bala-baldabrek River valley, Chuuldak tract and consisted of 2 cenopopulations. The studies were carried out with the route-reconnaissance method using a GPS navigator (GPS ETREX 20, Garmin). These points were fixed and thoroughly investigated, and test sites were laid in size from 10×10 to 50×50 m.

Geobotanical descriptions of sites were carried out according to generally accepted methods [19, 20], species abundance according to the Drude scale [21], and plant identification – using regional and republican summaries, determinants, and reference books [7, 22, 23]. Herbarium samples were collected

and processed to accurately identify the types of communities [5]. The nomenclature of taxa is based on the summary of Cherepanov [24] and Abdulina [4].

Results and discussion

As a result of research on the territory of the Aksu-Dzhabagly SNR, 3 populations of *J. seravschanica* were identified, and a geobotanical description of plant communities with its participation was carried out. Each population included several cenopopulations: population 1 – 4 cenopopulations, population 2 – 2 cenopopulations, and population 3 – 2 cenopopulations (Table 1). The Red Book species [6] of the studied community are highlighted in bold (Table 2).

Table 1 – Characteristics of cenopopulations with the participation of *Juniperus seravschanica*

Populations	Ceno-populations	Location, GPS coordinates, altitude (m) above sea level, soil surface	Community name	Total projective cover, %	Number of species
Population 1	CP-1	Darbaza tract, right bank of the Baldabrek river, southern slope; 42.252497, 70.440052; altitude 1800-2100 m above sea level, gravel-stony soil	Cereals – forb juniper forest with <i>J. seravschanica</i>	60%	30
	CP-2	Darbaza tract, left bank of the Baldabrek river, southwestern slope; 42.253742, 70.442360; altitude 1950-2000 m a.s.l.; fine gravel (50-60%) with rare stones	Forb-cereal-alfalfa mixed juniper forest with <i>J. semiglobosa</i>	70-75%	51
	CP-3	Darbaza tract, right bank of the Baldabrek river, southern rocky slope, 42.252599, 70.440053; altitude 2000-2100 m above sea level; rocky soil	Forbs – cereal mixed juniper forest with <i>J. semiglobosa</i>	50 %	46
	CP-4	Darbaza tract, right bank of the Baldabrek river, southwestern slope; 42.252539, 70.439733 altitude 1700-1850 m above sea level, rocky slope with fine gravelly soil	Forb-cereal juniper forest (<i>J. seravschanica</i>)	50-60%	60
Population 2	CP-5	The middle part of the Aksu canyon, the right bank of the Aksu river, the southern slope; 42.331250, 70.372583; altitude 1535-1610 m above sea level, gravelly soil	Eremurus- cereal -forb with <i>J. seravschanica</i>	50 %	96
	CP-6	Aksu canyon, right bank of the Aksu River, southern slope; 42.331199, 70.378189; altitude 1300-1500 m above sea level, densely finely gravelly, rarely with large stones	Woody-shrub with cereal -forb herbage with <i>J. seravschanica</i>	70%	98

Table continuation

Populations	Ceno-populations	Location, GPS coordinates, altitude (m) above sea level, soil surface	Community name	Total projective cover, %	Number of species
Population 3	CP-7	Chuuldak tract, left bank of the Bala-baldabrek river, southern slope; 42.285569, 70.402514; altitude 1600-1800 m above sea level, fine gravelly soil	Savannah-cereal -forb juniper forest (<i>J. seravschanica</i>)	90%	38
	CP-8	Chuuldak tract, left bank of the Bala-baldabrek river, southeast slope; 42.285167, 70.431194; height 1890-1975 m above sea level, gravel-stony soil	Savannah – wheatgrass -forb mixed juniper forest (<i>J. seravschanica</i> , <i>J. semiglobosa</i>)	100 %	41

Population 1 was studied in the Baldabrek river valley, in the Darbaza tract, at an altitude of 1700-2100 m above sea level. CP-1, CP-2, CP-3 and CP-4 were studied in this area.

CP-1 was found on the right bank of the Baldabrek River, in the southern slope, at an altitude of 1800 to 2100 m above sea level, GPS coordinates N 42.252497, E 70.440052. The vegetation cover of this area is represented by cereals-forb juniper forest with *J. seravschanica* (with the predominance of *Festuca valesiaca* Gaudin, *Hordeum bulbosum* L., *Piptatherum ferganense* (Litv.) Roshev. ex Nikitina, *Poa bulbosa* L., *Eremurus regelii* Vved., etc.). The soil surface is gravel-stony. The total projective cover of plants (TPC) is 60%. The floristic composition of CP-1 consists of 30 species belonging to 23 genera and 17 families.

CP-2 was found on the left bank of the Baldabrek River, on the southwestern slope, at an altitude of 1950 to 2000 m above sea level, GPS coordinates N 42.253742, E 70.442360. The soil is 50-60% fine gravel with rare stones. The vegetation cover of this area is represented by a forb-cereal-alfalfa mixed community, with the predominance of *Achillea setacea*, *Cousinia chrysantha*, *Taraxacum montanum*, *Lindelofia stylosa*, *Campanula glomerata*, *Calamagrostis epigejos*, *Elytrigia repens*, *Medicago lupulina*, *M. tianschanica*, etc.). The authors of the species names are presented in Table 2. The total projective cover is 70-75%. The floristic composition of CP-2 consists of 51 species representing 41 genera from 21 families.

Table 2 – Abundance of species in the studied cenopopulations with the participation of *J. seravschanica*

Species	Population 1				Population 2		Population 3	
	CP-1	CP-2	CP-3	CP-4	CP-5	CP-6	CP-7	CP-8
1. Aceraceae Juss.								
<i>Acer semenovii</i> Regel et Heard.		un			un			
2. Alliaceae J. Agardh								
<i>Allium caesium</i> Schrenk					sol	un		
<i>A. drobovii</i> Vved.			sol	un		un		
<i>A. eriocoleum</i> Vved.					sol			
<i>A. inconspicuum</i> Vved.					sol			
<i>A. sewerzowii</i> Regel					un			
3. Amaryllidaceae J.St.-Hil.								
<i>Ungernia sewerzowii</i> (Regel) B. Fedtsch.				un				
4. Apiaceae Lindl.								
<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.	sol							
<i>A. tadshikorum</i> Schischk.					sp			

<i>Bunium setaceum</i> (Schrenk) H. Wolff						un		
<i>Bupleurum thianschanicum</i> Freyn					sol			
<i>Elaeosticta transitoria</i> (Korovin) Kljuykov, Pimenov & V.N.Tikhom.							sp	
<i>Ferula kirialovii</i> Pimenov				sol				
<i>F. penninervis</i> Regel & Schmalh.						sol		
<i>F. tenuisecta</i> Korovin	cop1		sp	sol	sol	sol	sp-cop1	sol
<i>Hymenolyma bupleuroides</i> (Schrenk) Korov.						un		
<i>Mediasia macrophylla</i> (Regel ex Schmalh.) Pimenov.				sp				
<i>Oedibasis apiculata</i> (Kar. & Kir.) Koso-Pol.				sol		sol		
<i>Pilopleura tordyloides</i> (Korovin) Pimenov							un	
<i>Prangos pabularia</i> Lindl.				sol				
<i>Scandix stellata</i> Banks & Sol.						sol		
<i>Schrenkia golickeana</i> (Regel & Schmalh.) B. Fedtsch.	sp	sol		sol	sol		sp	sp
<i>Trachydium tianschanicum</i> Korov. (= <i>Aulacospermum tianschanicum</i> (Korovin) C. Norman)						un	sol	
<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm.							un	
5. Araceae Juss.								
<i>Arum korolkowii</i> Regel						un		
<i>Eminium lehmannii</i> (Bunge) O.Kuntze						un		
6. Asphodelaceae Juss.								
<i>Eremurus lactiflorus</i> O. Fedtsch.				un	un	sp		
<i>E. regelii</i> Vved.	sp	cop1				sol		sol
7. Asteraceae Dumort.								
<i>Achillea filipendulina</i> Lam.							un	
<i>A. millefolium</i> L.				sol			un	cop1-sp
<i>A. setacea</i> Waldst. & Kit.				sol-sp				
<i>Aster canescens</i> (Nees) Fisjun						sol		
<i>Centaurea squarrosa</i> Willd.				sp		sol	sp	
<i>C. turkestanica</i> Franch.							cop1	
<i>Cousinia chrysantha</i> Kult.				un-sol				
<i>C. fetissowii</i> C. Winkl.				un				
<i>Erigeron podolicus</i> Besser						sol		
<i>E. pseudoseravschanicus</i> Botsch.							un	
<i>Galatella villosula</i> Novopokr.				sol				sp
<i>Helichrysum maracandicum</i> Popov					un		un	
<i>Hieracium echioides</i> Lumn.				sol				sp
<i>H. virosum</i> Pall.						sol		
<i>Inula macrophylla</i> Kar. & Kir.						sol	sol, sp	

Table continuation

<i>Lactuca serriola</i> L.					un	sol		
<i>Picris nuristanica</i> Bornm.						un		
<i>Phaeacasium pulchrum</i> (L.) Rchb. f.					sol			
<i>Pseudolynosiris grimmii</i> (Regel et Schmalh.) Novopokr.							sp-sol	
<i>Scorzonera inconspicua</i> Lipsch. ex Pavlov	sp	un	un		sp			
<i>S. turkestanica</i> Franch.					un			sol
<i>Tanacetum pseudachillea</i> C. Winkl.					sol			
<i>Taraxacum montanum</i> (C.A.Mey.) DC.		sol						
<i>Taraxacum</i> sp		un						
<i>Tragopogon marginifolius</i> Pavlov	sol							
<i>T. vvedenskyi</i> Popov ex Pavlov							un	
<i>T. turkestanicus</i> S.A. Nikitin ex Pavlov		un					sol	sol
8. Balsaminaceae A.Rich.								
<i>Impatiens parviflora</i> DC.					sol		sol	
9. Berberidaceae Juss.								
<i>Berberis oblonga</i> (Regel) Schneid.				un		sol	sp	sol
<i>Gymnospermium albertii</i> (Regel) Takht.	sp		sol	un	sol			
10. Boraginaceae Juss.								
<i>Lappula microcarpa</i> (Ledeb.) Gürke	un	un						
<i>Lindelofia macrostyla</i> (Bunge) Popov						sol		
<i>L. stylosa</i> (Kar. & Kir.) Brand		sol	sol					
<i>Lithospermum arvense</i> L.						un	sol	
<i>Myosotis micrantha</i> Pall. ex Lehm.				sol				
<i>Onosma irritans</i> Popov ex Pavlov						un		
11. Brassicaceae Burnett								
<i>Alliaria officinalis</i> Andr. ex M.Bieb.					un			
<i>Alyssum campestre</i> (L.) L.				sol	cop1	sol		
<i>A. dasycarpum</i> Stephan ex Willd.						sol		
<i>Arabidopsis pumila</i> (Stephan) N. Busch				sp-sol		sp-sol		
<i>Draba huetii</i> Boiss.				sol				
<i>Megacarpaea orbiculata</i> B. Fedtsch.					un			
<i>Pseudoclausia gracillima</i> (Popov ex Botsch. & Vved.) A.N. Vassiljeva								sol
<i>P. turkestanica</i> (Lipsky)		un						
<i>Sisymbrium loeselii</i> Jusl.								un
<i>Thlaspi perfoliatum</i> L.	sp			cop1	sol		cop1	

<i>Turritis glabra</i> L.					un	un		
12. Campanulaceae Juss.								
<i>Asyneuma argutum</i> (Regel) Bornm.						sol	sp	
<i>Campanula glomerata</i> L.		sol						
<i>Codonopsis clematidea</i> (Schrenk) Clarke					un			
<i>Sergia sewerzowii</i> (Regel) Fed.					sp			
13. Celtidaceae Link.								
<i>Celtis caucasica</i> Willd.						sp		
14. Caprifoliaceae Juss.								
<i>Lonicera karelinii</i> Bunge ex P. Kir.		un-sol						
<i>L. nummulariifolia</i> Jaub. & Spach		un	un	un		sp	sp	sol-sp
<i>L. stenantha</i> Pojark.					un			
<i>L. tianschanica</i> Pojark.		sol	sol	sol	un	sol	sp	sp
15. Caryophyllaceae Juss.								
<i>Allochrusa gypsophiloides</i> (Regel) Schischk.						sol		
<i>Arenaria</i> sp.				sol				
<i>Cerastium inflatum</i> Gren.						sol	sol	
<i>Dianthus karataviensis</i> Pavlov		sol	sol					
<i>Minuartia meyeri</i> (Boiss.) Bornm.					un	un		
<i>Melandrium viscosum</i> (L.) Celak.					un			
<i>Silene brahuica</i> Boiss.		sol			un			
<i>S. guntensis</i> (B. Fedtsch.)						sol		
<i>Tunica stricta</i> (Bunge) Fisch.								sol
16. Celastraceae R.Br.								
<i>Euonymus koopmannii</i> Lauche						sol		
17. Chenopodiaceae Burnett								
<i>Rhaphidophyton regelii</i> (Bunge) Iljin					cop1			
18. Colchicaceae DC.								
<i>Colchicum luteum</i> Baker	sol							
19. Convallariaceae Horan.								
<i>Polygonatum sewerzowii</i> Regel		sol	sol	sol		cop1		
20. Convolvulaceae Juss.								
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	sol					un		cop1
<i>C. lineatus</i> L.	sp							
<i>C. pseudocantabrica</i> Schrenk						sp		
21. Crassulaceae J.St.-Hil.								
<i>Rosularia turkestanica</i> (Regel & C. Winkl.) A. Berger					un			
<i>Sedum alberti</i> Regel				sol				
<i>S. pentapetalum</i> Boriss.						sol		
22. Cupressaceae Bartl.								
<i>Juniperus semiglobosa</i> Regel.		sp-sol	sol					sol

<i>J. seravschanica</i> Kom.	cop1	sp-sol	sol	cop1	sol	sol	sp-cop1	sp-cop1
<i>J. turkestanica</i> Kom.		un-sol						
23. Cyperaceae Juss.								
<i>Carex turkestanica</i> Regel	cop1	sol	sp	sp-sol				
24. Cystopteridaceae (Payer) Shmakov								
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.						un		
25. Dipsacaceae Juss.								
<i>Cephalaria syriaca</i> (L.) Schrad.						sol		
<i>Dipsacus dipsacoides</i> (Kar. & Kir.) Botsch.			sol					
<i>Scabiosa songarica</i> Schrenk			sp-sol					
26. Ephedraceae Dumort.								
<i>Ephedra equisetina</i> Bunge				sol		sp		
27. Euphorbiaceae Juss.								
<i>Euphorbia jaxartica</i> Prokh.					sol	un		
<i>E. sewerzowii</i> Herd. ex Prokh.					sol			
<i>E. talastavica</i> Prokh.					un			
28. Fabaceae Lindl.								
<i>Astragalus anisomerus</i> Bunge			un					
<i>A. atrovinosus</i> Popov	sol	un			un			
<i>A. macrotropis</i> Bunge	sol			un	un			sol
<i>A. schrenkianus</i> Fisch. et C. A. Mey.								
<i>Cicer flexuosum</i> Lipsky						sol		
<i>Hedysarum plumosum</i> Boiss. et Hausskn.							sol	
<i>Lathyrus inconspicuus</i> L.					sol			
<i>Medicago lupulina</i> L.		cop1			sol	un		
<i>M. tianschanica</i> Vassilez.		sp-cop1				sol	sp	
<i>Oxytropis pilosissima</i> Vved.		sol						
<i>O. tschimganica</i> Gontsch.	sp			un			sol	
<i>Melissitus aristatus</i> (Vassilez.) Latsch.		sol-sp	sp	sol				
<i>Vicia kokanica</i> Regel & Schmalh.						sol		
<i>V. tenuifolia</i> Roth						un		
29. Fumariaceae DC.								
<i>Corydalis ledebouriana</i> Kar. & Kir.			sp	un				
30. Geraniaceae Juss.								
<i>Geranium divaricatum</i> Ehrh.					sol			
<i>G. robertianum</i> L.					sol			
<i>G. transversale</i> (Kar. & Kir.) Vved.	sol		sol		sol			
31. Hypericaceae Juss.								
<i>Hypericum elongatum</i> Ledeb.				un		sol	sp	sol
<i>H. perforatum</i> L.			sol	un	un	sol	sp	
<i>H. scabrum</i> L.	sp	sol-sp	sp	sol	sp	sp		sp-cop1
32. Iridaceae Juss.								
<i>Iris sogdiana</i> Bunge		un		sol				sol

<i>Juno coerulea</i> (B. Fedtsch.) Poljak.						sol		
33. Ixioliriaceae Nakai.								
<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Roem.			sp		sp			
34. Lamiaceae Lindl.								
<i>Acinos graveolens</i> (M. Bieb.)				un	sol			
<i>Betonica foliosa</i> Rupr.						sol		
<i>Lamium amplexicaule</i> L.					un	sol		
<i>Leonurus turkestanicus</i> VI Krecz. & Kuprian.						un		
<i>Origanum tyttanthum</i> Gontsch.		sol	sol	un	sol	sol		cop1
<i>Phlomoides brachystegia</i> (Bunge) Adylov, Kamelin & Makhm.					un	sol		
<i>Ph. speciosa</i> (Rupr.) Adylov, Kamelin & Makhm.		un	sol	un			sol	sol
<i>Salvia sclarea</i> L.					sol	sol		
<i>Scutellaria immaculata</i> Nevski ex Juz.					sol-sp			
<i>Ziziphora bungeana</i> Juz.		cop1	sp				sol	cop1-sp
35. Liliaceae Juss.								
<i>Gagea filiformis</i> (Ledeb.) Kar. & Kir.				un				
<i>G. gageoides</i> (Zucc.) Vved.				sp				
<i>G. minutiflora</i> Regel		sol	sol	sp				
<i>G. olgae</i> Regel				un				
<i>G. popovii</i> Vved.			sol	sol	sp			
<i>G. tenera</i> Pascher.				un				
<i>G. turkestanica</i> Pascher			sol					
<i>Korolkowia sewerzowii</i> (Regel) Regel					sol			
<i>Rhinopetalum stenanthum</i> Regel		sol			sp			
<i>Tulipa greigii</i> Regel					sp	sol		
<i>T. kaufmanniana</i> Regel			sp					
<i>T. turkestanica</i> (Regel) Regel		sol						
36. Malvaceae Juss.								
<i>Alcea nudiflora</i> (Lindl.) Boiss.			sol			sp-cop1	sol	sol
37. Orobanchaceae Vent.								
<i>Orobanche kotschyi</i> Reut.					un			
38. Papaveraceae Juss.								
<i>Papaver litwinowii</i> Fedde ex Popov								sol
<i>P. pavoninum</i> Schrenk						sol		
39. Plantaginaceae Juss.								
<i>Plantago lanceolata</i> L.		sol	sol					sp
40. Plumbaginaceae Juss.								
<i>Acantholimon alberti</i> Regel	sol	sol						
41. Poaceae Barnhart								
<i>Alopecurus pratensis</i> L.		sol						

Table continuation

<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski					cop1	sol		
<i>Bothriochloa ischaemum</i> (L.) Keng				sol				
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub						sol		
<i>Bromus danthoniae</i> Trin.						sol		
<i>B. pseudodanthoniae</i> Drobow					sol			
<i>B. oxyodon</i> Schrenk					sol	sp	un	
<i>Bromus</i> sp.	un							
<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth		sol						
<i>Dactylis glomerata</i> L.					un	sol		
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski		sp-sol						
<i>E. trichophora</i> (Link) Nevski			sol	sol-sp		sp		cop1
<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin	sol			sol				sp
<i>Hordeum bulbosum</i> L.	sol					sp	cop1-2	sol
<i>Koeleria glauca</i> (Spreng.) DC.		un						
<i>Leymus aemulans</i> (Nevski) Tzvelev					sol			
<i>Melica altissima</i> L.						sp		
<i>M. inaequiglumis</i> Boiss.						un		
<i>M. transilvanica</i> Schur						sol		
<i>Milium vernale</i> M.Bieb.						sp-sol		
<i>Phleum paniculatum</i> Huds.					sp	sp		
<i>Piptatherum ferganense</i> (Litv.) Roshev. ex Nikitina	sol							
<i>Poa angustifolia</i> L.				sol				sol-sp
<i>P. bulbosa</i> L.	sol	un-sol	sp	cop1-sp		sol	cop1	sp
<i>P. nemoralis</i> L.					sp			
<i>P. relaxa</i> Ovcz.		sol						sol
<i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr.				sol				
<i>Taeniatherum crinitum</i> (Schreb.) Nevski					sol			
42. Polygonaceae Juss.								
<i>Atraphaxis pyrifolia</i> Bunge						sol		
<i>A. virgata</i> (Regel) Krasn.						un		
<i>Polygonum polycnemoides</i> Jaub. & Spach						un		
<i>Rheum maximowiczii</i> Losinsk.		cop1	sol-sp					
<i>Rumex tianschanicus</i> Losinsk.								un
43. Ranunculaceae Juss.								
<i>Anemone gortschakowii</i> Kar. & Kir.					sol			
<i>A. petiolulosa</i> Juz.				un				
<i>Clematis orientalis</i> L.							sol	
<i>Delphinium longipedunculatum</i> Regel & Schmalh.					sp-sol			
<i>D. semibarbatum</i> Bien. ex Boiss.					sp			
<i>Ranunculus regelianus</i> Ovcz.	sol	un	sp	sp				

<i>Shibateranthis longistipitata</i> (Regel) Nakai				sol				
<i>Thalictrum isopyroides</i> CA Mey.			sol	sol	sol	un		
<i>T. simplex</i> L.						sol		
44. Rhamnaceae Juss.								
<i>Rhamnus cathartica</i> L.						un		
<i>R. coriacea</i> (Regel) Kom.					un			
45. Rosaceae Juss.								
<i>Amygdalus petunnikowii</i> Litv.					sp	un	sp	
<i>Cerasus erythrocarpa</i> Nevski					sol	sol		
<i>C. tianschanica</i> Pojark.	sp		sol	sol	sol		sol	un
<i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch. ex Blytt						sol		sol
<i>Crataegus turkestanica</i> Pojark.						sp		
<i>Malus sieversii</i> (Ledeb.) M. Roem.					un			
<i>Orthurus kokanicus</i> (Regel & Schmalh.) Juz.								sol
<i>Padus mahaleb</i> (L.) Vassilcz.						sol		
<i>Potentilla fedtschenkoana</i> Siegr. ex Th. Wolf		sol						
<i>P. orientalis</i> Juz.		sol-sp				sp		
<i>P. transcaspia</i> Th. Wolf						un		sol
<i>Poterium polygamum</i> Waldst. et Kit.						un		sp
<i>Rosa fedtschenkoana</i> Regel							sol	sol
<i>R. kokanica</i> (Regel) Juz.	cop2		sol	sol			sp	sol-sp
<i>R. nanothamnus</i> Bouleng.					sol	sp		
<i>Rubus caesius</i> L.					sol			
<i>Spiraea hypericifolia</i> L.				un				
<i>S. pilosa</i> Franch.				un	un			
46. Rubiaceae Juss.								
<i>Asperula karataviensis</i> Pavlov					un			
<i>A. setosa</i> Jaub. & Spach					sp			
<i>Callipeltis cucullaris</i> (L.) DC.					sol	sp		
<i>Galium aparine</i> L.		sol		sol	sol	un	sp	
<i>G. tenuissimum</i> M. Bieb.						sol		
<i>G. verum</i> L.	sol	sp-sol	sol	sol	sol	cop	sp	sp
47. Rutaceae Juss.								
<i>Dictamnus angustifolius</i> G. Don ex Sweet					un			
<i>Haplophyllum latifolium</i> Kar. & Kir.					sol			
<i>H. perforatum</i> Kar. & Kir.							un	
48. Salicaceae Mirb.								
<i>Populus talassica</i> Kom.						un		
49. Scrophulariaceae Juss.								
<i>Bungea vesiculifera</i> (Herder) Pavlov & Lipsch.					sp			

Table continuation

<i>Leptorhabdos parviflora</i> (Benth.) Benth.				sol-sp		sol		
<i>Linaria bungei</i> Kuprian.	sp-sol							
<i>L. popovii</i> Kuprian.					un			
<i>Pedicularis olgae</i> Regel							un	
<i>Veronica arguteserrata</i> Regel & Schmalh.					sol			
<i>V. campylopoda</i> Boiss.						sol		
<i>Verbascum songaricum</i> Schrenk							sol	
<i>V. turkestanicum</i> Franch.					un			
50. Valerianaceae Batsch								
<i>Valeriana chionophila</i> Popov & Kult.				sol				
<i>V. ficariifolia</i> Boiss.				sol				
<i>Valerianella turkestanica</i> Regel et Schmalh.					sol			
<i>V. plagiostephana</i> Fisch. & C.A. Mey.				sol	sol			
51. Violaceae Batsch								
<i>Viola modestula</i> Klokov	un							
<i>V. occulta</i> Lehm.				un			sol	
<i>Note:</i> Assessment of the abundance of the species: cop2 (copiosae 2) – abundant, there are many individuals of this species; cop1 (copiosae 1) – quite abundant, plants are found occasionally, scattered; sp (sparsae) – scattered, plants are found occasionally, scattered, in small numbers; sol (solitariae) – singly, very few plants (only a few specimens in the plot); un (unicum) – a single specimen, the species is represented by a single specimen in the plot.								

CP-3 was found on the right bank of the Baldabrek River, in the Darbaza tract, on the rocky southern slope, at an altitude of 2000 to 2100 m above sea level, GPS coordinates N 42.252599, E 70.440053. The vegetation cover of this area is represented by a forbs-cereal community, with the predominance of *Allium drobovii*, *Ferula tenuisecta*, *Hieracium echioides*, *Gymnospermium albertii*, *Scabiosa songarica*, *Phlomoides speciosa*, *Elytrigia trichophora*, etc. The soil surface is rocky. The total projective cover is 50%. In CP-3, there are 46 species from 41 genera of 24 families.

CP-4 is described in the Darbaza tract, on the right bank of the Baldabrek River, on the southwestern slope, at an altitude of 1700 to 1850 m above sea level, GPS coordinates N 42.252539, E 70.439733. The vegetation cover of this site is represented by a forb-cereal with the dominance of *J. seravschanica*. The herbage is dominated by *Lonicera tianschanica*, *Arabidopsis pumila*, *Thlaspi perfoliatum*, *Schrenkia golickeana*, *Carex turkestanica*, *Gagea filiformis*, *Leptorhabdos parviflora*, *Bothriochloa ischaemum*, *Elytrigia trichophora*, *Poa bulbosa*, *Stipa lessingiana*, etc.). The soil surface is fine gravel (50-60%) with rare

stones. The total projective cover is 50-60%. The floristic composition of CP-4 is represented by 60 species from 49 genera belonging to 26 families.

When studying cenopopulations of population 1 with the participation of *J. seravschanica* was found that the flora of the studied communities includes 106 species from 90 genera of 26 families (Table 2), represented by various life forms: trees – 4, shrubs – 18, annual and perennial herbaceous plant species – 24 and 60, respectively. Most of these species are representatives of the following families: Poaceae – 16 species (16.9%), Asteraceae – 12 species (13.2%), Liliaceae – 10 species (12.2%), Rosaceae and Fabaceae 8 species each (11, 3%), Apiaceae – 7 species. The listed leading families make up 66.5% of the studied population. It should be noted that the studied population is represented by 7 Red Data Book species: *Ungernia sewerzowii*, *Mediasia macrophylla*, *Colchicum luteum*, *Juniperus seravschanica*, *Medicago tianschanica*, *Tulipa kaufmanniana*, *Valeriana chionophila*.

As a result of the study of Population 1, three tiers were identified. The first layer is woody (up to 8-10 m), and consists of *J. seravschanica*, sometimes with an admixture of *J. semiglobosa* and

deciduous trees: *Acer semenovii*, etc. The second layer is predominantly shrubby (1.5-2 m, less often up to 4 m): *Rosa kokanica*, *Spiraea hypericifolia*, *S. pilosa*, *Juniperus turkestanica*, *Cerasus tianschanica*, *Cerasus erythrocarpa*, *Berberis oblonga*, etc. The third layer is herbaceous, represented by species: *Elytrigia trichophora*, *Bromopsis inermis*, *Potentilla fedtschenkoana*, *Scabiosa songarica*, *Iris sogdiana*, *Schrenkia golickeana* and others (Table 1).

According to Pavlov's classification [25], in the plant communities of Population 1, several groups of useful plants were identified: fodder – 14, medicinal – 20, essential oil – 5, etc.

The second population (Population 2) of *J. seravschanica* was found on the southern slope of the Aksu canyon, on the right bank of the Aksu River, at an altitude of 1300 to 1610 m above sea level. This population consisted of 2 cenopopulations (CP-5, CP-6).

The location of CP-5 is the middle part on the southern slope of the Aksu canyon, the right bank of the Aksu river. GPS coordinates N 42.331250, E 70.372583, altitude from 1535 to 1610 m a.s.l. The vegetation cover is represented by an eremurus-cereal-forb community (*Eremurus lactiflorus*, *E. regelii*, *Allium eriocoleum*, *A. inconspicuum*, *Scandix stellata*, *Schrenkia golickeana*, *Trachydium tianschanicum*, *Centaurea squarrosa*, *Alyssum campestre*, *Anisantha tectorum*, *Taeniatherum crinitum*). The soil is gravel, TPC – 50%. The floristic composition of CP-5 consists of 96 species, 45 genera, 25 families.

CP-6 is found on the southern slope of the Aksu canyon, on the right bank of the Aksu river. GPS coordinates N 42.331199, E 70.378189, altitude from 1300 to 1500 m a.s.l. The vegetation cover is represented by a woody-shrub-cereal-forb community, dominated by *Celtis caucasica*, *Crataegus pontica*, *Lonicera nummulariifolia*, *Cerasus tianschanica*, *Melica altissima*, *M. inaequiglumis*, *M. transsilvanica*, *Milium vernale*, *Phleum paniculatum*, *Allium caesium*, *A. drobovii*, *Centaurea turkestanica*, *Inula macrophylla*, *Polygonatum sewerzowii*, etc. The soil surface is dense-fine gravelly, rarely with large stones. Projective coverage – 70%. The floristic composition of CP-6 consists of 98 species from 48 genera representing 26 families.

In general, in the studied communities with the participation of the second population of *J. seravschanica*, there are 110 species from 48 genera of 26 families (Table 2). Among them: are trees – 6, shrubs – 22, herbaceous annuals, and perennials

– 38 and 44, respectively. Leading families found in Population 2: Asteraceae – 21 species (10.8%), Poaceae – 20 (10.3%), Rosaceae – 16 (8%), Apiaceae – 14 (7.3%), Fabaceae and Lamiaceae 10 species each (5.2%), Brassicaceae – 9 (5%), which make up 51.8% of the total flora. The twelve Red Data Book species were identified: *Arum korolkowii*, *Eminium lehmannii*, *Centaurea turkestanica*, *Celtis caucasica*, *Allochrysa gypsophiloides*, *Euonymus koopmannii*, *Rhaphidophyton regelii*, *Juniperus seravschanica*, *Medicago tianschanica*, *Juno coerulea*, *Tulipa greigii*, *Malus sieversii* (Table 1).

Plant communities here are also represented in three tiers: the first tier is woody, consists of *J. seravschanica*, *Malus sieversii*, *Celtis caucasica*, *Acer semenovii*, *Crataegus pontica*, *Populus talassica*; the second layer is shrubby, including *Atraphaxis virgata*, *Ephedra equisetina*, *Lonicera nummulariifolia*, *Cerasus tianschanica*, *Cerasus erythrocarpa*, *Spiraea pilosa*, *Berberis oblonga*, etc.; the third tier is herbaceous: *Melica altissima*, *M. inaequiglumis*, *M. transsilvanica*, *Milium vernale*, *Phleum paniculatum*, *Allium caesium*, *A. drobovii*, *Centaurea turkestanica*, *Inula macrophylla*, etc. Several groups of useful plants were identified in the flora of the surveyed areas: fodder – 18, medicinal – 7, essential oil – 4 species.

Population 3 studied in the Bala-baldabrek river valley, Chuuldak tract, at an altitude of 1600 to 1975 m above sea level. CP-7 and CP-8 were studied in this area.

CP-7 was found on the southern slope of the Chuuldak tract, on the left bank of the Bala-baldabrek river, at an altitude of 1600 to 1800 m above sea level. GPS coordinates N 42.285569, E 70.402514. The vegetation cover of this area is represented by a savannah-cereal-forb community, dominated by *Ferula tenuisecta*, *Pseudolynosiris grimmii*, *Thlaspi perfoliatum*, *Hypericum elongatum*, *Hordeum bulbosum*, *Poa bulbosa*). The soil is fine and gravelly, and the total projective cover is 90%. The floristic composition of this community consists of 38 species belonging to 25 genera of 18 families.

CP-8 was found on the southeastern slope of the Chuuldak tract, on the left bank of the Bala-baldabrek river; GPS coordinates 42.285167, 70.431194, altitude from 1890 to 1975 m a.s.l. The vegetation cover is represented by a savannah-wheatgrass-forb community, dominated by *Elytrigia trichophora*, *Festuca valesiaca*, *Hordeum bulbosum*, *Ziziphora bungeana*, *Origanum tyttanthum*, *Hypericum scabrum*, etc.). The soil is gravel-stony, and the projective cover is 100%. The floristic composition

of CP-8 consists of 41 species, 29 genera, 16 families (Table 1).

For the floristic composition of the described areas of the species (Population 3), 64 plant species belonging to 34 genera of 18 families were identified (Table 2). The leading families include Rosaceae – 11 species (14%); Poaceae – 9 species (11.4%); Asteraceae – 8 species (10.1%); Lamiaceae, and Apiaceae – 5 species each (6.3%), which make up 48.1% of the total species composition. Among the life forms, 2 species of trees, 6 species of shrubs, and annual and perennial herbs – 18 and 38 species, respectively, were identified. Of the Red Data Book species, only *J. seravschanica* and *Medicago tianschanica* have been identified.

Studied plant communities with the participation of the third population are represented by three tiers: the first tier is woody (*J. seravschanica*, *J. semiglobosa*), the second tier is shrubby (*Lonicera nummulariifolia*, *L. tianschanica*, *Cerasus tianschanica*, *Berberis oblonga*, *Clematis orientalis*, *Rosa fedtschenkoana*, etc.), the third the layer is herbaceous (*Hypericum elongatum*, *Hordeum bulbosum*, *Poa bulbosa*, *Elytrigia trichophora*, *Festuca valesiaca*, etc.). Among them, it was revealed: fodder – 15 species, medicinal – 6, and essential oil – 4, respectively.

Thus, summary information has been summarized, including the species list of the studied communities with the participation of *J. seravschanica* and the abundance of species surveyed according to the Drude scale (Table 2). It is established that the flora of all studied communities with the participation of *J. seravschanica* includes 254 species from 175 genera of 51 families, including 7 trees (*Acer semenovii*, *Celtis caucasica*, *Crataegus pontica*, *Juniperus seravschanica*, *Juniperus semiglobosa*, *Malus sieversii*, *Populus talassica*), shrubs – 25 (*Lonicera nummulariifolia*, *Rosa kokanica*, *Cerasus tianschanica*, *C. erythrocarpa*, *Spiraea hypericifolia*, *Berberis oblonga*, etc.), annual and perennial herbaceous plant species – 56 and 166 (*Elytrigia trichophora*, *Bromopsis inermis*, *Poa bulbosa*, *Dactylis glomerata*, *Festuca valesiaca*, *Carex turkestanica*, *Ferula tenuisecta*, *Eremurus regelii*, *Hypericum scabrum*, *Hypericum elongatum*, *Arum korolkowii*, *Origanum tyttanthum*, *Helichrysum maracandicum*, *Acantholimon alberti*, *Ziziphora bungeana*, *Achillea millefolium*, *Phleum phleoides*, *Poa bulbosa*, *Hordeum bulbosum*, *Medicago tianschanica*, *Potentilla fedtschenkoana*, *Iris sogdiana*, *Schrenkia golickeana*, *Galium verum*, etc.), respectively. Most of these species (56%)

belong to the following 11 families: Apiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Scrophulariaceae, Caryophyllaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Liliaceae, Poaceae, Ranunculaceae, and Rosaceae. According to our data, in all the studied plant communities, the constant companions of *J. seravschanica* are: *Lonicera nummulariifolia*, *L. tianschanica*, *Galium verum*, *Ferula tenuisecta*, *Hypericum scabrum*, *Cerasus tianschanica*, *Eremurus regelii*, *Carex turkestanica*, *Poa bulbosa*, *Hordeum bulbosum*.

In general, in the surveyed areas, in addition to *J. seravschanica*, there are 16 Red Book species: *Ungernia sewerzowii*, *Mediasia macrophylla*, *Arum korolkowii*, *Eminium lehmannii*, *Centaurea turkestanica*, *Celtis caucasica*, *Allochrysa gypsophiloides*, *Euonymus koopmannii*, *Rhaphidophyton regelii*, *Colchicum luteum*, *Medicago tianschanica*, *Juno coerulea*, *Tulipa greigii*, *T. kaufmanniana*, *Malus sieversii*, and *Valeriana chionophila* [6]. In this regard, it is important to regularly monitor and strengthen the conservation of the surveyed communities in this region.

Conclusion

J. seravschanica is an important element of juniper forests on the Western Tien Shan mountain ranges. As a result of this study, an analysis of 3 main populations of *J. seravschanica* was carried out. The floristic composition of plant communities with the participation of the Red Book species *J. seravschanica* is mainly represented by herbal plant species, most of which are perennials, fewer shrubs. A species list of the studied communities with information on the abundance of species was compiled, 16 rare plant species listed in the Red Book of Kazakhstan were identified. Since *J. seravschanica* plays an important ecological role, and has an important forest-forming, water-protective, soil-protective, and anti-mudflow value, the results of studying the current state of plant communities with his participation can be a valuable source of information for the conservation and rational use of genetic resources in the Western Tien Shan. The results obtained will be used in the study of the genetic diversity of wild plant species, including species of the *Juniperus* genus.

Conflict of interest

All authors have read and were familiar with the content of the article and have no conflict of interest.

Funding

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP09259027).

Acknowledgment

The authors express their gratitude to the staff of the Aksu-Zhabagly State Nature Reserve and the Committee for Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan for the opportunity to conduct research.

References

1. Farjon A.A. Handbook of the World's Conifers. Koninklijke Brill NV: Leiden, Netherlands; 2017.
2. Adams R.P. The junipers of the world: The genus *Juniperus*. 4th ed. Trafford Publ., Victoria, BC; 2014.
3. Rahmonov O., Szczypiek T., Niedźwiedz T., Myga-Piątek U., Rahmonov M., Snytko V.A. The human impact on the transformation of juniper forest landscape in the western part of the Pamir-Alay range (Tajikistan). *Environmental Earth Sciences*. 2017;76(8):324. doi:10.1007/s12665-017-6643-4
4. Abdulina S.A. Checklist of vascular plants of Kazakhstan. Almaty: 1999.
5. Yermagambetova M.M., Abugaliev S.I., Turuspekov Y.K., Almerkova S.S. Conspectus of the genus *Juniperus* L. growing in Kazakhstan. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022;183(3):161-170. (In Russian) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-3-161-170>
6. The Red Data Book of Kazakhstan. Volume 2. Part 1. Plants. Re-edition, completed and revised. Astana, 2014.
7. Flora of Kazakhstan: in 9 vols. Alma-Ata: Academy of Science of KazSSR, 1956-1966. (In Russian)
8. Ivashchenko A.A. The flora Sairam-Ugam state national natural park (Kazakhstan) (Spisok flory Sayram-Ugamskogo gosudarstvennogo natsional'nogo prirodnoho parka (Kazakhstan)). *Botanical research of Siberia and Kazakhstan*. 2020; 26: 52-63. (In Russian)
9. Rachkovskaya E.I. Rastitel'nyy pokrov Aksu-Zhabaglynskogo zapovednika // Vegetation cover of the Aksu-Zhabagly Reserve // *Proceedings of the Aksu-Zhabagly Reserve*. Issue. 11. Almaty, 2016, pp. 149–170. (In Russian)
10. Kovshar A.F. Aksu-Zhabaglynskomu zapovedniku 90 let // 90 years of Aksu-Zhabagly Reserve. *Nature Conservation Research. Reserved science*. 2016. no. 11. pp. 111-118. (In Russian)
11. Pavlov N. Rastitel'nyy pokrov Zapadnogo Tyan'-Shanya // Vegetation cover of the Western Tien Shan. – M.: University, 1980. – 246 p. (In Russian)
12. Sultangaziev, O., Konrad, H., Schueler, S., & Geburek, T. North-south population subdivision of *Juniperus seravschanica* in Kyrgyzstan revealed through novel plastid DNA markers. *Journal of Systematics and Evolution*, 2012, 50(5), pp. 411-421.
13. Sidorenko G. T. Rastitel'nost' i kormovyye resursy Kuraminskogo khrebtu // Vegetation and forage resources of the Kuraminsky Range / G. T. Sidorenko. – Stalinabad: Publishing House of the Academy of Sciences of the TajSSR, 1953. – 101 p. (In Russian)
14. Kamelin, R.V. Kukhistan district of mountainous Central Asia. Botanical and geographical analysis. (Komarov readings, XXXI) L., Nauka, 1979. – 117 p. (In Russian)
15. Kamelin, R.V. Florogenetic analysis of the natural flora of mountainous Central Asia. L., 1973. – 356 p. (In Russian)
16. Korovin, E.P. Rastitel'nost' Sredney Azii i Yuzhnogo Kazakhstana // Vegetation of Central Asia and South Kazakhstan. Tashkent: Publishing House of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR, 1962. – Book. 2. – 547 p. (In Russian)
17. Karmysheva N.Kh. Flora i rastitel'nost' zapovednika Aksu-Dzhabagly // Flora and vegetation of the Aksu-Dzhabagly reserve. Alma-Ata, 1973. 176 p. (In Russian)
18. Arifkhanova, M. M. Rastitel'nost' Ferganskoy doliny // Vegetation of the Fergana Valley. Tashkent: Fan, 1967. – 295 p. (In Russian)
19. Rabotnov T.A. Zhiznennyj cikl mnogoletnih travjanistykh rasteniy v lugovykh cenozakh // The life cycle of perennial herbaceous plants in meadow cenoses *Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR, Academy of Sciences, Series 3 Geobotany*. 1950: 7-124. (In Russian)
20. Bykov B.A. Vvodnyy ocherk flory i rastitel'nosti Kazakhstana // Introductory essay on the flora and vegetation of Kazakhstan // *Vegetation cover of Kazakhstan*. Alma-Ata: Nauka, 1966. 164 p. (In Russian)
21. Lavrenko E.M., Korchagin A.A. Poleyaya geobotanika // Field geobotany. Volume. 5. Moscow-Leningrad: Nauka, 1976. (In Russian)
22. Flora of the USSR: in 30 vols. Moscow-Leningrad, 1934-1964. (In Russian)
23. Opredeleteli rasteniy Sredney Azii (Kriticheskiy konspekt flory) // Keys to plants of Central Asia (Critical abstract of flora): T1-10. Tashkent: FAN, 1968-1993. (In Russian)
24. Czerepanov S.K. Vascular Plants of Russia and Adjacent States (the Former USSR). St. Petersburg: Peace and Family; 1995. (In Russian)
25. Pavlov N.V. Rastitel'noe syr'e Kazakhstana (Rasteniye ih veshchestva ispol'zovanie) // Vegetable raw materials of Kazakhstan (Plant: their substances use). Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1947. (In Russian)

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері	Section 1 Environmental impact of anthropogenic factors and environmental protectiony	Раздел 1 Воздействие на окружающую среду антропогенных факторов и защита окружающей среды
<i>Н.Ш. Акимбеков, Қ.Т. Тастамбек, Д.К. Шерелхан, Н.П. Алтынбай, Ш.О. Бастаубаева</i> Общая характеристика сырья для использования разработки биотехнологии получения комплексного удобрения 4		
<i>Л.П. Ибрагимова</i> Влияние магматических процессов на развитие агроценозов..... 20		
<i>В.М. Amirov, A.T. Seytmenbetova, K.K. Kulymbet, V.K. Nam</i> Modeling of fertilizer application in potato production under light chestnut soils of zhetysu region..... 29		
<i>Ye. Zaparina, Z. Inelova, E. Boros, B. Shimshikov</i> Soils state analysis in the semi-aquatic zone of saline and soda lakes in Zhetysu (by the example of lake Alakol, Sasykkol, Zhalanashkol, Balkhash and Ushkol) 41		
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
<i>Д. Берилло, О. Закирұлы, А. Төлепова, А. Байменов, Ж. Тауанов</i> Антимикробная активность полимерного композита с триклозаном 56		
3-бөлім Биологиялық ауантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері	Section 3 Actual problems of biodiversity conservation	Раздел 3 Актуальные проблемы сохранения биологического разнообразия
<i>К.М. Ахмеденов, М.К. Сапанов</i> Особенности определения параметров добычи сайгаков в междуречье Волги и Жайыка 72		
<i>С.А. Кубентаев, И.Г. Левичев, Д.Т. Алибеков, К.С. Избастина, Б.Б. Кубентаева</i> Gagea kamelinii – редкий вид флоры Казахстана: распространение, морфология и фитоценотическая характеристика.. 85		
<i>A.A. Ivashchenko, D.M. Almabek, R.E. Kaparbay, K.T. Abidkulova</i> Conservation of the gene pool of ranunculaceae and related families (Paeoniaceae, Berberidaceae) in the National parks of the Northern Tien Shan..... 93		
<i>R. Salmurzauly, S.T. Nurtazin, A.B. Mirzakul, S.S. Boltaev, I.S. Galymzhanov, Y.A. Matenov</i> Current state of tugay ecosystems in the middle stream of the Ili river 106		
<i>M.M. Yermagambetova, A.A. Ivashchenko, S.I. Abugalieva, S.S. Almerekova</i> Floristic composition of some plant communities including Juniperus Seravschanica Kom. in Aksu-Zhabagly State natural reserve..... 119		