

ISSN 1563-0218; eISSN 2617-7498

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

# ХАБАРШЫ

Биология сериясы

---

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

# ВЕСТНИК

Серия биологическая

---

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

# EXPERIMENTAL BIOLOGY

---

№4 (97)

Алматы  
“Қазақ университеті”  
2023



ISSN 1563-0218; eISSN 2617-7498

# ХАБАРШЫ

БИОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №4 (97) желтоқсан



04.05.2017 ж. Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникация министрлігінде тіркелген

Қуәлік № 16494-Ж

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

## ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Шокагаева Д.Х., PhD (Қазақстан)  
e-mail: bb.kaznu.kz@gmail.com

## РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Бисенбаев А.Қ., б.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (ғылыми редактор) (Қазақстан)  
Бекманов Б.О., б.ғ.к., доцент (ғылыми редактордың орынбасары) (Қазақстан)  
Төлеуханов С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
Айташева З.Г., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
Кистаубаева А.С., б.ғ.к. (Қазақстан)  
Конуспаева Г.С., PhD, профессор (Қазақстан)  
Мухитдинов Н.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
Нургазин С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
Турусбеков Е.К., б.ғ.к., қауымдастырылған профессор (Қазақстан)

Берсимбаев Р.И., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
Искаков Б.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
Сарбасов Д., PhD, профессор (АҚШ)  
Орынбаева З., PhD, профессор (АҚШ)  
Қурмашева Р.Т., PhD (АҚШ)  
Сапарбаев М., PhD, профессор (Франция)  
Ищенко А., PhD (Франция)  
Лось Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)  
Ташев А.Н., профессор (Болгария)  
Қурманғалиев Е., PhD (США)

## ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Смекенов Изат, PhD (Қазақстан)

Журнал материалдарында ауқымды биологиялық мәселелері – ғылыми шолу, теориялық және эксперименталдық зерттеулердің нәтижелері қарастырылады.

Мақалалар биологияның келесі бөлімдері бойынша жарияланады: ботаника, биотехнология, биохимия, өсімдіктер физиологиясы, генетика және молекулалық биология, клеткалық биология, биофизика, адам және жануарлар физиологиясы, зоология және ихтиология, цитология және гистология, микробиология және вирусология.



## Жоба менеджері

Гульмира Шаккозова  
Телефон: +7 701 724 2911  
E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Пішімі 60x84/16. Көлемі 14,9 б.т. Тапсырыс №10527.  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің  
“Қазақ университеті” баспа үйі.  
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

**ШОЛУ МАҚАЛАСЫ**



**REVIEW ARTICLES**



**ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ**

Д. Манапқызы<sup>1\*</sup> , М.К. Сапарбаев<sup>2</sup> ,

С.М. Тайпакова<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Лаборатория Механизмов ДНК Репарации и Карциногенеза СИЕ 9019, Институт Густава Русси, Франция, г. Вильжюиф

\*e-mail: manatkyzy.diana@gmail.com

## РОЛЬ ТИМИН ДНК-ГЛИКОЗИЛАЗЫ ЧЕЛОВЕКА В ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ ТРАНСКРИПЦИИ И СТАБИЛЬНОСТИ ГЕНОМА

Тимин ДНК-гликозилаза (TDG) привлекла к себе внимание благодаря своей способности удалять тимин, т.е. нормальное основание ДНК, из G:T неправильных пар. Это указывало на его функцию в эксцизионной репарации оснований ДНК в восстановлении пар оснований G:C после дезаминирования 5-метилцитозина. Из-за очевидной каталитической неэффективности, некоторые считали TDG плохим ферментом репарации ДНК без важной биологической функции. Однако было продемонстрировано, что этот фермент может действовать как ключевой игрок в транскрипционной регуляции через взаимодействие с различными ядерными рецепторами и факторами транскрипции что указывает на ее функцию в регуляции генов, которая, по-видимому, имеет решающее значение в процессах развития. Другие показали, что TDG участвует в эпигенетической регуляции экспрессии генов защищая CpG-богатые промоторы от *de novo* ДНК метилирования и может инициировать aberrantную репарацию. Недавние исследования на животных выявили связь между потерей TDG и началом опухолеобразования. Таким образом целью данного обзора является собрать воедино результаты различных экспериментов, в которых исследовалась тимин ДНК-гликозилаза с момента ее открытия, и оценить их влияние на определение возможных физиологических ролей этого фермента.

**Ключевые слова:** Тимин ДНК-гликозилаза, репарация ДНК, деметилирование ДНК, раковые заболевания.

D. Manapkyzy<sup>1,\*</sup>, M.K. Saparbaev<sup>2</sup>, S.M. Taipakova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>NCJSC «Al-Farabi Kazakh National University», Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Laboratory Mechanisms of DNA Repair and Carcinogenesis, UMR 9019, Institut Gustave Roussy, France, Villejuif

\*e-mail: manatkyzy.diana@gmail.com

### The role of human thymine DNA glycosylase in epigenetic regulation of transcription and genome stability

Thymine DNA glycosylase (TDG) attracted attention because of its ability to remove thymine, i.e., the normal DNA base, from G:T irregular pairs. This indicated its function in DNA base excision repair in the repair of G:C base pairs after deamination of 5-methylcytosine. Because of its apparent catalytic inefficiency, TDG was considered by some to be a poor DNA repair enzyme without an important biological function. However, it has been demonstrated that this enzyme can act as a key player in transcriptional regulation through interactions with various nuclear receptors and transcription factors, indicating its function in gene regulation, which appears to be crucial in developmental processes. Others have shown that TDG is involved in the epigenetic regulation of gene expression by protecting CpG-rich promoters from *de novo* DNA methylation and can initiate aberrant repair. Recent animal studies have revealed an association between loss of TDG and the onset of tumorigenesis. Thus, the purpose of this review is to bring together the results of various experiments in which thymine DNA-glycosylase has been studied since its discovery and to assess their implications for determining the possible physiological roles of this enzyme.

**Key words:** Thymine DNA glycosylase, DNA repair, DNA demethylation, cancer.

Д. Манапқызы<sup>1\*</sup>, М.К. Сапарбаев<sup>2</sup>, С.М. Тайпакова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>«Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>ДНК репарациясының және канцерогенездің механизмдері зертханасы, АЗБ, Густав Русси институты, Франция, Вильжюиф қ.

\*e-mail: manatkyzy.diana@gmail.com

### Транскрипция мен геном тұрақтылығын эпигенетикалық реттеудегі адамның Тимин ДНҚ-гликозилазасының рөлі

Тиминдік ДНҚ гликозилаза (TDG) G:T сәйкес келмейтін жұптардан ДНҚ-ның қалыпты негізі тиминді жою қабілетіне байланысты өзіне назар аударды. Бұл оның 5-метилцитозин дезаминденгеннен кейін G:C жұптарын қалпына келтірудегі негіздердің эксцизиялық ДНҚ репарациясындағы қызметін көрсетті. Көрінетін каталитикалық тиімсіздігіне байланысты, кейбіреулер TDG маңызды биологиялық қызметі жоқ, нашар ДНҚ репарациясының ферменті деп санайды. Дегенмен бұл фермент әртүрлі ядролық рецепторлармен және транскрипция факторларымен өзара әрекеттесу арқылы транскрипциялық реттеуде негізгі ойыншы ретінде әрекет ете алатыны көрсетілді, бұл даму процестерінде маңызды болып көрінетін гендік реттеудегі рөлді көрсетеді. Басқалары TDG CpG-ге бай промоторларды *de novo* ДНҚ метилденуінен қорғау арқылы ген экспрессиясының эпигенетикалық реттелуіне қатысатынын және аберрантты репарация бастауға қабілетті екенін көрсетті. Жануарларға жүргізілген соңғы зерттеулер TDG жоғалуы мен ісіктің басталуы арасындағы байланысты анықтады. Осылайша, бұл шолудың мақсаты Тимин ДНҚ-гликозилаза ашылғаннан бері зерттелген әртүрлі зерттеулердің нәтижелерін біріктіру және олардың осы ферменттің мүмкін болатын физиологиялық рөлдерін анықтауға әсерін бағалау.

**Түйін сөздер:** Тимин ДНҚ-гликозилаза, ДНҚ репарациясы, ДНҚ демитилденуі, қатерлі ісік аурулары.

#### Введение

Метилирование цитозина на 5-м углероде (5-mC) является распространенной формой модификации ДНК у млекопитающих, которая необходима для различных биологических процессов, таких как инактивация X-хромосомы, геномный импринтинг, дифференциация клеток и подавление мобильных генетических элементов (Bird) [1]. Кроме того, аберрантное метилирование ДНК является распространенным молекулярным повреждением при раковых заболеваниях, обычно вызывающим глобальное гипометилирование и локус-специфическое гиперметилирование генов-супрессоров опухоли. 5-mC встречается преимущественно в контексте островов CpG, которые представляют собой короткие, перемежающиеся, богатые цитозином и гуанином регионы ДНК, первоначально идентифицированные как неметилированная часть геномной ДНК мыши [2]. Острова CpG обычно имеют длину 500-3000 пар оснований и находятся внутри или рядом с почти половиной промоторов генов млекопитающих [3]. Например, все гены домашнего хозяйства связаны с промоторными CpG-островами, которые обогащены разрешающими H3K4me3 (триметилирование гистона H3) метками гистонов, содержат множество сайтов связывания транскрипционных фак-

торов и обычно не метилированы [4]. Острова CpG также могут быть найдены в энхансерных, межгенных и интронных областях и часто связаны с транскрипционной регуляцией соответствующих генов.

Недостатком этой эпигенетической регуляции является то, что спонтанное деаминирование 5-mC приводит к образованию тимина, в результате чего возникает G:T несоответствие, которое, если его не восстановить, приводит к транзиции C→T в динуклеотидах CpG. Фактически, было высказано предположение, что низкое содержание CpG в геномах млекопитающих связано с высокой мутабельностью 5-mC [5]. В клетках млекопитающих тимин-ДНК-гликозилаза (TDG) и белок метил-связывающего домена 4 (MBD4/MED1) предотвращают мутагенное воздействие деаминирования 5-mC путем вырезания тимина из G:T неправильных пар в контексте CpG, который затем заменяется цитозином в процессе эксцизионной репарации оснований (BER)[6,7]. На пути BER ДНК-гликозилаза распознает аномальное основание и катализирует расщепление связи основания с сахаром (N-гликозидную), образуя абазисный сайт, который в свою очередь восстанавливается апуриновой/апиримидиновой (AP) эндонуклеазой [8,9].

За последнее десятилетие исследования TDG получили впечатляющее развитие в различных

дисциплинах. Ферментативные и структурные исследования позволили понять различные аспекты его функциональности. Выявление и характеристика гомологов и ортологов в филогенезе пролили свет на эволюцию этого семейства ДНК-гликозилаз и способствовали появлению первых генетических подходов к раскрытию биологических функций. Хотя до сих пор все усилия не позволили связать TDG человека с четко определенным клеточным процессом, они позволили установить линии доказательств, которые поддерживают три основные рабочие гипотезы. Биохимические и структурные свойства TDG поддерживают функцию в репарации поврежденных или модифицированных пиримидиновых оснований (BER)[10]; биохимические и клеточные, биологические данные предполагают роль в активном удалении 5-мС из метилированных CpG динуклеотидов в ДНК [11]; а [12,13]. Из всех этих исследований становится ясно, что, будучи ДНК-гликозилазой, TDG обладает довольно необычными свойствами, и что они могут указывать на связь между репарацией ДНК, контролем эпигенетической модификации ДНК и регуляцией экспрессии генов. Вопрос о том, можно ли и как-нибудь согласовать эти, казалось бы, несопадающие аспекты функции TDG в рамках единой механистической модели, предстоит решить в будущем. Целью данной статьи является обзор результатов последнего десятилетия исследований TDG и оценка возникающих концепций биологической функции.

## Результаты и обсуждение

### *Роль ферментов TDG и MBD4 в репарации неправильно спаренных G/T*

Учитывая роль TDG в восстановлении метилированных пар G:T после дезаминирования 5-меС, необходимо принять во внимание вторую ДНК-гликозилазу со способностью процессинга G:T, присутствующую в клетках позвоночных. Этот фермент, названный MBD4/MED1, принадлежит к семейству белков с метил-CpG-связывающим доменом (MBD) и состоит из N-концевого MBD-домена, который связан с C-концевым ДНК-гликозилазным доменом. Несмотря на структурную неродственность, MBD4/MED1 обладает ферментативными свойствами, очень похожими на свойства TDG; он высвобождает T и U из G:T и G-U несоответствий, соответственно, и обрабатывает ряд других субстратов, общих с TDG [7,14]. В какой степени любая из этих гликозилаз вносит свой вклад в процессинг G:T в живых клетках,

неизвестно. Нарушение MBD4/MED1 у мыши вызывает небольшое увеличение C→T мутаций на CpG сайтах, что соответствует дефекту в восстановлении дезаминированного 5-меС, который не может быть полностью компенсирован присутствием TDG [15]. С другой стороны, было обнаружено, что инактивация TDG в эмбриональных стволовых клетках и фибробластах мыши снижает G:T процессинг в клеточных экстрактах ниже уровня обнаружения, что указывает на то, что TDG обеспечивает преобладающую активность против продуктов дезаминирования 5-меС в этих клетках [16]. В свете этого очевидного несоответствия единственное твердое заключение, которое можно сделать на данный момент, заключается в том, что способность к репарации G:T в клетках позвоночных обеспечивается по крайней мере двумя различными ДНК-гликозилазами, которые могут действовать частично дублирующим образом.

В присутствии такой мощной защиты, однако, кажется удивительным, что метилированные CpG являются горячими точками мутаций в геноме млекопитающих, и что переходы C→T в таких местах часто встречаются в ДНК раковых клеток человека [17]. Можно утверждать, что, учитывая довольно неэффективную обработку субстратов G:T с помощью TDG и MBD4/MED1, количество субстратов, образующихся в результате дезаминирования, может превышать репарационные возможности клетки. Ошибки G:T, избежавшие репарации, могут привести к мутациям перехода C→T при репликации ДНК. В качестве альтернативы, пострепликативная система репарации несоответствий (MMR) может получать доступ к таким G:T парам время от времени и, не будучи в состоянии отличить мутантную последовательность от последовательности дикого типа в контексте нереплицирующейся ДНК, ошибочно обрабатывать цепь в составе которой находится G и, следовательно, исправлять мутацию.

Еще одна гипотеза, которую стоит рассмотреть, заключается в том, что гликозилазы G:T действуют не глобально в геноме, а направлены на конкретные участки. Действительно, сообщалось, что TDG взаимодействует с транскрипционными факторами и регулирует экспрессию генов на определенных промоторах. Аналогично было показано, что MBD4/MED1 подавляет транскрипцию репортерного гена, контролируемого гиперметилированными промоторами p16INK4a и hMLH1 [18]. Эти результаты согласуются с тем, что G:T-репарация с помощью TDG и MBD4/MED1 ограничена определенными областями генома и связана с определен-

ными физиологическими процессами, которые включают активацию или инактивацию генов. Следовательно, некоторые участки генома будут более восприимчивы к мутагенезу через дезаминирование 5-меС, в то время как другие будут защищены TDG и/или MBD4/MED1.

Наконец, хотя все эти объяснения кажутся логичными с механистической точки зрения, необходимо рассмотреть еще одну возможность, которая ставит под сомнение общепринятую догму о том, что дезаминирование 5-меС является основной причиной уменьшения количества динуклеотидов CpG в геноме. Появляется все больше доказательств того, что метилированные CpG не только гиперчувствительны к дезаминированию, но и к различным формам эндогенного и экзогенного генотоксического стресса, который может привести к мутагенным повреждениям, не являющимся субстратом для G:T гликозилаз [19]. Предпочтительный мутагенез на метилированных CpG через пути, которые не включают или не исключительно включают дезаминирование 5-меС, мог бы, таким образом, решить дилемму, почему мутации возникают в этих сайтах, несмотря на присутствие ферментов репарации G:T TDG и MBD4/MED1.

Более детальное исследование активности фермента показало, что TDG обладает широкой субстратной специфичностью, вырезая 3,N4-этенцитозин [20], тимин-гликоль [21], 5-гидроксицитозин [22], 7,8-дигидро-8-оксоаденин [23], неспаренный U [11] и его C5-модифицированные производные [22]. Напротив, MBD4 обладает узкой субстратной специфичностью, удаляя из ДНК, T, U, 5-фторурацил и 5-гидроксиметилу-

рацил в контексте CpG [24,25]. Единственное исключение, MBD4, распознает неправильные пары G:T и другие повреждения со специфичностью для участков CpG [7,26].

Специфичность к CpG предполагает, что преобладающим биологическим субстратом для hTDG могут быть несовпадения G:T, возникающие при дезаминировании 5-мС, поскольку метилирование цитозина происходит избирательно на сайтах CpG в клетках позвоночных. В связи с тем, что hTDG вырезает тимин, она также должна использовать строгий механизм, чтобы избежать воздействия на огромный (в миллионы раз) избыток неповрежденных пар оснований A:T. Drohat и др. показали, что активность hTDG в 18 000 раз ниже для пар A:T против G:T и резко снижена для других повреждений в контексте ApX против GpX [28]. Однако преимущественная эксцизия оснований в паре с G также требует наличия механизма для минимизации эксцизии C из нормальных пар G:C. Исследования показывают, что специфичность для G:T по сравнению с парами G:C в основном объясняется большей стабильностью связи основание-сахар (N-гликозидная связь) для дезоксицитидина по сравнению с дезокситимидином, а не избирательным распознаванием оснований или неспособностью hTDG перевернуть цитозин в свой активный сайт [22]. В этом же исследовании было продемонстрировано, что фермент TDG связывается с ДНК субстратом в комплексе 2:1: одна субъединица на абазисном сайте (продукционный комплекс), а другая – на неповрежденном сайте (неспецифический комплекс) как продемонстрировано в Рисунке 1.

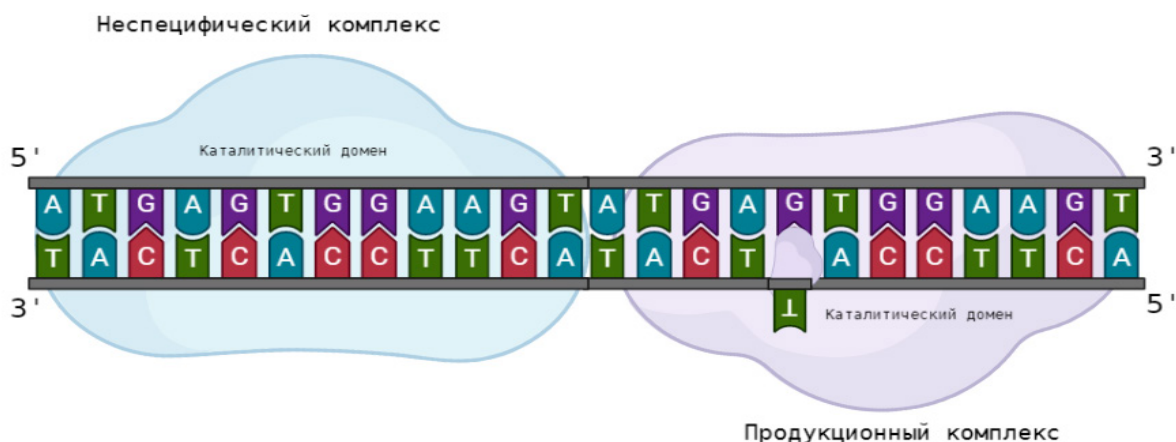


Рисунок 1 – Схематический обзор взаимодействий фермента с ДНК

**Роль TDG в aberrантной репарации**

Недавно было продемонстрировано, что TDG и MBD4 инициируют aberrантную репарацию путем вырезания Т в паре с поврежденным остатком аденина в дуплексной ДНК [28]. TDG нацелен на неповрежденную нить ДНК и эффективно вырезает Т, противоположный гипоксантину (Нх), 1, N6 -этенoadенину (εА), 8-оксоА и сайта AP в контексте последовательности TrG/СрХ, где Х – модифицированный остаток. MBD4 удаляет только Т из пар с εА, но не с Нх или другими поврежденными остатками аденина. Выделенный каталитический домен TDG (остатки 111-308), лишенный N- и C-хвостов, сохраняя активность удаления урацила, очень слабо удаляет Т из этих субстратов, что позволяет предположить, что N- и C-концевые части TDG необходимы для aberrантной активности. Воссоздание *in vitro* показало, что катализируемая TDG aberrантная эксцизия обычного тимина, противоположного остатку Нх, инициирует репарационный синтез, который использует поврежденный шаблон ДНК, что в свою очередь приводит к мутации Т→С в отсутствие репликации ДНК [28]. Биоинформационный анализ базы данных однонуклеотидных полиморфизмов (SNPs) человека показал, что спектры спонтанных мутаций на островах CpG демонстрируют сильное смещение в сторону TrG, CpA→CpG мутаций, по сравнению с общегеномными спектрами мутаций. Эти преобладающие Т→С мутации в островах CpG позволяют предположить, что катализируемая TDG aberrантная BER может быть вовлечена в стабилизацию и увеличение содержания CG в промоторах, богатых CpG, *in vivo* [28]. Таким образом, при определенных условиях TDG может катализировать зависящее от контекста последовательности aberrантное удаление тимина, что может привести к мутациям TrG, CpA→CpG. В совокупности эти наблюдения позволяют предположить, что в отсутствие эффективной репарации эндогенных окислительно поврежденных ДНК, таких как Нх, εА и 8-оксоА, постмитотические клетки могут накапливать мутации из-за катализируемого TDG/MBD4- aberrантного вырезания обычных оснований ДНК, противоположных поврежденной нити ДНК.

Также было предположено, что TDG может aberrантно вырезать Т спаренный с аристокламовыми аддуктами (dA-AL), генерируемые под воздействием аристокламовой кислоты (AA), которая получила внимание научного сообщества в начале 1990-х годов. Тогда более чем у 100 бельгийских женщин развились хронические за-

болевания почек и уротелиальные карциномы после приема препарата для похудения, содержащего *Aristolochia fangchi* [29]. В почечных и уротелиальных тканях этих пациенток были обнаружены аддукты аристоклама (AL)-ДНК, что подтверждает предшествующее воздействие AA [9,30]. Синдром, первоначально названный нефропатией китайских трав (CHN), позже был переименован в нефропатию аристокламовой кислоты (AAN). AAN характеризуется тубулоинтерстициальным нефритом с уротелиальными карциномами верхних мочевых путей, развивающимися в 50% случаев [31]. Впоследствии во всем мире было зарегистрировано множество случаев AAN. Аристокламовые кислоты активируются клеточными нитроредуктазами [32], образуя реактивные промежуточные продукты, которые ковалентно связываются с ДНК. По этому механизму AA I и AA II образуют следующие аддукты ДНК: 7-(дезоксаденозин-N6-ил)аристоклама I (dA-ALI), 7-(дезоксигуанозин-N2-ил) аристоклама I (dG-ALI), 7-(дезоксаденозин-N6-ил) аристоклама II (dA-ALII) и 7-(дезоксигуанозин-N2-ил) аристоклама II (dG-ALII). Аддукты dG и dA блокируют репликацию ДНК и проявляют свойства перекодировки [33-35]. Аддукты dA-AL значительно более мутагенны и/или устойчивы, чем аддукты dG-AL, что отражено в наблюдении, что хроническое воздействие AA на человека приводит преимущественно к трансверсиям А → Т в Т → А [36,37]. Примечательной особенностью dA-AL аддуктов является их устойчивость в тканях-мишенях грызунов и людей [30,36,38,39], что позволяет предположить, что эти аддукты, по крайней мере, частично устойчивы к репарации.

**Роль TDG и TET в активном деметилировании ДНК**

Метилирование цитозина (5-mC) осуществляется во время эмбрионального развития ДНК-метилтрансферазами 3a/3b *de novo* (DNMT3a/3b), которые катализируют перенос метильной группы с S-аденозилметионина (SAM) на углерод C5 цитозина [40]. 5-mC точно воспроизводится в течение последовательных циклов репликации поддерживающей ДНК-метилтрансферазой 1 (DNMT1) в ассоциации с Убиквитин-подобным кофактором, содержащим PHD (домен гомеопатии растений) и RING пальцевые домены 1 (UHRF1) [41]. Хотя 5-mC долгое время считался относительно стабильной эпигенетической меткой, в ряде исследований было установлено, что метилирование ДНК, как и модификации гистонов, является динамичным [42,43].



У млекопитающих существует два основных механизма участвующих в удалении метки 5-mC: пассивное и активное деметилирование ДНК. При пассивном деметилировании метилированная ДНК разбавляется в течение последовательных циклов репликации за счет деактивации или ядерного исключения поддерживающего DNMT1 или связанного с ним кофактора UHRF. Это очевидно во время эмбрионального развития, когда материнский геном подвергается пассивному деметилированию ДНК путем ядерного исключения специфического для ооцитов UHRF1 [44].

Механизмы, посредством которых TDG опосредует деметилирование ДНК, до конца не изучены, и возможно, что в процесс вовлечены несколько путей. Dalton и др. в экспериментах Co-IP с использованием клеточных линий P19 обнаружили, что TDG образует комплекс с AID и GADD45a, а также что AID взаимодействует с GADD45a независимо от TDG. Также они наблюдали снижение экспрессии AID в клетках с пониженным уровнем TDG, поэтому возможно, что это взаимодействие *in vivo* имеет функциональные последствия для AID и, возможно, TDG регулирует уровни AID или его стабильность [45].

Связанный путь деметилирования, в котором могут участвовать TDG и AID/APOBECs, касается недавно идентифицированного основания ДНК, 5-гидроксиметилцитозина (5-hmC), продукта окисления 5-метилцитозина, образующегося под действием TET-оксидаз (TET1-3) [46]. TET1 был идентифицирован как ген, вовлеченный в t(10;11) (транслокация десять-одиннадцать) при остром миелогенном лейкозе [47]; TET2 часто мутирует при миелодиспластическом синдроме [58]. Белки TET вовлечены в активное деметилирование ДНК, происходящее во взрослом мозге, процесс, который также зависит от деаминаз AID/APOBEC [49]. Таким образом, возможно, что 5hmC дезаминируется до 5-гидроксиметилурацила (5-hmU), создавая несоответствие G:5hmU [49]. TDG обладает сильной гликозилазной активностью в отношении 5-hmU [45,50,51]. Фактически, в то время как две другие гликозилазы эксцизионной репарации оснований, MBD4 и SMUG1, эффективно удаляют несоответствие T и 5hmU, соответственно, TDG является единственной гликозилазой с сильной активностью в отношении обоих дезаминированных оснований [45]. Совсем недавно в других лабораториях был выявлен третий, независимый от деаминаз путь деметилирования, при котором 5-hmC последовательно окисляется

до 5-формилцитозина (5-fC) и 5-карбокситозина (5-caC) оксидазами TET [52-55]. Хотя возможно, что существует условная декарбоксилаза, которая непосредственно превращает 5-caC в цитозин, было показано, что TDG проявляет специфическую гликозилазную активность в отношении 5-fC и 5-caC [52,55]. Фактически, кристаллографические данные свидетельствуют о том, что 5-caC закрепляется в активном сайте TDG благодаря полярным взаимодействиям, участвующим в распознавании 5-карбоксильной молекулы. Благодаря этим эксклюзивным структурным свойствам TDG является первой и единственной гликозилазой, способной избирательно связывать и удалять 5-caC и 5-fC из дуплексной ДНК [56].

#### ***Эмбриональная летальность, связанная с инактивацией TDG в мышечной зародышевой линии***

Лучшее понимание роли TDG в деметилировании ДНК, эпигенетической регуляции и развитии млекопитающих можно было получить только после того, как три исследовательские группы, включая группы *Primo Schär*, *Yoshihiko Uehara* и *Alfonso Bellacosa* [16,57,58], вывели и охарактеризовали мышью с направленной инактивацией TDG в зародышевой линии.

В процессе создания нокаутных по TDG мышью не наблюдалось рождения живых мышат *Tdg* <sup>-/-</sup>. Своевременные спаривания между *Tdg* <sup>+/-</sup> мышами показали, что эмбрионы *Tdg null* задерживались в развитии на эмбриональный день (E) 11.5 со сложным фенотипом. Макроскопические аномалии включали кровоизлияния в печень и перикард, гипопластические ветвистые дуги, задержку развития конечностей, заметные телеэнцефалические пузырьки и диффузные геморрагические поражения, а микроскопическое исследование показало специфические дефекты формирования сердца, стеноз дорсальной аорты и аномальное разветвление сосудов внутренних сонных и коронарных артерий [57]. Эмбриональная летальность *Tdg null* эмбрионов была также описана Cortazar и др., удалившими экзоны 6 и 7 [16], и Saito и коллегами, использовавшими таргетный вектор, который заменил части экзонов 8 и 9, соответствующие части домена, необходимого для активности гликозилазы, а также для взаимодействия *in vitro* с транскрипционными факторами RAR $\alpha$  и RXR $\alpha$  [16].

Было отмечено, что некоторые специфические фенотипические особенности *Tdg null* эмбрионов, включая сердечно-сосудистые дефекты, напоминают дефекты развития, ранее

отмеченные у эмбрионов, нулевых по ацетилтрансферазам гистонов p300 и CBP, а также по факторам сигнального пути ретиноевой кислоты, таким как RAR, RXR и Raldh2 [59-62]. Это наблюдение было подтверждено молекулярными анализами, продемонстрировавшими роль TDG в RAR/RXR- и p300-зависимой транскрипции. Таким образом, фенотип летальности, скорее всего, по крайней мере частично, обусловлен отсутствием этой связанной с транскрипцией функции TDG, необходимой для правильного эмбрионального развития.

С другой стороны, *Saito* и коллеги отметили сходство эмбриональной летальности с таковой у мышей с дефицитом GATA3 [58]. Сообщается, что эмбриональная летальность мутантных мышей GATA3 вызвана недостатком дофамина и норадреналина [63], катехоламинов, которые, как подтверждено, необходимы для нормального развития [3-5]. Для дальнейшего изучения этого сходства *Saito* и коллеги обнаружили сниженные уровни дофамина и, особенно, норадреналина у *Tdg null* эмбрионов. Затем они измерили уровни мРНК ферментов биосинтеза катехоламинов, тирозингидроксилазы (ТН, превращающей L-тирозин в L-ДОФА), декарбоксилазы лароматических аминокислот (AADC, декарбоксилирующей L-ДОФА в дофамин) и дофамин-бета-гидроксилазы (DBH, превращающей дофамин в норадреналин). Они сообщили о значительном истощении мРНК DBH в *Tdg null* эмбрионах [58]. Было показано, что GATA3-мутантные эмбрионы с дефицитом норадреналина могут быть спасены путем кормления самок предшественниками норадреналина, такими как D,L трео-3,4 дигидроксифенилсерин (DOPS), который непосредственно превращается в норадреналин под действием AADC [63]. *Saito* и коллеги обнаружили, что DOPS, которым кормили беременных гетерозиготных самок *Tdg*, смог частично спасти *Tdg null* эмбрионов, продлив их выживание до 14,5 день после соития (д.п.с.) [58]. Частичное спасение с помощью DOPS предполагает, что летальность эмбрионов мутанта TDG лишь частично обусловлена снижением уровня норадреналина.

#### **Участие в регуляции транскрипции, посттрансляционной модификации TDG белками CBP/p300, SUMO и PKC**

TDG содержит высоко консервативный центральный гликозилазный домен, фланкированный расходящимися амино- и карбокси-концевыми областями [64]. Аминоконцевая область

TDG млекопитающих содержит гидрофильную лизин-богатую область (остатки 70-118), которая ацетируется CREB-связывающим белком (CBP) и p300 (CBP/p300), а карбокси-концевая область модифицируется путем ковалентного присоединения малого убиквитин-подобного модификаторного (SUMO) белка [65]. Аминоконцевая область необходима для неспецифических взаимодействий с ДНК, а также для плотного связывания с абазисными сайтами и обработки неправильных пар G:T [64-67]. Плотное связывание TDG с абазисным сайтом после эксцизии основания предотвращает оборот фермента, тем самым ограничивая эффективность обработки неправильных пар [66].

CBP/p300 и TDG образуют с ДНК *in vitro* троичные комплексы, которые сохраняют способность к эксцизии оснований и ацетилированию гистонов, что позволяет предположить, что привлечение CBP/p300 *in vivo* может способствовать ремоделированию хроматина в месте репарации [12]. Кроме того, TDG стимулирует CBP-зависимую транскрипцию за счет присущей ему SUMO-связывающей активности [12]. Ковалентная конъюгация SUMO с карбокси-концевым остатком лизина эффективно отменяет связывание с ДНК и ассоциацию с CBP, а ацетилирование аминоконцевой области может регулировать взаимодействие с вспомогательными факторами [12,66,67]. Сообщалось, что ацетилирование CBP/p300 влияет на активность ферментов BER (TDG, *Polβ* и эндонуклеаза 1) [12,68,69], что позволяет предположить важную роль CBP/p300 в координации BER.

Исследования *Um* и др. показали, что TDG фосфорилируется в живых клетках [70], а анализ *in silico* выявил несколько предполагаемых сайтов фосфорилирования протеинкиназой С (PKC) a/b/g в аминоконцевом лизин-богатом регуляторном домене. PKC представляет собой семейство из 11 родственных сигнальных белков с различным распределением по тканям и требованиями к кофакторам, которые участвуют в различных клеточных процессах, таких как пролиферация, апоптоз и дифференциация клеток [71]. Сигналирование PKC активируется окислительным стрессом [72], и есть доказательства того, что *Polβ* и белки репарации несоответствий Msh2 и Msh6 регулируются посредством фосфорилированием PKC [73,74]. В своих исследованиях *Mohan* и др. выявили новый механизм перекрестного взаимодействия между белками CBP и PKC, который регулирует функции ДНК репарации неправильно спаренных оснований

ферментом TDG посредством взаимоисключающей ковалентной модификации аминоконцевой области [73].

Примечательно, что ацетилирование CBP/p300 избирательно отменяет процессинг G:T, в то время как фосфорилирование PKC может сохранять эту функцию *in vivo*, предотвращая CBP-опосредованное ацетилирование. Наши результаты показывают, что противоположные регуляторные роли CBP/p300 и PKC могут иметь глубокое влияние на функции TDG в поддержании стабильности CpG и эпигенетической регуляции в организме [75].

Интересно, что и сумоилирование, и ацетилирование под действием CBP/p300 отменяют связывание с ДНК и процессинг неправильных пар G:T. Однако, в отличие от сумоилирования, которое может происходить на ДНК, было показано, что CBP-опосредованное ацетилирование требует отсоединения TDG от ДНК. Более того, ацетилированный TDG (acTDG) сохраняет способность образовывать стабильные комплексы с абазисными сайтами, о чем свидетельствует стабильное связывание, наблюдаемое после обработки неправильных пар G:U. Можно предположить, что ацетилирование способствует ограниченным конформационным изменениям в аминоконцевой части в отличие от более обширных изменений, связанных с сумоилированием. Интересно, что замена лизинов 94, 95 и 98 на аланины не имитировала эффект ацетилирования на связывание ДНК, и этот мутант был устойчив к вытеснению APE1 при связывании с абазисными сайтами. Эти данные свидетельствуют о том, что эти остатки лизина играют важную роль в связывании ДНК и обработке неправильных пар, а эффект ацетилирования не связан с потерей положительного заряда. Были представлены биохимические доказательства взаимодействия CBP/p300 и PKC в модуляции ДНК-репарирующих функций TDG, давая представление о сложной роли посттрансляционных модификаций в регуляции поддержания генома и путей экспрессии генов. Тот факт, что сигнальные пути CBP/p300 и PKC дерегулируются при онкогенезе [76], позволяет предположить, что TDG может быть мишенью нисходящих путей, который может быть функционально скомпрометирован и способствовать геномной нестабильности, связанной с раком. Интересно, что недавно было показано, что TDG эффективно удаляет 5-фторурацил из ДНК и играет роль в клеточном ответе на этот широко используемый химиотерапевтический агент [75]. Исследования

*Mohan и др.* показывают возможность изменения функций TDG по обработке поврежденных ДНК *in vivo* путем воздействия на сигнальные пути, которые опосредуют ацетилирование и фосфорилирование этого фермента [67].

#### **Роль TDG в развитии раковых заболеваний**

Участие TDG в сигнале p53 было одним из самых ранних признаков того, что TDG является потенциальным опухолевым супрессором. Было установлено, что TDG стимулирует сигнал p53, который, в свою очередь, регулирует его собственную экспрессию [77]. Также было установлено, что TDG необходим для экспрессии нескольких генов-супрессоров опухолей *in vitro*, таких как *p15ink4b*, *Hic1*, *Rarb* и *Nr0b2* [78,79]. Несколько исследований условного нокаута TDG, проведенных на мышах, подтвердили роль TDG как опухолевого супрессора *in vivo* [78,80]. В одном из исследований было показано, что кишечнo-специфическая потеря TDG у мышей ArcMin, хорошо изученной модели предрасположенности к опухолям, привела к двукратному увеличению аденом тонкого кишечника [80]. Этот фенотип наблюдался преимущественно у самок мышей, что позволяет предположить, что половой диморфизм может вносить вклад в заболеваемость раком в ответ на потерю TDG. Используя новую модель условного нокаута TDG, содержащую тамоксифен-индуцибельный Cre-ERT2 для временного удаления TDG во всех тканях [78], лаборатория *Torchia и др.* продемонстрировала, что условное удаление TDG у взрослых мышей (*TdgcKO*) приводит к развитию поздней гепатоцеллюлярной карциномы (ГЦК) и гепатобластомы (ГБ). Интересно отметить, что у мышей *TdgcKO* наблюдался перекоп в заболеваемости ГЦК по половому признаку: у самцов мышей заболеваемость ГЦК увеличивалась примерно в 2 раза по сравнению с самками. Более того, у самцов мышей *TdgcKO* наблюдалось увеличение массы тела и непереносимость глюкозы – общие симптомы, связанные с ожирением и диабетом 2 типа, которые являются основными факторами риска развития ГЦК [81]. Этиологически, потеря гомеостаза ЖК является основным фактором развития ГЦК у мышей и людей [82]. Соответственно, у самцов мышей *TdgcKO* с возрастом увеличивается содержание печеночных и сывороточных желчных кислот (ЖК). Иммуногистохимия печени мышей *TdgcKO* показала, что окрашивание 5-карбоксилцитозина (5-caC) было более интенсивным в субпопуляции клеток в печени. Это свидетельствует о том, что деле-

ция *Tdg* может блокировать активное деметилирование ДНК, что приводит к накоплению 5-саС в печени в дополнение к потере рекрутирования ко-активаторов и связанным с этим транскрипционным последствием. Благодаря высокопроизводительному транскриптомному анализу печени самцов *TdgcKO* с последующим анализом обогащения наборов генов, метаболизм был определен как наиболее дисрегуляторный путь у мышей *TdgcKO*. Учитывая, что фарнезоидный X-рецептор (FXR) является главным регулятором различных метаболических процессов, включая печеночный БА и метаболизм глюкозы, вполне вероятно, что коактивирующая роль TDG в FXR-сигнализации играет значительную роль в поддержании печеночного гомеостаза. Подобно *TdgcKO* мышам, у нокаутных мышей *Fxr* также развивается ГЦК с поздним началом и проявляются симптомы, связанные с ожирением и диабетом 2 типа, включая непереносимость глюкозы и накопление первичных желчных кислот с возрастом [47,77]. Важно отметить, что внутрибрюшинное введение мышам агониста FXR GW4064 вызывало быстрое присоединение комплекса FXR, состоящего из FXR, TDG, лизин-ацетилтрансферазы CBP и TET2 к подмножеству генов-мишеней FXR. В совокупности эти результаты показывают, что потеря *Tdg* приводит к дисрегуляции оси FXR-SHP в печени и что у мышей *TdgcKO* наблюдается повышенная распространенность ГЦК на фоне повышенного уровня сывороточного и внутрипеченочного БА. Возникновение рака печени у мышей *TdgcKO* было удивительным, учитывая, что экспрессия *Tdg* является повсеместной и резко отличается от нокаутных TET, которые приводят к преимущественно гемопозитическим аномалиям и злокачественным опухолям [47]. В отличие от кроветворной системы, гепатоциты при нормальных физиологических условиях, митотически спящие и в основном находятся в состоянии покоя (G0). Это может обеспечить более благоприятную среду для накопления 5-fC/5-саС в печени *TdgcKO* во время активного деметилирования ДНК, которое является репликационно-независимым процессом.

В отличие от его опухолеподавляющих свойств, два исследования показали, что TDG может способствовать опухолевому генезу и может быть потенциальной мишенью для терапии рака. Первое исследование показало, что TDG сверхэкспрессируется в подгруппе пациентов с колоректальным раком (КРР)[80]. TDG действует как позитивный регулятор сигнализации WNT, функционируя в качестве адаптерного

белка для транскрипционного фактора TCF4 и рекрутируя CBP/300. Более того, стабильная трансфекция TDG shRNA в несколько клеточных линий CRC подавляла рост клеток. Важно отметить, что стабильный нокаунт *Tdg* снижает способность клеток CRC образовывать опухоли в ксенотрансплантационных анализах, что позволяет предположить, что TDG необходим для пролиферации клеток CRC *in vivo*. Недавно на модели клеточной линии меланомы было показано, что инактивация TDG вызывает остановку клеточного цикла и старение, а также увеличение метилирования ДНК в подмножестве CpG-сайтов[48]. Кроме того, было показано, что нокаунт *Tdg* подавляет образование опухолей клеточных линий меланомы в ксенотрансплантационных моделях, что позволяет предположить, что активность TDG является критической для возникновения и/или прогрессии опухоли. Используя высокопроизводительный скрининговый анализ, зависящий от каталитической активности TDG, авторы определили ингибиторы TDG первого поколения, которые снижали жизнеспособность и клоногенную способность линий меланомы.

На сегодняшний день гомозиготные мутации у больных раком не выявлены. Гетерозиготная миссенс-мутация в *Tdg*, связанная со снижением уровня белка TDG, была выявлена при раке прямой кишки [50]. У людей несколько однонуклеотидных полиморфизмов (SNPs) в гене *Tdg* были связаны с повышенным риском развития рака. Например, SNP rs4135054 связан с плоскоклеточной карциномой пищевода (ESCC) [51]. Кроме того, несинонимичный кодирующий SNP rs2888805 (мутация V367M) и интронный SNP rs4135150 связаны с повышенным риском развития немеланомного рака кожи (NMSC) и других видов рака [52]. В более позднем исследовании было установлено, что два других SNP (rs4135113 и rs1866074) связаны с повышенным риском развития колоректального рака [53]. Генотип AA SNP rs4135113 увеличивал риск развития рака толстой кишки более чем в 3,6 раза, тогда как минорный аллель A увеличивал риск в 1,6 раза. В совокупности эти данные свидетельствуют о том, что TDG обладает как опухолеподавляющими и онкогенными свойствами в зависимости от типа рака.

## Заключение

TDG выполняет ключевые функции в репарации ДНК, деметилировании ДНК и в качестве коактиватора транскрипции. Эти функции пере-

кряваются в регуляции генов через ассоциации с различными взаимодействующими партнерами. Также было продемонстрировано, что TDG обладает аберрантной активностью, которое может приводить к мутациям в определенных контекстах последовательности ДНК. Недавние исследования условного нокаута *Tdg* продемонстрировали роль TDG как опухолевого супрессора *in vivo* и как промотора опухоли в некоторых контекстах, подчеркивая важность роли TDG в поддержании нормального клеточного гомеостаза. Все эти наблюдения говорят о том, что относительная важность TDG в различных

клеточных процессах, описанных выше, будет определена, и эти знания, в паре с использованием систем животных для воссоздания физиопатологических механизмов и моделирования заболеваний человека, позволят выявить пути лечения заболеваний, связанных с функциональной значимостью TDG.

### Финансирование

Эта работа была профинансирована Министерством образования и науки Республики Казахстан, грант №AP13067762.

### Литература

1. Bird A. DNA Methylation Patterns and Epigenetic Memory. // *Genes Dev.* – 2002. – Vol. 16. – P. 6–21.
2. Bird A., Taggart M., Frommer M., Miller O.J., Macleod D. A. Fraction of the Mouse Genome That Is Derived from Islands of Nonmethylated, CpG-Rich DNA // *Cell* – 1985. – Vol. 40. – P. 91–99.
3. Akan P., Deloukas P. DNA Sequence and Structural Properties as Predictors of Human and Mouse Promoters // *Gene* – 2008. – Vol. 410. – P.165–176.
4. Deaton A.M., Bird A. CpG Islands, and the Regulation of Transcription. // *Genes Dev.* – 2011. – Vol. 25. – P.1010–1022.
5. Bird A.P. DNA methylation and the frequency of CpG in animal DNA. // *Nucleic Acids Res.*, – 1980. – Vol. 8. – P. 1499–1504.
6. Neddermann P., Jiricny J. The purification of a mismatch-specific thymine-DNA glycosylase from HeLa cells // *J Biol Chem.* – 1993. – Vol. 268. – P. 21218–21224.
7. Hendrich B., Hardeland U., Ng H. H., Jiricny J., Bird A. The thymine glycosylase MBD4 can bind to the product of deamination at methylated CpG sites // *Nature*, – 1999. – Vol. 401. – P. 301–304.
8. Hitomi K., Iwai S. and Tainer J.A. The intricate structural chemistry of base excision repair machinery: implications for DNA damage recognition, removal, and repair. // *DNA Repair (Amst)*, – 2007. – Vol. 6. – P. 410–428.
9. Krokan H.E. and Bjoras M. Base excision repair. *Cold Spring Harb. Perspect. // Biol.*, – 2013. – Vol.5, No 4. a012583.
10. Hardeland U., Bentele M., Jiricny J., Schar P. The versatile thymine DNA-glycosylase: a comparative characterization of the human, *Drosophila* and fission yeast orthologs // *Nucleic Acids Res.* – 2003. – Vol. 31. – P. 2261–2271.
11. Scharer O.D., Kawate T., Gallinari P., Jiricny J., Verdine G.L. Investigation of the mechanisms of DNA binding of the human G/T glycosylase using designed inhibitors. // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* – 1997. – Vol. 94. – P. 4878–4883.
12. Tini M., Benecke A., Um S.J., Torchia J., Evans R.M. and Chambon P. Association of CBP/p300 acetylase and thymine DNA glycosylase links DNA repair and transcription. // *Mol. Cell.* – 2002. – Vol. 9. – P.265–277.
13. Kalkhoven E. CBP and p300: HATs for different occasions, // *Biochem. Pharmacol.* – 2004. – Vol. 68. – P.1145–1155.
14. Bellacosa A. Role of MED1 (MBD4) gene in DNA repair and human cancer, // *J. Cell Physiol.*, – 2001. – Vol. 187. – P.137–144.
15. Millar C.B., Guy J., Sansom O.J., Selfridge J., MacDougall E., Hendrich B., Keightley P.D., Bishop S.M., Clarke A.R., Bird A. Enhanced CpG mutability and tumorigenesis in MBD4-deficient mice // *Science*, – 2002. – Vol. 297. – P. 403–405
16. Cortazar D., Kunz C., Saito Y., Steinacher R., Schar P. The enigmatic thymine DNA glycosylase // *DNA Repair (Amsterdam)*. – 2007. – Vol.6. – P.489–504.
17. Greenblatt M.S., Bennett W.P., Hollstein M., Harris C.C. Mutations in the p53 tumor suppressor gene: clues to cancer etiology and molecular pathogenesis // *Cancer Res.*, – 1994. – Vol. 54. – P. 4855–4878.
18. Kondo E., Gu Z., Horii A., Fukushige S. The thymine DNA glycosylase MBD4 represses transcription and is associated with methylated p16(INK4a) and hMLH1 genes // *Mol. Cell. Biol.*, – 2005. – Vol.25. – P. 4388–4396.
19. Pfeifer G.P. Mutagenesis at methylated CpG sequences // *Curr. Top/ Microbiol. Immunol.* – 2006. – Vol. 301. – P. 259–281.
20. Hang B., Medina M., Fraenkel-Conrat H., Singer B. A 55-kDa protein isolated from human cells shows DNA glycosylase activity toward 3, N4-ethenocytosine and the G/T mismatch // *Proc Natl Acad Sci U S A*, – 1998. – Vol. 95. – P.13561–13566.
21. Yoon J. H., Iwai S., O'Connor T. R., Pfeifer G. P. Human thymine DNA glycosylase (TDG) and methyl-CpG-binding protein 4 (MBD4) excise thymine glycol (Tg) from a Tg:G mispair // *Nucleic Acids Res.*, – 2003. – Vol. 31. – P.5399–5404.
22. Bennett M. T., Rodgers M. T., Hebert A. S., Ruslander L. E., Eisele L., Drohat A.C. Specificity of human thymine DNA glycosylase depends on N-glycosidic bond stability // *J. Am. Chem. Soc.*, – 2006. – Vol. 128. – P.12510–12519.
23. Talhaoui I., Couve S., Ishchenko A. A., Kunz C., Schar P., Saparbaev M. 7,8-Dihydro-8-oxoadenine, a highly mutagenic adduct, is repaired by *Escherichia coli* and human mismatch-specific uracil/thymine-DNA glycosylases // *Nucleic Acids Res.*, – 2013.

24. Petronzelli F., Riccio A., Markham G. D., Seeholzer S. H., Genuardi M., Karbowski M., Yeung A. T., Matsumoto Y., Bellocosa A. Investigation of the substrate spectrum of the human mismatch-specific DNA N-glycosylase MED1 (MBD4): fundamental role of the catalytic domain // *J. Cell. Physiol.*, – 2000. – Vol. 185. – P. 473–480.
25. Hashimoto H., Liu Y., Upadhyay A. K., Chang Y., Howerton S. B., Vertino P. M., Zhang X., Cheng X. Recognition and potential mechanisms for replication and erasure of cytosine hydroxymethylation // *Nucleic Acids Res.*, – 2012
26. Wu P., et al. Mismatch repair in methylated DNA. Structure and activity of the mismatch-specific thymine glycosylase domain of methyl-CpG-binding protein MBD4 // *J Biol Chem.*, – 2003. – Vol. 278. – P.5285–5291
27. Morgan M.T., Bennett M.T., Drohat A.C. Excision of 5-halogenated uracils by human thymine DNA glycosylase: Robust activity for DNA contexts other than CpG // *J Biol Chem.*, – 2007. – Vol. 282. – P.27578–27586.
28. Maiti A., Morgan M.T., Pozharski E., Drohat A.C. Crystal structure of human thymine DNA glycosylase bound to DNA elucidates sequence-specific mismatch recognition // *PNAS*, – 2008. – Vol. 105. – P. 8890–8895
29. Talhaoui I., Couve S., Gros L., Ishchenko A.A., Matkarimov B., Saparbaev M.K. Aberrant repair initiated by mismatch-specific thymine-DNA glycosylases provide a mechanism for the mutational bias observed in CpG islands // *Nucleic Acids Res.*, – 2014. – Vol. 42. – P. 6300–6313.
30. Talhaoui I., Matkarimov B.T., Tchenio T., Zharkov D.O., Saparbaev M., Aberrant base excision repair pathway of oxidatively damaged DNA: Implications for degenerative diseases // *Free Rad. Bio. & Medicine*, – 2017. – Vol. 107. – P. 266–277
31. Vanherweghem J.L., Debelle F., Muniz Martinez M.C. and Nortier J. In: De Broe M.E., Porter G.A., Bennet W.M. and Verpooten G.A. (eds) // *Clinical Nephrotoxins*, 2nd edn. Dordrecht Kluwer, Netherlands, – 2003. – P. 588–601.
32. Nortier J.L., Martinez M.C., Schmeiser H.H., Arlt V.M., Bieler C.A., Petein M., Depierreux M.F., De Pauw L., Abramowicz D., Vereerstraeten P., et al. Urothelial carcinoma associated with the use of a Chinese herb (*Aristolochia fangchi*) // *N. Engl. J. Med.*, – 2000. – Vol. 42, No 3. – P.1686–1692.
33. Grollman A.P., Scarborough J. and Jelakovic B. In: Fishbein J.C // *Advances in Molecular Toxicology*, Vol. 3. The Netherlands, Elsevier, Amsterdam, – 2009. – P. 211–222.
34. Stiborova M., Frei E., Sopko B., Sopkova K., Markova V., Lankova M., Kumstyrova T., Wiessler M. and Schmeiser H.H. Human cytosolic enzymes involved in the metabolic activation of carcinogenic aristolochic acid: evidence for reductive activation by human NAD(P)H:quinone oxidoreductase // *Carcinogenesis*, – 2003.– Vol. 24. – P.1695–1703.
35. Schmeiser H.H., Scherf H.R. and Wiessler M. Activating mutations at codon 61 of the c-Ha-ras gene in thin-tissue sections of tumors induced by aristolochic acid in rats and mice // *Cancer Lett.*, – 1991. – Vol. 59. – P.139–143.
36. Arlt V.M., Stiborova M. and Schmeiser H.H. Aristolochic acid as a probable human cancer hazard in herbal remedies: a review // *Mutagenesis*, – 2002. – Vol. 17. – P.265–277.
37. Attaluri S., Bonala R.R., Yang I.Y., Lukin M.A., Wen Y., Grollman A.P., Moriya M., Iden C.R. and Johnson, F. DNA adducts of aristolochic acid II: total synthesis and site-specific mutagenesis studies in mammalian cells // *Nucleic Acids Res.*, – 2010. – Vol. 38. – P.339–352.
38. Grollman A.P., Shibutani S., Moriya M., Miller F., Wu L., Moll U., Suzuki N., Fernandes A., Rosenquist T., Medverec Z. et al. Aristolochic acid and the etiology of endemic (Balkan) nephropathy // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, – 2007. – Vol. 104. – P.12129–12134.
39. Moriya M., Slade N., Brdar B., Medverec Z., Tomic K., Jelakovic B., Wu L., Truong S., Fernandes A. and Grollman A.P. TP53 mutational signature for aristolochic acid: an environmental carcinogen // *Int. J. Cancer*. – 2011. – Vol. 129. – P. 1532–1536.
40. Fernando R.C., Schmeiser H.H., Scherf H.R. and Wiessler M. Formation and persistence of specific purine DNA adducts by 32P-postlabelling in target and non-target organs of rats treated with aristolochic acid I // *IARC Sci. Publ.* – 1993. – P.167–171.
41. Jelakovic B., Karanovic S., Vukovic L., Miller F., Edwards K., Nikolic J., Tomic K., Slade N., Brdar B., Turesky R. et al. Aristolactam-DNA adducts in the renal cortex: biomarkers of environmental exposure to aristolochic acid // *Kidney Int.* – 2011. – Vol. 81, N°6. – P. 559–567.
42. Okano M., Bell D.W., Haber D.A., Li E. DNA Methyltransferases Dnmt3a and Dnmt3b Are Essential for De Novo Methylation and Mammalian Development // *Cell*. – 1999. – Vol. 99. – P. 247–257.
43. Bostick M., Kim J.K., Estève P.-O., Clark A., Pradhan S., Jacobsen S.E. UHRF1 Plays a Role in Maintaining DNA Methylation in Mammalian Cells // *Science*. – 2007. – Vol. 317. – P.1760–1764.
44. Bhutani N., Burns D.M., Blau H.M. DNA Demethylation Dynamics // *Cell*. – 2011. – Vol. 146. –P. 866–872.
45. Kohli R.M., Zhang Y. TET Enzymes, TDG and the Dynamics of DNA Demethylation // *Nature*. – 2013. – Vol. 502. – P.472–479.
46. Messerschmidt D.M., Knowles B.B., Solter D. DNA Methylation Dynamics during Epigenetic Reprogramming in the Germline and Preimplantation Embryos // *Genes Dev.* – 2014. – Vol. 28. – P.812–828.
47. Rai K., Huggins I.J., James S.R., et al. DNA demethylation in zebrafish involves the coupling of adeaminase, a glycosylase, and gadd45 // *Cell*. – 2008. – Vol. 35. – P. 1201–1212.
48. Popov A.V., Grin I.R., Dvornikova A.P., Matkarimov B.T., Groisman R., Saparbaev M., Zharkov D.O. Reading Targeted DNA Damage in the Active Demethylation Pathway: Role of Accessory Domains of Eukaryotic AP Endonucleases and Thymine-DNA Glycosylases // *JMB*. – 2019. – Vol. 432. – P.1747–1768
49. Neri F., Incarnato D., Krepelova A., Rapelli S., Anselmi, F., Parlato, C., Medana, C., Dal Bello, F., Oliviero, S. Single-Base Resolution Analysis of 5-Formyl and 5-Carboxyl Cytosine Reveals Promoter DNA Methylation Dynamics // *Cell Rep.* – 2015. –10. P.674–683.
50. Yang F., Huang X., Yi T., Yen Y., Moore D.D., Huang W. Spontaneous Development of Liver Tumors in the Absence of the Bile Acid Receptor Farnesoid X Receptor // *Cancer Res.* – 2007. – Vol. 67. – P. 863–867.

51. Fromme J.C., Verdine G.L. Base Excision Repair // *Adv. Protein Chem.* – 2004. – Vol. 69. – P.1–41.
52. Vasovcak P., Krepelova A., Menigatti M., Puchmajerova A., Skapa P., Augustinakova A., Amann G., Wernstedt A., Jiricny J., Marra G., et al. Unique Mutational Profile Associated with a Loss of TDG Expression in the Rectal Cancer of a Patient with a Constitutional PMS2 Deficiency // *DNA Repair.* – 2012. – Vol. 11. – P.616–623.
53. Li W. Q., Hu N., Hyland P.L., Gao Y., Wang Z. M., Yu K., Su H., Wang, C.-Y., Wang L.-M., Chanock, S.J., et al. Genetic Variants in DNA Repair Pathway Genes and Risk of Esophageal Squamous Cell Carcinoma and Gastric Adenocarcinoma in a Chinese Population // *Carcinogenesis.* – 2013. – Vol. 34. – P.1536–1542.
54. Ruczinski I., Jorgensen T.J., Shugart Y.Y., Schaad Y.B., Kessing B., Hoffman-Bolton J., Helzlsouer K.J., Kao W.H.L., Wheelless L., Francis L., et al. A Population-Based Study of DNA Repair Gene Variants in Relation to Non-Melanoma Skin Cancer as a Marker of a Cancer-Prone Phenotype // *Carcinogenesis.* – 2012. – Vol. 33. – P.1692–1698.
55. Reddy Parine N., Alanazi I.O., Shaik J.P., Aldhaian S., Aljebreen A.M., Alharbi O., Almadi M.A., Azzam, N.A., Alanazi M. TDG Gene Polymorphisms and Their Possible Association with Colorectal Cancer: A Case Control Study // *J. Oncol.* – 2019. – P.7091815.
56. Bhattacharyya S., Yu Y., Suzuki M., Campbell N., Mazdo J., Vasanthakumar A., Bhagat T.D., Nischal S., Christopheit M., Parekh S., et al. Genome-Wide Hydroxymethylation Tested Using the HELP-GT Assay Shows Redistribution in Cancer. *Nucleic Acids Res.* – 2013. – Vol. 41. – e157.
57. Chen K., Zhang J., Guo Z., Ma Q., Xu Z., Zhou Y., Xu Z., Li Z., Liu Y., Ye X., et al. Loss of 5-Hydroxymethylcytosine Is Linked to Gene Body Hypermethylation in Kidney Cancer // *Cell Res.* – 2016. – Vol. 26. – P.103–118.
58. Kudo Y., Tateishi K., Yamamoto K., Yamamoto S., Asaoka Y., Ijichi H., Nagae G., Yoshida H., Aburatani H., Koike K. Loss of 5-Hydroxymethylcytosine Is Accompanied with Malignant Cellular Transformation // *Cancer Sci.* – 2012. – Vol.103. –P. 670–676.
59. Cortellino S., Xu J., Sannai M., et al. Thymine DNA glycosylase is essential for active DNA demethylation by linked deamination-base excision repair // *Cell.* – 2011. – Vol. 146. –P.67–79.
60. Saito Y., Ono T., Takeda N., et al. Embryonic lethality in mice lacking mismatch-specific thymine DNA glycosylase is partially prevented by DOPS, a precursor of noradrenaline // *J Exp Med.* – 2012. – Vol. 226. – P.75–83.
61. Mark M., Ghyselinc N.B., Chambon P. Function of retinoid nuclear receptors: lessons from genetic and pharmacological dissections of the retinoic acid signaling pathway during mouse embryogenesis // *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* – 2006. – Vol. 46. – P.451–480.
62. Tanaka Y., Naruse I., Hongo T., et al. Extensive brain hemorrhage and embryonic lethality in a mouse null mutant of CREB-binding protein // *Mech Dev.* – 2000. – Vol. 95. – P.133–145.
63. Mancuso P., Tricarico R., Bhattacharjee V., Cosentino L., Kadariya Y., Jelinek J., Nicolas E., Einarson M., Beechery N., Devarajan K., et al. Thymine DNA Glycosylase as a Novel Target for Melanoma // *Oncogene.* – 2019. – Vol. 38. – P. 3710–3728.
64. Vermot J., Niederreither K., Garnier J.M., et al. Decreased embryonic retinoic acid synthesis results in a DiGeorge syndrome phenotype in newborn mice // *Proc Natl Acad Sci USA.* – 2003. – Vol.100. – P.1763– 1768.
65. Yao T.P., Oh S.P., Fuchs M., et al. Gene dosage-dependent embryonic development and proliferation defects in mice lacking the transcriptional integrator p300 // *Cell.* –1998. – Vol. 93. – P.361–372.
66. Lim K.C., Lakshmanan G., Crawford S.E., et al. Gata3 loss leads to embryonic lethality due to noradrenaline deficiency of the sympathetic nervous system // *Nat Genet.* – 2000. – Vol. 25. – P.209–212.
67. Gallinari P., Jiricny J. A new class of uracil-DNA glycosylases related to human thymine-DNA glycosylase // *Nature.* – 1996. – Vol. 383. – P.735-738.
68. Hardeland U., Steinacher R., Jiricny J., Schar P. Modification of the human thymine–DNA glycosylase by ubiquitin-like proteins facilitates enzymatic turnover // *EMBO J.* – 2002. – Vol. 21. – P.1456–1464.
69. Steinacher R., Schar P. Functionality of human thymine DNA glycosylase requires SUMO-Regulated changes in protein conformation // *Curr Biol.* – 2005. – Vol. 15. – P.616–623.
70. Mohan R.D., Rao A., Gagliardi J., Tini M. SUMO-1-dependent allosteric regulation of thymine DNA glycosylase alters subnuclear localization and CBP/p300 recruitment // *Mol. Cell. Biol.* –2007. – Vol. 27. – P. 229–243.
71. Hasan S., El-Andaloussi N., Hardeland U., Hassa P.O., Burki C., Imhof R., Schar P., Hottiger M.O. Acetylation regulates the DNA end-trimming activity of DNA polymerase beta // *Mol. Cell.* – 2002. – Vol. 10. –P.1213–1222.
72. Hasan S., Stucki M., Hassa P.O., Imhof R., Gehrig P., Hunziker P., Hubscher U.,Hottiger M.O. Regulation of human flap endonuclease-1 activity by acetylation through the transcriptional coactivator p300 // *Mol. Cell.* – 2001. – Vol. 7. – P.1221–1231.
73. Um S., Harbers M., Benecke A., Pierrat B., Losson R., Chambon P. Retinoic acid receptors interact physically and functionally with the T:G mismatch-specific thymine-DNA glycosylase // *J. Biol. Chem.* – 1998. – Vol. 273. – P.20728–20736.
74. Griner E.M., Kazanietz M.G. Protein kinase C and other diacylglycerol effectors in cancer // *Nat. Rev. Cancer.* – 2007. – Vol. 7. – P.281–294.
75. Gopalakrishna R. and Jaken S. Protein kinase C signaling and oxidative stress // *Free Radic. Biol. Med.* – 2000. – Vol. 28. – P.1349–1361.
76. Christmann M., Tomicic M.T., Kaina B. Phosphorylation of mismatch repair proteins MSH2 and MSH6 affecting MutSalpha mismatch-binding activity // *Nucleic Acids Res.* – 2002. – Vol. 30. – P.1959–1966.
77. Tokui T., Inagaki M., Nishizawa K., Yatani R., Kusagawa M., Ajiro K., Nishimoto Y., Date T., Matsukage A. Inactivation of DNA polymerase beta by in vitro phosphorylation with protein kinase C // *J. Biol. Chem.*– 1991. – Vol. 266. – P.10820–10824.
78. Mohan R.D., Litchfield D.W., Torchia J., Tini M. Opposing regulatory roles of phosphorylation and acetylation in DNA mispair processing by thymine DNA glycosylase // *Nucleic Acids Res.* – 2010. – Vol. 38, No 4. – P.1135–1148.

79. Kim E.-J., Um S.-J. Thymine–DNA Glycosylase Interacts with and Functions as a Coactivator of P53 Family Proteins // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 2008. – Vol. 377. – P. 838–842.
80. Hassan H.M., Isovich M., Kolendowski B., Bauer-Maison N., Onabote O., Cecchini M., Haig A., Maleki Vareki S., Underhill T.M., Torchia J. Loss of Thymine DNA Glycosylase Causes Dysregulation of Bile Acid Homeostasis and Hepatocellular Carcinoma // *Cell Rep.* – 2020. – Vol. 31. P.107475.
81. Thillainadesan G., Chitilian J.M., Isovich M., Ablack J.N.G., Mymryk J.S., Tini M., Torchia J. TGF- $\beta$ -Dependent Active Demethylation and Expression of the P15ink4b Tumor Suppressor Are Impaired by the ZNF217 CoREST // *Complex. Mol. Cell.* – 2012. – Vol. 46. P. 636–649.
82. Xu J., Cortellino S., Tricarico R., Chang W.C., Scher G., Devarajan K., Slifker M., Moore R., Bassi M.R., Caretti E., et al. Thymine DNA Glycosylase (TDG) Is Involved in the Pathogenesis of Intestinal Tumors with Reduced APC Expression // *Oncotarget*, – 2017. – Vol. 8. – P.89988–89997.
83. Sanyal A.J., Yoon S.K., Lencioni R. The Etiology of Hepatocellular Carcinoma and Consequences for Treatment // *Oncologist*, – 2010. – Vol.15. – P.14–22.
84. Xu X., Yu T., Shi J., Chen X., Zhang W., Lin T., Liu Z., Wang Y., Zeng Z., Wang C., et al. Thymine DNA Glycosylase Is a Positive Regulator of Wnt Signaling in Colorectal Cancer // *J. Biol. Chem.* – 2014. – Vol. 289. – P. 8881–8890.

### References

1. Akan P., Deloukas P. (2008) DNA Sequence and Structural Properties as Predictors of Human and Mouse Promoters. *Gene*, vol. 410, pp. 165–176.
2. Arlt V.M., Stiborova M. and Schmeiser H.H. (2002) Aristolochic acid as a probable human cancer hazard in herbal remedies: a review. *Mutagenesis*, vol. 17, pp. 265–277.
3. Attaluri S., Bonala R.R., Yang I.Y., Lukin M.A., Wen Y., Grollman A.P., Moriya M., Iden C.R. and Johnson, F. (2010) DNA adducts of aristolochic acid II: total synthesis and site-specific mutagenesis studies in mammalian cells. *Nucleic Acids Res.*, vol. 38, pp. 339–352.
4. Bellacosa A., (2001) Role of MED1 (MBD4) gene in DNA repair and human cancer. *J. Cell Physiol.*, vol. 187, pp. 137–144.
5. Bennett M. T., Rodgers M. T., Hebert A. S., Ruslander L. E., Eisele L., Drohat A. C. (2006) Specificity of human thymine DNA glycosylase depends on N-glycosidic bond stability. *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 128, pp. 12510–12519.
6. Bhattacharyya S., Yu Y., Suzuki M., Campbell N., Mazdo J., Vasanthakumar A., Bhagat T.D., Nischal S., Christopheit M., Parekh S., et al. (2013) Genome-Wide Hydroxymethylation Tested Using the HELP-GT Assay Shows Redistribution in Cancer. *Nucleic Acids Res.*, vol. 41. pp. 157.
7. Bhutani N., Burns D.M., Blau H.M. (2011) DNA Demethylation Dynamics. *Cell*. vol.146. pp. 866–872.
8. Bird A. (2002) DNA Methylation Patterns and Epigenetic Memory. *Genes Dev.*, vol.16, pp. 6–21.
9. Bird A., Taggart M., Frommer M., Miller O.J., Macleod D. A. (1985) Fraction of the Mouse Genome That Is Derived from Islands of Nonmethylated, CpG-Rich DNA. *Cell*, vol.40, pp. 91–99.
10. Bird A.P. (1980) DNA methylation and the frequency of CpG in animal DNA. *Nucleic Acids Res.*, vol. 8, pp. 1499–1504.
11. Bostick M., Kim J.K., Estève P.O., Clark A., Pradhan S., Jacobsen S.E. (2007) UHRF1 Plays a Role in Maintaining DNA Methylation in Mammalian Cells. *Science*, vol. 317. pp. 1760–1764.
12. Chen K., Zhang J., Guo Z., Ma Q., Xu Z., Zhou Y., Xu Z., Li Z., Liu Y., Ye X., et al. (2016) Loss of 5-Hydroxymethylcytosine Is Linked to Gene Body Hypermethylation in Kidney Cancer. *Cell Res.*, vol. 26, pp.103–118.
13. Christmann M., Tomicic M.T. and Kaina B. (2002) Phosphorylation of mismatch repair proteins MSH2 and MSH6 affecting MutS $\alpha$  mismatch-binding activity. *Nucleic Acids Res.*, vol. 30. pp.1959–1966.
14. Cortazar D., Kunz C., Saito Y., Steinacher R., Schar P. (2007) The enigmatic thymine DNA glycosylase. *DNA Repair (Amsterdam)*, vol. 6, pp. 489–504.
15. Cortellino S, Xu J, Sannai M, et al. (2011) Thymine DNA glycosylase is essential for active DNA demethylation by linked deamination-base excision repair. *Cell*, vol. 146, pp. 67–79.
16. Deaton A.M.; Bird A. (2011) CpG Islands, and the Regulation of Transcription. *Genes Dev.*, vol. 25, pp. 1010–1022.
17. Fernando R.C., Schmeiser H.H., Scherf H.R. and Wiessler M. (1993) Formation and persistence of specific purine DNA adducts by 32P-postlabelling in target and non-target organs of rats treated with aristolochic acid I. *IARC Sci. Publ.*, pp. 167–171.
18. Fromme J.C.; Verdine G.L. (2004) Base Excision Repair. *Adv. Protein Chem.* vol. 69, pp.1–41.
19. Gallinari P., Jiricny J. (1996) A new class of uracil-DNA glycosylases related to human thymine-DNA glycosylase. *Nature*, vol. 383, pp. 735–738.
20. Gopalakrishna R. and Jaken S. (2000) Protein kinase C signaling and oxidative stress. *Free Radic. Biol. Med.*, vol. 28, pp. 1349–1361.
21. Greenblatt M.S., Bennett W.P., Hollstein M., Harris C.C. (1994) Mutations in the p53 tumor suppressor gene: clues to cancer etiology and molecular pathogenesis. *Cancer Res.*, vol. 54, pp. 4855–4878.
22. Griner E.M. and Kazanietz M.G. (2007) Protein kinase C and other diacylglycerol effectors in cancer. *Nat. Rev. Cancer*, vol. 7, pp. 281–294.
23. Grollman A.P., Scarborough J. and Jelakovic B. In: Fishbein J.C. (2009) Advances in Molecular Toxicology. *The Netherlands, Elsevier, Amsterdam*, vol. 3. pp. 211–222.
24. Grollman A.P., Shibutani S., Moriya M., Miller F., Wu L., Moll U., Suzuki N., Fernandes A., Rosenquist T., Medverec Z. et al. (2007) Aristolochic acid and the etiology of endemic (Balkan) nephropathy. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, vol. 104, pp. 12129–12134.



25. Hang B., Medina M., Fraenkel-Conrat H., Singer B., (1998) A 55-kDa protein isolated from human cells shows DNA glycosylase activity toward 3, N4-ethenocytosine and the G/T mismatch. *Proc Natl Acad Sci USA*, vol. 95, pp.13561-13566.
26. Hardeland U., Bentele M., Jiricny J., Schar P. (2003) The versatile thymine DNA-glycosylase: a comparative characterization of the human, Drosophila and fission yeast orthologs. *Nucleic Acids Res.*, vol. 31, pp. 2261-2271.
27. Hardeland U., Steinacher R., Jiricny J., Schar P., (2002) Modification of the human thymine-DNA glycosylase by ubiquitin-like proteins facilitates enzymatic turnover. *EMBO J*, vol. 21, pp.1456-1464.
28. Hasan S., El-Andaloussi N., Hardeland U., Hassa P.O., Burki C., Imhof R., Schar P. and Hottiger M.O. (2002) Acetylation regulates the DNA end-trimming activity of DNA polymerase beta. *Mol. Cell*, vol. 10, pp.1213-1222.
29. Hasan S., Stucki M., Hassa P.O., Imhof R., Gehrig P., Hunziker P., Hubscher U. and Hottiger M.O. (2001) Regulation of human flap endonuclease-1 activity by acetylation through the transcriptional coactivator p300. *Mol. Cell*, vol. 7, pp. 1221-1231.
30. Hashimoto H., Liu Y., Upadhyay A. K., Chang Y., Howerton S. B., Vertino P. M., Zhang X., Cheng X. (2012) Recognition and potential mechanisms for replication and erasure of cytosine hydroxymethylation. *Nucleic Acids Res.*, vol. 40, no 11, pp. 4841-9.
31. Hassan H.M.; Isovici M.; Kolendowski B.; Bauer-Maison N.; Onabote O.; Cecchini M.; Haig A.; Maleki Vareki S.; Underhill T.M.; Torchia J. (2020) Loss of Thymine DNA Glycosylase Causes Dysregulation of Bile Acid Homeostasis and Hepatocellular Carcinoma. *Cell Rep.*, vol. 31, pp.107475.
32. Hendrich B., Hardeland U., Ng H. H., Jiricny J., Bird A. (1999) The thymine glycosylase MBD4 can bind to the product of deamination at methylated CpG sites. *Nature*, vol. 401, pp. 301-304.
33. Hitomi K., Iwai S. and Tainer J.A. (2007) The intricate structural chemistry of base excision repair machinery: implications for DNA damage recognition, removal, and repair. *DNA Repair (Amst)*, vol. 6, pp. 410-428.
34. Jelakovic B., Karanovic S., Vukovic L., Miller F., Edwards K., Nikolic J., Tomic K., Slade N., Brdar B., Turesky R. et al. (2011) Aristolactam-DNA adducts in the renal cortex: biomarkers of environmental exposure to aristolochic acid. *Kidney Int. (in press)*
35. Kalkhoven E., (2004) CBP and p300: HATs for different occasions. *Biochem. Pharmacol.*, vol. 68, pp.1145-1155.
36. Kim E.J., Um S.J. (2008) Thymine-DNA Glycosylase Interacts with and Functions as a Coactivator of P53 Family Proteins. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* vol. 377, pp. 838-842.
37. Kohli R.M., Zhang Y. (2013) TET Enzymes, TDG and the Dynamics of DNA Demethylation. *Nature*, vol. 502, pp. 472-479.
38. Kondo E., Gu Z., Horii A., Fukushige S., (2005) The thymine DNA glycosylase MBD4 represses transcription and is associated with methylated p16(INK4a) and hMLH1 genes. *Mol. Cell. Biol.*, vol. 25, pp. 4388-4396.
39. Krokan H.E. and Bjoras M. (2013) Base excision repair. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.*, vol. 5, pp. 012583.
40. Kudo Y., Tateishi K., Yamamoto K., Yamamoto S., Asaoka Y., Ijichi H., Nagae G., Yoshida H., Aburatani H., Koike K. (2012) Loss of 5-Hydroxymethylcytosine Is Accompanied with Malignant Cellular Transformation. *Cancer Sci.*, vol. 103, pp. 670-676.
41. Li W.Q., Hu N., Hyland P.L., Gao Y., Wang Z.M., Yu K., Su H., Wang C.Y., Wang L.M., Chanock S.J., et al. (2013) Genetic Variants in DNA Repair Pathway Genes and Risk of Esophageal Squamous Cell Carcinoma and Gastric Adenocarcinoma in a Chinese Population. *Carcinogenesis*, vol. 34, pp.1536-1542.
42. Lim K.C., Lakshmanan G., Crawford S.E., et al. (2000) Gata3 loss leads to embryonic lethality due to noradrenaline deficiency of the sympathetic nervous system. *Nat Genet.*, vol. 25, pp. 209-212.
43. Maiti A., Morgan M.T., Pozharski E., Drohat A.C. (2008) Crystal structure of human thymine DNA glycosylase bound to DNA elucidates sequence-specific mismatch recognition. *PNAS*, vol. 105, pp. 8890-8895
44. Mancuso P., Tricarico R., Bhattacharjee V., Cosentino L., Kadariya Y., Jelinek J., Nicolas E., Einarson M., Beechery N., Devarajan K., et al. (2019) Thymine DNA Glycosylase as a Novel Target for Melanoma. *Oncogene*, vol. 38, pp. 3710-3728.
45. Mark M., Ghyselinck N.B., Chambon P. (2006) Function of retinoid nuclear receptors: lessons from genetic and pharmacological dissections of the retinoic acid signaling pathway during mouse embryogenesis. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, vol. 46, pp. 451-480.
46. Messerschmidt D.M., Knowles B.B., Solter D. (2014) DNA Methylation Dynamics during Epigenetic Reprogramming in the Germline and Preimplantation Embryos. *Genes Dev.*, vol. 28, pp. 812-828.
47. Millar C.B., Guy J., Sansom O.J., Selfridge J., MacDougall E., Hendrich B., Keightley P.D., Bishop S.M., Clarke A.R., Bird A. (2002) Enhanced CpG mutability and tumorigenesis in MBD4-deficient mice. *Science*, vol. 297, pp. 403-405
48. Mohan R.D., Rao A., Gagliardi J. and Tini M. (2007) SUMO-1-dependent allosteric regulation of thymine DNA glycosylase alters subnuclear localization and CBP/p300 recruitment. *Mol. Cell. Biol.*, vol. 27, pp. 229-243.
49. Morgan M.T., Bennett M.T., Drohat A.C. (2007) Excision of 5-halogenated uracils by human thymine DNA glycosylase: Robust activity for DNA contexts other than CpG. *J Biol Chem.*, vol. 282, pp. 27578-27586.
50. Moriya M., Slade N., Brdar B., Medverec Z., Tomic K., Jelakovic B., Wu L., Truong S., Fernandes A. and Grollman A.P. (2011) TP53 mutational signature for aristolochic acid: an environmental carcinogen. *Int. J. Cancer*, vol. 129, pp. 1532-1536.
51. Neddermann P., Jiricny J. (1993) The purification of a mismatch-specific thymine-DNA glycosylase from HeLa cells. *J Biol Chem.*, vol. 268, pp. 21218-21224.
52. Neri F., Incarnato D., Krepelova A., Rapelli S., Anselmi F., Parlato C., Medana C., Dal Bello F., Oliviero S. (2015) Single-Base Resolution Analysis of 5-Formyl and 5-Carboxyl Cytosine Reveals Promoter DNA Methylation Dynamics. *Cell Rep.*, vol. 10, pp. 674-683.
53. Nortier J.L., Martinez M.C., Schmeiser H.H., Arlt V.M., Bieler C.A., Petein M., Depierreux M.F., De Pauw L., Abramowicz D., Vereerstraeten P., et al. (2000) Urothelial carcinoma associated with the use of a Chinese herb (Aristolochia fangchi). *N. Engl. J. Med.*, vol. 42, no 3, pp.1686-1692.
54. Okano M., Bell D.W., Haber D.A., Li E. (1999) DNA Methyltransferases Dnmt3a and Dnmt3b Are Essential for De Novo Methylation and Mammalian Development. *Cell*, vol. 99, pp. 247-257.
55. Petronzelli F., Riccio A., Markham G. D., Seeholzer S. H., Genuardi M., Karbowski M., Yeung A. T., Matsumoto Y., Bellacosa A. (2000) Investigation of the substrate spectrum of the human mismatch-specific DNA N-glycosylase MED1 (MBD4): fundamental role of the catalytic domain. *J. Cell. Physiol.*, vol. 185, pp. 473-480.

56. Pfeifer G.P., (2006) Mutagenesis at methylated CpG sequences. *Curr. Top/ Microbiol. Immunol.*, vol. 301, pp. 259–281.
57. Popov A.V., Grin I.R., Dvornikova A.P., Matkarimov B.T., Groisman R., Saparbaev M., Zharkov D.O. (2019) Reading Targeted DNA Damage in the Active Demethylation Pathway: Role of Accessory Domains of Eukaryotic AP Endonucleases and Thymine-DNA Glycosylases. *JM*, vol.432, pp. 1747-1768
58. Rai K, Huggins IJ, James SR, et al. (2008) DNA demethylation in zebrafish involves the coupling of adeaminase, a glycosylase, and gadd45. *Cell*, vol. 35, pp. 1201–1212.
59. Reddy Parine N., Alanazi I.O., Shaik J.P., Aldhaian S., Aljebreen A.M., Alharbi O., Almadi M.A., Azzam N.A., Alanazi M. (2019) TDG Gene Polymorphisms and Their Possible Association with Colorectal Cancer: A Case Control Study. *J. Oncol.*, 709 1815.
60. Ruczinski I., Jorgensen T.J., Shugart Y.Y., Schaad Y.B., Kessing B., Hoffman-Bolton J., Helzlsouer K.J., Kao W.H.L., Wheeler L., Francis L., et al. (2012) A Population-Based Study of DNA Repair Gene Variants in Relation to Non-Melanoma Skin Cancer as a Marker of a Cancer-Prone Phenotype. *Carcinogenesis*, vol.33, pp.1692–1698
61. Ryan D., David W., Torchia J. and Tini M. (2010) Opposing regulatory roles of phosphorylation and acetylation in DNA mismatch processing by thymine DNA glycosylase. *Nucleic Acids Res.*, vol 38, no 4, pp. 1135–1148.
62. Saito Y., Ono T., Takeda N., et al. (2012) Embryonic lethality in mice lacking mismatch-specific thymine DNA glycosylase is partially prevented by DOPS, a precursor of noradrenaline. *J Exp Med.*, vol. 226, pp. 75–83.
63. Sanyal A.J., Yoon S.K., Lencioni R. (2010) The Etiology of Hepatocellular Carcinoma and Consequences for Treatment. *Oncologist*, vol.15, pp.14–22.
64. Scharer O.D., Kawate T., Gallinari P., Jiricny J., Verdine G.L. (1997) Investigation of the mechanisms of DNA binding of the human G/T glycosylase using designed inhibitors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 94, pp. 4878–4883.
65. Schmeiser H.H., Scherf H.R. and Wiessler M. (1991) Activating mutations at codon 61 of the c-Ha-ras gene in thin-tissue sections of tumors induced by aristolochic acid in rats and mice. *Cancer Lett.*, vol. 59, pp.139–143.
66. Steinacher R., Schar P. (2005) Functionality of human thymine DNA glycosylase requires SUMO-Regulated changes in protein conformation. *Curr Biol.*, vol.15, pp.616–623.
67. Stiborova M., Frei E., Sopko B., Sopkova K., Markova V., Lankova M., Kumstyrova T., Wiessler M. and Schmeiser H.H. (2003) Human cytosolic enzymes involved in the metabolic activation of carcinogenic aristolochic acid: evidence for reductive activation by human NAD(P)H:quinone oxidoreductase. *Carcinogenesis*, vol. 24, pp. 1695–1703.
68. Talhaoui I., Couve S., Gros L., Ishchenko A.A., Matkarimov B., Saparbaev M.K., (2014) Aberrant repair initiated by mismatch-specific thymine-DNA glycosylases provide a mechanism for the mutational bias observed in CpG islands. *Nucleic Acids Res.*, vol. 42, pp. 6300–6313.
69. Talhaoui I., Couve S., Ishchenko A. A., Kunz C., Schar P., Saparbaev M. (2013.) 7,8-Dihydro-8-oxoadenine, a highly mutagenic adduct, is repaired by *Escherichia coli* and human mismatch-specific uracil/thymine-DNA glycosylases. *Nucleic Acids Res.*
70. Talhaoui I., Matkarimov B.T., Tchenio T., Zharkov D.O., Saparbaev M., Aberrant base excision repair pathway of oxidatively damaged DNA: Implications for degenerative diseases. (2017) *Free Rad. Bio. & Medicine*, vol.107, pp. 266–277
71. Tanaka Y., Naruse I., Hongo T., et al. (2000) Extensive brain hemorrhage and embryonic lethality in a mouse null mutant of CREB-binding protein. *Mech Dev.*, vol. 95, pp.133–145.
72. Thillainadesan G., Chitilian J.M., Isovich M., Ablack J.N.G., Mymryk J.S., Tini M., Torchia J. (2012) TGF- $\beta$ -Dependent Active Demethylation and Expression of the P15ink4b Tumor Suppressor Are Impaired by the ZNF217 CoREST. *Complex. Mol. Cell.*, vol. 46, pp.636–649.
73. Tini M., Benecke A., Um S.J., Torchia J., Evans R.M. and Chambon P. (2002) Association of CBP/p300 acetylase and thymine DNA glycosylase links DNA repair and transcription. *Mol. Cell.*, vol. 9, pp. 265–277.
74. Tokui T., Inagaki M., Nishizawa K., Yatani R., Kusagawa M., Ajiro K., Nishimoto Y., Date T. and Matsukage A. (1991) Inactivation of DNA polymerase beta by in vitro phosphorylation with protein kinase C. *J. Biol. Chem.*, vol. 266, pp. 10820–10824.
75. Um S., Harbers M., Benecke A., Pierrat B., Losson R. and Chambon P. (1998) Retinoic acid receptors interact physically and functionally with the T:G mismatch-specific thymine-DNA glycosylase. *J. Biol. Chem.*, vol. 273, pp. 20728–20736.
76. Vanherweghem J.L., Debelle F., Muniz Martinez M.C. and Nortier J. In: De Broe M.E., Porter G.A., Bennet W.M. and Verpooten G.A. (eds). (2003) *Clinical Nephrotoxins, 2nd edn. Dordrecht Kluwer, Netherlands*, pp. 588–601.
77. Vasovcak P., Krepelova A., Menigatti M., Puchmajerova A., Skapa P., Augustinakova A., Amann G., Wernstedt A., Jiricny J., Marra G., et al. (2012) Unique Mutational Profile Associated with a Loss of TDG Expression in the Rectal Cancer of a Patient with a Constitutional PMS2 Deficiency. *DNA Repair.*, vol. 11, pp. 616–623.
78. Vermot J., Niederreither K., Garnier J.M., et al. (2003) Decreased embryonic retinoic acid synthesis results in a DiGeorge syndrome phenotype in newborn mice. *Proc Natl Acad Sci USA*, vol.100, pp. 1763–1768.
79. Wu P., et al. (2003) Mismatch repair in methylated DNA. Structure and activity of the mismatch-specific thymine glycosylase domain of methyl-CpG-binding protein MBD4. *J Biol Chem.*, vol. 278, pp. 5285–5291
80. Xu J., Cortellino S., Tricarico R., Chang W.C., Scher G., Devarajan K., Slifker M., Moore R., Bassi M.R., Caretti E., et al. (2017) Thymine DNA Glycosylase (TDG) Is Involved in the Pathogenesis of Intestinal Tumors with Reduced APC Expression. *Oncotarget*, vol. 8, pp. 89988–89997.
81. Xu X., Yu T., Shi J., Chen X., Zhang W., Lin T., Liu Z., Wang Y., Zeng Z., Wang C., et al. (2014) Thymine DNA Glycosylase Is a Positive Regulator of Wnt Signaling in Colorectal Cancer. *J. Biol. Chem.*, vol. 289, pp. 8881–8890.
82. Yang F., Huang X., Yi T., Yen Y. Moore D.D., Huang W. (2007) Spontaneous Development of Liver Tumors in the Absence of the Bile Acid Receptor Farnesoid X Receptor. *Cancer Res.*, vol.67, pp. 863–867.
83. Yao T.P., Oh S.P., Fuchs M., et al. (1998) Gene dosage-dependent embryonic development and proliferation defects in mice lacking the transcriptional integrator p300. *Cell*, vol. 93, pp. 361–372.
84. Yoon J. H., Iwai S., O'Connor T. R., Pfeifer G. P. (2003) Human thymine DNA glycosylase (TDG) and methyl-CpG-binding protein 4 (MBD4) excise thymine glycol (Tg) from a Tg:G mismatch. *Nucleic Acids Res.*, vol. 31, pp. 5399-5404.

С.К. Мухтубаева<sup>1</sup> , К.С. Избастина<sup>1,2\*</sup> , М.Ж. Жумагул<sup>3</sup> ,  
Н.Б. Абубакирова<sup>1</sup> , Б.Б. Кубентаева<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>«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

<sup>2</sup>Казахский Агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, г. Астана

<sup>3</sup>Международный университет Астана, Казахстан, г. Астана

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

## ОБЗОР РОДА *TULIPA* L. ФЛОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО И СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

В данном обзоре приводится изученность рода *Tulipa* L. флоры Центрального и Северного Казахстана, включая исследования классификации рода и систематическом положении некоторых видов внутри рода *Tulipa*. Исследования показали, что по мере углубления знаний по морфологии, цитологии и эмбриологии вносились изменения в состав родов подсемейства *Lilioideae* и предлагались изменения в построение системы семейства *Liliaceae*. В работе представлен конспект рода *Tulipa* Центрального и Северного Казахстана на основании литературных данных. В конспекте для каждого вида приводится распространение по флористическим районам Казахстана, экологическая приуроченность, сведения по интродукционным исследованиям тюльпанов и охранный статус видов согласно Красной Книги Казахстана. По результатам анализа литературных источников, в исследуемом регионе произрастают 9 видов тюльпанов. Выявлены флористические районы, в которых, несмотря на наличие сведений о присутствии изучаемых видов на их территории, гербарный материал отсутствует. Разнообразие тюльпанов Центрального и Северного Казахстана составляют как узкоэндемичные, так и более широко распространенные виды. Представленный состав из 9-ти видов представителей рода *Tulipa* L., и эколого-географические особенности встречающихся в пределах данной территории в той или иной степени подтверждают ее экотонный характер.

**Ключевые слова:** *Tulipa*, *Liliaceae*, Северный и Центральный Казахстан, вид.

S.K. Mukhtubaeva<sup>1</sup>, K.S. Izbastina<sup>1,2\*</sup>, M.J. Zhumagul<sup>3</sup>,  
N.B. Abubakirova<sup>1</sup>, B.B. Kubentaeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RSE on the REM “Astana Botanical Garden” Committee of Forestry and Animal World  
of the Ministry of Ecology, Geography and Nature Conservation, Kazakhstan, Astana

<sup>2</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Kazakhstan, Astana

<sup>3</sup>Astana International University, Kazakhstan, Astana

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

### Review of the genus *Tulipa* L. in the flora of Central and Northern Kazakhstan

In this review, the investigation of the genus *Tulipa* L. in the flora of Central and Northern Kazakhstan is presented, including research on the classification of the genus and the systematic position of some species within the genus *Tulipa*. The research has shown that as knowledge of morphology, cytology, and embryology deepened, changes were made to the composition of genera within the subfamily *Lilioideae*, and proposals were made for alterations to the structure of the family *Liliaceae*. The work presents a synopsis of the genus *Tulipa* in Central and Northern Kazakhstan based on literary data. The synopsis includes distribution information of each species across the floristic regions of Kazakhstan, ecological preferences, details on tulip introduction studies, and the conservation status of the species according to the Red Book of Kazakhstan. According to the analysis of literary sources, nine species of tulips are found in the investigated region. Floristic regions have been identified where, despite information about the presence of these studied species within their territories, herbarium specimens are lacking. The diversity of tulips in Central and Northern Kazakhstan comprises both narrowly endemic and more widely distributed species. The presented composition of nine species of the genus *Tulipa* L. exhibits

various ecological and geographical characteristics within this territory, confirming its ecotonal nature to some extent.

**Key words:** *Tulipa*, *Liliaceae*, Northern and Central Kazakhstan, species.

С.К. Мухтубаева<sup>1</sup>, К.С. Избастина<sup>1,2\*</sup>, М.Ж. Жумагул<sup>3</sup>,  
Н.Б. Абубакирова<sup>1</sup>, Б.Б.Кубентаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қазақстан 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.

<sup>2</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан, Астана қ.

<sup>3</sup>Астана халықаралық университеті, Қазақстан, Астана қ.

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

### Орталық және Солтүстік Қазақстан флорасындағы *Tulipa* L. туысына шолу

Осы шолуда Орталық және Солтүстік Қазақстан флорасындағы *Tulipa* L. туысының зерттелуі, соның ішінде *Tulipa* туысының ішіндегі кейбір түрлердің жіктелуі мен жүйелі орналасуын зерттеу келтірілген. Зерттеулер көрсеткендей, морфология, цитология және эмбриологтар туралы білімдер тереңдеген сайын *Lilioideae* тұқымдас тармағының туыс құрамына өзгерістер енгізіліп, *Liliaceae* тұқымдасының жүйесін құруда бірнеше өзгерістер ұсынылған. Жұмыста Орталық және Солтүстік Қазақстандағы *Tulipa* L. туысының конспектісі әдебиеттер деректері негізінде берілген. Конспектіде әр түрге, Қазақстанның флористикалық аймақтарында таралуы, экологиялық шектеуі, қызғалдақтардың интродукциялық зерттеулері және Қазақстанның Қызыл кітабы бойынша түрлердің сақталу жағдайы туралы мәліметтер келтірілген. Әдеби дереккөздерді талдау нәтижесінде зерттеліп отырған Орталық және Солтүстік Қазақстан аймақтарында қызғалдақтың 9 түрі өседі. Зерттелетін түрлердің олардың аумағында болуы туралы мәліметтердің болуына қарамастан, гербарий материалы жоқ флористикалық аудандар анықталды. Орталық және Солтүстік Қазақстандағы қызғалдақтардың алуан түрлілігі тар эндемикалық және одан да кең таралған түрлерден тұрады. *Tulipa* L. туыс өкілдерінің 9 түрінің ұсынылған құрамы және осы аумақтарда кездесетін экологиялық-географиялық ерекшеліктері оның экотондық сипатын бір дәрежеде растайды.

**Түйін сөздер:** *Tulipa*, *Liliaceae*, Солтүстік және Орталық Қазақстан, түр.

### Введение

Проблема охраны окружающей среды является одним из важных направлений современного развития общества. Особую значимость в этом отношении приобретают территории, которые считаются приоритетными в сфере изучения и сохранения биоты, и в первую очередь это касается редких и исчезающих видов растений.

Тюльпаны одни из древних растений, возникшие более 10–20 мил. лет назад. Представление о тюльпанах многие связывают с Голландией. Сегодня, миллионы луковиц культурных сортов и срезанные цветы для парадных букетов расходятся именно из этой страны по всему миру. Многие считают, что все-таки настоящей родиной тюльпанов является Казахстан. Горные районы и пустынные территории Казахстана и Средней Азии признаны центром возникновения тюльпанов и самыми богатыми по видовому разнообразию [1]. До сих пор многие ученые затрудняются установить, какие виды являлись предками дикорастущих тюльпанов, возможно это были тюльпаны Шренка (*Tulipa schrenkii*) и

Геснера (*Tulipa gesneriana*), распространённые в Малой и Средней Азии [2]. Изучению рода *Tulipa* L. и всего семейства *Liliaceae* посвятили целая плеяда как зарубежных, так и отечественных исследователей, и оно носило периодический характер. Каждый исследователь в этой области в своих сборах имел ряд представителей этого одного из самого распространенного семейства флоры, а их исследования носили лишь общий характер. Ученые в области ботаники, изучавшие флору новых территорий Казахстана, а также описывавшие отдельные таксономические единицы, вносили новую лепту в изучение семейства *Liliaceae* республики. В последние десятилетия проявляется большой интерес разного направления в изучение видов рода *Tulipa*, в особенности биоморфологии, популяционной экологии и молекулярной генетики.

В связи с уничтожением естественных растительных сообществ, сенокошением, перевыпасом, сбором высокодекоративных растений с целью продажи представители данного семейства быстро выпадают из состава ценопопуляций.

В настоящее время по литературным сведениям и гербарным материалам на территории Центрального и Северного Казахстана выявлено 9 видов *Tulipa*: *Tulipa biflora* Pall., *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult., *T. patens* Agardh. ex Schult., *T. schrenkii* Legel., *Tulipa borszczowii* Regel, *Tulipa alberti* Regel, *Tulipa altaica* Pall. ex Spreng., *T. turgaica* Perezhogin и *T. aulikolica* Perezhogin. Большинство видов относятся к числу охраняемых растений во многих регионах Казахстана и вошли в Красную книгу Казахстана [3], с категорией редкости II и III – «редкий вид». В этой связи углубление знаний по экологии и биологии весьма актуально для разработки мер по их охране и дальнейшему сохранению.

### Методы и материалы

Объектом исследования являются виды рода *Tulipa* L., произрастающие на территории Северного и Центрального Казахстана. Были использованы фундаментальные флористические сводки: «Флора Казахстана» [4], «Определитель растений Средней Азии и Казахстана» [5] и другие. По изучению дикорастущих тюльпанов использовались основные работы отечественных ученых таких авторов как: М.С. Байтенова [6], А.А. Иващенко [7-9], Ю.В. Пережогина [10], а также данные сайта «Плантариум» [11].

Использовались гербарные фонды Казахстана: (АА) Института ботаники и фитоинтродукции (г. Алматы), (NUR) Астанинского ботанического сада (г. Астана).

### Результаты и обсуждение

Род *Tulipa* L. – один из крупных родов в семействе *Liliaceae*, по сведениям различных авторов, составляет 100–160 видов. Наиболее декоративные – 66 видов распространены в горных районах Казахстана и Средней Азии, 48 видов из них составляют эндемичные. Из этого следует, что здесь находится один из центров видового разнообразия рода тюльпанов [2]. Ареал рода имеет огромную протяженность с запада на восток – от Португалии и северных районов Африки, проходит через весь евразийский континент до южных островов Японии [14].

Территория распространения тюльпанов почти совпадает с границами двух флористических областей – средиземноморской и Ирано-Туранской, а также включает южные районы Циркумбореальной и юго-восточные районы Восточно-Азиатской флористических областей [13].

По местообитанию тюльпаны приурочены преимущественно к районам с жарким и сухим летом, относительно холодной зимой и небольшим количеством осадков весной и осенью. Все тюльпаны являются весенними эфемероидами.

Изучением тюльпанов Средней Азии и Казахстана занимались с давних времен, и в настоящее время насчитывается значительное количество работ как иностранной, так и отечественной литературе, посвященных различным вопросам биологии, систематики, генетики, селекции и культуры этого рода.

По данным А.А. Иващенко [9]: «научное изучение дикорастущих казахстанских тюльпанов было начато только в конце XVIII столетия». Первые гербарные коллекции П.С. Палласа датируются 1741 г. Но наиболее активно изучением тюльпанов, включая интродукционные и селекционные аспекты исследований, занимались в советский период.

В постсоветский период изучением тюльпанов занимались Шарипов А.Х. и Пратов У.П., изложившие результаты своих исследований в монографии «Тюльпаны» [14]. В 2006 г. при участии этих авторов, а также Ашурметова О.А. и Тожибаева К.Ш. был издан научный труд «Тюльпаны Западного Тянь-Шаня» [15].

Первую же систему рода *Tulipa* предложил E. Regel [16]. Все известные в ту пору виды (26) он разделил на две группы. Внутри первой группы он выделяет четыре подгруппы: 1) по форме листочков околоцветника; 2) опушенности цветоножки и положению цветка; 3) окаймлению листьев; 4) опушению луковичных чешуй. Позднее эту систему усовершенствовал Беккер [17]. Он стал делить тюльпаны на два подрода (*Eutulipe* и *Orithyia*) по степени развития столбика. Первый подрод *Eutulipe* подразделяется им на пять секций. Позже Буасье внес предложения по классификации рода [18], который распределил виды на три секции.

Обработку рода для «Флоры Казахстана» [4] осуществила А.А. Дмитриева. И данная классификация дикорастущих тюльпанов до настоящего времени не утратила своего значения. Для Центрального и Северного Казахстана ею отмечаются 7 видов тюльпанов.

Род *Tulipa* L., согласно классификации И.А. Введенского [19] делится на шесть секций: *Tulipanum*, *Tulipa*, *Spiranthera*, *Lophophyllon*, *Eriostemones*, *Orithyia*. Часть систематиков на Западе придерживается классификации Д. Холла [20], согласно которой тюльпаны, встречающиеся в исследуемом регионе разделены на

два подрода: *Eriostemones* с тремя секциями и *Leiostemones* с пятью секциями, а также добавочный подраздел с одиночными видами, не входящими ни в одну из этих секций. Введенский А.И. описал с территории Казахстана 6 видов тюльпанов и считает, что классификация рода *Tulipa* L. затруднена в связи с давностью введения его представителей в культуру и их последующей селекции, сопровождавшейся натурализацией последних и значительной полиморфностью тюльпанов [19].

В.И. Талиев [21] считает, что группа *Silvestris* секции *Eriostemones* возникли в Центральной Азии, и произрастающие на исследуемой территории видов (*Tulipa biflora* и *Tulipa biebersteiniana*) он видел две ветви – *Bifloraeformes* и *Silvestrifformes*, и установил промежуточные типы видов.

Авторы едины во мнении, что *Tulipa biebersteiniana* и *Tulipa biflora* относятся к секции *Eriostemones* (Bois) Engl., *Tulipa gesneriana* (*Tulipa schrenkii*) – к секции *Tulipa* [19-23]. В то же время вопрос о таксономическом положении и ранге видов *Tulipa biebersteiniana*, внутри секции остается до сих пор спорным.

В Казахстане секция *Eriostemones* представлена 18 видами, включая виды встречающихся на исследуемой территории *Tulipa biflora* и *Tulipa biebersteiniana*. При сравнении перечня видов из рассматриваемой секции, приведенных Д. Холлом и А.И. Введенским, выявляется, что в Казахстане произрастают преимущественно виды, которые Д. Холл относит к III подсекции, именуемой *Biflorae*. Среди объектов нашего исследования к подсекции *Biflorae* относятся *Tulipa biflora* Pall. В Казахстане *Tulipa biebersteiniana*, наряду с ещё двумя видами, относится к первой подсекции.

В ходе дальнейшего видообразования и расселения обособились две подсекции: 1. *Silvestriformis*, к которой относится и наши объекты исследования *Tulipa biebersteiniana*, и 2. *Bifloriformis* – *Tulipa biflora*. Далее, по мнению автора, виды подсекции *Silvestriformis* мигрировали из Азии в Европу. По мнению А.И. Введенского [19], Д. Холла [20], М. Кристенхуза и соавторов [23] *Tulipa biebersteiniana* является синонимом *Tulipa sylvestris* subsp. *australis*.

Вопрос о возможности включения *Tulipa biebersteiniana* в состав *Tulipa sylvestris* до настоящего времени является спорным [23, 24], авторы считают *Tulipa biebersteiniana* отдельным видом, поскольку разница масс геномов *Tulipa biebersteiniana* и *Tulipa sylvestris* достаточно ве-

лика, что дает основание относить их к разным видам.

Из исследованных в нашей работе видов вопрос о видовом ранге признается без сомнения для *Tulipa biflora*, описанного в 1776 г. П. Палласом. Однако, данный вид очень изменчив, имеет более десяти синонимов, которые ранее признавались отдельными видами. Необходимы дальнейшее исследование по полиморфизму данного вида.

Полные данные по среднеазиатским видам приводятся в монографии З.П. Бочанцевой [22], исследовавшей вопросы морфологии, биологии, систематики, кариосистематики, проростания семян, морфогенеза и формообразования под влиянием внешних условий. Ею же хорошо исследована морфологическая изменчивость и формообразование культурных сортов тюльпанов и некоторых дикорастущих видов в условиях интродукции. Меньше внимания в этом плане уделялось дикорастущим видам произрастающих в естественных условиях [22, 25, 26]. По мере приобретения глубоких знаний по морфологии, цитологии и эмбриологии вносились изменения в состав родов подсемейства Lilioideae и изменения в построение системы семейства Liliaceae [27,28].

Первые списки по тюльпанам по областям Центрального и Северного Казахстана находим у Х. Ф. Лессинга [29]. Автор, обследуя растительность Урала совершил из Орска экскурсии в прилегающие районы Актюбинского уезда, посетив при этом реки Большой и Малый Мандлибай, р. Караганне и холмы Катандурь. Им дается список наиболее редких и интересных видов с точным указанием местонахождений, из них на долю Центрального и Северного регионов приходится до 20 растений, где приводятся и тюльпаны.

Ценный гербарий Тургайской области, содержащий в себе до 400 видов, был обработан Б.А. Федченко, и в сводной работе “Растения Тургайской области” [30] впервые в списке 120 видов растений отмечен *Tulipa patens* для территории Наурзумского бора. Небольшой материал по флоре, где в списке приводятся тюльпаны степной части заповедника содержится в работе С.Д. Эрперт [31].

В 60-е годы дополнительный список по флоре Наурзумского заповедника были приведены П. Г. Пугачёвым. В 1979 он же поднимал проблемы охраны редких видов растений островных боров Тургайской впадины, где также в списке значатся виды тюльпанов [32-33].

В 70-х годах в Казахстане изучением луковичных, в том числе тюльпанов активно занималась А.В. Широкова. Основным результатам ее исследований посвящена статья «Тюльпаны Казахстана и их биологические особенности» [34].

В 1986 г. вышла работа «В мире редких растений» М. С. Байтенова [7], где указывается редкие и исчезающие для исследуемого региона виды тюльпана Шренка и Т. Биберштейна. Ценные сведения о растительном покрове данного региона содержится в работах Л.А. Демченко [35], Н.Т. Лалаян и др. [36]. В 1998 г. Ситпаевой Г.Т. [37] был составлен конспект для Тургайской области, где она приводит в списке 2 вида тюльпанов – *T. schrenkiana* и *Tulipa biflora*.

Большой вклад в изучение редких и эндемичных представителей видов рода *Tulipa* L. Казахстана осуществила А.А. Иващенко. Наиболее важные результаты исследований изложены в ее монографии «Тюльпаны и другие луковичные растения Казахстана» [8].

В 2019 г. выходит иллюстрированная книга «Казахстан – Родина тюльпанов», где ею приводятся 42 вида тюльпанов Казахстана, из них 4 вида: *Tulipa shrenkii*, *T. patens*, *T. biebersteiniana* и *T. biflora* приводятся для Центрального и Северного Казахстана.

В 2013 г. Ю.В. Пережогин описал 2 новых вида из Северного Казахстана – *T. aulikolica* Perezhugin sp. Nov., близкий вид к *T. biflora* и *T. turgaica* Perezhugin, близкий к *T. biebersteiniana* [10].

По последним данным А.А. Куприянова, Г. Султангазина на территории встречаются 7 видов изучаемого семейства [38].

Разнообразие наших диких тюльпанов сегодня еще недостаточно изучено, только за последние 10 лет описаны 5 новых для науки видов казахстанскими и зарубежными специалистами. И хотя видовую самостоятельность некоторых из них признают не все систематики. Нет сомнения в том, что Казахстан занимает первое место среди всех других стран по богатству и разнообразию дикорастущих тюльпанов.

Большой исследовательский интерес к роду *Tulipa* L. можно объяснить выдающейся декоративностью и видовым разнообразием тюльпанов, широким распространением и принадлежностью к габитусу луковичных геофитов. Обзор литературы в систематическом положении исследуемых видов в роде *Tulipa* семейство *Liliaceae*, к которому относятся объекты нашего исследования показал, что по мере углубления знаний по морфологии, цитологии и эмбриологии

вносились изменения в состав родов подсемейства *Lilioideae*, а также предлагались изменения в построение системы семейства *Liliaceae* [39].

Работы в области популяционной биологии тюльпанов изучались фрагментами. Такие работы были проведены Е.А. Кобозевой [39], Н.И. Шориной [40]. Одной из важных задач является выявление популяционных адаптаций к существующим ценоотическим и экологическим условиям на основе способов стратегий выживания видов, самоподдержания, возрастных параметров популяций, их динамики в различных эколого-ценоотических условиях. Начиная с 1999 года комплексные исследования проводятся Э.З. Муллабаевой, изучавшей в разных природных зонах Приволжской возвышенности биоморфологию и популяционную экологию *Tulipa biebersteiniana* [41]. Авторы провели исследования демографической характеристики ценопопуляций данного вида, изменчивость качественных и количественных морфологических признаков и их семенную продуктивность.

В 1965 г. Т.А. Попова [28] изучала ценопопуляции *Tulipa patens* в вострещово-луковичномятликово-чернополынных сообществах, ковыльковых и тырсовых степях Центрального Казахстана. В систематике Кристенхуза и соавторов *Tulipa patens* считается синонимом *Tulipa sylvestris* [23]. В систематике ван Раамсдонка и де Фриза считается синонимом *Tulipa biebersteiniana*, а *Tulipa alberti* он включает как синонимы *Tulipa vvedenskyi*, *Tulipa butkovii*. [43]. А Зонневельдом и Кристенхузом и их соавторами эти формы признаются полноценными видами [23]. Ван Раамсдонк и де Фриз считают *Tulipa altaica* и *Tulipa kolpakowskiana* гетеротипными синонимами. Из двух видов они признают *Tulipa altaica* по приоритету Палласа. Другие систематики признают оба этих вида.

*Tulipa schrenkii* и *T. suaveolens* Зонневельдом отмечаются как два родственных, но разных вида, последний он относит исключительно к культурным сортам группы ‘Duc van Tol’, а названия *Tulipa schrenkii* исключительно к диким формам [23].

Из вышеописанного можно с уверенностью сказать, что тюльпаны изменчивые растения, могут легко приспосабливаться к разным условиям обитания, морфологические признаки их варьируют в пределах вида и потому не могут быть абсолютным критерием в определении вида. Современные авторы отмечают чрезвычайную сложность систематики рода *Tulipa*, так как многие виды тюльпанов в естественных

условиях обитания скрещиваются и образуют устойчивые межвидовые гибриды. В районах совместного обитания базовых видов формируются комплексы гибридных форм с неясным таксономическим положением [44].

Сегодня в текущем глобальном контрольном списке упоминается 580 видов *Tulipa*, из которых 104 включены во Всемирный контрольный список избранных семейств растений. Многие ученые систематики виды сегодня идентифицируют на основе общепринятых видовых названий согласно Зонневельду [24], а таксономический статус перепроверяются по Всемирному контрольному списку избранных семейств растений «Растениям мира» [45].

Учитывая актуальность изучения тюльпанов, в настоящее время в Институте ботаники и фитоинтродукции все активнее занимаются вопросами хорологии, экологии и охраны видов рода *Tulipa* L. В ряде научных публикаций таких авторов, как Кокорева И.И., Съедина И.А. [46, 47] отражены некоторые результаты этих исследований. Изучение редких эндемичных видов тюльпанов Центрального и Северного Казахстана является логичным продолжением исследований и направлен на получение новых данных по эколого-географической приуроченности их на территории Казахстана.

Существует около 150 видов тюльпанов, представляющие собой большой генетический ресурс для непрерывной селекции и улучшения сортов тюльпанов. Хлоропласты – это органеллы, необходимые для фотосинтеза. Структура и состав пластидных геномов стали широко использоваться для выявления уникальных генетических изменений и эволюционных взаимоотношений различных групп растений. Сегодня секвенировали полный хлоропластный геном *Tulipa patens* (инвентарный номер Genbank: MT327740), чтобы предоставить больше первичной генетической информации для анализа филогенетических отношений рода и других соответствующих исследований [48].

В последние десятилетия ареал многих видов тюльпана в Казахстане, Средней, Западной Азии и Закавказье сократился из-за интенсивного антропогенного воздействия. Основными ограничивающими факторами являются неконтролируемый сбор луковиц и цветущих растений, чрезмерный выпас скота, освоения земель под сельскохозяйственные угодья, дороги, карьеры, нефтепроводы, промышленные предприятия и потеря среды обитания. Так, при распашке целинных земель в Центральном и Северном

Казахстане были уничтожены многие заросли степного тюльпана Шренка.

В связи с этим наиболее угрожаемые виды охраняются на национальном уровне. В частности, в Красную книгу Казахстана [3] занесено 18 видов тюльпанов, в том числе и виды, произрастающие в исследуемом регионе.

Ниже приводим полный список видов рода *Tulipa* L., встречающихся в Центральном и Северном Казахстане:

***Tulipa borszczowii* Regel** Bull. Soc. Nat. Mosc. XLO, 1 (1868) 438. – Тюльпан Борщова. Редкий и высокодекоративный вид, неоэндемик Казахстана. Весенний эфемероид, занесенный в Красную книгу Казахстана [3] и рекомендуется для региональной охраны [71]. Произрастает в песчаных массивах, по лессовым шлейфам пустынных сопков и чинков. Встречается в Тургайском, Приаральском, Кызыл-Ординском и Кызылкумском флористических районах Казахстана [4]. Интродуцирован в ботанических садах городов Алматы, Ташкента, Душанбе, Киева [14].

***T. schrenkii* Legel.** (*T. gesneriana* L.) A. Y. P. II (1873) 452. Редкий, уязвимый с сокращающимся ареалом вид, занесен в Красную книгу Казахстана [3]. Декоративный пустынно-степной вид, произрастает в степях, полупустынях и пустынях северного, центрального и западного районов Казахстана [4]. В природе встречается редко. На территории Казахстана интродуцирован в ГБС (г. Алматы), ЖБС (г. Жезказган) и КБС (г. Караганда) [14]. Часть ареала находится в Коргалжинском и в охранной зоне Наурзумского заповедников.

***T. biebersteiniana* Schult.** Syst. VII (1829) 382. – Т. Биберштейновский. Степной декоративный вид, сокращающийся в численности. Растет в степях, луговых степных западинах, среди кустарников, лесных полянах и опушках. Находится под угрозой исчезновения, включен в Красную книгу Казахстана. Встречается в западной, центральной и северной части Казахстана. Численность сокращается, вследствие сбора растений на букеты. С 1958 г. выращивался в ботанических садах Алматы и Жезказгана, отмечается, что слабо устойчив в культуре. [3]. Охраняется на территории Наурзумского заповедника. Угроза составляет вырубка кустарников, распашка пойменных лугов, интенсивный выпас скота, сбор на букеты.

***T. patens* Agardh. ex Schult.** Syst. VII (1829) 384. – Тюльпан понижающийся. Редкий, эндемичный, сокращающийся в численности степной вид. Во Флоре Казахстана указывается в То-



боло-Ишимской низменности, Прииртышье, Тургайском, Кокчетавском и Кзыл-Ординском регионах, Западном и Восточном мелкосопочнике, Каркаре, Зайсане, Приаралье и на Алтае. В.Ф. Семенов приводит одно местонахождение – в Кокчетавском уезде [49]. З.В.Карамышева и Е.И.Рачковская [50] считают, что этот вид не встречается на Кокчетавской возвышенности. Встречается в полосе сухих степей, ковыльковых степях, каменисто-щебнистых, глинистых склонах мелкосопочника и на солонцах. Занесено в Красную книгу Казахстана и сегодня охраняется на территории Нарузумского заповедника и национального парка Кокшетау. Вид изучен слабо. Интродуцирован в ботанических садах г. Алматы, Караганды, Риддера [3].

***T. biflora* Pall. Reise III (1876) 727.** Пустынно-степной казахстанский вид, находящийся под угрозой исчезновения. Включен в Красную книгу Казахстана [3], встречается от Прикаспия до Казахстанского Алтая. Охраняется на территории Наурузумского, Кургальджинского и Западно-Алтайского заповедников. На территории Северного и Центрального Казахстана встречается рассеянно или небольшими группами в составе степных, держополюнных и чернополюнных сообществах, засоленных глинистых, щебнистых и каменистых почвах, солонцах. За состоянием популяций необходимо в различных точках ареала установить контроль.

***T. aulikolica* Perezhgin sp. Nov. Бот. Журн., 12 (2013) 1558.** Степной, викарирующий вид, растет восточнее Мугоджарских гор и не пересекающимся с ареалом близкого вида *T. biflora*, произрастающего западнее гор Мугоджар. Существенный признак их отличие: число цветков и окраска доли околоцветника, у *T. aulikolica* 1-(2)-3-10, а у *T. biflora* до 6, доли желтые, а у *T. biflora* они белые при основании с желтым пятном. И внутривидовая их изменчивость не представляется возможным [10]. В Кустанайской области отмечается только 1 популяция, за состоянием которого необходимо установить строгий контроль и рекомендовать в новое издание Красной книги Казахстана.

***T. turgaica* Perezhgin sp. Nov. Бот. Журн., 12 (2013) 1561.** Эуксерофитный вид, встречается в сухих глинистых опустыненных степях. Близкий вид к *T. biebersteiniana* Schult., отличается тем, что образует многоцветковые формы, завязь равна или превышает тычинки. Тюльпан Бибирштейна же является мезофитом, растет в лесных лужайках, на лугах в долинах рек. Цвет-

ки у нее одиночные, завязь короче тычинок [10]. В Кустанайской области отмечается только 2 популяция, необходимо также за состоянием установить строгий контроль и рекомендовать в новое издание Красной книги Казахстана [3].

***T. alberti* Regel A.H.P. V (1877) 5:264.** – Тюльпан Альберта. Редкий, эндемичный вид, обладающий высокими декоративными качествами, занесенный в Красную книгу Казахстана [3]. Во Флоре Казахстана указывается для Южного Прибалхашья, Джунгарском Алатау, Чу-Илийских горах, Сырдарьинского Каратау, южной части пустыни Бетпак-Дала. Отмечается З.В. Карамышевой и Е.И. Рачковской в Центральном Казахстане на границе степной и пустынной областей (25 км к ЮЗ от пос. Каражал, среди кустарников в нижней части склона сопки) [50]. Охраняется в заповеднике Аксу-Жабагылы и на территории Алтын-Эмельского национального природного парка (ущ. Тайгак Чулакских гор). Растет на щебнисто-мелкоземистых склонах, осыпях и низкогорьях. Интродуцирован в Алматинском, Алтайском, Жезказганском ботанических садах.

***T. altaica* Pall. ex Spreng. Syst. II (1825) 63.** – Т. алтайский. Редко встречающийся вид. Во Флоре Казахстане указывается в Зайсанской котловине, Алтае и Тарбагатае. З.В. Карамышевой и Е.И. Рачковской отмечается в Центральном Казахстане (20-35 км к ЮЗ от пос. Каражал) [50]. Иващенко А.А. западную границу распространения этого вида приводит для восточных окраин Казахского мелкосопочника. Гора Бектауата находится на стыке Западного и Восточного мелкосопочника, на ней заканчивается западная граница ареала *Tulipa altaica* Pall. ex Spreng.

### Заключение

По результатам многолетних исследований после издания «Флора Казахстана» были выявлены новые местообитания видов рода *Tulipa* L. на территории Центрального и Северного Казахстана, а также список рода пополнился 2 новыми видами для Северного Казахстана. Разнообразие тюльпанов Центрального и Северного Казахстана составляют как узкоэндемичные, так и более широко распространенные виды. Представленный состав из 9-ти видов представителей рода *Tulipa* L., и эколого-географические особенности встречающихся в пределах данной территории в той или иной степени подтверждают ее экотонный характер. А степень эндемизма тюльпанов Северного и Централь-

ного Казахстана, сочетающаяся с их редкостью, с уверенностью можно предположить, что и после многолетней исследовательской работы флоры Центрального и Северного Казахстана, в особенности отдельные ее таксономические единицы нуждаются в более тщательном изучении и анализе.

## Финансирование

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №АР14870712) договор № 216/30-22-24 от 18.10.2022 года.

## Литература

1. Иващенко А.А. Бегущие от засухи. Информация предоставлена журналом «Ветер странствий», – 2011. – №3 (28). [www.veters.kz](http://www.veters.kz). – С. 1.
2. Откуда родом Тюльпан? <https://otvet.mail.ru/question/14565479> (дата обращения: 21.08.2023).
3. Красная книга Казахстана. Растения (2-е изд., исправленное и дополненное). – Астана: LTD «Art-Print XXI», 2014. – Т.2, Ч. 2. – 452 с.
4. Флора Казахстана. Павлов Н.В. – Алма-Ата: АН КазССР, 1958. – Т. 2. – 301 с.
5. Определитель растений Средней Азии и Казахстана. Ташкент: ФАН, 1971. – С. 94-109.
6. Байтенов М.С. В мире редких растений. – Алма-Ата: Кайнар, 1986. – 176 с.
7. Иващенко А.А. Сокровища растительного мира Казахстана. По страницам красной книги. А., 2007 г. –128 с.
8. Иващенко А.А. Тюльпаны и другие луковичные растения Казахстана. Алматы: ИД «Две Столицы», 2005. –192 с.
9. Иващенко А.А. Казахстан – Родина тюльпанов. Изд-во «Атамура» Алматы, 2019. – 367 с.
10. Пережогин Ю.В. Новые виды тюльпанов из Северного Казахстана//Бот. Журнал. 2013.– Т. 98, №12. – С. 1558-1563.
11. Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. 2007-2023. [Электронный ресурс] URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 21.08.2023).
12. Баранова М.В. Луковичные растения семейства Лилейных (география, биоморфологический анализ, выращивание). -СПб.: Наука, 1999. – 229 с.
13. Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. Л.: Наука, 1978. – 247 с.
14. Шарипов А., Пратов У. Тюльпаны. Ташкент, 1997. – 143 с.
15. Пратов Ю.П., Шарипов А.Х., Ашурметов О.А., Таджибаев К.Ш. Тюльпаны Западного Тянь-Шаня. Ташкент, Чинор ЭНК, 2006. – 202 с.
16. Regel E. Enumeratospecierumhucusquecognitarum generis Tulipae. Act. Hort. Petr. 2. – 1873. – P.217-219.
17. Baker J.D. Revision of genera and species of Tulipae. Journn. Linn. Soc. Bot. London. – 1874. – Vol. 14. – P 10-19.
18. Boisser E. Flora Orientalis, V, Geneva, Basle and Lyons. 1884. – P. 310-319.
19. Введенский И.А. Род 272. Тюльпан *Tulipa* L. // Флора СССР. Т. 4. – Л.: Изд-во АН СССР, 1935. – С. 320-364.
20. Hall A.D. The genus *Tulipa* / A.D. Hall. – London: The Royal Horticultural Society, 1940. – 215 p.
21. Талиев В.И. Процесс видообразования у рода *Tulipa* / В.И. Талиев // Тр. по прикл. ботанике, селекции и генетике. – 1930. – Т. 24, №2. – С. 57122.
22. Бочанцева З.П. Тюльпаны. Ташкент: Изд-во АН УзбССР, 1962. – 407 с.
23. Christenhusz M.J., Govaerts R., David J. C., Hall T., Borland K., Roberts P. S., Tuomisto A., Buerki Sven., Chase M., Fay M.F. Tiploe through the Tulips – cultural history, molecular phylogenetics and clsssification of Tulipa (Liliaceae) // Botanical Journal of the Linnean Society. – 2013. – Vol. 172, No. 3. – P. 280-328.
24. Zonneveld J.M. The systematic value of nuclear genome size for «all» species of Tulipa L. (Liliaceae) / J.M. Zonneveld // Plant Systematics and Evolution. – 2009. – Vol. 281. – P. 217-245.
25. Данилов В.И. *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. в культуре и естественных ценозах юга Московской области / В.И. Данилов // Особенности развития редких растений при культивировании в центре Европейской части СССР. – М., 1986. – С. 60-63.
26. Силина З.М. Род *Tulipa* // Декоративные травянистые растения для открытого грунта СССР. Л., 1977. – Т.2. – С. 221-317.
27. Dahlgren R. The families of the Monocotyledons structure, evolution and taxonomy / R. Dahlgren, H. Clifford, P.Yeo. – Springer-Verlag. – Berlin, 1985. – P. 503.
28. Тахтаджян А.Л. Система Магнолиофитов / А.Л. Тахтаджян. – Л.: Наука, 1987. – 439 с.
29. Lessing C. F. Beitrag zur Flora des sudlichen Urals und Steppen. Linnaea, X 1835.
30. Федченко Б. А., Крашенинников И. М. Растения Тургайской области //Тр. почв.-ботан. эксп. по иссл. колониз. районов Азиатской России.- ГЛБ., 1910, – Ч. 2. – Вып. 7. – 260 с.
31. Эрперт С.Д. Новое в Наурзумской флоре (дополнение к списку растений Наурзумского заповедника) //Рукопись (Архив Наурзумского заповедника), 1947. – 5 с.
32. Пугачев П.Г. Новые данные о флоре Кустанайской и Тургайской областей. // Бот. жур. – 1972. – Т.57, № 5. –С. 508-512.

33. Пугачев П.Г. Проблемы охраны редких видов растений островных боров Тургайской впадины. //Тез. докл. респ. совещания по охране и воспроизводству исчезающих и редких растений. Охрана растительного мира Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1979. – С. 92-94.
34. Широкова А.В. Тюльпаны Казахстана и их биологические особенности / Физиология роста тюльпана. Алма-Ата, 1976. – С. 5-26.
35. Демченко Л. А. Растительный покров Кустанайской области // Тр.Ин-т ботаники АН КазССР. – Алма-Ата, 1961.- Вып. 10. – С. 25-91.
36. Лалаян Н.Т., Стародубцева Л.Я., Ситпаева Г.Т. Редкие и исчезающие растения окрестностей совхоза “Казахстанец”. – Топорковские чтения – Рудный, 1997. – Вып.3. – С. 264-270.
37. Ситпаевой Г.Т. Анализ флоры Тургайского прогиба.//Дисс. На соиск. Уч. Степ. Канд. Биол. Наук, Алматы, 1998. – С. 95-98.
38. Султангазина Г.Ж., Куприянов А.Н. Редкие растения на территории Государственного национального природного парка «Бурабай» // Вестник Карагандинского университета. Серия Биология. Медицина. География. – 2013.- №1. – С.11-17.
39. Кобозева Е.А. Биоморфология и популяционная экология луковичных растений в разных природных зонах Приволжской возвышенности (на примере *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil. и *Lilium martagon* L.). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2010. 22 с.
40. Шорина Н.И., Кобозева Е.А. Луковичные столоны тюльпанов: морфогенез, функции, роль в самоподдержании ценопопуляций (на примере *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. Fil.). – С. 248-258.
41. Муллабаева Э.З. Состояние ценопопуляций *Tulipa bibebershteniana* Schult. et Schult. fil. в Башкирском Зауралье / Э.З. Муллабаева, М.М. Ишмуратова // Итоги биологических исследований Башгосуниверситета. -Уфа, 2002. – С. 237-239.
42. Попова Т.А. Биолого-морфологическая характеристика лилиецветных сухих и пустынных степей Центрального Казахстана / Т.А. Попова //Труды Ботан. ин-та им. Комарова. Сер. III (Геоботаника). – 1965. – №. 17. – С. 5455.
43. *Van Raamsdonk, L.W.D.* Species relationships and taxonomy in *Tulipa* subg. *Tulipa* (Liliaceae) // *Plant Syst Evol.* – 1995. – Vol. 195. – P. 13-44.
44. [http://wi-ki.ru/wiki/Виды\\_рода\\_Тюльпан](http://wi-ki.ru/wiki/Виды_рода_Тюльпан) (дата обращения: 21.08.2023).
45. Тожибаев К., Каримов Ф., Джанг К.Г. Контрольный список геофитов Ферганской долины, Средней Азии – однодольные растения и биогеографический анализ // Журнал Азиатско-Тихоокеанского биоразнообразия. – 2018. – Т. 11, – № 3. – С. 431-441.
46. Кокорева И.И., Байгулин И.О., Садырова Г.А., Отрадных И.Г., Съедина И.А., Нурушева А.М., Лысенко В.В. Современное состояние популяций некоторых редких видов растений Северного Тянь-Шаня // Актуальные проблемы геоботаники. Матер. межд. науч. конф., посвященной памяти Б.А. Быкова. Алматы, – 2011. – С. 188-193.
47. Съедина И.А. Формовое разнообразие тюльпана Колпаковского в Заилийском Алатау // Сохранение биоразнообразия экосистем горных территорий Казахстана. Алматы, – 2006. – С. 102-105.
48. Xing, G., Qu, L., Zhang, Y., Xue, L., Su, J., Lei, J. Collection and evaluation of wild tulip (*Tulipa* spp.) resources in China. Genetic resources and crop evolution. – 2017. – Vol. 64. – P.641-652.
49. Семенов В.Ф. Список и таблица распространения дикорастущих сосудистых растений в пределах бывшей Акмолинской области // Тр. Сибирского ин-та сельского х-ва и лесоводства. – 1928. –Т. 28, Вып. 14. – С. 20-27.
50. Карамышева З.В., Рачковская Е.И. Ботаническая география степной части Центрального Казахстана. Л.: Наука, –1973. – С. 51.

## References

1. Bajtenov M. S. V mire redkikh rastenij (1986) In the world of rare plants. *Alma-Ata: Kainar*, 176 p. (In Russian)
2. Baker J.D. (1874) Revision of genera and species of Tulipae. *Journn. Linn. Soc. Bot. London*, vol. 14, pp. 10-19.
3. Baranova M.V. Lukovichny'e rasteniya semejstva Lilejny'kh (geografiya, biomorfologicheskij analiz, vy'rashhivanie (1999) [Bulbous plants of the Liliaceae family (geography, biomorphological analysis, cultivation)] *St. Petersburg: Science*, 229 p. (In Russian)
4. Boisser E. (1884) *Flora Orientalis*, V, Geneva, Basle and Lyons. pp. 310-319.
5. Bochanceva Z.P. Tyul'pany` (1962) [Tulips] *Tashkent: Publishing House of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR*, 407 p. (In Russian)
6. Christenhusz M.J., Govaerts R., David J. C., Hall T., Borland K., Roberts P. S., Tuomisto A., Buerki Sven., Chase M., Fay M.F. (2013) Tiptoe through the tulips—cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae). *Botanical journal of the Linnean Society*, vol. 172, no 3, pp. 280-328.
7. Dahlgren R. (1985) The families of the Monocotyledons structure, evolution and taxonomy / R. Dahlgren, H. Clifford, P. Yeo. *Springer-Verlag, Berlin*.
8. Danilov V.I. (1986) *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. v kul'ture i estestvenny'kh czenozakh yuga Moskovskoj oblasti [Tulipa biebersteiniana Schult. et Schult. in culture and natural cenoses of the south of the Moscow region] *Features of the development of rare plants during cultivation in the center of the European part of the USSR. – M.*, pp. 60-63. (In Russian)
9. Demchenko L.A. (1961) Rastitel'ny'j pokrov Kustanajskoj oblasti [Vegetation cover of the Kustanai region]. *Proceedings of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the KazSSR. – Alma-Ata*, no 10, pp. 25-91. (In Russian)

10. E`rper S.D. (1947) Novoe v Naurzumskoj flore (dopolnenie k spisku rastenij Naurzumskogo zapovednika) [New in the Naurzum flora (addition to the list of plants of the Naurzum Reserve)] *Manuscript (Archive of the Naurzum Reserve)*, 5 p. (In Russian)
11. Fedchenko B. A., Krashennnikov I.M. (1910) Rasteniya Turgajskoj oblasti [Plants of the Turgai region] *Tr. soil.-botan. exp. according to research colonization regions of Asian Russia*. – GLB., vol. 2, no 7, p. 260.
12. Flora Kazakhstana (1958) [Flora of Kazakhstan]. *Alma-Ata: Academy of Sciences of the Kazakh SSR*, t 2, 301 p. (In Russian)
13. Hall A.D. (1940) The genus *Tulipa* / A.D. Hall. – London: The Royal Horticultural Society., 215 p.
14. Ivashchenko A.A. Tyul`pany` i drugie lukovichny`e rasteniya Kazakhstana (2005) [Tulips and other bulbous plants of Kazakhstan]. *Almaty: Publishing House "Two Capitals"*. 192 p. (In Russian)
15. Ivashchenko A.A. (2007) Cokrovishha rastitel`nogo mira Kazakhstana [Treasures of the flora of Kazakhstan]. *Through the pages of the red book. A.*, 128 p. (In Russian)
16. Ivashchenko A.A. (2011) Begushhie ot zasukhi [Fleeing from the drought]. *Information provided by the Wind of Wanderings magazine*, vol. 28, no 3, www.veters.kz (In Russian)
17. Ivashchenko A.A. Kazakhstan – Rodina tyul`panov (2019) [Kazakhstan is the birthplace of tulips]. *Publishing House "Atamura" Almaty*, 367 p. (In Russian)
18. Karamy`sheva Z.V., Rachkovskaya E.I. (1973) Botanicheskaya geografiya stepnoj chasti Czentral`nogo Kazakhstana [Botanical geography of the steppe part of Central Kazakhstan] *L. : Science*, p. 51. (In Russian)
19. Kobozeva E.A. (2010) Biomorfologiya i populyacionnaya e`kologiya lukovichny`kh rastenij v razny`kh prirodny`kh zonakh Privolzhskoj vozvy`shennosti (na primere *Tulipa biebersteiniana* Sshult. et Sshult. fil. i *Lilium martagon* L.) [Biomorphology and population ecology of bulbous plants in different natural zones of the Volga Upland (on the example of *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil. and *Lilium martagon* L.). *Abstract dis. ... cand. biol. Sciences. Moscow*, p. 22. (In Russian)
20. Kokoreva I.I., Bajtulin I.O., Sady`rova G.A., Otradny`kh I.G., S`edina I.A., Nurusheva A.M., Ly`senko V.V. (2011) Sovremennoe sostoyanie populyacij nekotory`kh redkikh vidov rastenij Severnogo Tyan`-Shanya [The current state of populations of some rare plant species of the Northern Tien Shan] *Actual problems of geobotany. Mater. int. scientific Conf. dedicated to the memory of B.A. Bykov. Almaty*, pp. 188-193. (In Russian)
21. Krasnaya kniga Kazakhstana. (2014) [Red Book of Kazakhstan. Plants (2nd ed., revised and enlarged)]. *Astana: LTD "Art-Print XXI"*. vol. 2, no.2, 452 p. (In Russian)
22. Lalayan N.T., Starodubczeva L.Ya., Sitpaeva G.T. (1997) Redkie i ischezayushhie rasteniya okrestnostej sovkhoza "Kazakhstanets" [Rare and endangered plants in the vicinity of the state farm "Kazakhstanets"] no 3, pp. 264-270. (In Russian)
23. Lessing C. F. (1835) Beitrag zur Flora des sudlichen Urals und Steppen. *Linnaea*, X.
24. Mullabaeva, E`Z. Sostoyanie czenopopulyacij Tulipa bibebershteniana Schult. et Schult. fil. v Bashkirskom Zaural`e (2002) [Status of cenopopulations of *Tulipa bibebershteniana* Schult. et Schult. fil. in the Bashkir Trans-Urals] *Results of biological research of Bashkir State University, Ufa*. pp. 237-239 (In Russian)
25. Opredeletel` rastenij Srednej Azii i Kazakhstana (1971) Key to plants of Central Asia and Kazakhstan. *Tashkent: FAN*, pp. 94-109. (In Russian)
26. Perezhogin Yu.V. Novy`e vidy` tyul`panov iz Severnogo Kazakhstana (2013) [New types of tulips from Northern Kazakhstan]. *Bot. Magazine*, vol. 98, no 12, pp. 1558-1563. (In Russian)
27. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide. 2007-2023. URL: <https://www.plantarium.ru/lang/en.html> (accessed on 21 Aug 2023).
28. Popova T.A. (1965) Biologo-morfologicheskaya kharakteristika lilieczvetny`kh sukhikh i pusty`nny`kh stepej Czentral`nogo Kazakhstana [Biological and morphological characteristics of lily-colored dry and desert steppes of Central Kazakhstan] *Proceedings of Botan. in-ta im. Komarov. Ser.*, no 17, pp. 54-55. (In Russian)
29. Prатов Yu.P., Sharipov A.Kh., Ashurmetov O.A., Tadzhibayev K.Sh. Tyul`pany` Zapadnogo Tyan`-Shanya (2006) [Tulips of the Western Tien Shan]. *Tashkent, Chinor ENK* (In Russian)
30. Pugachev P.G. (1972) Novy`e danny`e o flore Kustanajskoj i Turgajskoj oblastej [New data on the flora of Kustanai and Turgai regions] *Bot. zhur.* vol. 57, no 5, pp. 508-512. (In Russian)
31. Pugachev P.G. Problemy` okhrany` redkikh vidov rastenij ostrovny`kh borov Turgajskoj vpadiny` (1979) [Problems of protection of rare plant species in the island forests of the Turgai depression] Tez. report rep. meetings on the protection and reproduction of endangered and rare plants. Protection of the flora of Kazakhstan. *Alma-Ata: Science*, pp. 92-94. (In Russian)
32. Regel E. (1873) Enumeratospecierumhucusquecognitarum generis Tulipae. *Act. Hort. Petr.* 2. pp. 217-219.
33. Sedina I.A. (2006) Formovoe raznobrazie tyul`pana Kolpakovskogo v Zailijskom Alatau [Form diversity of the Kolpakovsky tulip in Zailiysky Alatau] *Conservation of biodiversity of ecosystems of mountainous territories of Kazakhstan. Almaty*, pp. 102-105. (In Russian)
34. Semenov V.F. (1928) Spisok i tablicza rasprostraneniya dikorastushhikh sosudisty`kh rastenij v predelakh by`vshej Akmolinskoj oblasti [List and table of distribution of wild vascular plants within the former Akmola region] *Tr. Siberian Institute of Agriculture and Forestry*, t. 28, no 17, pp. 20-27. (In Russian)
35. Sharipov A., Prатов U. (1997) Tyul`pany` [Tulips] *Tashkent*, 143p. (In Russian)
36. Shirokova A.V. (1976) Tyul`pany` Kazakhstana i ikh biologicheskie osobennosti [Tulips of Kazakhstan and their biological features] *Physiology of tulip growth. Alma-Ata*, pp. 5-26. (In Russian)
37. Shorina N.I., Kobozeva E.A. (2010) Lukovichny`e stolony` tyul`panov: morfogenez, funkczii, rol` v samopodderzhanii czenopopulyacij (na primere *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. Fil.) pp. 248-258. (In Russian)

38. Silina Z.M. Rod Tulipa (1977) [The genus Tulipa] *Ornamental herbaceous plants for the open ground of the USSR. L.*, t. 2, pp. 221-317. (In Russian)
39. Sitpaevoj G.T. (1998) Analiz flory' Turgajskogo progiba [Analysis of the flora of the Turgai trough] *Diss. To the competition Uch. Step. Cand. Biol. Nauk, Almaty*, pp. 95-98. (In Russian)
40. [http://wi-ki.ru/wiki/Species\\_of\\_genus\\_Tulip](http://wi-ki.ru/wiki/Species_of_genus_Tulip) (date of access: 21.08.2023).
41. Sultangazina G.Zh., Kupriyanov A.N. (2013) Redkie rasteniya na territorii Gosudarstvennogo naczional'nogo prirodnogo parka «Burabay» [Rare plants on the territory of the «Burabay» State National Natural Park] *Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya Biologiya. Mediczina. Geografiya*, no 1, pp. 11-17. (In Russian)
42. Takhtadzhyan A.L. Floristicheskie oblasti Zemli (1978) [Floristic regions of the Earth]. *L.: Science*, 247 p. (In Russian)
43. Takhtadzhyan A.L. (1987) Sistema Magnoliofitov [System of Magnoliophytes] / *A.L. Takhtadzhyan. – L.: Science*, 439 p. (In Russian)
44. Taliev V.I. (1930) Proczess vidoobrazovaniya u roda Tulipa [The process of speciation in the genus Tulipa] *Tr. according to app. botany, breeding and genetics*, vol. 24, no 2, pp. 57122 (In Russian)
45. Tozhibaev K., Karimov F., Dzhang K.G. (2018) Kontrol'ny'j spisok geofitov Ferganskoj doliny', Srednej Azii – odnodol'ny'e rasteniya i biogeograficheskiy analiz [Checklist of geophytes of the Fergana Valley, Central Asia – monocots and biogeographic analysis] *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, vol. 11, no 3, pp. 431-441. (In Russian)
46. Van Raamsdonk, L.W.D. (1995) Species relationships and taxonomy in Tulipa subg. Tulipa (Liliaceae) *Plant Syst Evol.*, vol. 195, pp.13-44.
47. Vvedenskij I.A. (1935) Rod 272. Tyul'pan *Tulipa L.* [*Tulipa L.*]. *Flora SSSR. T. 4. – L.: Izd-vo AN SSSR*, pp. 320-364.
48. Where is the Tulip from? <http://otvet.mail.ru/question/14565479/> (date of access: 21.08.2023).
49. Xing G., Qu L., Zhang Y., Xue L., Su J., Lei J. (2017) Collection and evaluation of wild tulip (*Tulipa* spp.) resources in China. *Genetic resources and crop evolution*, vol. 64, no 3, pp. P. 641-652.
50. Zonneveld J.M. (2009) The systematic value of nuclear genome size for «all» species of *Tulipa L.* (Liliaceae) / J.M. Zonneveld // *Plant Systematics and Evolution*, vol. 281, pp. 217-245.



1-бөлім  
**БОТАНИКА**

---

Section 1  
**BOTANY**

---

Раздел 1  
**БОТАНИКА**

А.А. Тастанбекова<sup>1</sup>, Қ.Қ. Құлымбет<sup>1,2\*</sup>, М.С. Курманбаева<sup>1</sup>,  
К.М. Тыныбаева<sup>2</sup>, Ш.С. Альмерекова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>«Ө.О. Успанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты»,  
Қазақстан, Алматы қ.

<sup>3</sup> Өсімдіктер Биологиясы және Биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

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

## СЫРДАРИЯ ҚАРАТАУЫНДА КЕЗДЕСЕТІН *ALLOCHRUSA GYPSOPHILOIDES* (CARYOPHYLLACEAE) ПОПУЛЯЦИЯЛАРЫНЫҢ МОРФОМЕТРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТОПЫРАҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ

Қазақстандағы *Allochrysa gypsophiloides* табиғи популяцияларына жүргізілген далалық зерттеулер антропогендік әрекеттердің нәтижесінде түрдің табиғи ареалындағы аумақтың айтарлықтай қысқарғаны анықталған. Түрдің қазіргі жағдайын білу туралы мәлімет олардың өмір сүру перспективаларын нақтылау үшін маңызды. Мақалада сирек, эндем *A. gypsophiloides* өсімдігінің популяцияларының морфометриялық және топырақ көрсеткіштері сипатталған. Түрдің жалпы 3 популяциясы (4 ценопопуляция) зерттелді. 1-популяция – Сырдария Қаратауы – Саясу шатқалы; 2-популяция: Сырдария Қаратауы – Күйік асуы; 3-популяция: Қаратау алды жазығы Бірлік ауылы маңынан табылды. Зерттеу кезінде табылған үш популяцияның орналасу картасы жасалды. Зерттеу жүргізу үшін маршруттық далалық зерттеу әдістері қолданылды. Корреляциялық талдау үшін ценопопуляциялар (ЦП) арасындағы айырмашылықтардың маңыздылығын тексеру үшін гүлдену кезіндегі генеративті дарақтардың биіктігі, дарақтар саны, өркен және гүлдер саны таңдалып алынды. Пирсон корреляциясын бағалау кезінде гүлдену барысында дарақтардың орташа биіктігі ЦП2, ЦП3 және ЦП4 өркендер саны және гүлдер санымен тура корреляцияланғанын көрсетті. Топырақ типі бойынша популяция-1 – тау беткейіндегі кәдімгі сұр солтүстік топырағы, популяция-2 – таулы сұр-қоңыр топырағы, популяция-3 – тау беткейіндегі сұр кәдімгі оңтүстік топырағы. Тау беткейіндегі кәдімгі сұр солтүстік топырақ (популяция-1) – ашық сұр түсті, құмбалшықты, тығыздалған, шаңды, түйіршікті құрылымды, құрамында тастар көп кездеседі. Таулы сұр қоңыр топырақ (популяция-2) – тығыздалған, түйіршікті, ылғалдылығы төмен, тасты қосылыстарға бай, қышқылдан қайнау дәрежесі төмен болып табылады. Тау беткейіндегі кәдімгі сұр оңтүстік топырақ (популяция 3) – ашық сұр, орташа құмбалшықты, түйіршікті, тығыз, қышқылдардан қайнау дәрежесі жоғары топырақ. Барлық үш популяциялар топырақтарының химиялық құрамдары бойынша ұқсас, гумус мөлшерлері төмен, қоректік элементтерменде төмен қамтылған, топырақ ортасы реакциясы орташа және күшті сілтілі болды.

**Түйін сөздер:** *Allochrysa gypsophiloides*, эндем, популяция, ценопопуляция, корреляция, топырақ.

A.A. Tastanbekova<sup>1</sup>, K.K. Kulymbet<sup>1,2\*</sup>, M.S. Kurmanbayeva<sup>1</sup>,  
K.M. Tynybayeva<sup>2</sup>, Sh.S. Almerkova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National University named after al-Farabi, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>LLP «U.U. Usanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry», Kazakhstan, Almaty

<sup>3</sup>Institute of plant biology and biotechnology, Kazakhstan, Almaty

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

### Morphometric and soil indicators of populations *Allochrysa gypsophiloides* (Caryophyllaceae) found in Syrdarya Karatau

As a result of field studies of *Allochrysa gypsophiloides* populations on the territory of Kazakhstan revealed significant reductions in the natural range of the species as a result of anthropogenic activities. Information on the current state of the species is important for clarifying the prospects of their existence. The article describes morphometric and soil indicators of populations of rare, endemic plants *Allochrysa gypsophiloides*. 3 populations (4 cenopopulations) of the species were studied. 1-population – Syrdarya Karatau-Sayasu Gorge; 2-population – Syrdarya Karatau- Kujik Pass; 3-population – Karatau foothill



plain, near the village of Birlik. During the study, a map-scheme of the three populations was drawn up. Field and route-reconnaissance research methods were used to conduct the research. For correlation analysis, the height of generative individuals during flowering, the number of individuals, the number of shoots and flowers were selected to check the importance of differences between cenopopulations. The Pearson correlation assessment showed that the average height of individuals during flowering directly correlated with the number of shoots and the number of flowers of CP2, CP3 and CP4. The type of soil growing in the first population is ordinary gray soil, the second population is mountain gray-brown soil, the third population is ordinary gray. Ordinary gray soil (population-1) is light gray, loamy, compacted, dusty, granular, with large amounts of stones. Mountain gray-brown soil (population-2) – compacted, granular, with low humidity, rich in stony compounds, with a low degree of boiling from acid. Common gray (population 3) – light gray, medium loamy, granular, dense, with a high degree of boiling due to acidity. The chemical compositions of the soils of all the studied populations are similar: the humus content is low, the nutrients are low, the reaction of the soil medium is alkaline and highly alkaline.

**Key words:** *Allochrysa gypsophiloides*, endemic, population, cenopopulation, correlation, soil.

А.А. Тастанбекова<sup>1</sup>, Қ.Қ. Құлымбет<sup>1,2\*</sup>, М.С. Курманбаева<sup>1</sup>,  
К.М. Тыныбаева<sup>2</sup>, Ш.С. Альмерекова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения  
и агрохимии имени У.У. Успанова», Казахстан, г. Алматы

<sup>3</sup>Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, г. Алматы

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

### **Морфометрические и почвенные показатели популяций *Allochrysa gypsophiloides* (Caryophyllaceae), встречающихся в Сырдарьинском Каратау**

В результате полевых исследований популяций *Allochrysa gypsophiloides* на территории Казахстана выявлены значительные сокращения территории в природном ареале вида в результате антропогенной деятельности. Информация о текущем состоянии вида важна для уточнения перспектив их существования. В статье описаны морфометрические и почвенные показатели популяций редких, эндемичных растений *Allochrysa gypsophiloides*. Исследовано 3 популяции (4 ценопопуляции) вида. 1-популяция – Сырдарьинское Каратау-ущелье Саясу; 2-популяция – Сырдарьинское Каратау- перевал Куйик; 3-популяция – Каратауская предгорная равнина, вблизи села Бирлик. Во время исследования была составлена карта-схема обнаруженных трех популяций. Для проведения исследований использовался полевой и маршрутно-рекогносцировочный методы исследований. Для корреляционного анализа были выбраны высота генеративных особей во время цветения, количество особей, количество побегов и цветков, чтобы проверить важность различий между ценопопуляциями. Оценка корреляции Пирсона показала, что средняя высота особей во время цветения прямо коррелировала с количеством побегов и количеством цветков ЦП2, ЦП3 и ЦП4. Тип почвы произрастания первой популяций – обыкновенная серая почва, второй популяций – горная серо-коричневая почва, третьей популяций – обыкновенная серая. Обыкновенная серая почва (популяция-1) – светло-серая, суглинистая, уплотненная, пыльная, зернистая, с большими количествами камней. Горная серо-коричневая почва (популяция-2) – уплотненная, зернистая, с низкой влажностью, богатая каменистыми соединениями, с низкой степенью кипения от кислоты. Обыкновенная серая (популяция 3) – светло-серая, среднесуглинистая, зернистая, плотная, с высокой степенью кипения из-за кислотности. Химические составы почв всех исследованных популяции сходны: содержание гумуса низкое, питательных веществ низкое, реакция почвенной среды щелочные и сильнощелочные.

**Ключевые слова:** *Allochrysa gypsophiloides*, эндем, популяция, ценопопуляция, корреляция, почва.

### **Кіріспе**

Қазақстанның ірі және қарқынды дамыған аймақтарының бірі Оңтүстік Қазақстан болып табылады, оның аумағында Қазақстанның эндем түрлерінің жалпы санының 41%-ы өседі [1].

*Allochrysa gypsophiloides* (Regel) Schischk. (*Acanthophyllum gypsophiloides* Regel.)-*Caryophyllaceae* Juss. тұқымдасына жататын «Қазақстанның Қызыл кітабына»енгізілген эндем түр [2]. Бұл түр шөптесін поликарпты көпжылдық өсімдік. Өсімдіктің мықты

өзекті тамыры бар, ал жер беті бөлігі – жоғары тармақталған шар тәрізді [3]. Түр ұзақ өмір сүру ұзақтығымен және салмағы 2-3 кг-ға жететін күшті тамырымен ерекшеленеді.

*Allochrusa gypsophiloides* – тамырлы көпжылдық өсімдік. Тамырсабағы ұзын, қалыңдығы 7 мм-ге дейін; сабақтарының биіктігі 50-80 см, түзу, ақшыл немесе күлгін түсті, ұзын бұтақтары бар; жапырақтары ұзындығы 1-2 см және ені 0,5-3 мм, сызықты-бізтәрізді, қысқарған өркендері бар; гүлсабақтарының ұзындығы 5-10 мм; жапырақшалары ақ немесе қызғылт түсті, тостағаншадан 1,5 есе ұзын, кең ұзынша, жоғарғы жағынан дөңгелектенген [4,5].

Қазақстандағы *A. gypsophiloides* табиғи популяцияларына жүргізілген далалық зерттеулер антропогендік әрекеттердің нәтижесінде түрдің табиғи ареалындағы аумақтың айтарлықтай қысқарғанын анықтады [6]. 1981 жылдан бастап *A. gypsophiloides* «Қазақ КСР Қызыл кітабына» енгізілген [7], онда шикізат жинау көлемін жылына 100 тонна құрғақ тамырға дейін шектеу және түрдің табиғи жаңаруын бақылау ұсынылды. Белгіленген ережелерді сақтамай, тамырларды қарқынды жинау түр санының күрт қысқаруына ғана емес, сонымен қатар таралу аймағының да қатты қысқаруына әкелді. Популяцияның аз ғана бөлігі Ақсу-Жабағалы және Қаратау қорықтарында қорғалады [8,9].

Қаратау тау жотасы – Тянь-Шаньның солтүстік-батыс сілемі, оның құрамына Қаратау шөлейт және дала аласа тауларының сұр және қоңыр топырақтары кіреді [10]. Осы беткейдің үстінде бөлшектелген таулы рельефі бар бөлек массивтер орналасқан. Осы массивтерде жота тәрізді суайырықтар, тік және жартасты беткейлері бар. Топырақ түзілу жағдайларының әртүрлілігіне байланысты тау етегіндегі жазық пен тау сілемінің бөліктерінің топырақ жамылғысы жоғары әртектілікпен ерекшеленеді [11].

Қаратау жотасын қоршап жатқан тау етегіндегі жазықтарда (солтүстік-батыстан) сұр-қоңыр шөл топырақтары мен ашық солтүстік сұр топырақтар түзілген, олар оңтүстікте оңтүстік сұр топырақтарымен алмасады. Тауларда таулы ашық және кәдімгі сұр топырақтар көп кездеседі [12,13].

Орталық Қаратауды оңтүстік-батыстан қоршаған тау етегіндегі жазықтарда солтүстік ашық сұр топырақтар көп кездеседі. Олар оңтүстікке қарай оңтүстік сұр топырағымен алмасады. Солтүстік және Оңтүстік Қаратаудың тік және еңіс беткейлерінде тұзданбаған тау сұр

топырағы кең таралған, ал тау етегінің төменгі бөлігінде кей жерлерде сұр топырақтар таралған. Аласа таулы, орта таулы жерлерде таулы қоңыр, таулы ақшыл-қоңыр топырақтар тараған. Олар элювиальды-делювийды қиыршық тасты саздарда түзілген [14,15]. Жотаның оңтүстік беткейінің топырақ жамылғысы солтүстік беткей топырағына қарағанда аз қуатты болып келеді. Қосымша беткейлі және грунтты ылғалдылығы бар рельеф төменделуін жартылай гидроморфты шалғынды-сұр топырақтар алып жатыр. Таулы және беткейлі өзен жайылымы және жайылма террасалары гидроморфты жайылма-шалғынды және жайылма орманды-шалғынды топырақтар түзілген. Олар бір-бірімен және жартылай гидроморфты топырақтармен және зоналық топырақтармен комбинациялар құрайды [16].

Сырдария Қаратауы жақын территориялардың ауа-райы және климаттық көрсеткіштеріне үлкен ықпал тигізеді. Қаңтар айындағы орташа температура – 10°C. Солтүстік-шығыс және оңтүстік-батыс беткейлерінің орташа қаңтардағы температураларының айырмасы – 4–6°C. Бұл көрсеткіш оңтүстік-батыс беткейлерінің жылы ауа массаларымен түсіндіріледі. Тау етегінің беткейлеріндегі жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері – 200–400 мм, ал жоғарысы – 400–600 мм. Белгілі бір климаттық жағдайда өсімдік жамылғысының кеңістіктік таралуының негізгі факторы болып рельеф, топырақ жамылғысы және ылғалдану режимі болып табылады. Тауларда тау жыныстары литологиясы, жылу мен ылғалдылық, олардың беткей экспозициясына және абсолютті биіктігіне байланысты өзгерісі (климаттық) үлкен рөл атқарады [17,18].

Жұмыстың зерттеу мақсаты ретінде Сырдария Қаратауында кездесетін *Allochrusa gypsophiloides* өсімдігінің биометриялық көрсеткіштері мен топырақ жағдайын бағалау.

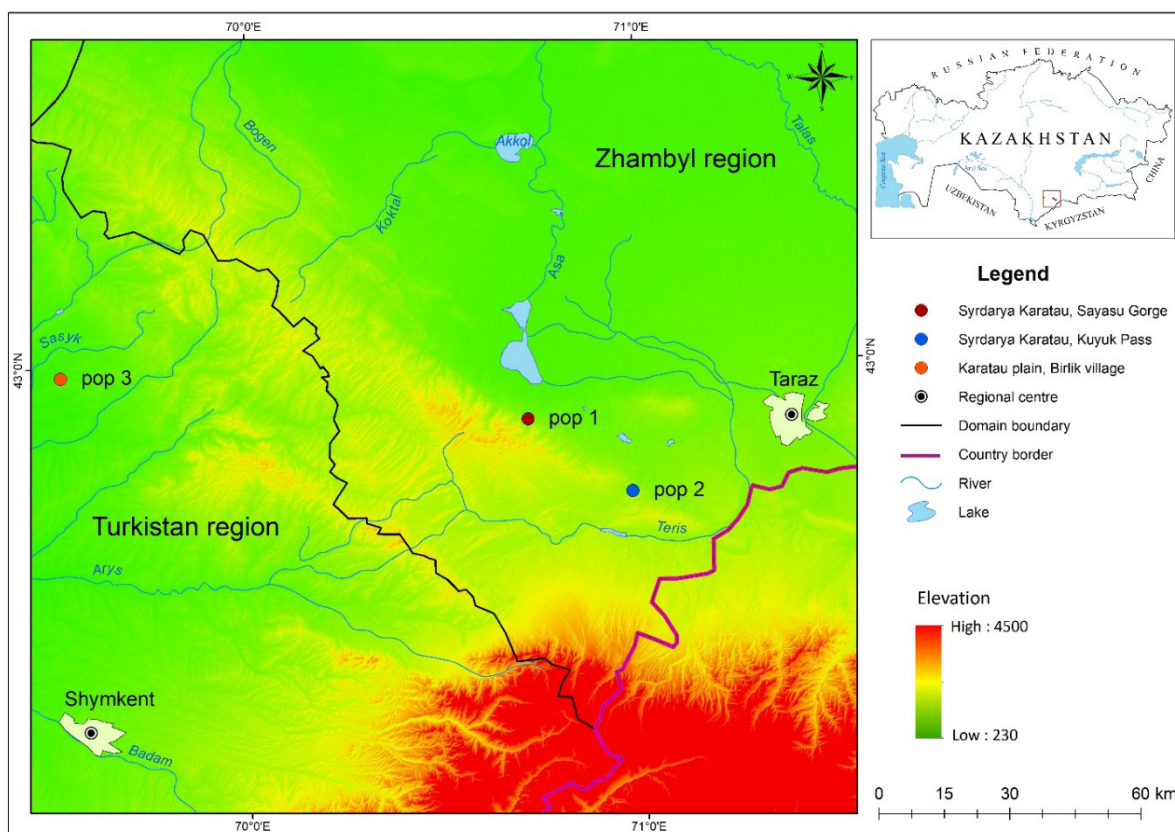
## Зерттеу материалдары мен әдістері

### *Зерттеу аймағы және кезеңі*

Зерттеу жұмысы 2022 жылдың мамыр-маусым айларында Оңтүстік Қазақстан аумағында Сырдария Қаратауында жүргізілді.

Зерттеу объектісі – *Caryophyllaceae* тұқымдасына жататын, көпжылдық шөптесін, сирек кездесетін түр – *Allochrusa gypsophiloides*.

Негізгі зерттеу міндеттері ретінде осы түрдің таралу аймағындағы түрдің биометриялық мен топырақ көрсеткіштерін сипаттау.



**1-сурет** – *A. gypsophiloides* популяцияларының карта-схемасы  
 (1) Сырдария Қаратауы – Саясу шатқалы; (2) Сырдария Қаратауы – Күйік асуы; (3) Қаратау алды жазығы, Бірлік ауылы маңы)

*Далалық зерттеулер және зертханалық әдістер*

Топырақ кесінділерін салу бақылау алаңдарын зерттеуден және таңдаудан басталды: жер бедері, климаттық көрсеткіштер және жер жамылғысы. Маршруттық далалық зерттеу кезеңінде топырақтың далалық диагностикасының сенімділігі мен негізділігін, топырақтың морфологиялық қасиеттерінің сипаттамаларын қамтамасыз ететін морфологиялық әдістер [19] қолданылды.

Аспаптық әдістерді қолдану іріктелген үлгілердің зертханалық аналитикалық зерттеулерімен байланысты, жалпы қабылданған әдістер бойынша [20,21]: Тюрин бойынша гумус, Кьельдаль бойынша жалпы азот, рН – потенциометриялық әдіспен, CO<sub>2</sub>–кальциметрмен жүргізілді.

Зерттеудің аналитикалық әдістері топырақтың химиялық, физикалық-химиялық қасиеттері бойынша алынған нақты материалдарды жалпылау кезеңінде қолданылды.

Популяцияларды картаға түсіру ArcGIS 10.4 (ESRI Inc.) бағдарламасында жүргізілді. DEM картасын құрастыру үшін SRTM ғарыштық суреттері қолданылды (2014).

*Статистикалық деректерді талдау*

Пирсон корреляциясы популяциялар арасындағы морфологиялық параметрлерді талдау үшін R статистикалық платформасын қолдану арқылы жүзеге асырылды (R-Studio 2020) [22].

**Зерттеу нәтижелері және оларды талдау**

Зерттеу жұмыстары 2022 жылдың мамыр-маусым айларында Оңтүстік Қазақстан аумағының әртүрлі экология-ценодикалық жағдайларында жүргізілді. Олар, Сырдария Қаратауы – Саясу шатқалы; Сырдария Қаратауы – Күйік асуы; Қаратау алды жазығы – Бірлік ауыл маңы. Жалпы *Allochrysa gypsophiloides* өсімдігінің 3 популяциясы (4 ценопопуляция

анықталды (сурет 1).

1-кесте – *A. gypsophiloides* зерттелген ценопопуляцияларының географиялық орналасуы

№	Орналасуы	Географиялық координаттары
Ценопопуляция 1	Сырдария Қаратауы, Саясу шатқалы	42°53'52.1»N 70°42'51.1»E
Ценопопуляция 2	Сырдария Қаратауы, Күйік асуы	42°45'33.0»N 70°58'40.0»E
Ценопопуляция 3	Қаратау алды жазығы, Бірлік ауылы маңы	42°59'01.1»N 69°31'16.4»E
Ценопопуляция 4	Қаратау алды жазығы, Бірлік ауылы маңы	42°59'00.0»N 69°31'18.2»E

Популяция 1 (ценопопуляция 1) – Сырдария Қаратауы, Саясу шатқалы. Популяция ауданы Экспозиция: шығыс, 40<sup>0</sup> көлбеу беткейде орналасқан. Қауымдастық: Жусанды-бұталы, популяция ауданы жобамен 1-1,2 км<sup>2</sup> құрайды. Түрлердің жобалық жабыны: 70-80%, топырағы – тау алды сұр қоңыр, тасты-қиыршықты, құрамындағы үлкен тастардың үлесі 60-65%.

Популяция 2 (ценопопуляция 2) – Сырдария Қаратауы, Күйік асуы, Экспозиция: батыс, 30<sup>0</sup> көлбеу беткейде орналасқан. Қауымдастық: Қарақаттың қатысуымен әртүрлі шөпті; популяция ауданы – 1 км<sup>2</sup> құрайды. Түрлердің жобалық жабыны: 80%, топырағы – тау алды сұр қоңыр, тасты-қиыршықты, тастылығы – 30-40%.

Популяция 3 (ценопопуляция 3,4) – Қаратау алды жазығы, Бірлік ауылы маңынан екі ценопопуляция табылды: (ценопопуляция 3) – белесті жазық; қауымдастық: Астық-жусанды әртүрлі шөпті; түрлердің жобалық жабыны: 70-75%; топырағы – тау алды оңтүстіктік кәдімгі сұр, әлсіз тығыздалған; координаттары: 42°59'01.1»N 69°31'16.4»E; (ценопопуляция 4) – белесті жазық; қауымдастық: Астықты әртүрлі шөпті; түрлердің жобалық жабыны: 75-80%; топырағы – тау алды оңтүстіктік кәдімгі сұр, әлсіз тығыздалған, жаңғақты-ұнтақты; Популяция ауданы 1,5 км<sup>2</sup> құрайды; ценопопуляциялардың аралығы 100-110 м-ді құрайды.

#### Морфометриялық талдау

Корреляциялық талдау үшін ценопопуляциялар арасындағы айырмашылықтардың маңыздылығын тексеру үшін гүлдену кезіндегі генеративті дарақтардың биіктігі, дарақтар саны (1м<sup>2</sup>), өркен және гүлдер саны таңдалып алынды.

Морфологиялық белгілері бойынша ценопопуляциялар арасындағы корреляциялық талдауға сәйкес, генеративті даралардың биіктігі бойынша ЦП1 және ЦП3, ЦП2 және ЦП4 арасында әлсіз кері корреляция байқалды. Дарақтар саны бойынша ЦП1 мен ЦП2 арасында әлсіз тура корреляция байқалды. Дарақтар

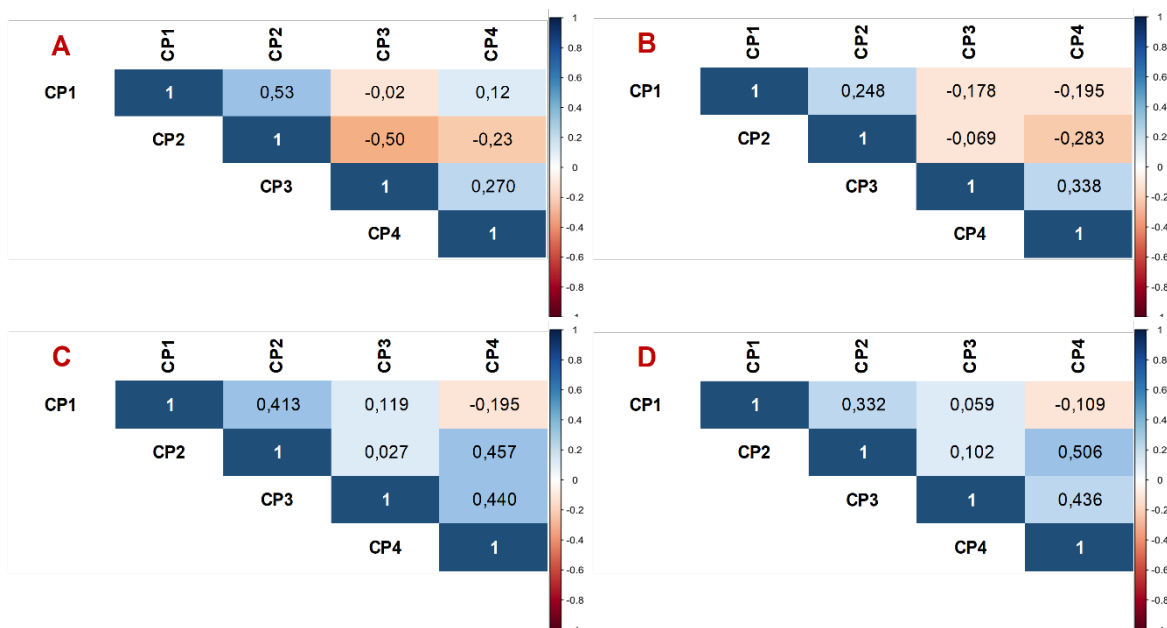
саны бойынша ЦП1 мен ценопопуляция 3 және 4 арасында әлсіз кері корреляция байқалды. Гүлдер саны бойынша ЦП1 мен ЦП2, ЦП2 мен ЦП4 арасында тура корреляция байқалады (2-сурет).

*A. gypsophiloides* өсімдіктерінің генеративті дарақтарының белгілері топтарының өзара байланысын анықтау үшін біз морфологиялық параметрлер бойынша корреляциялық талдау жасадық (3-сурет).

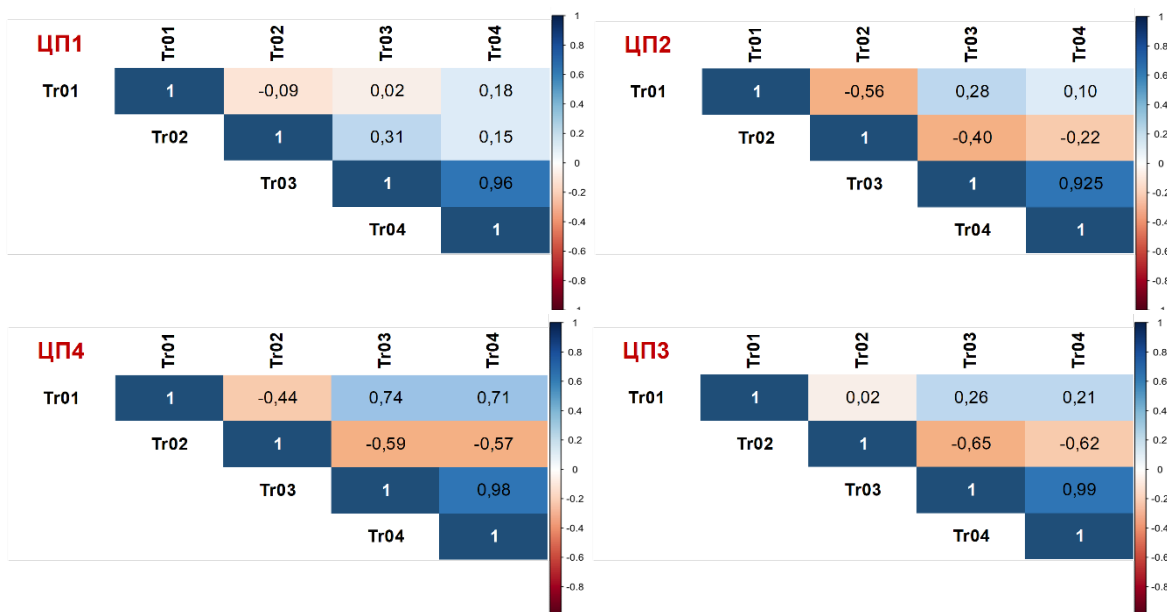
Пирсон корреляциясын бағалау кезінде гүлдену барысында дарақтардың орташа биіктігі ЦП2, ЦП3 және ЦП4 өркендер саны және гүлдер санымен тура корреляцияланғанын көрсетті. Барлық ценопопуляцияларда гүлдену кезіндегі дарақтардың биіктігі дарақтар санымен кері корреляцияланды. Өркендер саны гүлдер санымен ең күшті тура корреляцияға ие болды,  $T_{r04} = 0,99$ . ЦП2 және ЦП4-те генеративті дарақтардың биіктігі және өркен саны секілді белгілер үшін оң корреляция байқалды.

Өркендердің саны мен гүлдердің саны арасында, сондай-ақ генеративті даралардың биіктігі мен гүлдер саны арасында күшті және қалыпты тура корреляция байқалды. Көптеген ЦП белгілер арасындағы орташа корреляциямен сипатталады. Ең төменгі корреляциялық коэффициенттер ауа райының қолайсыз жағдайында өсетін популяцияларға тән. Қоршаған орта жағдайлары өзгеріп, нашарлағанда корреляцияның орташа дәрежесі төмендеуі мүмкін, бұл өсімдіктердің бейімделу реакциясын көрсетуі мүмкін.

Талдау нәтижелері генеративті құрылымның ценопопуляциялары арасындағы R корреляция коэффициенті 100% құрайтынын көрсетті, бұл статистикалық маңызды ( $P < 0,05$ ). Бұл генеративті мүшелердің дамуы көбінесе вегетативтік құрылымдардың дамуы кезінде қоректік заттарға байланысты екенін көрсетеді, себебі вегетативтік мүшелердің максималды дамуы өсімдіктің генеративті мүшелерінің дұрыс дамуына мүмкіндік береді.



**2-сурет** – Ценопопуляциялар арасындағы морфометриялық параметрлердің корреляциялық талдауы.  $P < 0,05$  корреляциясы түспен ерекшеленеді. Түс тура (көк) немесе кері (қызыл) корреляцияны көрсетеді  
 А) Гүлдену кезіндегі генеративті дарактардың биіктігі, см; В)  $1\text{ м}^2$  ересек дарактар саны, дана/ $\text{м}^2$ ;  
 С) бір дарактағы өркендер саны, дана; D) бір дарактағы гүлдер саны, дана.



**3-сурет** – ЦП1-ЦП4 дарактардың морфометриялық параметрлері мен сандық көрсеткіштерінің корреляциялық талдауы.  $P < 0,05$  корреляциясы түспен ерекшеленеді. Түс тура (көк) немесе кері (қызыл) корреляцияны көрсетеді  
 Tr01 = Гүлдену кезіндегі генеративті дарактардың биіктігі, см; Tr02 = ересек дарактар саны, дана/ $\text{м}^2$ ;  
 Tr03 = бір дарактағы өркендер саны, дана; Tr04 = бір дарактағы гүлдер саны, дана.

*Топырақты талдау*  
 Тау беткейіндегі кәдімгі сұр солтүстік топырақ (популяция 1). Топырақ кескіні Сырдария Қаратауы, Саясу шатқалында жасалынды.  $43^{\circ}08'36.3''$  N  $79^{\circ}11'46.3''$  E. Экспози-

ция: шығыс,  $40^{\circ}$  көлбеу беткейде орналасқан. Түрлердің жобалық жабыны: 70-80%.  
 Тау беткейіндегі сұр кәдімгі солтүстік топырақ жамылғысындағы топырақ кескінінің морфологиялық сипаттамасы:

A $\frac{0-10}{10}$	Құрғақ, ашық-сұр түсті, құмбалшықты, шаңды-түйіршікті, бос, жіңішке саңылаулы, жіңішке тамырлар көп таралған, тасты қосылыстар бар, тұз қышқылынан қайнамайды.
AB $\frac{10-30}{20}$	Құрғақ, кара-сұр, құмбалшықты, түйіршікті, тығыз, қатты, тамырлар өте көп кездеседі, тасты қосылыстар бар, қышқылдан қайнамайды.
B $\frac{35-70}{35}$	Құба, жоғарғы қабаттарға қарағанда ылғалды, құмбалшықты, түйіршікті құрылымды, тығыздығы қатты, тамырлар сирек кездеседі, тасты қосылыстар бар, қышқылдан аздап қайнайды.

Топырақтың морфологиялық тұрғыдан жалпы қарастырсақ ашық сұр түсті, құмбалшықты, тығыздалған, шаңды, түйіршікті құрылымды, құрамында тастар көп кездеседі, кескін бойынша 35 м тереңдіктен бастап аздап қышқылдар әсерінен қайнауы байқалады.

Тау беткейіндегі кәдімгі сұр топырақтағы гумус мөлшері төмен дәрежеде 1,52-2,62% аралығында, қоректік элементтермен қамтылуыда төмен, азот 140-160%, фосфор 0,172-0,192 %, калий 3,125-3,312 %, топырақ ортасы реакциясы орташа сілтілі

pH 7,72-7,98, CO<sub>2</sub> мөлшері аз – 0,26-0,42 (сурет 4). Механикалық құрамы бойынша құмбалшықты. Тұздар жиынтығы 0,019-0,026% аралығында, топырақтың тұзданбағандығын көрсетті.

*Таулы сұр-қоңыр топырақ* (популяция 2). Топырақ кескіні Сырдария Қаратауы, Күйік асуында жасалынды. 42°45'33.0»N 70°58'40.0»E. Экспозиция: батыс, 30° көлбеу беткейде орналасқан. Түрлердің жобалық жабыны: 80%.

Таулы сұр-қоңыр топырақ жамылғысындағы топырақ кескінінің морфологиялық сипаттамасы:

A $\frac{0-10}{10}$	Сұр реңді қоңыр түсті, тығыздалған, шаңды-түйіршікті, ылғалдылық мөлшері төмен, құрғақ, жіңішке тамырлар мен тасты қосылыстар көп таралған, қышқылдардан қайнауы байқалмайды, келесі қабатқа ауысуы анық емес.
AB $\frac{10-24}{14}$	Сұр реңді ашық-қоңыр түсті, тығыздалған, шаңды-түйіршікті, ылғалдылық мөлшері төмен, яғни құрғақ, тамырлар көптеп кездеседі, тасты қосылыстар бар, қышқылдан қайнау дәрежесі әлсіз.
B $\frac{24-60}{36}$	Ашық қоңыр түсті, тығыздалған, түйіршікті, жіңішке тамырлар кездеседі, қиыршықты тас және тасты қосылыстар кездеседі, қайнау дәрежесі әлсіз.

Таулы сұр қоңыр топырақ тығыздалған, түйіршікті, ылғалдылығы төмен, тасты қосылыстарға бай, қышқылдан қайнау дәрежесі төмен болып табылады.

Таулы сұр қоңыр топырақта гумус аз қамтылған 2,62-2,96 %, қоректік элементтерде аз мөлшерде, азот 0,100-0,120 %, фосфор 0,160-0,172 %, калий 3,250 – 3,312 %, топырақ ортасының реакциясы орташа сілтілі pH 7,85-7,98, CO<sub>2</sub> 0,26-0,51 аралығында, яғни аз мөлшерде (сурет 4).

Механикалық құрамы бойынша құмбалшықты. Тұздар жиынтығы 0,017-0,029 % аралығында, топырақ тұзданбаған.

*Тау беткейіндегі сұр кәдімгі оңтүстік топырақ* (популяция 3). Топырақ кескіні Қаратау алды жазығы, Бірлік ауылы маңында жасалынды (популяция 3). 42°52'27.1»N 79°44'58.4»E. Толқынды жазық, Түрлердің жобалық жабыны: 70-75%.

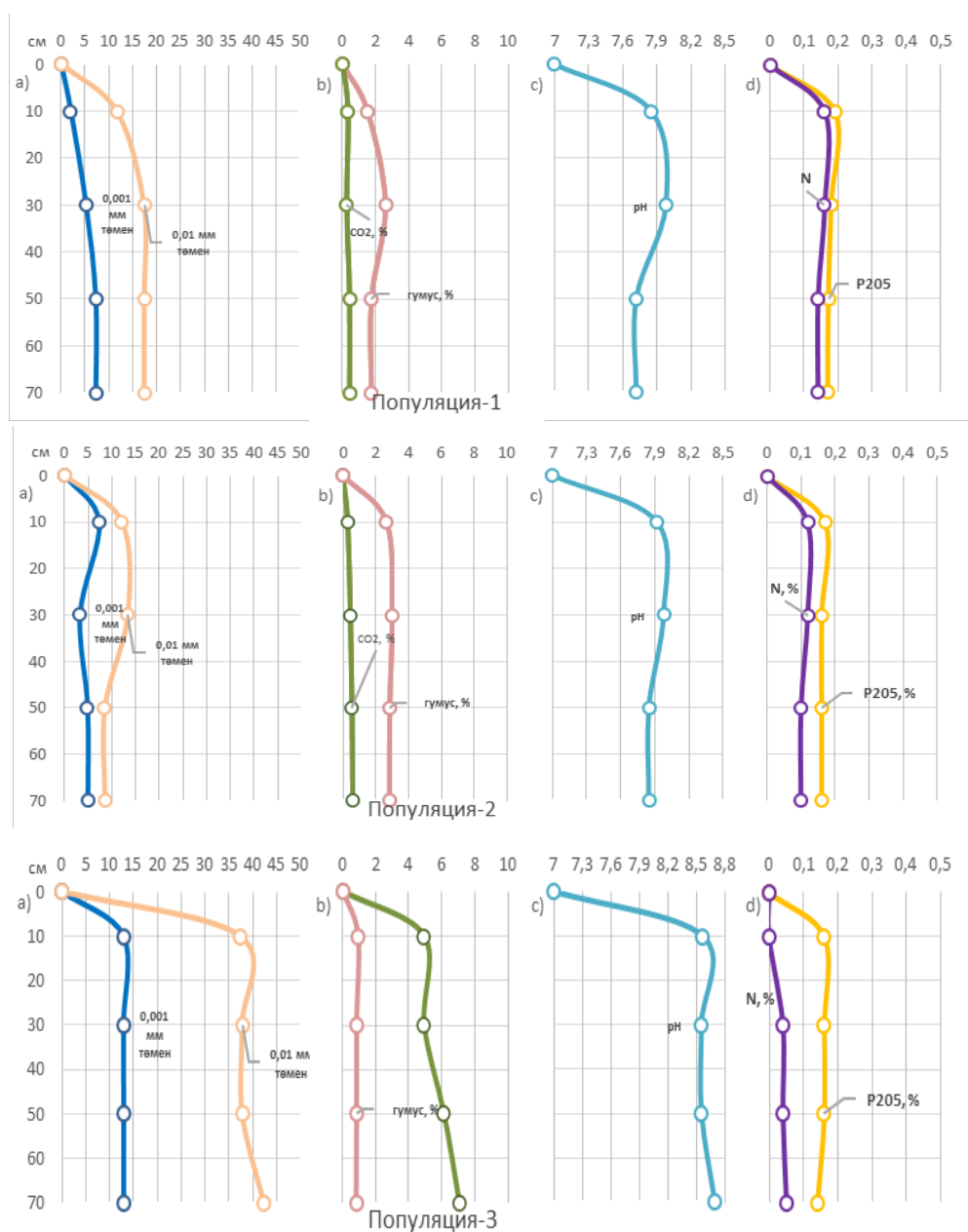
Тау беткейіндегі сұр кәдімгі оңтүстік топырақ жамылғысындағы топырақ кескінінің морфологиялық сипаттамасы:

A $\frac{0-10}{10}$	Ашық – сұр, құрғақ, орташа балшықты, шаңды – түйіршікті, аздап тығыздалған, орташа саңылаулы, өсімдік қалдықтары кездеседі, қышқылдардан қатты қайнайды.
AB $\frac{10-26}{16}$	Құба, құрғақ, орташа құмбалшықты, шаңды- күб тәрізді түйіршікті, тығыздығы қатты, орташа саңылаулы, аздап тамырлар кездеседі, қышқылдардан қатты қайнайды.

Қоңыр реңді құба түсті, құрғақ, түйіршікті құрылымды, аздап тығыздалған, орташа саңылаулы, ақ жіпшелер кездеседі, буақденелілердің жолдары байқалады, тамырлар сирек кездеседі, қышқылдардан қайнау дәрежесі жоғары

Ашық сұр, орташа құмбалшықты, түйіршікті, тығыз, қышқылдардан қайнау дәрежесі жоғары топырақ. Тау беткейіндегі кәдімгі сұр топырақта гумус 0,83-0,96 % аралығында, яғни, өте төмен мөлшерде, коректік элементтерде төмен

төлшерде қамтылған, азот 0,040-0,050 %, фосфор 0,144-0,160 %, калий 2,187 – 2,312 %, топырақ ортасының реакциясы күшті сілтілік көрсетті – рН 8,55-8,69, CO<sub>2</sub> мөлшері орташа – 4,91-7,04 (сурет 4).



4-сурет – Аналитикалық көрсеткіштері

а). Гранулометриялық құрамы, фракциялары, %; б). Гумус, %. CO<sub>2</sub> карбонаттары, %; в). рН; д). Жалпы N (азот), жалпы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (фосфор), %.

Механикалық құрамы бойынша орташа құмбалшықты. Тұздар жиынтығы 0,024-0,029 % аралығында, яғни бұл топырақ кескінінен де топырақтың тұзданбағандығын байқаймыз.

### Қорытынды

Сырдария Қаратауында жүргізілген зерттеулер бойынша жалпы *Allochrusa gypsophiloides* өсімдігінің 3 популяциясы (4 ценопопуляция), олар; Саясу шатқалы; Күйік асуы; Бірлік ауыл маңы. Барлық 3 популяция (4 ценопопуляция) бойынша өсімдіктің морфометриялық және топырақ көрсеткіштері сипатталды.

Морфологиялық белгілері бойынша ценопопуляциялар арасындағы корреляциялық талдауға сәйкес, генеративті даралардың биіктігі бойынша ЦП1 және ЦП3, ЦП2 және ЦП4 арасында әлсіз кері корреляция байқалды. Пирсон корреляциясын бағалау кезінде гүлдену барысында дарактардың орташа биіктігі ЦП2, ЦП3 және ЦП4 өркендер саны және гүлдер санымен тура корреляцияланғанын көрсетті. Барлық ценопо-

пуляцияларда гүлдену кезіндегі дарактардың биіктігі дарактар санымен кері корреляцияланды.

Саясу шатқалы бойынша топырақ типі – тау беткейіндегі кәдімгі сұр солтүстік топырағы. Морфологиялық сипаты – ашық сұр түсті, құмбалшықты, тығыздалған, шаңды, түйіршікті құрылымды, құрамында тастар көп кездеседі. Күйік асуы бойынша топырақ типі – таулы сұр-қоңыр топырағы, морфологиялық сипаты – топырақ сұр қоңыр, тығыздалған, түйіршікті, ылғалдылығы төмен, тасты қосылыстарға бай, қышқылдан қайнау дәрежесі төмен болып табылады, топырақ тұзданбаған. Бірлік ауыл маңы бойынша топырақ типі – тау беткейіндегі сұр кәдімгі оңтүстік топырағы, морфологиялық сипаты – ашық сұр, орташа құмбалшықты, түйіршікті, тығыз, қышқылдардан қайнау дәрежесі жоғары топырақ.

Барлық 3 популяциялар (ценопопуляция 4) топырақтарының химиялық құрамдары бойынша ұқсас, гумус мөлшерлері төмен, коректік элементтерменде төмен қамтылған, топырақ ортасы реакциясы орташа және күшті сілтілі болды.

### Әдебиеттер

1. Государственный Кадастр растений Южно-Казахстанской области. Конспект видов высших сосудистых растений. – Алматы, 2002. – С. 304-314.
2. Красная книга Казахстана. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – Том 2: Растения (колл. авторов). – Астана: ТОО «ArtPrintXXI», – 2014. – 60 с.
3. Battger S. Triterpenoid saponins of the Caryophyllaceae and Illecebraceae family. *Phytochemistry Letters*. – 2001. vol. 4, no. 2. – 59-68 pp.
4. Baitenov M.S Flora of Kazakhstan. Flora lineal complex. – Almaty, 2001. – Vol. 2. – 280 p
5. Кузьмин Э.В., Тугельбаев С.У., Ситпаева Г.Т. К вопросу о восстановлении популяции краснокнижного растения (*Allochrusa gypsophiloides* Rgl.) в Южном Казахстане: Изучение растительного мира Казахстана и его охраны // Сб. научных статей. – Алматы, 2001. – С. 191-194.
6. Гемеджиева Н.Г., Мурсалиева В.К., Муханов Т.М. Оценка современного состояния природных популяций *Allochrusa gypsophiloides* (Regel) Schischk. в Южно-Казахстанской области. *Известия НАН РК. Серия биологическая и медицинская*. – 2016. – №1 (313). – С. 22-29.
7. Красная книга Казахской ССР. Ч. 2. – Алма-Ата, 1981. – С. 25.
8. Gemejiyeva, N., Grudzinskaya, L. Current state and prospects for studies on the diversity of medicinal flora in Kazakhstan. *Vegetation of Central Asia and Environs*. – 2018. – P. 239-262.
9. Gemedjieva N, Teixeira da Silva JA, Ryabushkina N. Representation of endemics in floristic subprovinces of Kazakhstan. *Asian Australas J Plant Sci Biotechnol* 4. – 2010. – P. 56–63.
10. Пермитина В. Н., Султанова Б.М., Курмантаева А.А. Пространственная дифференциация почвенно-растительного покрова низкогорного хребта Каратау. «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии» – XV Международная научно-практическая конференция. – 2016. – №1. – С. 8-13.
11. Пачикин К.М., Ерохина О.Г., Сонгулов Е.Е., Ершибулов А.К., Адамин Г.К., Яковлева Н.А. Почвы и почвенный покров предгорных равнин хребта Каратау. *Почвоведение и агрохимия*. – 2022. – №1. – С. 5-15.
12. Каратау. Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы, 2005. Т. 3. – 400 с.
13. Пачикин К.М., Ерохина О.Г., Алтынбекова Н.А., Шилдебаева С.К., Насыров Р.М., Солопова Т.А. Адамин Г.К. База почвенных данных Юго-Востока Казахстана. *Почвоведение и агрохимия*. – Алматы, 2010. – № 1. – С. 11-17.
14. Zhakulina, A., Akhmetov, Y., Akhmetov A., Zhakulin A. Properties of collapsible soil—a case study. *Challenges and Innovations in Geotechnics – Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference*. – 2016, – P. 151-154.
15. Пачикин К.М., Ерохина О.Г., Сонгулов Е.Е., Ершибулов А.К., Адамин Г.К., Яковлева Н.А. Экологическое состояние почв предгорных равнин хребта Каратау. *Почвоведение и агрохимия*. – 2022; (2):22-32 с.
16. Клебанович Н. В., Ефимова И.А., Прокопович С. Н. Почвы и земельные ресурсы Казахстана. Учебник. Минск : БГУ, – 2016. – 46 с.



17. Пятый национальный доклад Республики Казахстан о биологическом разнообразии. – 2014. – 148 с.
18. Extremal snowfall on March 13–14, 2021, in the South Kazakhstan. *Sovremennyye Problemy Distantionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*. – 2021. 18 (4). – P. 279-284.
19. Розанов Б.Г. Морфология почв. – М.: Академический проект. – 2004. – 432 с.
20. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1977. – 481 с.
21. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 295 с.
22. R-studio Team. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. – 2020.

## References

1. Gosudarstvennyy Kadastr rasteniy Yuzhno-Kazakhstanskoy oblasti. Konspekt vidov vysshikh sosudistykh rasteniy [State Plant Cadastre of the South Kazakhstan region. Summary of species of higher vascular plants]. – Almaty, 2002. – P. 304-314.
2. Krasnaya kniga Kazakhstana. Izd. 2-ye, pererabotannoye i dopolnennoye [Red Book of Kazakhstan. Ed. 2nd, revised and expanded]. – Tom 2: Rasteniya (koll. avtorov). – Astana: TOO “ArtPrintXXI”, – 2014. – 60 p.
3. Battger S. Triterpenoid saponins of the Caryophyllaceae and Illecebraceae family. *Phytochemistry Letters*. – 2001. vol. 4, no. 2. – 59-68 pp.
4. Baitenov M.S Flora of Kazakhstan. Flora lineal complex. – Almaty, 2001. – Vol. 2. – 280 p
5. Kuzmin E.V., Tugelbayev S.U., Sitpayeva G.T. K voprosu o vosstanovlenii populyatsii krasnoknizhnogo rasteniya (*Allochrusa gypsophiloides* Rgl.) v Yuzhnom Kazakhstane: Izucheniye rastitel'nogo mira Kazakhstana i yego okhrany [On the issue of restoring the population of the Red Book plant (*Allochrusa gypsophiloides* Rgl.) in Southern Kazakhstan: Study of the flora of Kazakhstan and its protection]. *Sb. nauchnykh statey*. – Almaty, 2001. – P. 191-194.
6. Gemedzhiyeva N.G., Mursaliyeva V.K., Mukhanov T.M. Otsenka sovremennogos ostoyaniya prirodnykh populyatsiy *Allochrusa gypsophiloides* (Regel) Schischk. v Yuzhno-Kazakhstanskoy oblasti [Assessment of the current state of natural populations of *Allochrusa gypsophiloides* (Regel) Schischk. in the South Kazakhstan region]. *Izvestiya NANRK. Seriya biologicheskaya i meditsinskaya*. – 2016. – no 1 (313). – P. 22-29.
7. Krasnaya kniga Kazakhskoy SSR. CH.2 [Red Book of the Kazakh SSR. Part 2]. – Alma-Ata, 1981. – P. 25.
8. Gemejiyeva, N., Grudzinskaya, L. Current state and prospects for studies on the diversity of medicinal flora in Kazakhstan. *Vegetation of Central Asia and Environs*. – 2018. – P. 239-262.
9. Gemedjiyeva N, Teixeira da Silva JA, Ryabushkina N. Representation of endemics in floristic subprovinces of Kazakhstan. *Asian Australas J Plant Sci Biotechnol* 4. – 2010. – P. 56–63.
10. Permitina V. N., Sultanova B.M., Kurmantayeva A.A. Prostranstvennaya differentsiatsiya pochvenno-rastitel'nogo pokrova nizkogornogo khrebt Karatau [Spatial differentiation of soil and vegetation cover of the low-mountain Karatau ridge]. «Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii» – XV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. – 2016. – no.1. – P. 8-13.
11. Pachikin K.M., Yerokhina O.G., Songulov Ye., Yershbulov A.K., Adamin G.K., Yakovleva N.A. Pochvy i pochvennyy pokrov predgornyykh ravnin khrebt Karatau [Soils and soil cover of the foothill plains of the Karatau ridge]. *Pochvovedeniye i agrokhimiya*. – 2022. – no 1. – P. 5-15.
12. Karatau. Kazakhstan. Natsional'naya entsiklopediya [Karatau. Kazakhstan. National Encyclopedia]. – Almaty, 2005. vol. 3. – 400 p.
13. Pachikin K.M., Yerokhina O.G., Altynbekova N.A., Shildebayeva S.K., Nasyrov R.M., Solopova T.A., Adamin G.K. Baza pochvennykh dannykh Yugo-Vostoka Kazakhstana. *Pochvovedeniye i agrokhimiya* [Soil database of South-East Kazakhstan]. *Pochvovedeniye i agrokhimiya*. – Almaty, 2010. – no 1. – P. 11-17.
14. Zhakulina, A., Akhmetov, Y., Akhmetov A., Zhakulin A. Properties of collapsible soil—a case study. *Challenges and Innovations in Geotechnics – Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference*. – 2016, – P. 151-154.
15. Pachikin K.M., Yerokhina O.G., Songulov Ye.Ye., Yershbulov A.K., Adamin G.K., Yakovleva N.A. Ekologicheskoye sostoyaniye pochv predgornyykh ravnin khrebt Karatau [Ecological state of soils in the foothill plains of the Karatau ridge]. *Pochvovedeniye i agrokhimiya*. – 2022; (2):22-32 p.
16. Klebanovich N. V., Yefimova I.A., Prokopovich S. N. Pochvy i zemel'nyye resursy Kazakhstana [Soils and land resources of Kazakhstan]. *Uchebnik*. Minsk : BGU, – 2016. – 46 p.
17. Pyatyy natsional'nyy doklad Respubliki Kazakhstan o biologicheskom raznoobrazii [The fifth national report of the Republic of Kazakhstan on biological diversity]. – 2014. – 148 p.
18. Extremal snowfall on March 13–14, 2021, in the South Kazakhstan. *Sovremennyye Problemy Distantionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*. – 2021. 18 (4). – P. 279-284.
19. Rozanov B.G. Morfologiya pochv [Soil morphology]. – М.: Akademicheskii proyekt. – 2004. – 432 p.
20. Arinushkina Ye.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Guide to chemical analysis of soils]. – М.: MGU, 1977. – 481 p.
21. Aleksandrova L.N., Naydenova O.A. Laboratorno-prakticheskiye zanyatiya po pochvovedeniyu [Laboratory and practical classes in soil science]. – L.: Agropromizdat, 1986. – 295 p.
22. R-studio Team. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. – 2020.

G.A. Sadyrova<sup>1</sup> , A.K. Tanybayeva<sup>1</sup> , T.A. Bazarbaeva<sup>1</sup> ,  
G.A. Mukanova<sup>1\*</sup> , S.M. Jamilova<sup>2</sup> 

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

<sup>2</sup>Abay Kazakh National Pedagogical University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: [gulbanu-s@mail.ru](mailto:gulbanu-s@mail.ru)

## SPECIES DIVERSITY OF WETLAND AND COASTAL AQUATIC FLORA OF THE KETPEN RIDGE

An analysis of the wetland and coastal aquatic flora of the Ketpen ridge is provided in order to study the composition and distribution of plant species adapted to certain conditions of the area. As a result of the study, it was revealed that the flora of the Ketpen ridge is represented by a variety of species adapted to wet and swampy conditions. The most common types of wetland flora of the Ketpen ridge are various types of sedges, reeds, cattails and reeds. Rare aquatic plant species such as white-water lily, species from the Gentianaceae family and others were also discovered. An ecological analysis of the distribution of wetland species showed that most of these are species of reservoirs, swamps and streams, where there is a sufficient amount of moisture, but there are species found on land, in drier conditions. The study and analysis of wetland flora and coastal aquatic flora of the Ketpen ridge made it possible to identify 211 species of vascular plants belonging to 101 genera and 39 families. Low species richness of families characterizes this flora, and it is 5.4. Among the 11 largest families with the largest number of species, including 151 species and 83 genera, of which 6 genera are large and polymorphic, such as *Carex* (15 species), *Ranunculus* (11 species), *Juncus* (7 species), *Rumex* (7 species), *Epilobium* (6 species) and *Potamogeton* (6 species). These genera make up 39.3% of the total number of species of wetland and coastal aquatic flora.

**Key words:** flora, Ketpen ridge, diversity, wetland and coastal-aquatic floristic complex.

Г.А. Садырова<sup>1</sup>, А.К. Таныбаева<sup>1</sup>, Т.А. Базарбаева<sup>1</sup>,  
Г.А. Муканова<sup>1\*</sup>, С.М. Джамилова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: [gulbanu-s@mail.ru](mailto:gulbanu-s@mail.ru)

### Кетпен жотасының сулы-батпақты және жағалаудағы флорасының түрлік әртүрлілігі

Ауданның белгілі бір жағдайларына бейімделген өсімдік түрлерінің құрамы мен таралуын зерттеу мақсатында Кетпен жотасының сулы-батпақты және жағалаулық су флорасына талдау жасалған. Зерттеу нәтижесінде Кетпен жотасының флорасы ылғалды және батпақты жағдайларға бейімделген алуан түрлерден тұратыны анықталды. Кетпен жотасының сулы-батпақты жер флорасының ең көп тараған түрлеріне әр алуан қырық, қамыс, құйрық, қамыс жатады. Сондай-ақ ақ су лалагүлі, Gentianaceae тұқымдасының түрлері және басқалары сияқты сирек кездесетін су өсімдіктері де табылды. Сулы-батпақты алқаптардың түрлерінің таралуын экологиялық талдау олардың көпшілігі су қоймаларының, батпақты және ағынды сулардың түрлері екенін көрсетті, онда ылғалдың жеткілікті мөлшері бар, бірақ құрлықта, құрғақ жағдайда кездесетін түрлері бар. Кетпен жотасының сулы-батпақты флорасы мен жағалаудағы су флорасын зерттеу және талдау 101 тұқымдас пен 39 тұқымдасқа жататын тамырлы өсімдіктердің 211 түрін анықтауға мүмкіндік берді. Бұл флораны сипаттайтын тұқымдастардың төмен түр байлығы, ол 5,4. Ең көп түрі бар 11 ірі тұқымдастардың ішінде, оның ішінде 151 түр және 83 тұқымдас, оның ішінде 6 тұқымдасы ірі және полиморфты, мысалы, *Carex* (15 түр), *Ranunculus* (11 түр), *Juncus* (7 түр), *Rumex* (7 түр), *Epilobium* (6 түр) және *Potamogeton* (6 түр). Бұл тектер сулы-батпақты және жағалаудағы су флорасы түрлерінің жалпы санының 39,3%-ы.

**Түйін сөздер:** флора, Кетпен жотасы, әртүрлілік, сулы-батпақты және жағалаудағы су флористикалық кешені.

Г.А. Садырова<sup>1</sup>, А.К. Таныбаева<sup>1</sup>, Т.А. Базарбаева<sup>1</sup>,  
Г.А. Муканова<sup>1\*</sup>, С.М. Джамилова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: gulbanu-s@mail.ru

### Видовое разнообразие водно-болотной и прибрежно-водной флоры хребта Кетпен

Приводится анализ водно-болотной и прибрежно-водной флоры хребта Кетпен с целью изучения состава и распределения растительных видов, приспособленных к определенным условиям данной местности. В результате исследования было выявлено, что флора хребта Кетпен представлена разнообразными видами, адаптированными к влажным и болотистым условиям. Наиболее распространенными видами водно-болотной флоры хребта Кетпен являются различные виды осок, тростника, рогоза и камыша. Также были обнаружены редкие водные виды растений, такие как белая кувшинка, виды из семейства *Gentianaceae* и другие. Экологический анализ распределения водно-болотных видов показал, что в большинстве это виды водоемов, болот и ручьев, где имеется достаточное количество влаги, но есть виды, встречающиеся на суше, в более сухих условиях. Исследование и анализ водно-болотной флоры и прибрежно-водной флоры хребта Кетпен позволил выявить 211 видов сосудистых растений, принадлежащих к 101 роду и 39 семействам. Низкая видовая насыщенность семейств характеризует эту флору, и она составляет 5,4. Среди 11 крупнейших семейств с наибольшим числом видов, включающих 151 вид и 83 родов, из которых 6 родов являются крупными и полиморфными, такими как *Carex* (15 видов), *Ranunculus* (11 видов), *Juncus* (7 видов), *Rumex* (7 видов), *Epilobium* (6 видов) и *Potamogeton* (6 видов). Эти роды составляют 39,3% от общего числа видов водно-болотной и прибрежно-водной флоры.

**Ключевые слова:** флора, хребет Кетпен, разнообразие, водно-болотный и прибрежно-водный флористический комплекс.

#### Introduction

The Ketpen ridge belongs to the Northern Tien Shan, which is located in the southern part of Kazakhstan and extends along the border with China. According to geographic zoning within Kazakhstan, the ridge under study belongs to the Central Asian country, Tien Shan region, North Tien Shan province, Chilik-Ketpen district [1]. The length of the Ketpen ridge in Kazakhstan is more than 150 km, and its width is about 40-50 km. The highest point of the Ketpen ridge reaches 3680 meters in the eastern part on the border with China. In the west, the height of this ridge gradually decreases to 3400 meters. The Ketpen ridge has no glaciers and no peaks that reach the snow line. It borders with the Dzungarian Alatau in the north, separated by the Ili depression, with the Kungey Alatau in the west and smoothly passes into the Temerlik ridge in the east, which merges with the Boro-Khoro mountain system [2].

In the last decade, scientific interest in the study of aquatic vegetation has noticeably increased [3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14].

#### Materials and methods

The main methods for studying the species of wetland and coastal aquatic flora of the Ketpen

Range include: classical methods of botanical and floristic research: include the study of the morphological and anatomical characteristics of plants, as well as their taxonomy and floristics. Traditional methods of geobotanical research: include the study of plant communities of wetland and coastal aquatic flora and their interaction with the environment. To do this, a detailed geobotanical description of the communities present at points recorded using GPS is carried out. Route-reconnaissance method: in the field, the method of walking along routes is used to locate and collect plants. This allows you to cover a large area and study the diversity of species. Collection and processing of herbarium material: collected specimens of wetland and coastal aquatic plant flora are placed in herbarium folders with a description of the place of collection, date and collector. After field work, the material is dried and viewed under binocular loupes. The collection and processing of herbarium material is carried out according to the generally accepted method of A.K. Skvortsov [15]. Species identification and taxonomy: carried out in the laboratory after field work. For this purpose, multi-volume reports and reference books are used, such as "Flora of the USSR" [16], "Flora of Kazakhstan" [17], "Plants of Central Asia" [18], "Identifier of plants of Central Asia" [19], "Illustrated directory of plants of Kazakhstan" [20] and others. The

species and generic names of wetland and coastal aquatic plants of the studied ridge are given according to S.K. Cherepanov and S.A. Abdulina [21,22]. To analyze life forms, the classifications of K. Raunkier and I.G. were used. Serebryakov [23].

## Results and discussion

### Taxonomic analysis

Taxonomic analysis of wetland and coastal flora showed the presence of 211 plant species that belong to 101 genera and 39 families. Of the total number of species, 124 belong to dicotyledonous plants, and 83 species belong to monocotyledonous plants. The ratio of wetland and coastal aquatic flora species is 39:101:211. There are on average 2.0 species per genus. The species richness of families of wetland and coastal aquatic flora is low and amounts to 5.4. There are no endemic species in the study area, which indicates the absence of autochthonous

trends in the development of the flora. The absence of polymorphic genera and the negative value of the autonomy index (-0.707) indicate the predominance of allochthonous species in the development of the flora of the wetland and coastal aquatic floristic complex. These data allow us to draw conclusions about the composition and characteristics of vegetation in the studied complex. The wetland and coastal-aquatic floristic complex of the studied Ketpen ridge according to A.L. Takhtadzhyan [24] consists of 10 subclasses, of which 3 subclasses (Alismidae, Arecidae, Commeliniidae) belong to Liliopsida and 7 subclasses to Magnoliopsida (Magnoliidae, Ranunculidae, Caryophyllidae, Rosidae, Lamiidae, Dilleniidae, Asteridae). From the class Magnoliopsida, the richest in species composition were the subclasses Lamiidae, Rosidae, Dilleniidae, Caryophyllidae, Ranunculidae, Asteridae, and from Liliopsida, these were Alismidae, Commeliniidae and Arecidae (Fig.1).

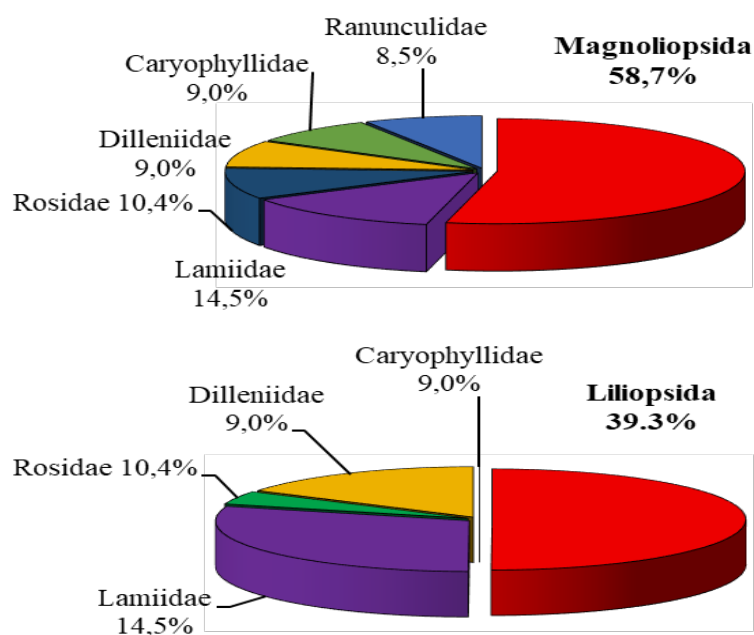


Figure 1 – Wetland and coastal-aquatic floristic complex in the proportions of systematic groups

Of the families of wetland and coastal aquatic flora of the Ketpen ridge listed below in Table 1, the richest and largest families in terms of the number of species were: *Cyperaceae* (30; 14.2%), *Poaceae* (27; 12.2%), *Ranunculaceae* (18; 8.5%),

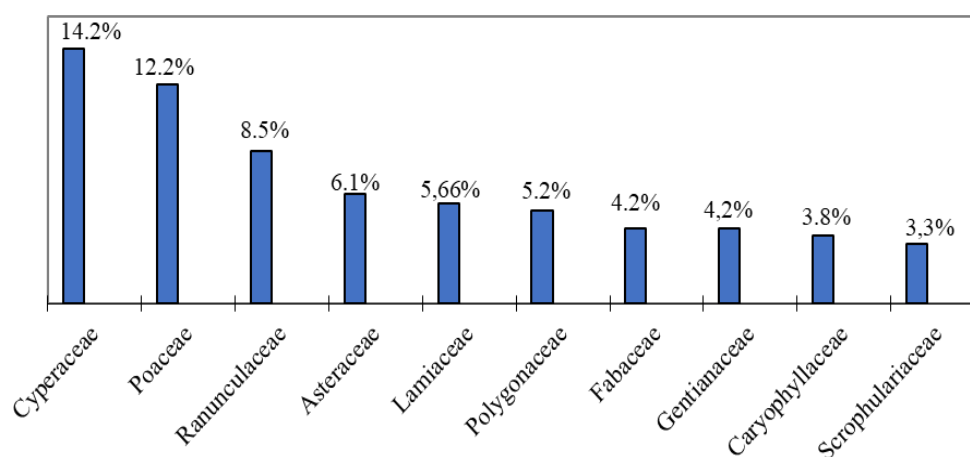
*Asteraceae* (13; 6.1%), *Lamiaceae* (12; 5.6%), *Polygonaceae* (11; 5.2%), *Fabaceae* (9; 4.2%), *Gentianaceae* (9; 5.2%), 4.2%), *Caryophyllaceae* (8; 3.8%), *Juncaceae*, *Scrophulariaceae* (7 species each, 3.3%).

**Table 1** – Leading families of wetland and coastal aquatic vegetation of the Ketpen ridge

Families	Number of genera	Number of species	% of total number of species
1. <i>Cyperaceae</i>	9	30	14,2
2. <i>Poaceae</i>	12	27	12,7
3. <i>Ranunculaceae</i>	7	18	8,53
4. <i>Asteraceae</i>	9	13	6,1
5. <i>Lamiaceae</i>	9	12	5,68
6. <i>Polygonaceae</i>	3	11	5,21
7. <i>Fabaceae</i>	5	9	4,26
8-9. <i>Gentianaceae</i>	5	9	4,26
8-9. <i>Caryophyllaceae</i>	5	8	3,8
10-11. <i>Juncaceae</i>	1	7	3,3
10-11. <i>Scrophulariaceae</i>	3	7	3,3
<b>Total:</b>	<b>68</b>	<b>151</b>	<b>71,5</b>

As can be seen from the table, in the families *Cyperaceae*, *Poaceae* and *Ranunculaceae* there are 75 species or 35.5%, and in the twelve leading families there are 151 species (71.5%) (Figure 2). The following families: *Potamogetonaceae*, *Onagraceae*, *Primulaceae* (6 species each, 2.8%), *Apiaceae* (5; 2.3%), *Equisetaceae* (4; 4.3%). Four families

contain 3 species each (1.42%). Three families contain two species each (*Saxifragaceae*, *Lemnaceae*, *Sparganiaceae*). Twelve families: *Nymphaeaceae*, *Ceratophyllaceae*, *Salicaceae*, *Haloragaceae*, *Hippuridaceae*, *Callitrichaceae*, *Butomaceae*, *Zannichelliaceae*, *Najadaceae*, *Primulaceae*, *Lythraceae*, *Apogynaceae* contain one species each (5.6%).

**Figure 2** – Proportions of the largest families of wetland and coastal aquatic vegetation of the Ketpen ridge

By the number of genera, the most leading families are: *Poaceae* (12; 5.6%), *Cyperaceae* (9; 4.2%), *Asteraceae* (9; 4.21%), *Lamiaceae*

(9; 4.2%), *Ranunculaceae* (7; 3.3%), *Fabaceae*, *Gentianaceae*, *Caryophyllaceae* (5 genera each; 2.36%).

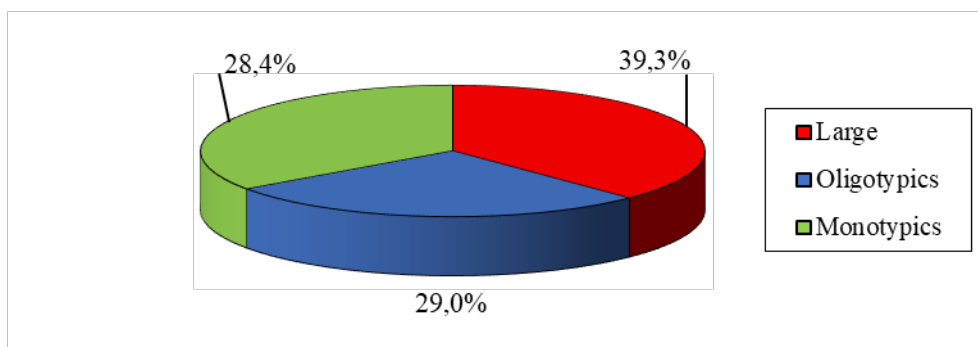
**Table 2** – Leading genera of wetland and coastal aquatic vegetation of Ketpen

Genera	Number of species	% of total number of species
1. <i>Carex</i>	15	7,1
2. <i>Ranunculus</i>	11	5,2
3-4. <i>Juncus</i>	7	3,3
3-4. <i>Rumex</i>	7	3,3
5-6. <i>Epilobium</i>	6	2,84
5-6. <i>Potamogeton</i>	6	2,84
7-8. <i>Primula</i>	5	2,36
7-8. <i>Puccinella</i>	5	2,36
7-8. <i>Veronica</i>	5	2,36
7-8. <i>Equisetum</i>	4	1,9
9-10. <i>Cirsium</i>	4	1,9
9-10. <i>Persicaria</i>	4	1,9
9-10. <i>Poa</i>	4	1,9
<b>Total:</b>	<b>83</b>	<b>39,3</b>

The richest genera in terms of the number of species were: *Carex* (15; 7.1%), *Ranunculus* (11; 5.2%), *Juncus* (7; 3.3%), *Rumex* (7; 3.3%), *Epilobium* (6; 2.8%), *Potamogeton* (6; 2.8%), *Primula* (5; 2.3%), *Puccinella* (4; 2.3%), *Veronica* (5; 2.3%), *Calamagrostis* (4; 4.3%), *Equisetum*, *Poa*, *Cirsium*, *Persicaria* (4 species each). These thirteen genera contain 83 species (39.3%). 3 species (17.2%) each contain 7 genera, 2 species

each contain 20 genera, and finally, 60 genera each contain 1 species (28.4%) (Fig. 3).

In the wetland and coastal water complex, there are 16 species of true species that are characteristic only for this complex. The main true species include: *Butomus umbellatus*, *Potamogeton pectinatus*, *P. natans*, *P. filiformis*, *Bolboschoenus maritimus*, *Triglochin maritimum*, *Scirpus tabernaemontanii*, *Eleocharis meridionalis*, *Blusmus compressus* and others.

**Figure 3** – Proportions of large, oligotypic and monotypic genera wetland and coastal aquatic vegetation of the Ketpen ridge

#### *Biomorphological analysis*

Biomorphological analysis of life forms revealed a predominance in the wetland and coastal aquatic flora of flowering herbaceous plants (210; 99.5%), of which most belong to herbaceous polycarpics (172;

81.5%). Herbaceous monocarpics are represented by only 38 species (18%) of the entire composition. This complex contains only one shrub. The wetland and coastal aquatic floristic complex is characterized by the absence of woody, semi-shrubby, tuberous

and onion plants (Figure 4). Of the polycarpics, rhizomatous – 23 species (24.7%), short rhizomatous – 26 species (12.36%), long rhizomatous – 53 species (25.1%), short rhizomatous – 50 species (23.7%), cystic rhizomatous – 5 species (2.3%). Annuals predominate in the families *Gentianaceae* (9), *Polygonaceae* (5), *Asteraceae* (4), *Poaceae* (5), *Fabaceae* (2), *Ranunculaceae* (1), *Caryophyllaceae* (2), *Lamiaceae* (2), *Callitrichaceae* (1), *Najadaceae*

(1) and *Juncaceae* (2). Perennials predominate in the families *Cyperaceae* (30), *Ranunculaceae* (16), *Potamogetonaceae* (6), *Primulaceae* (5), *Onagraceae* (6), *Poaceae* (22), *Equisetophytina* (4), *Typhaceae* (3) *Alismataceae* (3). The remaining families contain 2 and 1 species. In relation to humidity, mesohygrophytes dominate – 124 species (58.7%) and hygrophytes – 62 species (29.3%), hydrophytes – 25 species (11.8%).

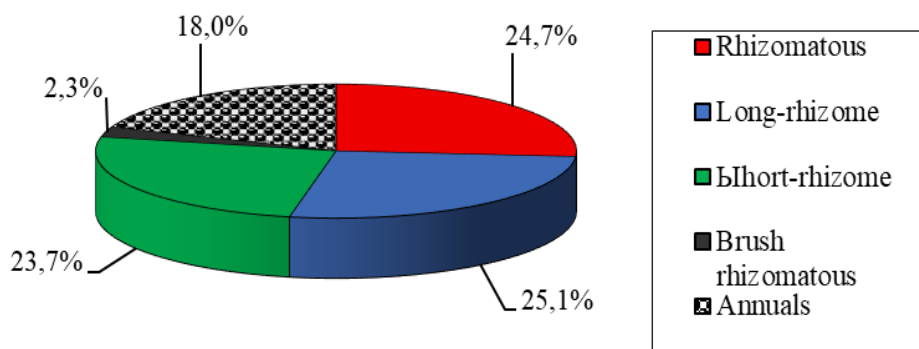


Figure 4 – Proportion of life forms in wetland and coastal aquatic vegetation

#### Geographic analysis

As part of this flora, 23 geographical elements were identified, united in 5 groups of areas (Fig.5).

The next largest are species that have a significant range within the Palaearctic – the boreal group, numbering 64 species (30.3%), of which with a range throughout the Palaearctic – 35, in its eastern

part – 22, in the western part – 7. Group species with wide ranges are represented by 60 species (28.4%), where pluriregional – 12, Holarctic – 48. The ancient Mediterranean group is represented by 18 species (8.5%). And the mountainous Central Asian group is represented by a small number of only 9 species (4.2%).

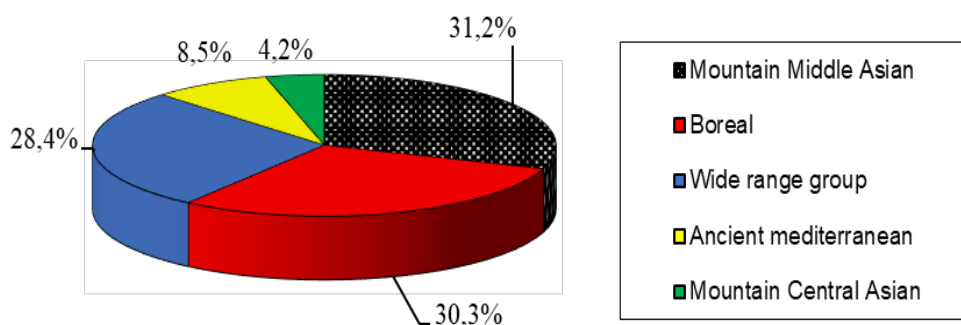


Figure 5 – Distribution of species of wetland and coastal aquatic vegetation of the Ketpen ridge by habitat type

Table 3 – Distribution of species of wetland and coastal aquatic vegetation of the Ketpen ridge by habitat type

Area name	Number of species	% of the total number of species
1. Pluriregional	12	5,6
2. Holarctic	48	22,7
3. Palearctic	30	14,2

Table continuation

Area name	Number of species	% of the total number of species
4. West Palearctic	7	3,31
5. East Palearctic	22	10,4
6. Ancient Mediterranean	2	0,94
7. Eastern Ancient Mediterranean	4	1,9
8. European-Ancient Mediterranean	12	5,6
9. Eurosiberian-Kazakhstan	5	2,36
10. Mountainous Middle Asian	28	13,2
11. Mountain- middle asian-Iranian	3	1,42
12. Mountain middle asian- mountainous middle asian	5	2,3
13. Mountainous middle asian -Himalayan	3	1,42
14. Altai-Himalayan	1	0,47
15. Altai-mountainous middle asian	7	3,31
16. Tarbagatae-mountainous middle asian	3	1,42
17. Siberian-mountain middle asian	5	2,36
18. Tien Shan	4	1,9
19. Tien Shan-Pamir-Alai	11	5,21
20. Altai-Tienshan	2	0,94
21. North Tien Shan	1	0,47
22. Gornosiberian-Tienshan	2	0,94
23. Chinese	2	0,94
<b>Total:</b>	<b>211</b>	<b>100</b>

The next largest are species with a significant range within the Palearctic – the boreal group, numbering 64 species (30.3%), of which 35 species with a range throughout the Palearctic, 22 in its eastern part, and 7 in the western part. species with wide ranges are represented by 60 species (28.4%), where pluriregional – 12, holarctic – 48. The ancient Mediterranean group is represented by 18 species (8.5%). And the Middle Asian mountain group is represented by a small number of only 9 species (4.2%).

### Conclusion

The analysis showed that the wetland and coastal aquatic floristic complex of the Ketpen Ridge is an important element of the biological diversity of this region, providing shelter and food for many

species of animals and playing an important role in maintaining ecological balance. Representatives of the wetland and coastal aquatic floristic complex in the study area of the Ketpen ridge are adapted to the constant presence of water in the soil or constant waterlogging and are confined to various habitats: reservoirs, banks and river valleys, where they form aquatic, wetland and meadow (riparian) -water ecological and geographical groups. The distribution of swamps on the Ketpen ridge is associated with a strong dissection of the mountain topography; small fragments of swamps are present in the high-mountain belt; in the foothill plains they are found along river valleys, in places where groundwater emerges. As noted by N.I. Rubtsov high-mountain swamps are essentially a relict formation. during the Pleistocene glaciation, they were apparently much more widespread in the mountains [25].



## References

1. Геоботаническое районирование СССР. – М.-Л., -1947. – С. 102-130.
2. Атлас Казахской ССР. Природные условия и ресурсы. – Алматы, – 1982. – 81с.
3. Botrel M., Maranger R. Global historical trends and drivers of submerged aquatic vegetation quantities in lakes //Glob. Change Biol.- 2023. – Vol. 29, No 9. – P. 2493-2509.
4. Meredith E. Theus, Nicholas E. Ray, Sheel Bansal, Meredith A. Holgerson. Submersed Macrophyte Density Regulates Aquatic Greenhouse Gas Emissions // JGR: Biogeosciences. – 2023. – Vol.128, No 10. – P. 335-369.
5. Bansal, S., Post Van Der Burg, M., Fern, R. R., Jones, J. W., Lo, R., McKenna, O. P., et al. Large increases in methane emissions expected from North America’s largest wetland complex //Science Advances, – 2023. – Vol. 9, No 9, – P. 1112- 1126.
6. Bartosiewicz, M., Maranger, R., Przytulska, A., & Laurion, Effects of phytoplankton blooms on fluxes and emissions of greenhouse gases in a eutrophic lake //Water Research, – 2021. – Vol. 196, – P. 116985.
7. Bastviken, D., Treat, C. C., Pangala, S. R., Gauci, V., Enrich-Prast, A., Karlson, M., et al. The importance of plants for methane emission at the ecosystem scale //Aquatic Botany. – 2023. – Vol. 184, – P. 103596.
8. Blindow, I. Long- and short-term dynamics of submerged macrophytes in two shallow eutrophic lakes //Freshwater Biology, – 1992. – Vol. 28, No 1, – P.15–27.
9. Botrel, M., & Maranger, R. Global historical trends and drivers of submerged aquatic vegetation quantities in lakes //Global Change Biology. – 2023. -Vol. 29, No 9. – P. 2493–2509.
10. Cael, B. B., Heathcote, A. J., & Seekell, D. A. The volume and mean depth of Earth’s lakes //Geophysical Research Letters. – 2017. Vol. 44, No 1. – P. 209–218.
11. Cronin, G., Lewis, W. M., & Schiehsler, M. A. Influence of freshwater macrophytes on the littoral ecosystem structure and function of a young Colorado reservoir //Aquatic Botany. – 2006. – Vol. 85, No 1. – P. 37–43.
12. Harpenslager, S. F., Thiemer, K., Levertz, C., Misteli, B., Sebola, K. M., Schneider, S. C., et al. Short-term effects of macrophyte removal on emission of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> in shallow lakes //Aquatic Botany. – 2022. – Vol. 182. – P. 103555.
13. Horppila, J., & Nurminen, L. Effects of different macrophyte growth forms on sediment and P resuspension in a shallow lake //Hydrobiologia. – 2005. – Vol. 545, No 1. – P. 167–175.
14. Liu, H., Jin, Q., Luo, J., He, Y., Qian, S., & Li, W. Synergistic effects of aquatic plants and cyanobacterial blooms on the nitrous oxide emission from wetlands //Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. – 2021. – Vol. 108, No 3. – P. 579–584.
15. Скворцов А.К. Гербарий. – М., – 1977. – 199 с.
16. Флора СССР. – М.: Л., – 1934 – 1964.- Т. 1–30.
17. Флора Казахстана. – Алма-Ата, – 1956-1966.- Т. 1-9.
18. Растения Центральной Азии. – М.: Л., -1963 -1989. -Т. 1-9.
19. Определитель растений Средней Азии. – Ташкент. -1968 – 1993. – Т. 1-10.
20. Иллюстрированный определитель растений Казахстана». – Алма-Ата, -1962 – 1975. Т. 1-2.
21. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств, в пределах бывшего СССР. – СПб, -1995. – 990 с.
22. Абдулина С.А. Сосудистые растения Казахстана. – Алматы. – 1998. 188 с.
23. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. – М., – 1962. 378 с.
24. Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. – 1987. – М.: Л., 439 с.
25. Рубцов Н.И. Луга Северного Тянь-Шаня //Труды Института ботаники АН КазССР. -1965. Т.1, №:5. – С. 5-35.

## References

1. Atlas Kazakhskoy SSR. Prirodnyye usloviya i resursy (1982) [Natural conditions and resources]. Almaty, 81 p.
2. Abdulina S.A. (1998) Sosudistye rastenia Kazakhstan [Vascular plants of Kazakhstan]. Almaty, 188 p.
3. Botrel M., Maranger R. (2023) Global historical trends and drivers of submerged aquatic vegetation quantities in lakes. Glob. Change Biol., vol. 29 (9), – pp. 2493-2509.
4. Bansal, S., Post Van Der Burg, M., Fern, R. R., Jones, J. W., Lo, R., McKenna, O. P., et al. (2023) Large increases in methane emissions expected from North America’s largest wetland complex. Science Advances, – vol. 9 (9), – pp. 1112- 1126.
5. Bartosiewicz, M., Maranger, R., Przytulska, A., & Laurion (2021) Effects of phytoplankton blooms on fluxes and emissions of greenhouse gases in a eutrophic lake. Water Research, – vol. 196, – pp. 116985.
6. Bastviken, D., Treat, C. C., Pangala, S. R., Gauci, V., Enrich-Prast, A., Karlson, M., et al (2023) The importance of plants for methane emission at the ecosystem scale. Aquatic Botany, – vol. 184, – pp. 103596.
7. Blindow I. (1992) Long- and short-term dynamics of submerged macrophytes in two shallow eutrophic lakes. Freshwater Biology, – vol. 28 (1), – pp.15–27.
8. Botrel, M., & Maranger, R. (2023) Global historical trends and drivers of submerged aquatic vegetation quantities in lakes. Global Change Biology, – vol. 29 (9), – pp. 2493–2509.
9. Cael, B. B., Heathcote, A. J., & Seekell, D. A. (2017) The volume and mean depth of Earth’s lakes. Geophysical Research Letters, –vol. 44 (1), – pp. 209–218.
10. Cronin, G., Lewis, W. M., & Schiehsler, M. A. (2006) Influence of freshwater macrophytes on the littoral ecosystem structure and function of a young Colorado reservoir. Aquatic Botany, – vol. 85 (1), – pp. 37–43.

11. Cherepanov S.K. (1995) Sosudistye rasteniya Rossii i sopedelnykh gosudarstv, v predelakh byvshego SSSR [Vascular plants of Russia and neighboring states, within the former USSR]. SPb., 990 p.
12. Geobotanicheskoye rayonirovaniye SSSR [Geobotanical zoning of the USSR] (1947). M.-L., – pp. 102-130.
13. Flora SSSR [Flora SSSR] (1934 – 1964). M.: L., vol.1–30.
14. Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan] (1956-1966). Alma-Ata, vol.1-9.
15. Harpenslager, S. F., Thiemer, K., Levertz, C., Misteli, B., Sebola, K. M., Schneider, S. C., et al. (2022). Short-term effects of macrophyte removal on emission of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> in shallow lakes. *Aquatic Botany*, vol. 182. – pp. 103555.
16. Horppila, J., & Nurminen, L. (2005) Effects of different macrophyte growth forms on sediment and P resuspension in a shallow lake. *Hydrobiologia*, – vol. 545 (1). – pp. 167–175.
17. Illyustrirovannyi opredelitel' rastenii Kazakhstana [Illustrated determinant of plants of Kazakhstan] (1962 – 1975). Alma-Ata, vol. 1-2.
18. Liu, H., Jin, Q., Luo, J., He, Y., Qian, S., & Li, W. (2021) Synergistic effects of aquatic plants and cyanobacterial blooms on the nitrous oxide emission from wetlands. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 108 (3), – pp. 579–584.
19. Meredith E. Theus, Nicholas E. Ray, Sheel Bansal, Meredith A. (2023) Holgerson. Submersed Macrophyte Density Regulates Aquatic Greenhouse Gas Emissions. *JGR: Biogeosciences*, – vol.128 (10), – pp. 335-369.
20. Opredelitel rastenii Srednei Azii [The determinant of plants in Central Asia] (1968 – 1993). Tashkent, vol.1-10.
21. Skvortsov A.K. (1977) Gerbariy [Herbarium]. Moscow, 199 pp.
22. Rubtsov N.I. (1965) Luga Severnogo Tyan'-Shanya [Meadows of the Northern Tien Shan]. Proceedings of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the KazSSR. Alma-Ata, vol. 1 pp. 5 – 35.
23. Rasteniya Tsentralnoi Azii [Plants of Central Asia] (1963 -1989). M.: L., vol. 1-9.
24. Serebryakov I. G. (1962) Ekologicheskaya morfologiya rasteniy [Ecological morphology of plants]. Moscow, 378 p.
25. Takhtadzhyan A.L. (1987) Sistema magnoliofitov [Magnoliophyte system]. M.: L., 439 p.

М.Ж. Каирова<sup>1\*</sup>, А.А. Шорманова<sup>2</sup>, Г.Т. Ситпаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Астанинский ботанический сад – Филиал РГП ИБФ, Казахстан, г. Астана

<sup>2</sup>РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭПР РК, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: markaigai@mail.ru

## ИЗУЧЕНИЕ ПОПУЛЯЦИИ *FERULA FOETIDA* (BUNGE) REGEL, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ГОРАХ ХАН-ТАУ

Наиболее важное значение для народной и официальной медицины имеет *Ferula foetida* (Bunge) Regel (1877), произрастающий в природных условиях Казахстана. Данное лекарственное растение распространено в пяти различных областях Казахстана. В связи с незаконными заготовками и низкой семенной репродукцией, в некоторых регионах *F. foetida* отнесена к исчезающему виду. На территории Шу-Илейского низкогорья, близ гор Хан-Тау, недалеко от одноименного аула, в 377 км от города Алматы, нами обнаружены природные популяции ферулы вонючей. Определение точного местоположения растительных объектов проводили через спутниковую систему глобального позиционирования (Global Positioning System). С помощью программы GoogleMyMap разработана карта метонахождения хантауской популяции.

Впервые представлены результаты измерений количественных признаков вегетативной части ферулы хантауской популяции. В среднем высота растений ферулы составила  $36,9 \pm 7,26$  см, ширина прикорневой розетки листьев  $107,6 \pm 22,45$  см. Общее количество прикорневых листьев было  $7,0 \pm 1,71$  см, а их ширина и длина  $63,4 \pm 11,27$  см и  $61,1 \pm 9,86$  см, соответственно. Длина корневой системы растений ферулы в среднем составила  $204,2 \pm 55,82$  см, тогда как длина реповидного корневища  $33,4 \pm 6,58$  см.

Именно из утолщенного корневища, выделяется смола, которая используется в пищевых целях. Диаметр реповидной части корня был в среднем  $19,3 \pm 6,83$  см. Сырая масса модельных экземпляров корня варьировала в пределах 1,61–7,75 кг. Средняя урожайность сырого сырья хантауской популяции ферулы составила 469 кг/га. Несмотря на незначительный размер исследуемой популяции, представляются перспективными дальнейшие исследования всех 10 районов для оценки общих запасов лекарственной ферулы Жамбылской области, которые также, как и Туркестанские популяции подвергаются незаконным заготовкам и вывозу за пределы нашей Республики.

**Ключевые слова:** *Ferula* L., исчезающий вид, лекарственное растение, сырье, корневище.

M. Kairova<sup>1\*</sup>, A. Shormanova<sup>2</sup>, G. Sitpayeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Botanical garden of Astana city, Kazakhstan, Astana

<sup>2</sup>Institute of Botany and Phytointroduction, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: markaigai@mail.ru

### Studying *Ferula Foetida* (Bunge) Regel population distributed near to Khan-Tau mountains

The *Ferula foetida* species (Bunge) Regel (1877) growing in the natural conditions of Kazakhstan is the most important for traditional and official medicine. This medicinal plant is distributed in five different regions. The *F. foetida* is classified as an endangered species in some regions because of its illegal harvesting and low seed reproduction. On the territory of the Shu-Ile lowlands, we discovered natural ferula populations near the Khan-Tau mountains, not far from same named village, and in 377 km far from Almaty. Determination of the exact location of plant objects was carried out through the satellite Global Positioning System. A map of location of the Khantau population was developed by the Google-MyMap program

For the first time, measurement results of quantitative traits of vegetative part of the Khantau population are presented. On average, the height of ferula was  $36.9 \pm 7.26$  cm, the width of basal leave rosette was  $107.6 \pm 22.45$  cm. The total number of rosette leaves was  $7.0 \pm 1.71$  cm, and their width and length were  $63.4 \pm 11.27$  cm and  $61.1 \pm 9.86$  cm, respectively. The length of ferula root system was  $204.2 \pm 55.82$  cm in average, while the length of turnip rhizome was  $33.4 \pm 6.58$  cm.

The resin is released from this thickened rhizome, and common using for food. The diameter of the turnip-shaped root was on average  $19.3 \pm 6.83$  cm. The fresh weight of model root specimens was varying from 1.61 to 7.75 kg. The average yield of the raw material from Khantau population was 469 kg/ha.

Despite the small size of studied population, further studies of all 10 districts seem promising to assess the total reserves of medicinal ferula in the Zhambyl region, which, like the Turkestan populations, are subject to illegal procurement and export outside our Republic.

**Key words:** *Ferula L.*, endangered species, medicine plant, raw material, rhizome.

М.Ж. Каирова<sup>1\*</sup>, А.А. Шорманова<sup>2</sup>, Г.Т. Ситпаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Астана ботаникалық бақ ҚР ЭТМР ОШЖДК БФИ РМКның филиалы. Қазақстан, Астана қ.  
<sup>2</sup>РГП ҚР ЭТМР ОШЖДК Ботаника және фитоинтродукция институты РМК, Қазақстан, Алматы қ.  
\*e-mail: markagai@mail.ru

### Хан-Тай тауларының жанында өсетін *Ferula Foetida* (Bunge) Regel популяциясын зерттеу

Қазақстанның табиғи жағдайында өсетін *Ferula foetida* (Bunge) Regel (1877) халықтық және ресми медицина үшін аса маңызды мәнге ие. Бұл дәрілік өсімдік Қазақстанның түрлі бес облысында таралған. Заңсыз егін жинауға және тұқымның аз көбеюіне байланысты кейбір аймақтарда *F.foetida* жойылып кету қаупі төнген түрге жатады. Шу-Іле аласа тауларының аумағында, Хан-Тай тауларының жанында, аттас ауылдың айналасында, Алматы қаласынан 377 шақырым жерде, біз сасық ферула өсімдігінің табиғи популяциясын таптық. Өсімдік объектілерінің нақты орналасуын анықтау Ғаламдық позициялау спутниктік жүйесі (Global Positioning System) арқылы жүргізілді. GoogleMyMap бағдарламасының көмегімен Хантай популяциясының таралу аймағының картасы жасалды.

Алғаш рет ферула Хантай популяциясының вегетативті бөлігінің сандық белгілерін өлшеу нәтижелері ұсынылды. Ферула өсімдіктерінің орташа биіктігі  $36,9 \pm 7,26$  см, базальды жапырақ розеткасының ені  $107,6 \pm 22,45$  см болды. базальды жапырақтардың жалпы саны сәйкесінше  $7,0 \pm 1,71$  см және ені мен ұзындығы  $63,4 \pm 11,27$  см және  $61,1 \pm 9,86$  см болды. Ферула өсімдіктерінің тамыр жүйесінің ұзындығы орта есеппен  $204,2 \pm 55,82$  см, ал репа тамырының ұзындығы  $33,4 \pm 6,58$  см болды. Бұл жуан тамырдан тамақ үшін қолданылатын шайыр бөлінеді. Тамырдың шалқан бөлігінің диаметрі орта есеппен  $19,3 \pm 6,83$  см болды. Тамырдың үлгілік кептірілмеген ылғалды массасы  $1,61-7,75$  кг аралығында өзгерді. Хантай ферула популяциясының кептірілмеген шикізатының орташа өнімділігі  $469$  кг/га құрады. Зерттелетін популяцияның шамалы мөлшеріне қарамастан, Жамбыл облысының дәрілік феруласының жалпы қорын бағалау үшін барлық 10 ауданды одан әрі зерттеу өте маңызды болып саналады, себебі Түркістан аймағында өсетін Ферула популяциясын біздің Республикамызда заңсыз дайындалып және шет елдерге шығарылып жатыр.

**Түйін сөздер:** *Ferula L.*, жойылып бара жатқан түрлер, дәрілік өсімдік, шикізат, тамыр.

#### Сокращения и обозначения

км – километр, см – сантиметр, кг – килограмм, га – гектар, CV – коэффициент вариации

#### Введение

Род *Ferula* Tourn. ex L. принадлежит к семейству *Apiaceae* Lindl. (гетеротипный синоним *Umbelliferae* Juss.) [1]. При этом, установлено, что из зонтичных род ферула является наиболее представленным в Средней Азии и Казахстане [2]. Некоторые авторы выделяют в пределах этого рода 140 видов, тогда как в международной электронной базе Plants of the World Online (powo.science.kew.org) указывается на 221 таксонов [3]. Согласно сводке С.К. Черепанова в пределах территории бывшего СССР встречаются 105 видов ферул [1]. В Иране встречаются около 30 видов, а в нашей флоре более 47 таксонов ферулы [4, с. 385-416]. Краснокнижными в Казахстане считаются *F. gla-*

*berrima* Korov., *F. iliensis* Krasn., *F. involucria* Korov., *F. leucographa* Korov., *F. sugatensis* Bajt., *F. taucumica* Bajt., *F. xeromorpha* Korov. [5, 6].

Наиболее важное значение имеет *F. foetida* (Bunge) Regel (1877), произрастающий в природных условиях Ирана, Афганистана, Казахстана, Киргизии, Пакистана, Таджикистана, Туркменистана, Узбекистана. Ферула имеет диплоидный набор хромосом ( $2n = 2x = 22$ ) [7]. Отечественными учеными проведено изучение анатомического строения листьев и корней ферулы вонючей различных популяций [8]. Тогда, как с помощью SCoT, SRAP и ISSR маркеров обнаружено генетическое разнообразие и наличие потока генов между популяциями *F. asafoetida* [9-11]. Изучение генетического разнообразия и структуры небольших популяций исчезающих видов ферулы необходимо для их сохранения и управления их численностью [12].

Ферула вонючая входит в Государственный реестр лекарственных растений Казахстана [13].

В традиционной медицине используется полученная из корней ферулы маслянистая смола, обладающая спазмолитическим, ароматическим, седативным, анальгетическим, противовоспалительным и другими свойствами [14]. Ароматические смолы выделяются из массивных корней ферулы и известны под названием асса-фетида [4]. В медицинских целях также используется надземная часть ферулы, например, в Узбекистане на основе листьев и стеблей *Ferula kuhistanica* Eug. Kog. получен эстрогенный препарат Куфэстрол [15].

Ранее запасы сырья *F. foetida*, произрастающей на территории Казахстана, определялись при ресурсоведческих исследованиях [16]. По мнению некоторых исследователей, наиболее продуктивные заросли ферулы сосредоточены в Южно-Казахстанской области (ныне Туркестанской) [17].

Учеными-ботаниками ежегодно проводятся ресурсные исследования, но нет данных по изучению биологических особенностей *F. foetida* на уровне различных популяций, обеспечивающих его стабильность и устойчивость в природе. Хотя тщательное изучение и описание морфологических признаков растений приводит к открытию новых видов [18]. Проведено изучение морфологической изменчивости разновозрастных особей двух популяций краснокнижного вида *F. iliensis* Krasn. ex Korov. [19]. При изучении трех природных популяций иранского эндемика *F. cupularis* (Boiss.) Spalik et S. R. Downie, показана, что только одна из них содержит наибольшее количество эфирных масел и обладает высокой антиоксидантной активностью [20].

В некоторых регионах, *F. foetida*, относится к исчезающему виду, так как в природе редко встречается в виду плохого завязывания семян, а также ежегодных незаконных заготовок ([www.kazpravda.kz](http://www.kazpravda.kz)). Целью исследования является изучение морфометрических показателей хантауской популяции ферулы вонючей и определение ее запасов.

### Материалы и методы

Проведено маршрутно-рекогносцировочное обследование Шуского и Мойынкумского районов Жамбылской области. Определение точного местоположения растительных объектов проводили через спутниковую систему глобального позиционирования (Global Positioning System). Карта разработана с помощью программы GoogleMyMap (<https://www.google.com/maps/>).

Таксономические наименования семейств, родов и видов оформлены согласно первоисточникам [1]. Запасы лекарственного растения определяли по общепринятой методике [21]. В ходе экспедиции проведено обучение молодых специалистов Уразалиной А. и Билибаевой Б.К. методике определения запасов лекарственных растений с закладкой учетных делянок. Обработка количественных данных проводилась статистическими методами и программы Microsoft Excel [22].

### Результаты и обсуждение

В рамках экспедиции в Жамбылскую область проведено маршрутное обследование Шуского и Мойынкумского районов. Близ гор Хан-Тау, недалеко от одноименного аула, в 377 км от города Алматы, на высоте 485-556 м ±3м, с координатами N44°15'44'' E73°47'5'' и N44°18'33'', E73°44'32'' нами обнаружены природные популяции ферулы вонючей (рисунок 1). Данная территория относится к Шу-Илейскому низкогорью, которое за исключением его северной части, является продолжением северо-западной системы Северного Тянь-Шаня [23].

На рисунке 2 представлена хантауская популяция *Ferula foetida*, произрастающая на глинисто-каменистой почве и имеющая протяженность 2 x 2 км. На этом равнинном участке были заложены 5 учетных делянок, каждая размером 10 x 10 м (рисунок 2Б). Среднее количество растений ферулы на учетной площадке составило 22 ±4,5 штук.

Растения ферулы на момент исследования находились в фазе вегетации, а также цветения-плодоношения (рисунок 3А и 3Б). На рисунке 3, представлены вегетирующие многолетние кусты ферулы с крупными зелеными и желтеющими розеточными листьями, а также экземпляры в фазе цветения, имеющие мощное соцветие зонтик с бледно-желтыми цветками. Как сообщалась ранее, именно на 7-9-ом году жизни ферула образует толстый конусовидный стебель и в этот период развивается прикорневая розетка листьев [24]. Нами отмечено, что кусты ферулы хантауской популяции с крупными соцветиями в фазе бутонизации-цветения, достигают 50-65 см в высоту, а также теряют прикорневые розеточные листья, которые быстро желтеют, засыхают и уносятся ветром в сторону от основного стебля. Тогда как вегетирующие кусты ферулы с крупными розеточными листьями не имеют в центральной части основного прямо стоячего стебля с соцветием.



Рисунок 1 – Карта расположения гор Хантау (Khantau), где произрастает *Ferula foetida*



А



Б

Рисунок 2 – Ферула вонючая А. Популяция у подножья гор, Б. Закладка учетной площади



А



Б

Рисунок 3 – Экземпляры растений ферулы в фазе цветения-плодоношения

Наибольшее практическое значение имеет подземная часть растений *F. foetida*. Из корневища выделяется млечный сок, который застывает на воздухе и превращается в латекс. Смолу ферулы собирают на 8-мой год жизни растения. Поэтому, наряду с измерением биометрических параметров вегетативной части растений, нами проведены замеры размеров и массы корневища ферулы.

Для изучения корневой системы хантауской популяции ферулы проводилась выкопка растений. Размеры ямы-траншеи, необходимой для выкопки целого корневища ферулы достигали 140-160 см в ширину и 50-60 см в глубину (рисунок 4). Корневая система изучаемой популяции имеет разросшийся реповидный корень, расположенный на глубине не более 60 см (рисунок 4 А), но от основания этого корневища отходят расходящиеся и извивающиеся в почве в горизонтальном направлении, очень длинные разветвления. По нашим измерениям,

длина основного корня модельных растений ферулы варьировала в пределах 123-258 см и, в среднем составила  $204,2 \pm 55,82$  см, тогда как длина утолщенного корневища была 25-42 см и  $33,4 \pm 6,58$  см, в среднем (рисунок 4 Б). Описание морфологических особенностей корней ферулы имеет важное таксономическое значение. Для сравнения, у нового вида ферулы *F. karakumica* Geld. главный стержневой корень имеет несколько расставленных утолщений [18]. Диаметр реповидной части корня хантауской популяции был 12-28 см и в среднем  $19,3 \pm 6,83$  см. Сырая масса модельных экземпляров корня ферулы варьировала в пределах 1,61-7,75 кг и в среднем составила  $4,69 \pm 2,37$  кг. Известно, что наиболее мощными растения становятся в фазу цветения, но в связи с восстановлением популяций ферулы в природе только семенным способом и плохим их завязыванием, категорически запрещен сбор растений в фазы цветения-плодоношения [17].



А



Б

Рисунок 4 – Размеры ямы-траншеи для выкопки целого корневища растений *F. foetida*

Проведено изучение морфометрических параметров растений ферулы исследуемой популяции, произрастающей у подножья гор Хан-Тау. У хантауской популяции листья прикорневой розетки были крупные, на толстых и коротких черешках, тройчато-рассеченные и многократно перисторассеченными на продолговатые, продолговато-ланцетовидные и ланцетовидные доли. Тогда как стеблевые листья ферулы были значительно меньше, чем прикорневые розеточные. Кроме того, у вегетирующих растений *F.*

*foetida* имеются верхние листья без пластины, которые собраны в виде плоских и яйцевидных влагалищ [4, с. 385-416].

Результаты измерений количественных признаков вегетативной части *F. foetida* представлены в таблице. Некоторые исследователи указывают, что в фазу отрастания и вегетации высота растений ферулы с розеткой листьев достигает 30 см. В наших исследованиях, высота растений в среднем составила  $36,9 \pm 7,26$  см, а ширина прикорневой розетки была  $107,6 \pm 22,45$

см. Известно, что число листьев ферулы зависит от возраста особи и может достигать от 7 до 22 штук [17].

Так, нами установлено, что общее количество прикорневых листьев составило  $7,0 \pm 1,71$  см, их ширина, а также их длина были  $63,4 \pm 11,27$  см и  $61,1 \pm 9,86$  см, соответственно. Для оценки степени variability признаков растений нами использован коэффициент вариации CV (coefficient variability). Размах варьирования таких признаков хантауской ферулы, как высота растения, ширина прикорневой розетки листьев, количество листьев, а также их длина и ширина, находился в пределах коэффициента вариации 16,12 – 24,57%. Это соответствует средней величине варьирования количественных признаков [22]. В сравнении с морфометрией вегетативной части ферулы, величина варьирования признаков длины основ-

ного корня, ширины реповидного корневища и сырая масса корневой системы были в пределах 27,33 – 50,50%, что соответствует высокой степени variability. Высокая variability количественных признаков корневой системы хантауской ферулы возможно связана с малой выборкой, при которой в расчет взяты 6-9 модельных экземпляров. Тогда, как при изучении морфометрических параметров вегетативной части *F. foetida*, объем выборки составил 30 индивидуумов (см. таблицу). Однако, несмотря на ограниченное количество модельных образцов корней ферулы, признак длина реповидного корневища имел среднюю variability и соответствовал коэффициенту CV 19,17%. Исследователи изучали морфологическую изменчивость разных популяций *F. iliensis* Krasn. ex Kogov., но не указывалось какой был размер выборки [19].

Таблица 1 – Морфометрические параметры растений хантауской популяции Ферулы вонючей

№ экземпляра	Высота растения, см	Ширина прикорневой розетки листьев, см	Прикорневые листья		
			Количество, шт.	Длина, см	Ширина, см
1	2	3	4	5	6
1	32	116	8	71	62
2	41	126	7	73	53
3	31,5	138	6	88	60,5
4	35	125	6	72	66
5	37	129	9	66	70
6	23,7	79	4	41	43,2
7	26	93	6	65	56
8	43	134	8	81	59
9	35	115	8	63	62
10	38	126	5	74	73
11	35	69	4	54	41
12	35	137	8	72	74
13	45	100	7	73	66
14	43	117	7	74	63
15	33	104	9	63	83
16	33	97	9	54	60
17	52	115	6	64	62
18	37	77	5	59	52
19	46	101	7	57	67
20	30	67	4	40	46
21	51	132	9	69	58
22	37	129	11	67	72
23	52	104	7	63	72
24	27	91	6	53	55



№ экземпляра	Высота растения, см	Ширина прикорневой розетки листьев, см	Прикорневые листья		
			Количество, шт.	Длина, см	Ширина, см
25	36	118	8	66	68
26	34	81	6	54	58
27	35	78	6	48	44
28	28	75	6	45	61
29	39	137	8	69	70
30	37	119	9	64	57
Ср. значение	36,91	107,63	6,97	63,40	61,12

Предварительный анализ популяции, показал, что растения ферулы вонючей произрастали в ассоциации с полынно-злаковой растительностью. Сопутствующими растениями, произрастающими в одном биоценозе с популяцией *Ferula foetida* и наиболее распространенные на территории близ гор Хан-Тай были солянки (например, *Salsola arbusculiformis* Drobow), полыни (*Artemisia* spp.) и мятлики (*Poa* spp.). Наряду с ними, на каштановых, солончаковых и глинистых почвах рассеянно встречаются рогач *Ceratocarpus* sp., бурачок пушистоплодный *Alyssum dasycarpum* Stephan ex Willd., коостер *Bromus* sp., мортук *Eremopyrum* sp., козлобородник *Tragopogon* sp., зизифора *Ziziphora* sp., ковыль киргизский *Stipa kirghisorum* P.A. Smirn., василистник *Thalictrum* sp. Кроме того, встречались единичные экземпляры других растений, таких как василек (*Centaurea pseudocoriacea* Dobrocz.), тмин *Carum carvi* L., виды луков (например, *Allium borszczowii* Regel.).

### Заключение

Площадь на которой встречается исследуемая популяция ферулы в Мойынкумском районе Жамбылской области составила 400 га. Средняя урожайность сырого сырья ферулы 469 кг/га. Суммарный эксплуатационный запас сырого сырья на момент маршрутно-рекогностического обследования территории близ гор Хан-Тай составил 18,76 т. Это ниже, чем ежегодные запасы сырья *Ferula foetida* в Мангыстауской области, которые достигают 51 т и выше. Данное лекарственное растение обнаружено еще в 1971 г. в Заилийском Алатау, а также произрастает в Кызылординской области. Кроме этих областей, большие популяции асафетиды (ферулы вонючей) встречаются также в Туркестанской

области, включая Сарыагашский и Отырарский районы, где происходит его незаконный сбор и вывоз ([www.kazpravda.kz](http://www.kazpravda.kz)). Именно в Южно-казахстанской области обнаружены наиболее промысловые заросли ферулы. Их суммарный объем возможной годовой заготовки сырых корней был в 5-6 раз выше, чем у изученной популяции *F. foetida* [17]. Наименьшими объемами заготовки корней ферулы считаются 10 тонн. Однако, кроме Хантауской популяции, данное лекарственное растение встречается, во всех 10 районах Жамбылской области ([www.gov.kz](http://www.gov.kz)). Таким образом, при изучении свойств исследуемой популяции можно сделать заключение, что некоторые количественные признаки вегетативной надземной и подземной частей растений *F. foetida* имеют среднюю вариабельность с коэффициентом вариации 16,12 – 24,57%. Оценка степени изменчивости того или иного таксономически важного признака имеет большое значение для установления его стабильности (константности) в тех или иных условиях произрастания растения и, в целом влияет на устойчивость вида [12, 25]. Ранее изучение морфометрических признаков ферулы Жамбылской области не проводилось, хотя это необходимо для выявления биологических особенностей популяции. Из-за отсутствия клонального размножения, численность репродуктивных растений *F. foetida* сильно зависит от весенне-летних осадков и запасов семян в почве [26, 27]. В целом, дальнейшие исследования всех 10 районов Жамбылской области позволят определить общие запасы лекарственной ферулы и выявить наиболее крупные природные ее популяции. При этом, сохранение вида *F. foetida* напрямую связано с мониторингом генетически различных популяций на исходной природной среде обитания, с уменьшением выпаса скота и антропогенного вмешательства.

## Конфликт интересов

Конфликт интересов у авторов статьи отсутствует.

## Благодарности

Огромная благодарность водителю УАЗ Жиенбаеву Т.А. за активное участие при проведении маршрутно-рекогносцировочных исследований территории Шуского и Мойынкумского

районов Жамбылской области и при выкопке корневой системы растений ферулы.

## Источник финансирования

Научно-исследовательской работа проведена в рамках хозяйственного договора № 23 «Составление ресурсного кадастра важнейших растений лесного фонда Жамбылской области с изданием книги на государственном и русском языках» в 2022 г.

## Литература

1. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С.К. Черепанов. Кембридж, 1995. – 518 с.
2. Pimenov M.G. Updated checklist of the Umbelliferae of Middle Asia and Kazakhstan: nomenclature, synonymy, typification, distribution // *Turczaninowia*. – 2020. – 23. – 4:127-257
3. Golmohammadi F. Traditional knowledge and economic importance of *Ferula assa-foetida* in the rural areas of southeastern Iran // *African Journal of plant science*. – 2022. Vol.16(6). – PP. 148-156
4. Флора Казахстана. Т. 6. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1963. С. 385-414
5. Красная книга Казахской ССР. – Алма-Ата, 1981. – Ч.2. – 264 с. – С. 137-141
6. Пятый национальный доклад Республики Казахстан О биологическом разнообразии. – Астана, 2014. – 148 с.
7. Firoozi N., Karimzadeh Gh., Sabet M.S., Sayadi V. Intraspecific karyomorphological and genome size variations of in vitro embryo derived Iranian endemic *Asafoetida* (*Ferula assa-foetida* L., Apiaceae) // *Caryologia*, 2022. – 75(4). – PP. 111-121, <https://doi.org/10.36253/caryologia-1721>
8. Сагындыкова М.С., Иманбаева А.А. Изучение анатомического строения *Ferula foetida* разного возрастного состава и происхождения // *Вестник КарГУ. Серия «Биология. Медицина. География»*. – 2020. – № 1(97) – С. 73-78
9. Tajbakht P., Talebi M., Rahimmalek M. Genetic diversity among and within *Ferula asafoetida* H. Karst. populations using molecular and phytochemical markers // *Phytochemistry*. 2018. – 155:19-29. doi: 10.1016/j.phytochem.2018.07.004.
10. Sadeghi R., Omidi M., Azizinezhad R., Etmianan A., Badi H.N. Evaluation of structure and genetic diversity of wild populations of *Ferula assa foetida* L. medicinal plant using ISSR molecular marker // *MGJ*, 2021. – Vol. 16. – Issue 4. – PP. 309-319. <http://mg.genetics.ir/article-1-1708-en.html>.
11. Hossein Jafari S., Sepehry A., Soltanloo H., Karimian A.A. Genetic differentiation between bitter and sweet *asafetida* plants using ISSR markers. // *Mol. Biol. Rep.*, 2019. – 46(1):1069-1078. doi: 10.1007/s11033-018-4565-1.
12. Yang L., Hisoriev H., Kurbonova P., Boboev M., Bobokalonov K., Feng Y., Li W. High genetic diversity and low differentiation of endangered *Ferula tadshikorum* Pimenov in Tajikistan // *Global Ecology and Conservation*. – 2021. – Vol. 28. – e01627. – <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01627>
13. Государственный реестр лекарственных средств Республики Казахстан, 2013: // Перечень лекарственных средств, зарегистрированных и разрешенных к применению и производству МЗ РК. URL: <http://www.adilet.zan.kz>
14. Sirizi M.A.G., Alizadeh Ghalenoei J., Allahtavakoli M., Forouzanfar H., Bagheri S.M. Anticancer potential of *Ferula assa-foetida* and its constituents, a powerful plant for cancer therapy. // *World J. Biol. Chem.* – 2023. – 14(2):28-39. doi: 10.4331/wjbc.v14.i2.28.
15. Маматханова М.А., Ахмедова Х., Котенко Л.Д., Халилов Р.М., Жауынбаева К.С., Маликова М.Х., Рахманбердыева Р.К., Маматханов А.У. Стандартизация надземной части *Ferula kuhistanica* // *Фармацевтический вестник Узбекистана*. – 2017. – Вып. 4. – С. 18-23
16. Гемеджиева Н.Г. Анализ видового и ресурсного потенциала лекарственной флоры Казахстана // *Мат. XIV междунар. науч.-практ. конф. Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2012. – С. 173-181
17. Гемеджиева Н.Г., Кузьмин Э.В. Современное состояние ценопопуляций *Ferula foetida* в Южном Казахстане // *Материалы II Междунар. науч. конф. Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы (20–22 октября 2015 г.)* // Новосибир. гос. аграр.ун-т. – Новосибирск, ИЦ Новосибирского ГАУ «Золотой колос», 2015. – С. 9-12
18. Павленко А.В. *Ferula karakumica* (Apiaceae) – новый вид из Туркменистана // *Новости систематики высших растений*. – 2019. – 50: 141-147
19. Абидулова К.Т., Мухитдинов Н.М., Аметов А.А., Тыныбеков Б.М. Морфологическая характеристика разновозрастных особей *Ferula iliensis* Krasn. ex Korov // *Вестник КазНУ. Серия экологическая*. – 2012. – №3 (35). – С. 22-26
20. Narimani R., Tarakemeh A., Moghaddam M., Sourestani M.M. Phytochemical Variation within Aerial Parts of *Ferula cupularis* Populations, an Endangered Medicinal Plant from Iran // *Chem Biodivers.* – 2021. – 18(12): e2100551. doi: 10.1002/cbdv.202100551
21. Методика определения запасов лекарственных растений / Госкомитет СССР по лесному хозяйству и Минмедбиопром. – М., 1986. – 51 с.

22. Жуков А.А., Минец Л.М. Биометрия. Описательная статистика: пособие / Минск: БГУ, 2019. – Ч.1. – 100 с.
23. Дуйсенбаева Т.Н. Краткая характеристика природных условий Шу-Илейских гор // История и Археология Семиречья. – 2020. – Вып. 7. – С. 7-21
24. Сафина Л.К. Ферулы Средней Азии и Казахстана. – Алматы, 2012. – 243 с.
25. Стрионова О.В. Изменчивость морфологических признаков *Veronica spicata* L. на Юго-востоке Украины // Промышленная ботаника. – 2003. – Вып. 3. – С. 64-67
26. Lendvay B., Kalapos T. Population dynamics of the climate-sensitive endangered perennial *Ferula sadleriana* Ledeb. (Apiaceae) // *Plant Species Biology*. – 2012. – Vol. 29. – Issue 2. – PP. 138-151. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12003>
27. Rahali F.Z., Lamine M., Gargouri M., Rebey I.B., Hammami M., Sellami I.H. Metabolite profiles of essential oils and molecular markers analysis to explore the biodiversity of *Ferula communis*: Towards conservation of the endemic giant fennel. // *Phytochemistry*. 2016. – 124:58-67. doi: 10.1016/j.phytochem.2016.01.012.

## References

1. Abidkulova K.T., Mukhitdinov N.M., Ametov A.A., Tynybekov B.M. Morfologicheskaya kharakteristika raznovozrastnykh osobey *Ferula iliensis* Krasn. eks Korov // *Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya*. – 2012. – №3 (35). – С. 22-26 [in Russian] (Абидкулова К.Т., Мухитдинов Н.М., Аметов А.А., Тыныбеков Б.М. Морфологическая характеристика разновозрастных особей *Ferula iliensis* Krasn. ex Korov // *Вестник КазНУ. Серия экологическая*. №3 (35). 2012)
2. Cherepanov S.K. (1995) *Vascular plants of Russia and adjacent states*. Cambridge, 518 p. [in Russian]
3. Duysenbayeva T.N. Kratkaya kharakteristika prirodnykh usloviy Shu-Ileyskikh gor // *Istoriya i Arkheologiya Semirech'ya*. – 2020. – Вып. 7. – С. 7-21 [in Russian] (Дуйсебаева Т.Н. Short description of nature conditions of Shu-Ile mountains // *History and Archeology of Semirechye*. – 2020. – Vol. 7. – PP. 7-21 (Дуйсебаева Т.Н. Краткая характеристика природных условий Шу-Илейских гор // *История и Археология Семиречья*. – 2020. – Вып. 7. – С. 7-21)
4. The Fifth National Report of the Republic of Kazakhstan on Biological Diversity (2014) – Astana, – 148 p. [in Russian]
5. Firoozi N., Karimzadeh Gh., Sabet M.S., Sayadi V. Intraspecific karyomorphological and genome size variations of in vitro embryo derived Iranian endemic *Asafoetida* (*Ferula assa-foetida* L., Apiaceae) // *Caryologia*, 2022. – 75(4). – PP. 111-121, <https://doi.org/10.36253/caryologia-1721>
6. *Flora Kazakhstana* (1963). Alma-Ata: Nauka. – Vol.6. – PP. 385-414 [in Russian]
7. Gemedzhiyeva N.G. Analiz vidovogo i resursnogo potentsiala lekarstvennoy flory Kazakhstana // *Mat. XIV mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii*. – Barnaul: Izd-vo AltGU, 2012. – С. 173-181 [in Russian] (Гемеджиева Н.Г. Analysis of specific and resource potential of the medicinal flora of Kazakhstan // *Mat. XIV mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii*. – Barnaul: Izd-vo AltGU, 2012. – P. 173-181)
8. Gemedzhiyeva N.G., Kuz'min E. V. Sovremennoye sostoyaniye tsenopopulyatsiy *Ferula foetida* v Yuzhnom Kazakhstane // *Materialy II Mezhdunar. nauch. konf. Lekarstvennyye rasteniya: fundamental'nyye i prikladnyye problemy* (20–22 oktyabrya, 2015) // *Novosib. gos. agrar.un-t. – Novosibirsk, ITZ Novosibirskogo GAU «Zolotoy kolos», 2015. – С. 9-12 [in Russian]*
9. Golmohammadi F. Traditional knowledge and economic importance of *Ferula assa-foetida* in the rural areas of southeastern Iran // *African Journal of plant science*. – 2022. – Vol.16(6). – PP. 148-156
10. Gosudarstvennyy reyestr lekarstvennykh sredstv Respubliki Kazakhstan, 2013: // *Perechen' lekarstvennykh sredstv, zaregistrirovannykh i razreshennykh k primeneniyu i proizvodstvu MZ RK*. URL: <http://www.adilet.zan.kz>
11. Hossein Jafari S., Sepehry A., Soltanloo H., Karimian A.A. Genetic differentiation between bitter and sweet asafetida plants using ISSR markers. // *Mol Biol Rep*. – 2019. – 46(1):1069-1078. doi: 10.1007/s11033-018-4565-1
12. *Krasnaya kniga Kazakhskoi SSR*. (1981) Alma-Ata: Kainar, Part 2. – 264 p. – PP. 137-141 [in Russian]
13. Lendvay B., Kalapos T. Population dynamics of the climate-sensitive endangered perennial *Ferula sadleriana* Ledeb. (Apiaceae) // *Plant Species Biology*. – 2012. – Vol. 29. – Issue 2. – PP. 138-151. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12003>
14. Mamatkhanova M.A., Akhmedova Kh., Kotenko L.D., Khalilov R.M., Zhaiynbayeva K.S., Malikova M.Kh., Rakhmanberdiyeva R.K., Mamatkhanov A.U. Standartizatsiya nadzemnoy chasti *Ferula kuhistanica* // *Farmatsevticheskiy vestnik Uzbekistana*. – 2017. – Вып. 4. – С. 18-23 (Mamatkhanova M.A., Akhmedova Kh.Kh., Kotenko L.D., Khalilov R.M., Zhaiynbaeva K.S., Malikova M.Kh., Rakhmanberdiyeva R.K., Mamatkhanov A.U. Standartisation of aerial part of *Ferula kuhistanica* // *Pharmaceutical bulletin of Uzbekistan*. – 2017. – Vol. 4. – С. 18-23) [in Russian]
15. Metodika opredeleniya zapasov lekarstvennykh rasteniy / Goskomitet SSSR po lesnomu khozyaystvu i Minmedbioprom. – М, 1986. – 51 s. (Methodology for determining reserves of medicinal plants / USSR State Committee for Forestry and the Ministry of Med. Bioprom – Moscow, 1986. – 51 p.) [in Russian]
16. Narimani R., Tarakemeh A., Moghaddam M., Sourestani M.M. Phytochemical Variation within Aerial Parts of *Ferula cupularis* Populations, an Endangered Medicinal Plant from Iran // *Chem Biodivers*. – 2021. – 18(12): e2100551. doi: 10.1002/cbdv.202100551
17. Pavlenko A.V. *Ferula karakumica* (Apiaceae) – novyy vid iz Turkmenistana // *Novosti sistematiki vysshikh rasteniy*. – 2019. – 50: 141-147 (Павленко А.В. *Ferula karakumica* (Apiaceae) – новый вид из Туркменистана // *Новости систематики высших растений*. – 2019. – 50: 141-147) [in Russian]
18. Pimenov M.G. Updated checklist of the Umbelliferae of Middle Asia and Kazakhstan: nomenclature, synonymy, typification, distribution // *Turczaninowia*. – 2020. – 23. – 4:127-257

19. Rahali F.Z., Lamine M., Gargouri M., Rebey I.B., Hammami M., Sellami I.H. Metabolite profiles of essential oils and molecular markers analysis to explore the biodiversity of *Ferula communis*: Towards conservation of the endemic giant fennel. // *Phytochemistry*. 2016. – 124:58-67. doi: 10.1016/j.phytochem.2016.01.012.
20. Sadeghi R., Omidi M., Azizinezhad R., Etminkan A., Badi H.N. Evaluation of structure and genetic diversity of wild populations of *Ferula assa foetida* L. medicinal plant using ISSR molecular marker // *MGJ*, 2021. – Vol. 16. – Issue 4. – PP. 309-319. <http://mg.genetics.ir/article-1-1708-en.html>
21. Sagyndykova M.S., Imanbayeva A.A. Izucheniye anatomicheskogo stroeniya *Ferula foetida* raznogo vozrastnogo sostava i proiskhozhdeniya // *Vestnik KarGU. Seriya «Biologiya. Meditsina. Geografiya»*. – 2020. – № 1(97). – S. 73-78 [in Russian]
22. Safina L.K. *Feruly Sredney Azii i Kazakhstana*. – Almaty, 2012. – 243 s. (Safina L.K. (2012) *Ferules of Central Asia and Kazakhstan*. – Almaty, 2012. – 243 p.) [in Russian]
23. Sirizi M.A.G., Alizadeh Ghalenoei J., Allahtavakoli M., Forouzanfar H., Bagheri S.M. Anticancer potential of *Ferula assa foetida* and its constituents, a powerful plant for cancer therapy. // *World J. Biol. Chem.* – 2023. – 14(2):28-39. doi: 10.4331/wjbc.v14.i2.28
24. Strionova O.V. Izmenchivost' morfologicheskikh priznakov *Veronica spicata* L. na Yugo-vostoke Ukrainy // *Promyshlennaya botanika*. – 2003. – Vyp. 3. – S. 64-67 [in Russian]
25. Tajbakht P., Talebi M., Rahimmalek M. Genetic diversity among and within *Ferula asafoetida* H. Karst. populations using molecular and phytochemical markers // *Phytochemistry*. 2018. – 155:19-29. doi: 10.1016/j.phytochem.2018.07.004
26. Yang L., Hisoriev H., Kurbonova P., Boboev M., Bobokalonov K., Feng Y., Li W. High genetic diversity and low differentiation of endangered *Ferula tadshikorum* Pimenov in Tajikistan // *Global Ecology and Conservation*. – Volume 28. – 2021, e01627. – <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01627>
27. Zhukov A.A., Minets L.M. *Biometriya. Opisatel'naya statistika: posobiye* / Minsk: BGU, 2019. – Ch.1. – 100 s. [in Russian]

**З.М. Сергазинова<sup>1\*</sup>** , **А.Н. Кукушева<sup>1</sup>** 

<sup>1</sup>НАО «Торайгыров университет», Казахстан, г. Павлодар

\*e-mail: mszarinam@mail.ru

## **К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ОЗЕЛЕНЕННЫХ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ И ИХ ВЛИЯНИИ НА КАЧЕСТВО СРЕДЫ Г. АКСУ**

В данной статье приведена оценка состояния зеленых насаждений г. Аксу, располагающегося в Павлодарской области на северо-востоке Республики Казахстан. Город Аксу – один из промышленно-развитых городов северо-восточного Казахстана. Его территория характеризуется усложняющейся экологической обстановкой, и соответственно – ухудшением состояния зеленых насаждений. С каждым годом проблемы поддержания структуры и качества городских насаждений становятся объектом все более пристального внимания специалистов, администрации города, области и широкой общественности. Инвентаризация зеленых насаждений территории города Аксу обусловлена необходимостью обеспечения условий для создания устойчивой и эффективной системы озеленения территории города. Анализ результатов основан на достоверных данных, полученных в результате сплошной подеревной инвентаризации, проведенной в 2022 году. Проанализировано современное состояние древесно-кустарниковых насаждений города, установлен их видовой и возрастной состав, с определением количества, категории, типа и жизненного состояния насаждений, составлен прогноз в краткосрочной и долгосрочной перспективе изменения. Проведена оценка степени озеленения к демографической емкости г. Аксу. Отмечен высокий уровень продуктивности территории по кислороду. Показатель озеленения составил 13,5 км<sup>2</sup> зеленых насаждений общего пользования на одного жителя города Аксу. Город Аксу имеет хороший показатель по площади озеленения, но в перспективе как краткосрочной, так и долгосрочной, необходимо взамен стареющих растений своевременно закладывать посадку новых.

**Ключевые слова:** город, озелененность, насаждения, растения, система озеленения, устойчивое развитие.

Z.M. Sergazina<sup>1\*</sup>, A.N. Kukusheva<sup>1</sup>

NAO "Toraigrov University", Republic of Kazakhstan, Pavlodar

\*e-mail: mszarinam@mail.ru

### **On the issue of the state of green urban areas and their impact on the quality of the environment of Aksu**

This article presents an assessment of the state of green spaces in Aksu city, located in Pavlodar region in the north-east of the Republic of Kazakhstan. Aksu city is one of the industrially developed cities of northeastern Kazakhstan. Its territory is characterized by an increasingly complex ecological situation, and, accordingly, a deterioration in the condition of green spaces. Every year, the problems of maintaining the structure and quality of urban plantings become the object of increasingly close attention of specialists, the city administration, the region and the general public. the inventory of green spaces in the city of Aksu is due to the need to provide conditions for creating a sustainable and effective system of landscaping in the city. The analysis of the results is based on reliable data obtained as a result of a tree inventory conducted in 2022. The current state of tree and shrub plantations of the city was analysed, their species and age composition was established, with the determination of the number, category, type and vital state of plantations, the forecast in the short-term and long-term perspective of changes was made. The degree of greening to the demographic capacity of Aksu city was assessed. A high level of oxygen productivity of the territory was noted. The indicator of landscaping was 13.5 km<sup>2</sup> of public green spaces per one resident of Aksu city. The city of Aksu has a good indicator for the area of greenery, but in both the short and long term, it is necessary to promptly plant new ones instead of aging plants.

**Key words:** city, greening, plantings, plants, greening system, sustainable development.

З.М. Сергазинова<sup>1\*</sup>, А.Н. Кукушева<sup>1</sup>

«Торайғыров университеті» ҚЕАҚ, Қазақстан, Павлодар қ.

\*e-mail: mszarinam@mail.ru

### Көгалдандырылған қала аймақтарының жағдайы және олардың Ақсу қаласының қоршаған орта сапасына әсері туралы

Бұл мақалада Қазақстан Республикасының солтүстік-шығысындағы Павлодар облысында орналасқан Ақсу қаласындағы жасыл желектердің жай-күйіне баға берілген. Ақсу қаласы Солтүстік-Шығыс Қазақстанның индустриалды дамыған қалаларының бірі. Оның аумағы экологиялық жағдайдың күрделенуімен және сәйкесінше жасыл желектердің нашарлауымен сипатталады. Жыл сайын қалалық екпелердің құрылымы мен сапасын сақтау проблемалары мамандардың, қала, облыс әкімшілігінің және жалпы жұртшылықтың назарында болуда. Ақсу қаласы аумағының жасыл желектерін инвентаризациялау қала аумағын көгалдандырудың орнықты және тиімді жүйесін құру үшін жағдайларды қамтамасыз ету қажеттілігіне байланысты. Нәтижелерді талдау 2022 жылы жүргізілген ағаштарды толық түгендеу нәтижесінде алынған сенімді деректерге негізделген. Қаладағы ағаш-бұта көшеттерінің қазіргі жағдайына талдау жасалып, көшеттердің саны, санаты, түрі және өмірлік жағдайы анықталып, олардың түрлері мен жастық құрамы белгіленді, қысқа және ұзақ мерзімдегі өзгерістерге болжам жасалды. Ақсу қаласының демографиялық сыйымдылығына қатысты көгалдандыру дәрежесіне бағалау жүргізілді. Аумақтың оттегі өнімділігінің жоғары деңгейі атап өтілді. Көгалдандыру көрсеткіші Ақсу қаласының бір тұрғынына 13,5 км<sup>2</sup> жалпыға ортақ жасыл аумақты құрады. Ақсу қаласы көгалдандыру алаңы бойынша жақсы көрсеткішке ие, бірақ қысқа мерзімді де, ұзақ мерзімді де перспективада қартайған өсімдіктердің орнына жаңаларын уақтылы отырғызу қажет.

**Түйін сөздер:** қала, көгалдандырылу, көшеттер, өсімдіктер, көгалдандыру жүйесі, тұрақты даму.

#### Введение

Город Аксу – один из промышленно-развитых городов северо-восточного Казахстана. Он находится в Павлодарской области и является территорией с высоким уровнем загрязнения. В области на территорию города Аксу приходится 28 % валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, формирующихся от промышленных предприятий (Аксуский завод ферросплавов (АЗФ), Государственная районная электростанция (ГРЭС) и др.). К основным загрязняющим элементам можно отнести: диоксид азота, диоксид серы, фенол, оксид углерода и др [1]. Таким образом, территория города характеризуется усложняющейся экологической обстановкой и соответственно – ухудшением состояния зеленых насаждений. С каждым годом проблемы поддержания структуры и качества городских насаждений становятся объектом все более пристального внимания специалистов, администрации города, области и широкой общественности.

Поэтому необходим механизм, обеспечивающий возможность оперативного получения информации для принятия управленческих решений. Для этого нужна оценка, а точнее – инвентаризация насаждений и создание электронной базы данных по ним, что будет являться

важным, основным инструментом в этом механизме. Кроме того, инвентаризация зеленых насаждений территории города Аксу обусловлена необходимостью обеспечения условий для создания устойчивой и эффективной системы озеленения территории города. Своевременное выявление ослабленных растений на городских объектах позволяет проводить профилактические мероприятия, направленные на повышение устойчивости существующих зеленых насаждений города. Поэтому цель работы заключалась в оценке современного состояния зеленых насаждений территории города Аксу.

Зеленые насаждения – это обязательные ландшафты в городской структуре, которые обеспечивают естественную среду и ускоряют другие жизненные события. Напротив, незапланированная урбанизация и переход от зеленых структур к техногенным нанесли ущерб природным ресурсам окружающей среды. Исследования, проведенные под разными углами зрения, подчеркнули важность городских зеленых насаждений для благосостояния человека, но теперь необходимо определить их роль в соответствии с потенциалом. Требования к городским зеленым насаждениям могут различаться в зависимости от изменения численности населения, типов городской структуры, расширения города, высоты места и географического положения [2].

Зеленые насаждения могут помочь предотвратить потенциальные негативные последствия для здоровья в результате изменения климата и урбанизации. Городские зеленые насаждения могут снизить риск сердечно-сосудистых заболеваний, усугубляемых тепловым стрессом или шумом, благодаря их климатическому регулированию и потенциалу подавления шума. Городские зеленые насаждения могут также способствовать физической активности и социальному взаимодействию и, таким образом, улучшать физическое и психическое здоровье жителей, которые, как правило, испытывают больший стресс в городской среде [3].

Более половины населения мира проживает в городских районах и, по прогнозам, к 2050 году это число увеличится до двух из трех человек. Поэтому обеспечение зеленых насаждений способных произрастать в городских районах имеет первостепенное значение [4].

На данный момент население г. Аксу составляет 43 004 человек. Общая площадь зеленых насаждений на территории города в 2022 году составила 579 061 га. Основой формирования системы озеленения на территории города Аксу являются имеющиеся зеленые и рекреационные зоны, существующая застройка территории города, транспортный каркас, социальная и инженерная инфраструктура. Основные зоны города, на которых расположены объекты, формирующие его систему благоустройства и озеленения – это общественно-деловые, жилые и рекреационные.

### Материалы и методы исследования

В 2022 году впервые осуществляли полную (сплошную) инвентаризацию зеленых насаждений г. Аксу, ранее инвентаризация не проводилась. Инвентаризация проведена в соответствии с действующим законодательством в области озеленения и является основой для реализации основных направлений развития природного комплекса в рамках г. Аксу [5–12].

Инвентаризация зеленых насаждений (по-деревный перечень) – комплекс мероприятий по учету объектов озеленения с подробным описанием количественных и качественных характеристик, а также графическое отображение каждого элемента озеленения на плановой основе [12].

Полная (сплошная) инвентаризация проводится путем сплошного перечета деревьев, кустарников и лиан на всем обследуемом участке.

Сплошная (подеревная) инвентаризация, как правило, учитывает насаждения, размещенные в черте города (сады, парки, скверы, бульвары, насаждения вдоль улиц, внутри жилых кварталов, насаждения ограниченного пользования и специального назначения) [12].

При проведении инвентаризации для удобства учета древесных и кустарниковых насаждений территорию города разделили на три участка (рисунок 1). Первый участок располагался в северо-восточной части города (246 га), второй участок – в южной (334 га), третий – в северо-западной (229 га). Обследование осуществляли маршрутно-визуальным методом с качественной оценкой и количественным подсчетом.



Рисунок 1 – Участки инвентаризации зеленых насаждений г. Аксу

Всего было учтено 38 объектов ограниченного пользования, 15 объектов улично-дорожной сети и 5 объектов общего пользования (парки).

На территории г. Аксу определен видовой состав древесно-кустарниковой растительности, подсчитано количество экземпляров каждого вида. Возрастной состав определяли по трем категориям:

- молодые насаждения до 10 лет;
- деревья продуктивного возраста до 40 лет,
- перестойные деревья старше 40 лет.

Оценку жизненного состояния проводили по 7 бальной шкале: 1 балл – Условно здоровые, 2 балла – Слабо поврежденные, 3 балла – Средне поврежденные и 4 – Сильно поврежденные, 5 баллов – Свежий сухостой, 6 – Старый сухостой, добавлена 7 категория – Аварийные.

Оценивали современное состояние древесных насаждений на данный момент и прогнозировали состояние в краткосрочной и долгосрочной перспективе изменения:

- при оценке состояния древесных насаждений на данный момент – высчитывали общий процент продуктивных деревьев за исключением аварийных и сухостойных;

- при оценке состояния древесных насаждений в краткосрочной перспективе изменения – высчитывали общий процент продуктивных деревьев за исключением аварийных, сухостойных и сильно поврежденных (4 балла);

- при оценке состояния древесных насаждений в долгосрочной перспективе изменения – высчитывали общий процент продуктивных деревьев за исключением аварийных, сухостойных, сильно поврежденных (4 балла) и перестойных.

Все данные инвентаризации регистрировали в первичных журналах, затем вносили в электронный реестр информационной базы по объектам озеленения территории г. Аксу.

## Результаты и обсуждение

Инвентаризация зеленых насаждений на территории города Аксу проводилась в 2022 году на площади 579 061 га, в том числе:

- территории ограниченного пользования – 278 709,5 га;

- озелененные территории улично-дорожной сети – 111 544 га;

- территории зеленых насаждений общего пользования (парки) – 188 807,4 га.

Плотность насаждений в среднем составляет 102,5 экз/га.

Всего в результате сплошной инвентаризации было зарегистрировано 82998 зеленых насаждений, в том числе:

- 36851 экземпляров древесных насаждений;

- 42286 экземпляров кустарниковых насаждений;

- 686 экземпляров плодовых насаждений.

При анализе видового состава, в учет брали только живые насаждения, исключив аварийные и сухостойные. Таким образом было зарегистрировано 21 вид деревьев, 18 видов кустарниковых насаждений и 6 видов плодовых кустарников (таблица 1).

Большая часть зеленых насаждений исследуемой территории искусственного происхождения, структура растительных сообществ не выровненная, с преобладанием одного или двух доминантов. Так в структуре сообщества древесных насаждений доминантом выступает клен (40,6 %), субдоминантом – тополь (22,2 %). Яблоня (9,2 %), береза (6 %), сосна (5,4 %), вишня (4,7 %), ива (4,4 %), ель (4,4 %) относятся к второстепенным видам. Остальные виды деревьев малозначимы. Сообщество кустарниковых насаждений отмечено как монодоминантное, абсолютным доминантом выступает вяз (87,1 %), второстепенным видом отмечена сирень (8,2 %), остальные виды кустарниковых насаждений малозначимы, среди которых наибольшую долю занимает шиповник (2,7 %). Среди плодовых кустарников смородина (65 %) является абсолютным доминантом, субдоминируют жимолость (18 %) и малина (16,3 %). Остальные виды плодовых кустарников малозначимы. По видовому составу по участкам значимых отличий нет.

Из всего объема зеленых насаждений хвойных пород – всего 10%, этого недостаточно, так как хвойные деревья выделяют кислород при температуре выше 0 °С, тогда как лиственные – только в вегетационный период. Поэтому необходимо увеличить высадку хвойных пород – преимущественно сосны обыкновенной и ели сибирской. Также следует при возможности соседства с другими породами в местах роста аварийных деревьев и сухостоя взамен них высаживать хвойные.

Среди древесных насаждений по возрастному составу преобладают молодые деревья (58 %), деревья продуктивного возраста составили 31 %, меньшую долю занимали перестойные (11 %). Возраст кустарниковых насаждений характеризуется следующими показателями: молодые – 63,7 %, продуктивные – 30 %, перестойные 6,3 %. Среди плодовых кустарников преобладали молодые насаждения (90 %), незначительную долю составили продуктивные растения (10 %), перестойные отсутствовали (таблица 2).



Таблица 1 – Видовой состав зеленых насаждений г. Аксу

№	Вид	Количество, экз.			Общее количество, экз.	Процентная доля
		1 участок	2 участок	3 участок		
<b>Деревья</b>						
1	Абрикос	1	0	0	1	0,0
2	Береза	802	818	560	2180	6,0
3	Вишня	819	698	179	1696	4,7
4	Грецкий орех	0	0	1	1	0,0
5	Груша	22	8	1	31	0,1
6	Дуб	116	72	36	224	0,6
7	Ель	540	368	663	1571	4,3
8	Ива	230	749	618	1597	4,4
9	Каштан	7	2	0	9	0,0
10	Клен	9364	1651	3772	14787	40,6
11	Липа	0	2	6	8	0,0
12	Маньчжурский орех	0	3	2	5	0,0
13	Ольха	2	22	296	320	0,9
14	Осина	1	3	1	5	0,0
15	Рябина	94	58	67	219	0,6
16	Слива	12	10	0	22	0,1
17	Сосна	779	626	546	1951	5,4
18	Тополь	2804	900	4389	8093	22,2
19	Черемуха	124	45	15	184	0,5
20	Яблоня	1155	1337	871	3363	9,2
21	Ясень	102	5	38	145	0,4
	Итого:	16974	<b>7377</b>	<b>12061</b>	36412	100
<b>Кустарниковые насаждения</b>						
1	Акация	143	34	43	220	0,5
2	Боярышник	9	41	2	52	0,1
3	Волчанка	97	0	0	97	0,2
4	Вяз	23079	2743	10857	36679	87,1
5	Гортензия	0		1	1	0,0
6	Ирга	1	5	17	23	0,1
7	Калина	22	5	11	38	0,1
8	Кохия	0	5		5	0,0
9	Крыжовник	0	0	1	1	0,0
10	Лещина	0	0	1	1	0,0
11	Лох	71	2	36	109	0,3
12	Миндаль	41	8	0	49	0,1
13	Можжевельник		2	0	2	0,0
14	Облепиха	12	3	3	18	0,0
15	Роза чайная	1	41	0	42	0,1
16	Сирень	2003	565	894	3462	8,2
17	Сумах	98	96	0	194	0,5
18	Шиповник	792	96	243	1131	2,7
	Итого:	26369	3646	12109	42124	100

Продолжение таблицы

№	Вид	Количество, экз.			Общее количество, экз.	Процентная доля
		1 участок	2 участок	3 участок		
<b>Плодовые кустарники</b>						
1	Виноград	1	0	0	1	0,1
2	Ежевика	1	0	0	1	0,1
3	Жимолость	1	1	119	121	18,0
4	Крыжовник	1	1	0	2	0,3
5	Малина	63	45	2	110	16,3
6	Смородина	239	108	91	438	65,1
	Итого:	306	155	212	673	100

Таблица 2 – Возрастной состав зеленых насаждений

Возраст	1 участок, экз.	2 участок, экз.	3 участок, экз.	Общий показатель, экз.
<b>Деревья</b>				
Молодые	42	78	54	58
Продуктивные	51	16	26	31
Перестойные	7	6	20	11
<b>Кустарниковые насаждения</b>				
Молодые	28	86	77	63,7
Продуктивные	68	4	18	30
Перестойные	4	10	5	6,3
<b>Плодовые насаждения</b>				
Молодые	71	100	99	90
Продуктивные	29	0	1	10
Перестойные	0	0	0	0

Процент продуктивных древесных насаждений на данный момент составил 96,2 %, изменение состояния в краткосрочной и долгосрочной перспективе составили 89,4 % и 80,5 % соответственно.

Процент продуктивных кустарниковых насаждений на данный момент составил 98,3 %, изменение состояния в краткосрочной и долгосрочной перспективе составили 91,6 % и 85,5 % соответственно.

Процент продуктивных плодовых кустарников на данный момент составил 98,7 %, изменение состояния в краткосрочной и долгосрочной перспективе составили одинаковый показатель – 95,5 %, в связи с тем, что отсутствовали перестойные насаждения.

Высокие показатели сохранения состояний насаждений в долгосрочной и краткосрочной перспективах зарегистрированы, в результате

того, что в возрастном составе преобладали молодые и продуктивные насаждения.

Из общего числа зеленых насаждений большую часть (92,3 %) составляли растения условно-здоровые и поврежденные в разной степени (от 1 до 4 баллов), меньшую часть – сухостойные (7,1 %) и аварийные (0,6 %).

Среди живых насаждений большую часть составили кустарники и деревья. Среди сухостойных и аварийных большая часть была без определения видовой принадлежности (рисунок 2).

Проведен сравнительный анализ состава зеленых насаждений по участкам, в результате которого выявлено, что распределение зеленых насаждений по территории города не равномерное. Наиболее озелененным оказался первый участок, средние показатели выявлены у третьего участка. Самые низкие показатели зарегистрированы на втором участке (рисунок

3). К сожалению, неоднородное распределение городских зеленых насаждений внутри современных городов, а также неравенство в качестве таких пространств приводят к некоторым явлениям отчуждения. Качественные оценки

могут выявить критические факторы внутри городской среды, тогда как количественные оценки могут выявить районы городов, лишенные преимуществ городских зеленых насаждений [13].



Рисунок 2 – Оценка жизненного состояния зеленых насаждений г. Аксу (%)

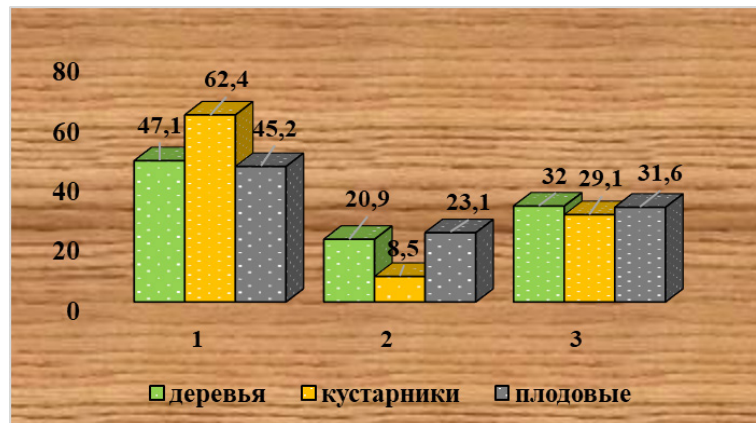


Рисунок 3 – Сравнительный анализ состава зеленых насаждений по участкам (%)  
1 – первый участок; 2 – второй участок; 3 – третий участок

Подсчитана демографическая ёмкость территории г. Аксу по зеленым насаждениям. Демографическая ёмкость – это максимальное количество жителей, которое может проживать в границах района, при условии обеспечения потребностей населения и сохранения экологического равновесия [14]. Она составила 62 941 жителей, что на 32 % больше фактически проживающих, потребности которых могут быть обеспечены за счёт ресурсов территории при сохранении экологического равновесия. В целом это

говорит о достаточно высокой продуктивности территории по кислороду, однако, кроме населения, необходимо учитывать потребление кислорода автотранспортом и коммунальными службами [14]. Более того г. Аксу и его окрестности характеризуются высоким уровнем техногенной нагрузки, обеспечиваемым деятельностью крупных промышленных предприятий со значительными мощностями производства, которые также расходуют кислород и являются источниками вредных выбросов в окружающую среду.

В результате анализа полученных данных, на одного жителя города Аксу приходится 13,5 км<sup>2</sup> зеленых насаждений общего пользования (при установленной норме 9,2 км<sup>2</sup> на человека), это довольно высокий показатель озеленённости, однако, учитывая низкую плотность и очень бедный ассортимент насаждений, как и их жизненное состояние, насаждения г. Аксу требуют серьезной реконструкции и новых подходов в озеленении.

В настоящее время существует множество различных способов озеленения городских территорий, с применением методов экологического озеленения, которые не используют интенсивный полив и химические удобрения, а сохраняют воду и стимулируют естественные процессы. Одними из самых популярных являются создание скверов и закладка садов над подземными гаражами, крышами зданий, актуальна система многоярусных скверов, в ряде городов также практикуется создание вертикального озеленения, которое позволяет использовать вертикальные площадки для выращивания растений [15–18].

Озеленение городских территорий помогает смягчить отрицательные последствия урбанизации, такие как загрязнение воздуха, снижение качества почвы и деградацию природных экосистем. Это способствует созданию более здоровой природной и социальной среды для жизни горожан, а также способствует сохранению экологического баланса в городе [19–23]. Согласно исследованию в Страсбурге (Франция), зеленые насаждения удаляют РМ<sub>10</sub> (7%) и 88 тонн загрязняющих веществ из атмосферы ежегодно. Исследование пришло к выводу, что городская зелень играет ключевую роль в обеспечении жителей чистым воздухом, а также то, что зеленые насаждения не могут обеспечить полное решение проблемы загрязнения воздуха, но могут поддерживать устойчивую городскую среду. Тем не менее, мы можем достичь цели создания устойчивой городской среды, сбалансировав зеленые насаждения и антропогенные источники [24]. Было обнаружено, что состав городской зелени и структура деревьев играют важную роль не только в фильтрации воздуха, но и в регулировании климата [25].

Таким образом, проведенная инвентаризация позволит заложить основу мониторинговых наблюдений за состоянием зеленых насаждений г. Аксу, что предусматривает следующие действия: улучшение качественного состава зеленых насаждений, применение в озеленении деревьев и кустарников, устойчивых к влиянию

антропо- и техногенных факторов, совершенствование системы ухода за зелеными насаждениями и повышение уровня применяемых средств и методов ландшафтного дизайна.

Инвентаризация зеленых насаждений территории города Аксу послужит основой для разработки программ и планов действий Акимата города по развитию системы озеленения его территории, практической деятельности предприятий и организаций, осуществляющих свою деятельность в регионе.

### **Заключение**

На территории города Аксу зарегистрировано 21 вид деревьев, 18 видов кустарниковых насаждений и 6 видов плодовых кустарников.

В структуре сообщества древесных насаждений лидируют клен и тополь. Яблоня, береза, сосна, вишня, ива, ель относятся к второстепенным видам. Сообщество кустарниковых насаждений отмечено как монодоминантное, абсолютным доминантом выступает вяз. Среди плодовых кустарников смородина является абсолютным доминантом, субдоминируют жимолость и малина.

По возрастному составу отмечено преобладание насаждений молодого и продуктивного возраста.

По жизненному состоянию отмечено преобладание условно здоровых насаждений и поврежденных в разной степени (от 1 до 4 баллов), меньшая часть была отмечена в категории сухостоя и аварийных, так как на исследуемых территориях всегда проводят уходные работы.

В результате инвентаризации основных объектов общего пользования выявлено, что на одного жителя приходится 13,5 м<sup>2</sup>, (при мин. норме – 9, 2 м<sup>2</sup>), что 46,7 % выше нормы.

Город Аксу имеет хороший показатель по площади озеленения, но в перспективе как краткосрочной, так и долгосрочной, необходимо взамен стареющих растений своевременно закладывать посадку новых.

### **Благодарность**

Заказчиком в проведении и финансировании работы по инвентаризации зеленых насаждений территории исследования выступал Акимат г. Аксу.

### **Конфликт интересов**

Авторы не имеют конфликта интересов.

### Литература

- 1 Русяев М. В., Гульмарал Н., Жарылқасын Ж. Ж., Кызкенова А. Ж. Сезонные особенности загрязнения воздуха г. Аксу Павлодарской области Казахстана // *The scientific heritage*. – 2019. – № 41. – С. 6–9.
- 2 Jabbar M., Yusoff M. M., Shafie A. Assessing the role of urban green spaces for human well-being: a systematic review // *GeoJournal*. – 2022. Vol. 87, P. 4405–4423. <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10474-7>
- 3 Kabisch N. The Influence of Socio-economic and Socio-demographic Factors in the Association Between Urban Green Space and Health. In: Marselle, M., Stadler, J., Korn, H., Irvine, K., Bonn, A. (eds) *Biodiversity and Health in the Face of Climate Change*. – Springer, Cham. – 2019. – P. 91–119. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8_5)
- 4 Hunter R. F., Cleary A., Braubach M. Environmental, Health and Equity Effects of Urban Green Space Interventions. In: Marselle, M., Stadler, J., Korn, H., Irvine, K., Bonn, A. (eds) *Biodiversity and Health in the Face of Climate Change*. Springer, Cham. – 2019. – P. 381–409. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8_17)
- 5 Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗПК. Электрон. ресурс. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>
- 6 Лесной кодекс Республики Казахстан Обновленный. Кодекс Республики Казахстан от 8 июля 2003 года № 477. Электрон. ресурс. URL: [https://adilet.zan.kz/rus/docs/K030000477\\_](https://adilet.zan.kz/rus/docs/K030000477_)
- 7 СНиП РК 3.01-01-2008 Градостроительство Планировка и застройка городских и сельских населенных пунктов Электрон. ресурс. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30503178](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30503178)
- 8 СНиП РК 3.01-03-2010 Правила по благоустройству территорий населенных пунктов. Электрон. ресурс. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30944162](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30944162)
- 9 СНиП РК 1.03-06-2002 Строительное производство. организация строительства предприятий, зданий и сооружений. Электрон. ресурс. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30002343](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30002343)
- 10 Закон Республики Казахстан Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан, 2001. Электрон. ресурс. URL: [https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000242\\_](https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000242_)
- 11 СП РК 3.01-105-2013 Благоустройство территорий населенных пунктов. Электрон. ресурс. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=35427791](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35427791)
- 12 Правила содержания и защиты зеленых насаждений Павлодарской области. – Павлодар, 2018. – 106 с.
- 13 Buffoli, M., Vilella, F., Voynov, N. S., Rebecchi, A. Urban Green Space to Promote Urban Public Health: Green Areas' Design Features and Accessibility Assessment in Milano City, Italy. In: Calabrò, F., Della Spina, L., Piñeira Mantiñán, M.J. (eds) *New Metropolitan Perspectives. NMP 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, Springer, Cham. – 2022. – vol 482. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-06825-6\\_189](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06825-6_189)
- 14 Хомич В. А. Экология городской среды: Учеб. пособие для вузов. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. – 267 с.
- 15 John Brookes *Garden Design : The Complete Practical Guide to Planning, Styling and Planting Any Garden*. – EastbourneUK: Gardners Books, 2005. – 384 p.
- 16 Tim Newbury. *The Ultimate Garden Designer*. London: Hamlyn, 2010. – 256 p.
- 17 Chris Van Uffelen. *Collection: Landscape Architecture*. – UNKNO, 2009. – 512 p.
- 18 Lou H., Yang S., Zhao C., Wang Z., Liu X., Shi L., Wu L., Hao F., & Cai M.. Combining multi-source data to explore a mechanism for the effects of micrometeorological elements on nutrient variations in paddy land water // *Paddy and Water Environment*. – 2017. – Vol. 15, No 3. – P. 513–524. <https://doi.org/10.1007/s10333-016-0568-5>
- 19 Duan J., Wang Y., Fan C., Xia B., Groot R. Perception of urban environmental risks and the effects of urban green infrastructures (UGIs) on human well-being in four public green spaces of Guangzhou China // *Environmental Management*. – 2018. – Vol. 62, No 3. – P. 500–517. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1068-8>
- 20 Taylor L., Hahs A. K., Hochuli D. F. Wellbeing and urban living: Nurtured by nature // *Urban Ecosystems*. – 2018. – Vol. 21, No 1. – P. 197–208. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0788-0>
- 21 Tsai W.-L., McHale M. R., Jennings V., Marquet O., Hipp J. A., Leung Y.-F., Floyd M. F. Relationships between characteristics of urban green land cover and mental health in US metropolitan areas // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2018. – Vol. 15, No 2. – P. 340. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020340>
- 22 Wang R., Helbich M., Yao, Y., Zhang J., Liu P., Yuan Y., Liu Y. Urban greenery and mental wellbeing in adults: Cross-sectional mediation analyses on multiple pathways across different greenery measures // *Environmental Research*. – 2019. – Vol. 176, 108535. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108535>
- 23 Wang R., Zhao J., Meitner M. J., Hu Y., Xu X. Characteristics of urban green spaces in relation to aesthetic preference and stress recovery // *Urban Forestry & Urban Greening*. – 2019. – Vol. 41. – P. 6–13.
- 24 Selmi W., Weber C., Rivière E., Blond N., Mehdi L., Nowak, D. Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France // *Urban for Urban Green*. – 2016. – Vol. 17. – P. 192–201.
- 25 Enssle F., Kabisch N. Urban green spaces for the social interaction, health, and well-being of older people: An integrated view of urban ecosystem services and socio-environmental justice // *Environmental Science & Policy*. – 2020. – Vol. 109. – P. 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.04.008>

## References

- 1 Rusjaev, M.V., Gul'maral, N., Zharykasy, Zh.Zh., Kyzkenova, A.Zh. (2019) Sezonnye osobennosti zagryaznenija vozduha g. Aksu Pavlodarskoj oblasti Kazahstana [Seasonal features of air pollution in the city of Aksu, Pavlodar region of Kazakhstan]. *The scientific heritage*, no 41 pp. 6–9.
- 2 Jabbar, M., Yusoff, M.M. & Shafie, A. (2022) Assessing the role of urban green spaces for human well-being: a systematic review. *GeoJournal*. vol. 87, pp. 4405–4423. <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10474-7>
- 3 Kabisch, N. (2019). The Influence of Socio-economic and Socio-demographic Factors in the Association Between Urban Green Space and Health. In: Marselle, M., Stadler, J., Korn, H., Irvine, K., Bonn, A. (eds) *Biodiversity and Health in the Face of Climate Change*. Springer, Cham, pp. 91–119. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8_5)
- 4 Hunter, R.F., Cleary, A., Braubach, M. (2019). Environmental, Health and Equity Effects of Urban Green Space Interventions. In: Marselle, M., Stadler, J., Korn, H., Irvine, K., Bonn, A. (eds) *Biodiversity and Health in the Face of Climate Change*. Springer, Cham, pp. 381–409. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02318-8_17)
- 5 Jekologicheskij kodeks Respubliki Kazahstan ot 2 janvarja 2021 goda № 400-VI ZRK. Jelektron. resurs. URL: [Environmental Code of the Republic of Kazakhstan] <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>
- 6 Lesnoj kodeks Respubliki Kazahstan Obnovlennyj. Kodeks Respubliki Kazahstan ot 8 ijulja 2003 goda № 477. Jelektron. resurs. [Forest Code of the Republic of Kazakhstan] URL: [https://adilet.zan.kz/rus/docs/K030000477\\_](https://adilet.zan.kz/rus/docs/K030000477_)
- 7 SNiP RK 3.01-01-2008 Gradostroitel'stvo Planirovka i zastrojka gorodskih i sel'skih naselennyh punktov Jelektron. resurs. [Urban planning Planning and development of urban and rural settlements]. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30503178](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30503178)
- 8 SNiP RK 3.01-03-2010 Pravila po blagoustrojstvu territorij naselennyh punktov [Rules for the improvement of territories of settlements]. Jelektron. resurs. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30944162](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30944162)
- 9 SNiP RK 1.03-06-2002 «Stroitel'noe proizvodstvo. organizacija stroitel'stva predpriyatij, zdaniy i sooruzhenij». [Construction production. organization of construction of enterprises, buildings and structures]. Jelektron. resurs. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=30002343](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30002343)
- 10 Zakon Respubliki Kazahstan Ob arhitekturnoj, gradostroitel'noj i stroitel'noj dejatel'nosti v Respublike Kazahstan, 2001 [Law of the Republic of Kazakhstan On architectural, urban planning and construction activities in the Republic of Kazakhstan]. Jelektron. resurs. URL: [https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000242\\_](https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000242_)
- 11 SP RK 3.01-105-2013 Blagoustrojstvo territorij naselennyh punktov [Improvement of territories of settlements]. Jelektron. resurs. URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=35427791](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35427791)
- 12 Pravila soderzhaniya i zashhity zelenyh nasazhdenij Pavlodarskoj oblasti (2018) [Rules for the maintenance and protection of green spaces in Pavlodar region]. – Pavlodar. – 106 p.
- 13 Buffoli, M., Vilella, F., Voynov, N.S., Rebecchi, A. (2022). Urban Green Space to Promote Urban Public Health: Green Areas' Design Features and Accessibility Assessment in Milano City, Italy. In: Calabrò, F., Della Spina, L., Piñeira Mantiñán, M.J. (eds) *New Metropolitan Perspectives*. NMP 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 482. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-06825-6\\_189](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06825-6_189)
- 14 Homich V. A. (2002) *Jekologija gorodskoj sredy: Ucheb. posobie dlja vuzov*. [Ecology of the urban environment: Textbook. manual for universities] – Omsk: Izd-vo SibADI, 267 p.
- 15 John Brookes (2005) *Garden Design : The Complete Practical Guide to Planning, Styling and Planting Any Garden*. – EastbourneUK: Gardners Books, 384 p.
- 16 Tim Newbury (2010). *The Ultimate Garden Designer*. London: Hamlyn, 256 p.
- 17 Chris Van Uffelen (2009). *Collection: Landscape Architecture*. – UNKNO, 512 p.
- 18 Lou, H., Yang, S., Zhao, C., Wang, Z., Liu, X., Shi, L., Wu, L., Hao, F., & Cai, M. (2017). Combining multi-source data to explore a mechanism for the effects of micrometeorological elements on nutrient variations in paddy land water. *Paddy and Water Environment*, Vol. 15, No 3. – P. 513–524 <https://doi.org/10.1007/s10333-016-0568-5>
- 19 Duan, J., Wang, Y., Fan, C., Xia, B., & de Groot, R. (2018). Perception of urban environmental risks and the effects of urban green infrastructures (UGIs) on human well-being in four public green spaces of Guangzhou China. *Environmental Management*, Vol. 62, No 3. – P. 500–517. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1068-8>
- 20 Taylor, L., Hahs, A. K., & Hochuli, D. F. (2018). Wellbeing and urban living: Nurtured by nature. *Urban Ecosystems*, Vol. 21, No 1. – P. 197–208. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0788-0>
- 21 Tsai, W.-L., McHale, M. R., Jennings, V., Marquet, O., Hipp, J. A., Leung, Y.-F., & Floyd, M. F. (2018). Relationships between characteristics of urban green land cover and mental health in US metropolitan areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 15, No 2. – 340 p. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020340>
- 22 Wang, R., Helbich, M., Yao, Y., Zhang, J., Liu, P., Yuan, Y., & Liu, Y. (2019). Urban greenery and mental wellbeing in adults: Cross-sectional mediation analyses on multiple pathways across different greenery measures. *Environmental Research*, – Vol. 176, 108535. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108535>
- 23 Wang, R., Zhao, J., Meitner, M. J., Hu, Y., & Xu, X. (2019b). Characteristics of urban green spaces in relation to aesthetic preference and stress recovery. *Urban Forestry & Urban Greening*, – Vol. 41. – pp. 6–13.
- 24 Selmi, W., Weber, C., Rivière, E., Blond, N., Mehdi, L., & Nowak, D. (2016). Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. *Urban for Urban Green*, Vol. 17. – pp. 192–201.
- 25 Enssle, F., & Kabisch, N. (2020). Urban green spaces for the social interaction, health, and well-being of older people: An integrated view of urban ecosystem services and socio-environmental justice. *Environmental Science & Policy*, Vol. 109. – P. 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.04.008>







2-бөлім  
**МИКРОБИОЛОГИЯ**

---

Section 2  
**MICROBIOLOGY**

---

Раздел 2  
**МИКРОБИОЛОГИЯ**

I.S. Savitskaya<sup>1</sup> , A. S. Kistaubayeva<sup>1</sup> , D. Kh. Shokatayeva<sup>1\*</sup> ,  
I.I. Abashidze<sup>2</sup> , F.S. Seishanlo<sup>1</sup> , A.N. Amangeldy<sup>1</sup> 

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

<sup>2</sup>«AMD Clinic» LLP, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: dina\_ibrayeva\_91@mail.ru

## CREATION OF AN IMMOBILIZED PROBIOTIC BASED ON BACTERIAL CELLULOSE FOR THE CORRECTION OF THE INTESTINAL MICROBIOME

The structural features of bacterial cellulose (BC) make it very popular to use it for creating composite materials. Immobilization of bacteria of the *Bacillus* genus in BC polymer gives the carrier matrix new functional properties that help restore and maintain a favorable balance of microflora in the gastrointestinal tract. The addition of sodium alginate had a positive effect on the synthesis of BC by *K. xylinus* C-3, providing a polymer yield of 12.11 g/l. The "adsorption-incubation" method was used for surface and spatial immobilization of *Bacillus subtilis*, which provides a high concentration of cells – 10<sup>8</sup> CFU per 1 g of carrier. The BC/*Bacillus* biocomposite inhibited the growth of *E. coli*, *S. typhi*, *S. typhimurium*, *Citr. aerogenes*, and *P. vulgaris* up to 85.4% after 24 hours of contact, and after 72 hours completely inhibited the growth and viability of test organisms *in vitro*. Immobilized probiotics significantly exceeded the suspension of free microbial cells in terms of resistance to gastric juice. The activity of probiotics *in vivo* determined on models of experimental dysbiosis. Probiotic microgranules of BC/*B.subtilis* can be used to correct the microbiocenosis of the large intestine.

**Key words:** bacterial cellulose, *B. subtilis*, dysbiosis.

И.С. Савицкая<sup>1</sup>, А.С. Кистаубаева<sup>1</sup>, Д.Х. Шокатаева<sup>1\*</sup>,  
И.И. Абашидзе<sup>2</sup>, Ф.С. Сейшанло<sup>1</sup>, А.Н. Амангелді<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>«AMD Clinic» LLP, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: dina\_ibrayeva\_91@mail.ru

### Ішек микробиомасын түзету үшін бактериялық целлюлоза негізінде иммобилизацияланған пробиотик жасау

Құрылымдық қасиеттерінің ерекше болғандығына байланысты композициялық материалдарды жасау үшін бактериялық целлюлозаны (БЦ) қолданған ыңғайлы. *Bacillus* тектес бактериялардың БЦ полимеріне иммобилизациялануы, тасымалдағыш матрицаға асқазан-ішек жолындағы микрофлораның тепе-теңдігін қалпына келтіруіне және сақтауға ықпал ететін жаңа функционалдық қасиеттер береді. БЦ-ға натрий альгинатының қосылуы *K. xylinus* C-3 синтезіне оң әсерін берді және 12,11 г/л полимер шығымын қамтамасыз етті. «Адсорбция-инкубация» әдісі *Bacillus subtilis*-тің беткі және кеңістіктік иммобилизациясы үшін қолданылды, бұл 1 г тасымалдаушыға 10<sup>8</sup> КТБ/ 1 г тасымалдағышқа жоғары жасуша концентрациясын қамтамасыз етеді. BC/*Bacillus* биокөмізді 24 сағаттық байланыста *E. coli*, *S. typhi*, *S. typhimurium*, *Citr. aerogenes*, *P. vulgaris* өсуін 85,4%-ға дейін басады, ал 72 сағаттан кейін *in vitro* жағдайында тест-бактериялардың өсуі мен өміршеңдігін толығымен тежеді. Иммобилизацияланған пробиотиктер асқазан сөліне төзімділігі бойынша бос микроб жасушаларының суспензиясына қарағанда айтарлықтай жоғары болды. Пробиотиктердің белсенділігі *in vivo* эксперименттік дисбиоз үлгілері арқылы анықталды. Тоқ ішектің микробиоценозын түзету үшін БЦ/*B.subtilis* пробиотикалық микрогранулаларын қолдануға болады.

**Түйін сөздер:** бактериялық целлюлоза, *B. subtilis*, дисбактериоз.



И.С. Савицкая<sup>1</sup>, А.С. Кистаубаева<sup>1</sup>, Д.Х. Шокатаева<sup>1\*</sup>,  
И.И. Абашидзе<sup>2</sup>, Ф.С. Сейшанло<sup>1</sup>, А.Н. Амангелді<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>ТОО «AMD Clinic», Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: dina\_ibrayeva\_91@mail.ru

### Создание иммобилизованного пробиотика на основе бактериальной целлюлозы для коррекции кишечного микробиома

Структурные особенности бактериальной целлюлозы (БЦ) обеспечивают большую популярность ее использования для создания композитных материалов. Иммобилизация бактерий рода *Bacillus* в полимере БЦ придает матрице-носителю новые функциональные свойства, способствующие восстановлению и поддержке благоприятного баланса микрофлоры в ЖКТ. Внесение альгината натрия положительно влияло на синтез БЦ *K. xylinus* C-3, обеспечивая выход полимера – 12,11 г/л. Использован метод «адсорбции-инкубации» для поверхностной и пространственной иммобилизации *Bacillus subtilis*, обеспечивающий высокую концентрацию клеток – 10<sup>8</sup> КОЕ на 1 г носителя. Биокompозит БЦ/*Bacillus* подавлял рост *E. coli*, *S. typhi*, *S. typhimurium*, *Citr. aerogenes*, *P. vulgaris* до 85,4% после 24-часового контакта, а по истечении 72 часов полностью ингибировал рост и жизнеспособность тест-организмов в условиях *in vitro*. Иммобилизованные пробиотики по уровню резистентности к воздействию желудочного сока значительно превосходили суспензию свободных клеток микроорганизмов. Активность пробиотиков в условиях *in vivo* определяли на моделях экспериментального дисбактериоза. Пробиотические микрогранулы БЦ/*B. subtilis* могут быть использованы для коррекции микробиоценоза толстого кишечника.

**Ключевые слова:** бактериальная целлюлоза, *B. subtilis*, дисбактериоз.

#### Abbreviations

BC – bacterial cellulose, gastrointestinal tract – gastrointestinal tract, GPB – granules with probiotics

#### Introduction

The design features of bacterial cellulose (BC): micro- and nanofibrillar structure, high porosity and crystallinity create a huge potential for creating various composite materials based on it [1-2]. A characteristic structural feature of the BC is that the aggregates of fibrils occupy an insignificant part of the volume, which makes it possible to introduce into the BC not only a variety of substances, including those with biological activity, but also cells of prokaryotic or eukaryotic organisms. They give the cellulose carrier matrix new functional properties.

One of the promising areas of modern biotechnology is the development of medicines based on biologically active substances produced by bacteria, including representatives of the *Bacillus* genus [3]. According to recent studies, the use of *Bacillus* species as probiotics has gained great interest [4]. These bacteria are effective in preventing respiratory infections and gastrointestinal disorders, as well as in overcoming symptoms associated with irritable bowel syndrome [5-6]. The presence of *B. subtilis* contributes to the maintenance of a favorable balanced microbiota in the gut and enhances the growth and viability of probiotic cells of lactic

acid bacteria [7]. It has also been suggested that these probiotic properties are related to its ability to stimulate the immune system [5] and the production of antimicrobial substances [8-9], or even to induce signal interference against pathogens [10]. Such purposeful correction of disturbed biochemical and physiological processes by introducing the necessary saprophytic bacteria that produce biologically active substances is commonly called the “microbial saprophytic pharmacopoeia”.

Successful immobilization of bacteria [11-13] on BC with the preservation and even increase of their physiological activity served as the basis for conducting this study aimed at creating a biocomposite material with antimicrobial and probiotic properties by including bacterial cells of the *Bacillus* genus in BC. **The aim of the study is to develop an immobilized probiotic for the correction of microecological disorders in the intestine.**

#### Materials and Methods

##### 2.1 Research objects

1. *Komagataeibacter xylinus* C-3 – BC strain producer;
2. *Bacillus subtilis* 3H strain isolated from Bac-tisporin preparation;
3. Test microorganisms, obtained from the American type culture collection: *E.coli*, *S.typhi*, *S.typhimurium*, *Citr.aerogenes*, *P.vulgaris*.
4. 40 male mongrel rats weighing 180-220 g.

### 2.2 Obtaining BC in submerged culture cultivation conditions

Cellulose synthesis by strains of acetic acid bacteria was carried out on nutrient media containing aqueous solutions of yeast extract, glucose, peptone, ethanol, and NaAlg at concentrations determined as a result of optimizing the nutrient medium with a pH of 5.9-6.0. The inoculum was a 48-hour culture of acetic acid bacteria grown on a medium containing yeast extract and beer wort in a ratio of 1: 1 with 2 wt. % glucose 1 vol. % of ethanol. Cultivation was performed on a Biosan ES-20 orbital thermoshaker at 30°C for 7 days. The globules were then washed from the NaOH solution with distilled water, 0.5% acetic acid solution, and again distilled water until a neutral reaction was achieved. The resulting globules were stored in distilled water at 5°C. The biomass of BC globules was determined after preliminary drying in a dry-fire thermostat at 80°C to a constant sample weight.

### 2.3 Immobilization of *Bacillus subtilis* 3H bacteria into BC matrix by “adsorption-incubation” method

At the stage of “adsorption”, the biomass of a 48-hour culture of *Bacillus subtilis* bacteria was suspended in a phosphate buffer solution (cell titer  $10^{10}$  CFU/ml). BC granules were autoclaved at 0.35 bar at 110°C for 30 minutes. Then BC granules were added to the cell suspension and incubated for 96 hours with continuous weak stirring (120 rpm). The liquid was decanted, and the globules were washed from weakly attached cells with sterile saline solution.

At the “incubation” stage, BC with immobilized bacterial cells were placed in sterile Erlenmeyer flasks with liquid nutrient broth and incubated at 30°C for 96 hours.

After the immobilization procedure, the wet granules were freeze-dried at 40°C, 5 mbar for 48 hours (Telstar LyoQuest-55, Spain). After lyophilization, 10 ml of saline solution was added to each sample and cell viability was determined by seeding serial dilutions of the resulting suspension on nutrient agar. Colony forming units were counted after 24-hour incubation at 37°C.

### 2.4 Determination of the number of live cells in BC granules

Granules with bacterial cells were washed with sterile saline solution and cleaved with the cellulase enzyme (100 ml/1 0.05 M citrate buffer, pH 4.8, Sigma Aldrich). The bacterial suspension obtained by splitting the globules with cellulase was suspended in 1 ml of a phosphate buffer solution. The number of immobilized microorganisms was determined by

two methods: (a) by the optical density of the culture suspension at a wavelength of 650 nm (Infinite 200 PRO NanoQuant, Tecan, Switzerland) and (b) by inoculation of consecutive ten-fold dilutions on nutrient agar (Biocorp). After incubation of the dilutions for 24 h at 37°C, the grown colonies were counted and the content of live bacteria in 1 g of cellulose was calculated. The optical density of the bacterial suspension was used to determine the number of viable and dead bacteria, while inoculation on bacteriological media allowed us to determine only viable microbial cells.

The efficiency of immobilization of bacterial cells in BC was quantified by the method described by Leboffe and Pierce [14]. The average cell density (cells/g) was calculated as follows: the number of cells immobilized inside the BC polymer + the number of cells adsorbed on the BC surface/ weight of the cellulose film. Immobilization efficiency, % = total number of cells immobilized on BC/total number of cells in the inoculum \* 100%.

### 2.5 Determination of the antagonistic activity of BC granules

The antagonistic activity of BC granules based on it was determined by the method of co-cultivation of target microorganisms with experimental samples (Time-kill test).

This test is described in detail in the M26-A CLSI document [15]. BC biocomposites weighing 1 gram were placed in test tubes with a liquid nutrient medium inoculated with target microorganisms with a cell concentration of  $5 \times 10^5$  CFU / ml, and then incubated in a shaker at 37°C for 24 hours. The medium with the test strain without adding BC samples was used as a control. The percentage of dead cells relative to the growth control was then calculated at various time intervals (0, 1, 6, 10, and 24 hours). To do this, 50 µl of bacterial suspension was taken from each tube, inoculated on nutrient agar, and incubated at 37°C for 48 hours to count colony-forming units and determine the number of living cells (CFU/ml). The decrease in the number of bacteria was estimated by the following formula:  $R (\%) = AB/A \times 100\%$ , where R is the percentage of the number of bacteria, A is the number of bacteria in the control group (without adding cellulosic materials), and B is the number of bacteria grown in test tubes with biocomposites. The bactericidal effect of samples is considered when 90% of cell lethality is achieved in 6 hours, which is equivalent to 99.9% of bacterial lethality in 24 hours [16].

### 2.6 Induction of experimental dysbiosis in rats

Before the introduction of the antibiotic, feces of intact animals were plated on differential diagnostic

media to determine the content of the main groups of indigenous bacteria in the intestines of rats.

Starting from the next day, after the preliminary study, animals divided into 4 groups (5 individuals each) received ampiox intragastrically for five days at a dose of 40 mg per day for 5 days. The first group received only an antibiotic, the second – BC/*Bacillus* microgranules after etiotropic therapy, the third – free *Bacillus cells* after taking ampiox, the fourth group – intact animals.

The analysis was performed 5 days later (immediately after discontinuation of the antibiotic) and 20 days after the start of the experiment. The main criteria for the bacteriological effectiveness of this method were the population level of bifidobacteria, lactobacilli and *Escherichia* with unchanged enzymatic properties, as well as qualitative and quantitative characteristics of the content of opportunistic microorganisms in feces. The results of microbiosis correction were evaluated by the traditional bacteriological method [17].

## Results and Discussion

### 3.1 Preparation of bacterial cellulose globules with probiotic bacteria

The most general definition of probiotics is microorganisms that, when administered in adequate amounts, have a beneficial effect on the host's body. Their beneficial effect is achieved by restoring and maintaining the gut's own microflora, i.e. they eliminate dysbiotic disorders and associated gastrointestinal dysfunctions [18]. Recently, bacteria of the *Bacillus* genus, especially *B. subtilis*, have gained great interest as probiotic microorganisms due to their ability to maintain a favorable balance of microflora in the gastrointestinal tract. This is due to the antagonism of *B. subtilis* against a wide range of pathogenic and opportunistic microorganisms, self-elimination from the gastrointestinal tract, stimulating effect on digestion, anti-allergenic, antitoxic, sanitizing and restorative effects on the body [19; 4]. In this regard, the second way of using BC considered in this paper is the development of an immobilized probiotic for the correction of microecological disorders in the intestine.

Probiotics are available in various forms: food, capsules, sachets, or tablets, but what they have in common is that they are administered orally [20-21]. To be able to influence the gut microbiota, probiotic microorganisms must survive in the consumed food during the shelf life and transit period in acidic conditions of the stomach and resist degradation by hydrolytic enzymes and bile salts in the upper

intestine. Available information on the viability of probiotics containing *Bacillus* bacteria in the gastrointestinal tract is contradictory. On the one hand, since *B. subtilis* spores are able to survive in conditions of extreme pH and low oxygen content, a large number of dormant but viable microbes can reach the lower parts of the intestine and carry out beneficial effects [7]. On the other hand, a number of studies have established that not all the introduced bacteria reach the target niche – the large intestine [8]. Providing probiotic living cells with a physical barrier against adverse conditions is an approach that is currently receiving considerable interest. One of these methods is their immobilization on a polysaccharide matrix. A promising matrix is bacterial cellulose (BC), which is attracting increasing interest from the scientific community due to its suitability for cell immobilization processes, including probiotics. Researchers working on this problem immobilized strains of *Lactobacillus spp.* It was found that this method provided high-level protection of these microorganisms from the effects of gastric juice and bile salts [22-23]. However, a view of the available literature has shown that so far no studies have been conducted to assess the feasibility of using BC as a carrier for immobilizing *Bacillus* bacteria.

The use of probiotics implies their use *per os*. In this regard BC granules in the form of granules were obtained, in which probiotic bacteria were included by spatial immobilization.

Cultivation conditions affect the morphology of BC. Under static conditions, bacteria accumulate on the oxygen-rich surface of the nutrient broth to form intertwined ribbons with a low organizational structure. This morphology can be improved by producing BC in a submerged agitated culture, where the bacteria are well dispersed in the suspension of the culture medium. Under such cultivation conditions, cellulose can be obtained as a suspension of fibrils, irregular globules, granules or spheres.

BC production by this method was carried out under mixing conditions on an orbital thermoshaker Biosan ES-20 at 180 rpm.

It is believed that the submerged method of obtaining BC allows achieving higher productivity [24-25]. However, BC is an insoluble polymer in water, so with increasing its concentration, the viscosity of the culture medium increases.

Therefore, when cultivating producers in this way, the cellulose synthesized by them often forms large lumps, irregular globules, and amorphous filaments. This leads to a decrease in the supply of

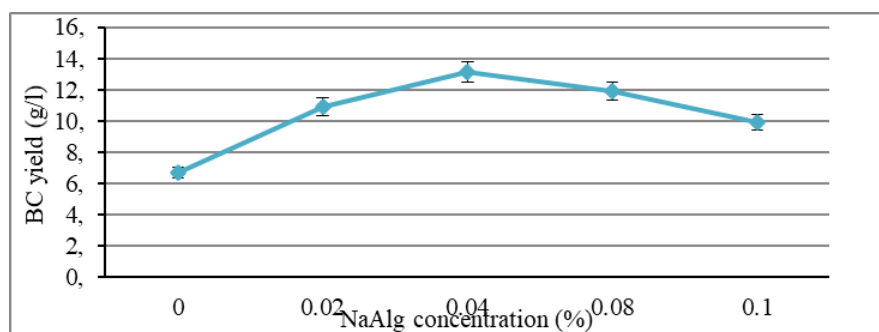
nutrients and oxygen to bacterial cells. As a result, the yield of cellulose decreases, and it can often have an uneven structure and altered properties.

Recently, there have been several reports that the addition of water-soluble polymers such as xanthan, agar, polyacrylamide-co-acylic acid, and acetate can reduce the shear stress, i.e., prevent BC coagulation during cultivation, inducing the formation of homogeneous small granules [26-27].

Given that sodium alginate is also a water-soluble polysaccharide, and since it contains many

-COOH and -OH groups, it was suggested that adding it to the culture medium can stimulate the level of synthesis and obtain a polymer of regular structure. To determine the effect of sodium alginate, the BC producing strain was cultured in a medium with different concentrations of NaAlg and without it.

The results of the experiment on obtaining BC by strain of *K.xylinus* C-3 in a medium containing NaAlg in the concentration range of 0-0.1% are shown in Figure 1.



**Figure 1** – Effect of adding sodium alginate to the medium on the synthesis of bacterial cellulose under submerged conditions

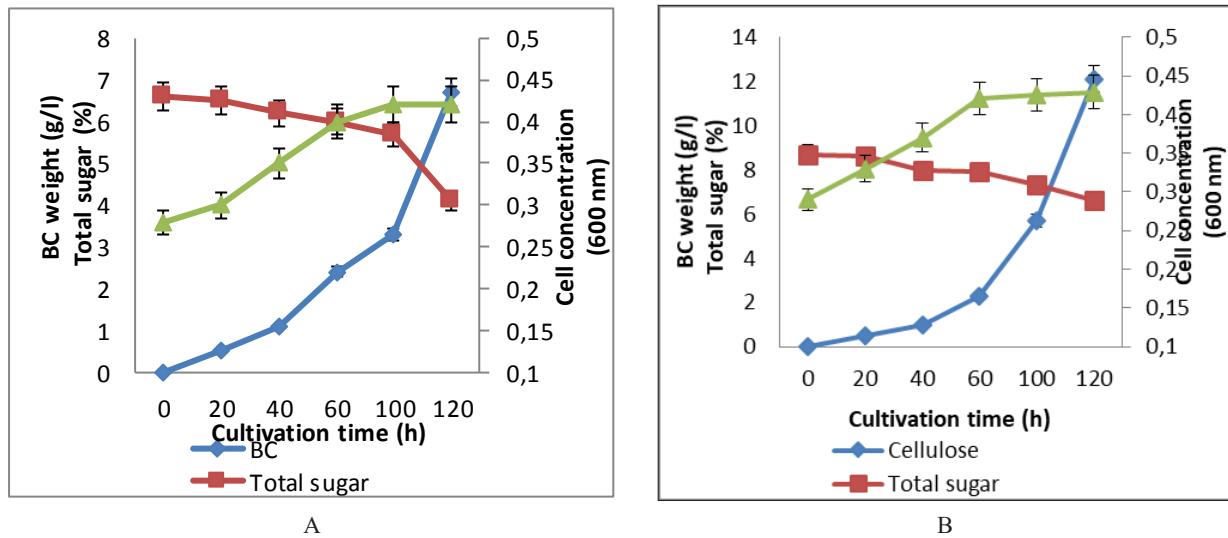
It was found that the introduction of alginate has a positive effect on the formation of BC by *K. xylinus* C-3. Moreover, the optimal NaAlg concentration is 0.04%. So, if the BC yield in the medium without sodium alginate was 6.7 g/l, then in the presence of 0.04% NaAlg in the medium, the synthesis was significantly higher – 12.11 g/l. It should be noted that a further increase in the concentration of sodium alginate to 0.1% leads to a gradual decrease in the level of BC synthesis. Most likely, a higher concentration of sodium alginate increases the viscosity of the medium, which reduces the efficiency of biosynthesis of this polymer by the producing strain.

The time intervals of cellulose production, cell concentration, and total sugar content in the mixed cultures are shown in Figure 2.

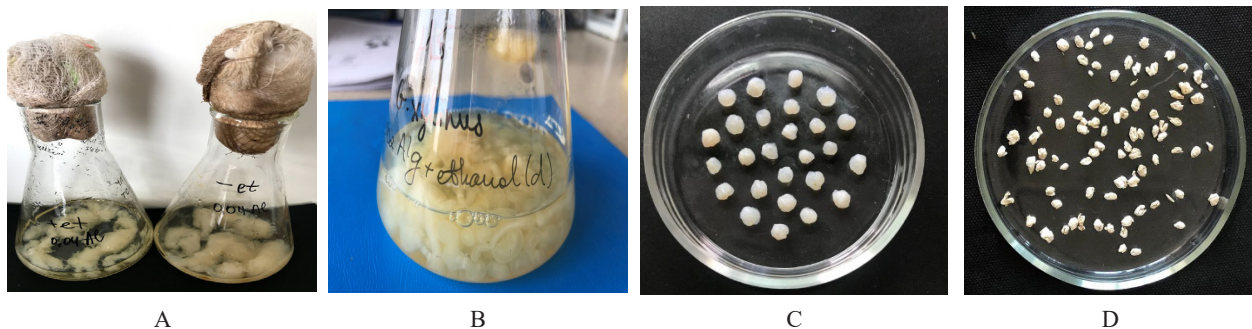
In the absence of NaAlg, cells grew exponentially after a 24-hour lag period and linearly between 48 and 72 hours of culture time, then reached a stationary phase. However, the addition of 0.04% NaAlg shortens the lag period and accelerates cell growth in the early phase of culture. In addition, when the culture reached the logarithmic period, cellulose also began to form and increase due to continuous cell growth regardless of the presence of

NaAlg in the medium. Total sugar consumption in the medium with and without sodium alginate was similar. However, the total sugar consumption of *K. xylinus* C-3 in the medium with the addition of 0.04% NaAlg was 2.0%, than 1.5% in the control medium without NaAlg. In addition, the final cellulose yield was 27% of the total sugar initially added in the presence of 0.04% NaAlg, compared to 24% in the control. Thus, the addition of 0.04% NaAlg promoted cell growth and enhanced BC production in shaker flasks.

BC formed in submerged conditions in a medium without alginate is a large oval or irregular globules, may look like disordered and fibrous clusters, large lumps (Figure 3A). When alginate is added, small oval globules are formed. Cellulose globules formed in a stirred culture in a medium with the addition of NaAlg are shown in **Figure 3 B**. The globules were separated and periodically washed with 0.5-1% aqueous NaOH solution at boiling until the cells were removed. The cellulose globules were then washed from the NaOH solution with distilled water, 0.5% acetic acid solution, and again distilled water until a neutral reaction was achieved. The resulting cellulose globules were stored in distilled water at 5°C.



**Figure 2** – Dynamics of cellulose synthesis by *Komagataeibacter xylinus* C-3 strain in submerged culture (A – standard medium; B – jmedium with NaAlg)



**Figure 3** – BC globules formed under submerged cultivation conditions (A – BC globules obtained during cultivation of the producer without alginate; B – with the addition of alginate; C – wet globules after purification; D – dried cellulose samples)

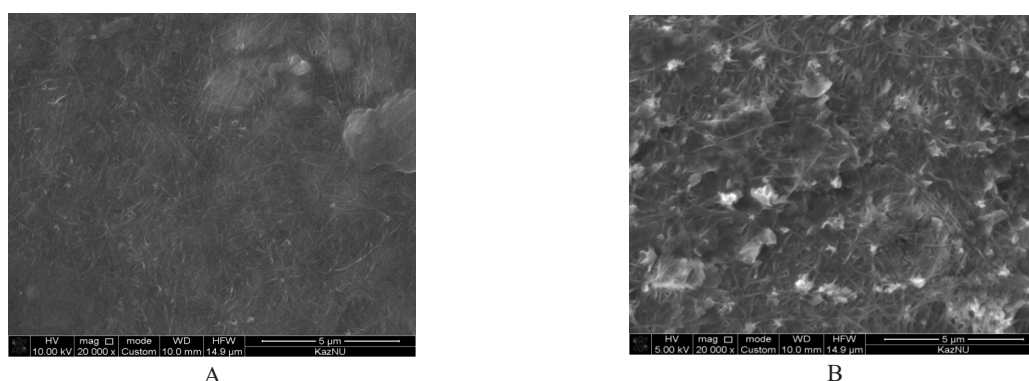
Alginate can reduce the viscosity of the broth, reducing the shear stress, and, due to this, prevent BC coagulation during cultivation. Small granules formed in the alginate medium are more advantageous for transferring nutrients and oxygen to bacterial cells located inside and on the surface of the cellulose matrix. This is one of the reasons for stimulating BC synthesis in a medium with alginate or other water-soluble polysaccharides [26].

Cellulose synthesized during agitated culture can often have an uneven structure and altered properties: a lower degree of polymerization, mechanical strength, and crystallinity than those produced during static cultivation [27-28]. Since the structure of cellulose varies depending on the state of the culture, such as additives, the structural characteristics of BC obtained in media with and without NaAlg are compared using scanning electron

microscopy (SEM). The structural characteristics of the BC synthesized in the medium with and without NaAlg addition were analyzed using a scanning electron microscope are shown in **Figure 4**.

The fibers of the film obtained under agitated culture conditions in the control medium without NaAlg were characterized by a more compact and strongly elongated structure than in the medium with the addition of NaAlg.

There were a lot of NaAlg particles on the surface of the matrix. The inner layer consisted of many ultrathin fibrils that were bent and twisted with each other. The fibers had a large width. Since the width of the fibers affects such properties of BC as water retention and mechanical strength, the consumer qualities of this type of cellulose increase. This will expand the scope of application of the BC.

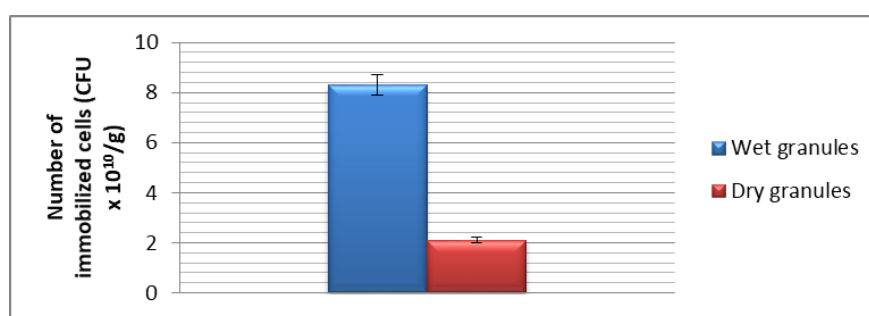


**Figure 4** – Scanning electron micrographs of bacterial cellulose obtained under agitated culture conditions (A – standard medium; B – medium with NaAlg)

BC obtained in a medium with the addition of sodium alginate consisted of a three-dimensional matrix with a large number of pores. Compared to smooth surfaces, the three-dimensional structure of BC creates favorable conditions for cell adhesion. The number of pores in the BC is influenced by the conditions of post-processing, which is carried out to purify it. A recent study showed an increase in total porosity after alkaline treatment of the BC with NaOH. This was due to the fact that this purification helps to release the space normally occupied by producer cells [29]. The addition of porogens to the growing culture during the BC biosynthesis process can regulate the pore size and porosity of the final structure. An increase

in the pore diameter was observed when alginate was incorporated into the BC structure [30]. This may be due to the breakdown of hydrogen bonds between cellulose fibers due to mixing with another component.

To immobilize the *Bacillus* cells, the “adsorption-incubation” method described was used. In wet and dry globules, the BC weight was 1 mg and 15 mg, respectively. The size of the granules is 130-140 microns, i.e., in fact, they are microcapsules of the matrix type. The difference between the weight of the wet and dry forms of BC was mainly due to water absorption. It was found that a greater number of immobilized microorganisms were registered in the wet BC (Figure 5).



**Figure 5** – Efficiency of immobilization of *Bacillus subtilis* 3H cells in BC globules

This phenomenon can be explained by differences in the location of fibrils in wet and dry BC. From the chemical point of view, BC is highly hydrophilic and therefore can absorb a large number of water molecules, whereas from the physical point of view, BC is a three – dimensional network with a large

number of pores [31]. In the hydrated form, BC exhibits higher water absorption, lower density, and less interconnected microfibrils compared to its dry form, which can promote cell penetration into deeper layers of the carrier [32]. Differences in the number of immobilized cells may also result from the developed

porosity of wet BC cells. The porous structure of wet cellulose provides more space for immobilization and facilitates the diffusion of substrates from the medium into the interior of the carrier structure, providing a moist, favorable environment for cells [33-34]. It is also well known that BC synthesized

under various cultivation conditions (static or mixed) is characterized by various physical properties, including nano-and macroscale, crystallinity, or mechanical strength [35].

In pellets, the ratio between surface area and volume is also optimal (Figure 6).

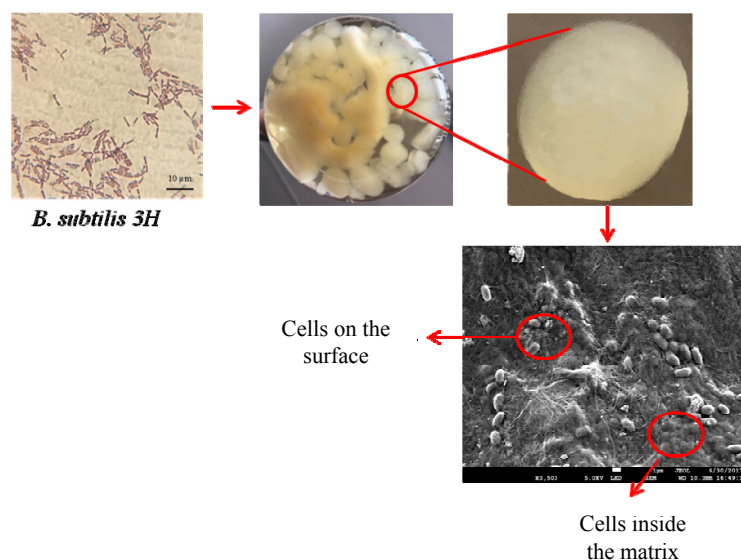


Figure 6 – Immobilization of *Bacillus* 3H bacterial cells in BC granules

Probiotic microorganisms enter the cellulose granules. Moreover, more bacterial cells were concentrated in the middle of the globules, while only individual *Bacillus* cells were found on its surface. The total number of bacterial cells immobilized by this method is  $8 \times 10^{10}$  CFU/g. After freeze-drying, the bacterial titer decreased by 2 orders of magnitude. Ready-to-use BC microgranules contained  $10^8$  CFU/g of viable *Bacillus* 3H.

### 3.2 Determination of the antimicrobial and probiotic activity of an experimental sample of a biocomposite

Antimicrobial activity is the most important characteristic of the effectiveness of probiotic microorganisms, so it seemed appropriate to determine this indicator *in vitro* conditions.

Probiotics based on bacteria of the *Bacillus* genus are “self-eliminating antagonists”, i.e. their main purpose is to suppress intestinal pathogens. Their etiological cause is microorganisms such as *Salmonella* and colibacteria. In this regard, clinical isolates of *Salmonella typhi* (PM1, PM2, PM3a), *Salmonella typhimurium* (W1, W4, W5, PM1a, PM2a), *Citrobacter aerogenes* (PM1, PM2), and *Escherichia coli* (W3, W4), *Proteus vulgaris* (PM1, PM2) were used as target microorganisms to

study the antimicrobial activity of an immobilized spore probiotic. In this series of experiments, the antimicrobial effect was determined after co-culturing target microorganisms with BC/*Bacillus* granules in nutrient broth for 24 and 48 hours with cells of test strains. 1 g of the preparation was added to the suspension of test strains ( $10^8$  cells/ml) in nutrient broth. The inhibitory effect of the preparation was determined by the percentage of surviving cells of test strains (Table 1).

The BC/*Bacillus* biocomposite suppresses the growth of test strains up to 85.4%, i.e. the cell survival rate after 24 hours of contact with the biocomposite is on average 14.6%. After 48 hours of cultivation with the biocomposite, only 1.5% of cells remain alive. According to the requirements of Pharmacopoeial articles on probiotics, the number of live cells of test strains after 72 hours of co-cultivation with probiotic bacteria should not exceed the level of 2 % compared to the control [8-9]. An immobilized spore probiotic has a similar effect after 48 hours of co-cultivation with target microorganisms. After 72 hours, the biocomposite completely suppresses the growth and viability of these test organisms *in vitro*.

**Table 1** – Antibacterial activity of BC/*Bacillus* biocomposite

Targets	% survival rate of test organisms	
	Contact time	
	24 hours	48 hours
<i>E. coli</i> W3	9	0.6
<i>E. coli</i> W4	11	0.8
<i>E. coli</i> PM1	13	1.1
<i>E. coli</i> PM2	19	1.9
<i>S. typhi</i> PM1	14	1.4
<i>S. typhi</i> PM2	13	0.9
<i>S. typhi</i> PM3a	20	1.3
<i>S. typhimurium</i> W1	18	2.2
<i>S. typhimurium</i> W4	17	2.0
<i>S. typhimurium</i> W5	12	1.9
<i>S. typhimurium</i> PM1a	10	1.2
<i>S. typhimurium</i> PM2a	18	1.8
<i>Citr.aerogenes</i> PM1	15	2.9
<i>Citr.aerogenes</i> PM2	12	2.1
<i>P.vulgaris</i> PM1	15	0.7
<i>P.vulgaris</i> PM2	17	1.8
Mean	14.6	1.5

The activity of probiotics *in vivo* is usually determined either by artificial infection of laboratory animals, or on models of experimental dysbiosis. Dysbacteriosis in experimental animals can be induced by the introduction of lead salts, or by using broad-spectrum antibiotics such as kanamycin, gentamicin, cefazolin. However, the most commonly used antibiotic is ampicillin [36-37]. Therefore, the effectiveness of three series of experimental samples of the material was studied in outbred rats with ampicillin-induced dysbiosis.

This antibiotic was administered intragastrically at a dose of 40 mg per day for 5 days. 1 g of granules with bacilli ( $10^8$  microbial cells) was administered intragastrically for 10 days.

The laboratory animals were divided into four groups (5 animals in each):

Group 1 – animals with experimental dysbiosis (negative control);

Group 2 – animals that received BC/*Bacillus*.

Group 3 – animals that received free *Bacillus* cells (comparison group);

Group 4 – intact animals (positive control).

The intestinal microflora was studied by bacteriological methods before the introduction of the antibiotic, 5 days after its withdrawal, and at the end of the course of treatment with bacterial preparations.

Before the introduction of the antibiotic, feces of intact animals were plated on differential diagnostic media to determine the content of the main groups of indigenous bacteria in the intestines of rats.

Since a sufficient amount of information has been accumulated to date on the specific disorders in the microbiocenosis caused by ampicillin [38], it made sense to determine the population level of only such microorganisms as lactobacilli, bifidobacteria, opportunistic enterobacteria, staphylococci, and yeast fungi of the *Candida* genus. These data, as well as the results obtained after determining the composition of the intestinal microflora in rats treated for 5 days with the antibiotic ampicillin, are shown in Figure 7.

After completion of antibiotic therapy, opportunistic enterobacteria were detected in increased amounts in the distal part of the rat intestinal tract – up to  $10^5$  CFU in 1 g of feces. The concentration of hemolytic microflora and lactose-negative enterobacteria increased. Plasmocoagulating staphylococci and *Candida* fungi were detected in high titers. Otherwise, the population levels of bifidobacteria and lactobacilli increased by several orders.

Data on determining the effect of probiotics on the microbiocenosis of laboratory animals in experimental dysbiosis are shown in Table 2.

The main criteria for the bacteriological effectiveness of drug administration to experimental animals were the population level of bifidobacteria and lactobacilli, as well as qualitative and quantitative characteristics of the content of opportunistic enterobacteria, staphylococci and candida fungi in the large intestine.

Analysis of the microbial landscape of feces of laboratory animals showed that the use of granules with a probiotic (GPB) – based preparation led to normalization of the microbiocenosis of experimental animals. After administration of GPB to experimental animals, even for 5 days, the microbial profile indicators improved. It was found that microflora similar to that present in animals included in the positive control group (intact rats) is released from the intestines of rats treated with GPB. Laboratory animals treated with GPB were found to have balanced concentrations of the total amount of aerobic and anaerobic microflora and a small amount of opportunistic enterobacteria and yeast fungi, the number of which decreased by three orders of magnitude after GPB administration. At the same time, the level of content in the intestine of representatives of native microflora – bifidobacteria and lactobacilli – was restored. Moreover, when they were used, there was a rapid increase in the number of populations of bifidobacteria and lactobacilli, and their level remained even after the drug was discontinued.



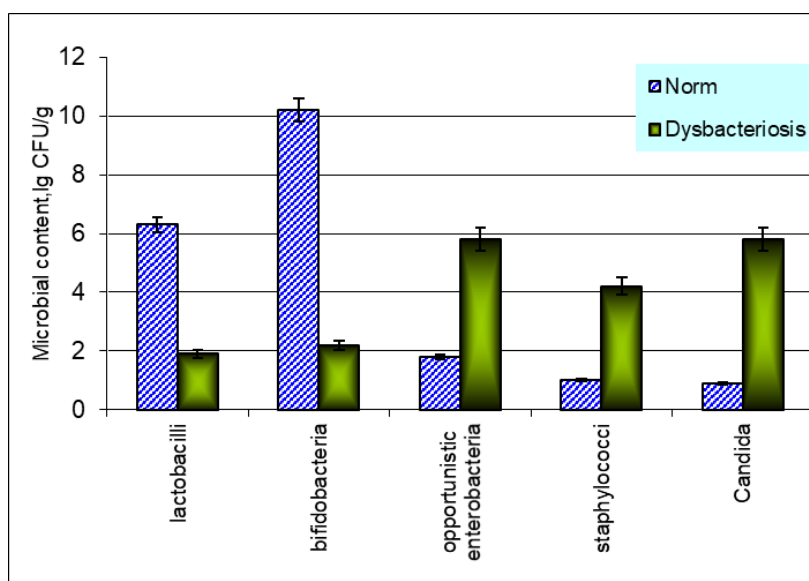


Figure 7 – Composition of intestinal microflora in animals with experimental dysbiosis

Table 2 – Composition of the intestinal microflora of rats with antibiotic-induced dysbiosis after the use of lactose-containing probiotics

Group of laboratory animals	Population level, lg CFU/g				
	<i>Bifidobacterium</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Opportunistic enterobacteria</i>	<i>Candida</i>	<i>Staphylococcus</i>
1 – DB	5,24±0,12	4,3,35±0,24	5,54±0,22	5,86±0,22	6,81±0,08
2 – GPB	10,25±0,16	7,03±0,18	2,82±0,19	1,93±0,28	5,13±0,27
3 – FPB	8,67±0,19	7,05±0,14	3,28±0,11	3,34±0,13	5,44±0,30
4 – IA	9,82±0,81	7,62±0,19	2,25±0,22	2,34±0,14	5,27±0,19

Note: DB – animals with experimental dysbiosis; GPB – animals that received probiotic granules; FPB – animals that received free probiotic cells; IA – intact animals.  
The results were significant compared to the control group at  $p < 0.05$ .

However, the introduction of a simple suspension of probiotic cells included in the microbiological basis of GPB did not provide such therapeutic effectiveness. It follows that the increased probiotic effectiveness of GPBs is not only due to the fact that their microbial components have an antagonistic effect, but also due to other mechanisms.

The enhanced probiotic effect of GPB can be explained by the fact that the cells of probiotic microorganisms immobilized in the BC carrier freely pass through such unfavorable upper parts of the digestive tract as the stomach and duodenum, during transit through which most of the microbial cells die.

In this regard, experiments with a “stomach model” were performed to determine the

protective effect of BC on the cells attached to it. For this purpose, gastric juice (pH 1.5-2.0) was used, which was obtained during gastroscopy. It was added to a culture of bacilli in nutrient broth containing  $10^8$  cells/ml and incubated for one hour. Under the same conditions, 1 g of GPB was incubated, then desorption was performed, after which the number of surviving cells was determined. With such a stressful effect on the suspension of bacterial cells, their biotiter decreases by 4 orders of magnitude (Figure 8). This means that when a suspension of even a spore probiotic is administered orally, only a small fraction of their viable cells should be expected to reach the large intestine.

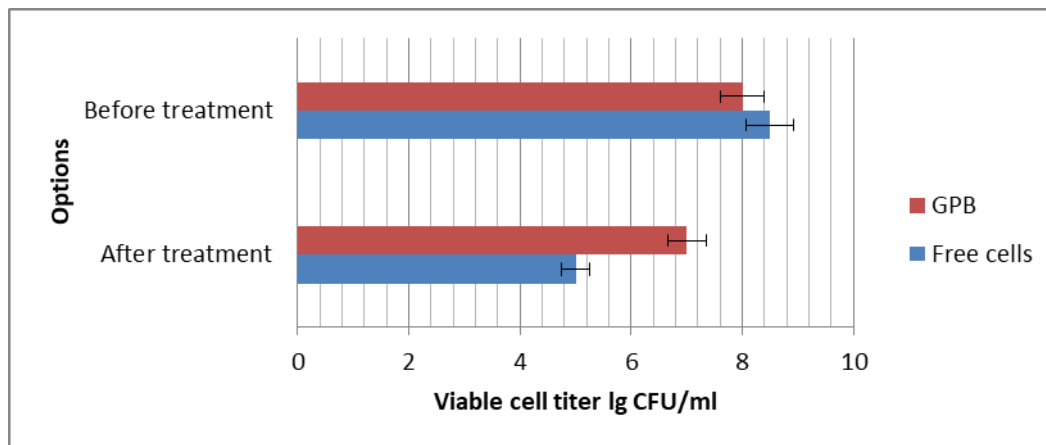


Figure 8 – Effect of an artificial gastric environment on the viability of free and immobilized *Bacillus* cells

The use of immobilized cells rather than free cells in experiments with a “model stomach” indicates their increased resistance to the bactericidal action of gastric juice. The number of viable cells in this case is reduced only by an order of magnitude. The increase in resistance observed in the experiment may be due to the fact that the cells that are part of the microcolonies formed in the sorbent are protected by a supporting matrix – BC. Therefore,

immobilized probiotics significantly exceed the suspension of free cells of microorganisms in terms of resistance to the effects of gastric juice and can easily overcome the “gastric” barrier when administered orally.

This information allows us to formulate possible mechanisms of action of sorbed probiotics. It seems that their correction of intestinal microbiocenosis is carried out in several ways (Figure 9).

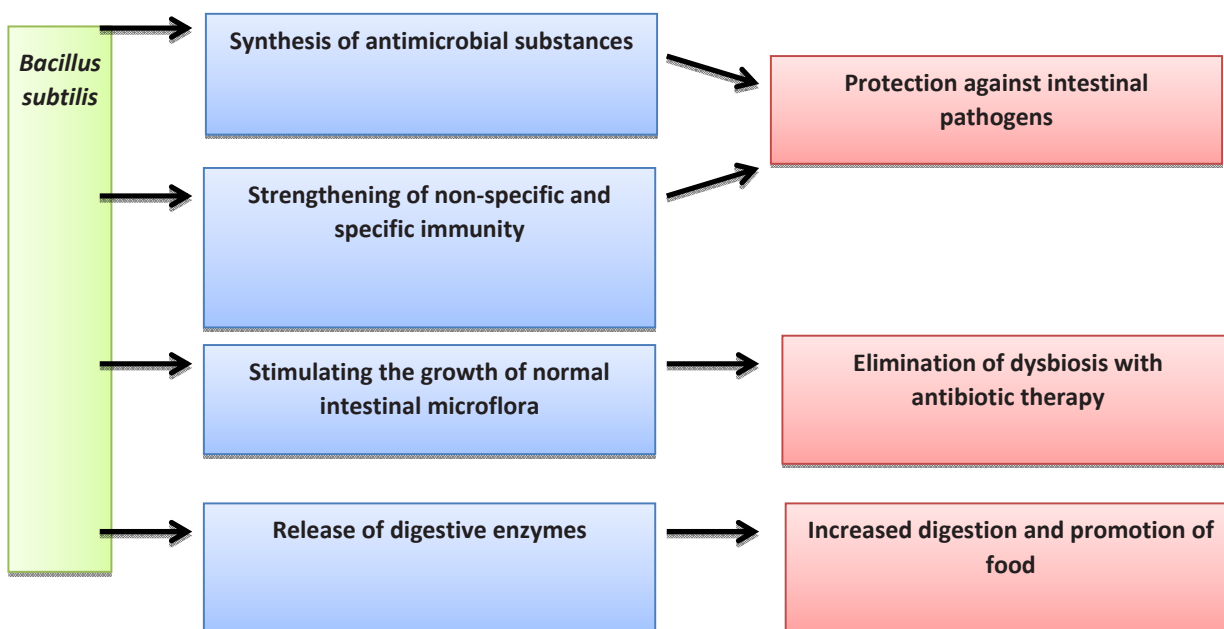


Figure 9 – Scheme of probiotic activity of *Bacillus subtilis* [14-15, 17-19, 243]

Thus, the high antibacterial effect of the BC/*Bacillus* biocomposite can be explained by the synergistic action of microbial (antagonistic, proteolytic, immunomodulatory) and protective (protection of microbial antagonist cells) components. The obtained data allow us to consider the BC/*Bacillus* biocomposite as a new sorbed probiotic for the regulation of microbiocenosis as a means of correcting intestinal dysbiosis.

## Conclusion

Immobilization into globules of cells of the *Bacillus subtilis* antagonist microorganism resulted in a probiotic biocomposite containing up to  $10^8$  microbial cells per 1 g. The sorbed probiotic restores the intestinal normoflora of laboratory animals with antibiotic-

induced experimental dysbiosis with absolute reduction and elimination of opportunistic microorganisms from the intestine. The inclusion of *Bacillus subtilis* cells in the BC matrix provides their increased resistance to the bactericidal action of gastric juice.

## Conflict of interest

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

## Funding

The work was carried out within the framework of project 2679/GF4 “Development of biocomposite materials based on bacterial cellulose for creating transdermal therapeutic systems”.

## References

1. Sharma A., Thakur M., Bhattacharya M., Mandal T., Goswami S. Commercial application of cellulose nano-composites – A review // *Biotechnology Reports*. – March 2019. – Vol. 21. – P. e00316.
2. Thomas P., Duolikun T., Rumjit N. P., Moosavi S., Lai Ch. W., Johan M. R. B., Fen L. B. Comprehensive review on nano-cellulose: Recent developments, challenges and future prospects // *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. – October 2020. – Vol. 110. – P. 103884.
3. Gipradi G. Effect of an adjunctive treatment with *Bacillus subtilis* for food allergy // *Chemioterapia*. – 2009. – Vol. 5. – No. 6. – P. 408-410.
4. Batista M.T., Souza R.D., Pancez J.D., Luiz W.B., Ferreira E.L., Cavalcante R.C., Ferreira R.C., Ferreira L.C. Gut Adhesive *Bacillus subtilis* Spores as a Platform for Mucosal Delivery of Antigens // *Infect. Immun.* – 2014. – Vol. 82. – P. 1414–1423.
5. Lefevre M., Racedo S.M., Ripert G., Housez B., Cazaubiel M., Maudet C., Jüsten P., Marteau P., Urdaci M.C. Probiotic strain *Bacillus subtilis* CU1 stimulates immune system of elderly during common infectious disease period: a randomized, double-blind placebo-controlled study // *Immun. Ageing*. – 2015. – Vol. 12. – P. 24.
6. Lefevre M., Racedo S.M., Denayrolles M., Ripert G., Desfougères T., Lobach A.R., Simon R., Pélerin F., Jüsten P., Urdaci M.C. Safety assessment of *Bacillus subtilis* CU1 for use as a probiotic in humans // *Regul. Toxicol. Pharmacol.* – 2017. – Vol. 83. – P. 54–65.
7. Hosoi T., Ametani A., Kiuchi K., Kaminogawa S. Improved growth and viability of lactobacilli in the presence of *Bacillus subtilis* (natto), catalase, or subtilisin // *Can. J. Microbiol.* – 2000. – Vol. 46. – P. 892–897.
8. Urdaci M.C., Pinchuk I. Antimicrobial activity of *Bacillus* probiotics. In *Bacterial Spore Formers–Probiotics and Emerging Applications* // *Horizon Bioscience*: Norfolk, UK. – 2004. – P. 171–182.
9. Khochamit N., Siripornadulsil S., Sukon P., Siripornadulsil W. Antibacterial activity and genotypic-phenotypic characteristics of bacteriocin-producing *Bacillus subtilis* KKU213: Potential as a probiotic strain // *Microbiol. Res.* – 2015. – Vol. 170. – P. 36–50.
10. Abbas Rezaee, Hatam Godini, Hossein Bakhtou Microbial cellulose as support material for the baization of denitrifying bacteria // *Environmental Engineering and Management Journal*. – 2008. – Vol.7. – No.5. – P. 589-594.
11. Tran Thi Minh Tam, Nguyen Thuy Huong Optimization of *Corynebacterium glutamicum* immobilization process on bacterial cellulose carrier and its application for lysine fermentation // *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*. – 2014. – Vol. 04. – Issue 07. – P. 33-38.
12. Nguyen D. N., Ton N. M. N. and Le V. V. M. Optimization of *Saccharomyces cerevisiae* immobilization in bacterial cellulose by ‘adsorption- incubation’ method // *International Food Research Journal*. – 2009. – Vol. 16. – P. 59-64
13. Ton N.M.N., Le V.V.M. Application of immobilized yeast in bacterial cellulose to the repeated batch fermentation in wine-making // *International Food Research Journal*. – 2011. – Vol.18(3). – P. 983-987.
14. Leboffe, M. J., Pierce, B. E., 2006. *Microbiology: Laboratory theory and application*. 2th edn. Colorado: Morton. 576-630.
15. CLSI, *Methods for Determining Bactericidal Activity of Antimicrobial Agents*. Approved Guideline, CLSI document M26-A. Clinical and Laboratory Standards Institute, 950 West Valley Roadn Suite 2500, Wayne, Pennsylvania 19087, USA, 1998.
16. Mounyr B., Moulay S., Saad K.I. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: *Journal of Pharmaceutical Analysis*. – 2016. – Vol. (6). – P. 71–79.

17. Бондаренко В.М., Грачева Н.М., Мацулевич Т.В. Дисбактериозы кишечника у взрослых. КМК Scientific Press: М., 2003. – 220 с.
18. Markowiak P., & Śliżewska K. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health // *Nutrients*. – 2017. – Vol. 9(9). – P. 1021-1051.
19. Смирнов В.В., Резник С.Р., Вьюницкая В.А. Современные представления о механизмах лечебно-профилактического действия пробиотиков из бактерий рода *Bacillus* // *Журнал Микробиологии*. – 2002. – Т. 24. – № 4. – С. 92-112.
20. Mortazavian A.M., Mohammadi R., Sohrabvandi S. Delivery of probiotic microorganisms into gastrointestinal tract by food products // *New Advances in the Basic and Clinical Gastroenterology // InTech*. – 2012. – № 61. – P. 121-146.
21. Guimarães J. T., Balthazar C. F., Silva R., Esmerino E. A., Silva M. C., Sant'Ana A. S., Cruz A. G. Impact of probiotics and prebiotics on food texture // *Current Opinion in Food Science*. – 2020. – № 33. – P. 38-44.
22. Kebary K.M. Improving viability of probiotics and their effect by immobilization // *Egyptian journal dairy science*. – 2018. – 26. – P. 319-337.
23. Karol Fijarkowski, Dorota Peitler., Rafal Racozy., Anna Zywicka. Survival of probiotic lactic acid bacteria immobilized in different forms of bacterial cellulose in simulated gastric juices and bile salt solution // *Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 68. – P. 322-328.
24. Toyosaki H., Naritomi T., Seto A., Matsuoka M., Tsuchida T., Yoshinaga F. Screening of bacterial cellulose-producing *Acetobacter* strains suitable for agitated culture // *Bioscience, biotechnology and biochemistry*. – 1995. – Vol. 59. – No. 8. – P. 1498-1502.
25. Czaja W., Romanovicz D., Brown R. M. Structural investigations of microbial cellulose produced in stationary and agitated culture // *Cellulose*. – 2004. – Vol. 11. – P. 403-411.
26. Joseph G., Rowe G.E., Margaritis A., Wan W. Effects of polyacrylamide-co-acrylic acid on cellulose production by *Acetobacter xylinum* // *Journal of Chemical technology and Biotechnology*. – 2003. – Vol. 78. – No. 9. – P. 964-970.
27. Lee H., Zhao X. Effects of mixing conditions on the production of microbial cellulose by *Acetobacter xylinum* // *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. – 1999. – Vol. 4. – No. 1. – P. 41-45.
28. Kouda T., Yano H., Yoshinaga F. Effect of agitator configuration on bacterial cellulose productivity in aerated and agitated culture // *Journal of Fermentation and Bioengineering*. – 1997a. – Vol. 83. – No. 4. – P. 371-376.
29. Santos S.M., Carbajo J.M., Quintana E., Ibarra D., Gomez N., Ladero M., et al. Characterization of purified bacterial cellulose focused on its use on paper restoration // *Carbohydr. Polym.* – 2015. – Vol. 116. – P. 173-181.
30. Chiaoprakobkij N., Sanchavanakit N., Subbalekha K., Pavasant P., Phisalaphong M. Characterization and biocompatibility of bacterial cellulose/alginate composite sponges with human keratinocytes and gingival fibroblasts // *Carbohydr. Polym.* – 2011. – Vol. 85. – P. 548-553.
31. Żywicka A., Wenelska K., Junkav A., Chodaczek G., Szymczyk P., Fijałkowski K. Immobilization pattern of morphologically different microorganisms on bacterial cellulose membranes // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2019. – Vol. 35. – P. 4-5.
32. Vandamme E. J., De Baets S., Vanbaelen A., Joris K., De Wulf, P. Improved production of bacterial cellulose and its application potential // *Polymer Degradation and Stability*. – 2018. – Vol. 53. – P. 93-99.
33. Hornung M., Ludwig M., Gerrard A. M., Schmauder H. P. Optimizing the production of bacterial cellulose in surface culture: evaluation of substrate mass transfer influences on the bioreaction (Part 1) // *Engineering in Life Sciences*. – 2016. – № 6. – P. 537-545.
34. Yao W., Wu X., Zhu J., Sun B., Zhang Y. Y., Miller C. Bacterial cellulose membrane – a new support carrier for yeast immobilization for ethanol fermentation // *Process Biochemistry*. – 2011. – № 46. – P. 2054-2058.
35. Suwannapinunt N., Burakorn J., Thaenthanee S. Effect of culture conditions on bacterial cellulose production from *Acetobacter xylinus* TISTR976 and physical properties of BC parchment paper // *Journal of Science and Technology*. – 2007. – Vol.14(4). – P. 357-365.
36. Лиходед В.Г., Бондаренко В.М. Антиэндоксинный иммунитет в регуляции численности эшерихиозной микрофлоры кишечника // *Медицина*, 2007. – С. 216.
37. Забокрицкий А.Н., Ларионов Л.П., Плохушко Е.Н., Васильев П.Г., Забокрицкий Н.А. Экспериментальная оценка эффективности нового бактериального препарата субтилакт при лечении дисбактериозов // *Химико-фармацевтический журнал*. – 2006. – Т.40. – №5. – С.3-7.
38. Bunthof C.J., Abee T. Development of a flow cytometric method to analyze subpopulation of bacteria in probiotic products and dairy starters // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2002. – Vol. 68. – № 6. – P. 2934-2942.

## References

1. Abbas Rezaee, Hatam Godini, Hossein Bakhtou (2008) Microbial cellulose as support material for the baization of denitrifying bacteria. *Environmental Engineering and Management Journal*, vol.7., No.5., pp. 589-594.
2. Batista M.T., Souza R.D., Pancez J.D., Luiz W.B., Ferreira E.L., Cavalcante R.C., Ferreira R.C., Ferreira L.C. (2014) Gut Adhesive *Bacillus subtilis* Spores as a Platform for Mucosal Delivery of Antigens. *Infect. Immun.*, vol. 82., pp. 1414-1423.
3. Bondarenko V.M., Gracheva N.M., Maculevich T.V. (2003) Дисбактериозы кишечника у взрослых. *КМК Scientific Press*, p. 220.

4. Bunthof C.J., Abee T. (2002) Development of a flow cytometric method to analyze subpopulation of bacteria in probiotic products and dairy starters. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 68, № 6, pp. 2934-2942.
5. CLSI (1998), Methods for Determining Bactericidal Activity of Antimicrobial Agents. Approved Guideline, CLSI document M26-A. Clinical and Laboratory Standards Institute, 950 West Valley Roadn Suite 2500, Wayne, Pennsylvania 19087, USA.
6. Chiaoprakobkij N., Sanchavanakit N., Subbalekha K., Pavasant P., Phisalaphong M. (2011) Characterization and biocompatibility of bacterial cellulose/alginate composite sponges with human keratinocytes and gingival fibroblasts. *Carbohydr. Polym.*, vol. 85, pp. 548–553.
7. Czaja W., Romanovicz D., Brown R. M. (2004) Structural investigations of microbial cellulose produced in stationary and agitated culture. *Cellulose*, vol. 11, pp. 403-411.
8. Gipradi G. (2009) Effect of an adjunctive treatment with *Bacillus subtilis* for food allergy. *Chemioterapia*, vol. 5, No. 6, pp. 408-410.
9. Guimarães J. T., Balthazar C. F., Silva R., Esmerino E. A., Silva M. C., Sant'Ana A. S., Cruz A. G. (2020) Impact of probiotics and prebiotics on food texture. *Current Opinion in Food Science*, № 33, pp. 38–44.
10. Hornung M., Ludwig M., Gerrard A. M., Schmauder H. P. (2016) Optimizing the production of bacterial cellulose in surface culture: evaluation of substrate mass transfer influences on the bioreaction (Part 1) *Engineering in Life Sciences*, № 6, pp. 537-545.
11. Hosoi T., Ametani A., Kiuchi K., Kaminogawa S. (2000) Improved growth and viability of lactobacilli in the presence of *Bacillus subtilis* (natto), catalase, or subtilisin. *Can. J. Microbiol.*, vol. 46., pp. 892–897.
12. Joseph G., Rowe G.E., Margaritis A., Wan W. (2003) Effects of polyacrylamide-co-acrylic acid on cellulose production by *Acetobacter xylinum*. *Journal of Chemical technology and Biotechnology*, vol. 78, No. 9, pp. 964-970.
13. Karol Fijarkowski, Dorota Peitler., Rafal Raczocy., Anna Zywicka (2016) Survival of probiotic lactic acid bacteria immobilized in different forms of bacterial cellulose in simulated gastric juices and bile salt solution. *Food Science and Technology*, vol. 68, pp. 322-328.
14. Kebary K.M. (2018) Improving viability of probiotics and their effect by immobilization. *Egyptian journal dairy science*, vol. 26, pp. 319-337.
15. Khochamit N., Siripornadulsil S., Sukon P., Siripornadulsil W. (2015) Antibacterial activity and genotypic-phenotypic characteristics of bacteriocin-producing *Bacillus subtilis* KKU213: Potential as a probiotic strain. *Microbiol. Res.*, vol. 170, pp. 36–50.
16. Kouda T., Yano H., Yoshinaga F. (1997) Effect of agitator configuration on bacterial cellulose productivity in aerated and agitated culture. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, vol. 83, No. 4, pp. 371-376.
17. Leboffe, M. J., Pierce, B. E. (2006) Microbiology: Laboratory theory and application. 2th edn. Colorado: Morton., pp. 576-630.
18. Lefevre M., Racedo S.M., Denayrolles M., Ripert G., Desfougères T., Lobach A.R., Simon R., Pélerin F., Jüsten P., Urdaci M.C. (2017) Safety assessment of *Bacillus subtilis* CU1 for use as a probiotic in humans. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, vol. 83, pp. 54–65.
19. Lefevre M., Racedo S.M., Ripert G., Housez B., Cazaubiel M., Maudet C., Jüsten P., Marteau P., Urdaci M.C. (2015) Probiotic strain *Bacillus subtilis* CU1 stimulates immune system of elderly during common infectious disease period: a randomized, double-blind placebo-controlled study. *Immun. Ageing.*, vol. 12, pp. 24.
20. Lee H., Zhao X. Effects of mixing conditions on the production of microbial cellulose by *Acetobacter xylinum* (1999). *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, vol. 4, No. 1, pp. 41-45.
21. Lihoded V.G., Bondarenko V.M. (2007) Antidotoksinovij imunitet v reguljacii chislenosti esherihioznoj mikroflory kischechnika. *Medicina*, pp. 216.
22. Markowiak P., & Śliżewska K. (2017) Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, vol. 9(9), pp. 1021-1051.
23. Mortazavian A.M., Mohammadi R., Sohrabvandi S. (2012) Delivery of probiotic microorganisms into gastrointestinal tract by food products. *New Advances in the Basic and Clinical Gastroenterology*, № 61, pp. 121-146.
24. Mounyr B., Moulay S., Saad K.I. (2016) Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, vol. (6), pp. 71–79.
25. Nguyen D. N., Ton N. M. N. and Le V. V. M. (2009) Optimization of *Saccharomyces cerevisiae* immobilization in bacterial cellulose by 'adsorption- incubation' method. *International Food Research Journal*, vol. 16, pp. 59-64
26. Santos S.M., Carbajo J.M., Quintana E., Ibarra D., Gomez N., Ladero M., et al. (2015) Characterization of purified bacterial cellulose focused on its use on paper restoration. *Carbohydr. Polym.*, vol. 116, pp. 173–181.
27. Sharma A., Thakur M., Bhattacharya M., Mandal T., Goswami S. (2019) Commercial application of cellulose nano-composites – A review. *Biotechnology Reports*, vol. 21, pp. e00316.
28. Smirnov V.V., Reznik S.R., V'yunickaya V.A. (2002) Sovremennye predstavleniya o mekhanizmah lechebno profilakticheskogo dejstviya probiotikov iz bakterij roda *Bacillus*// Zhurnal Mikrobiologii, vol. 24, № 4, pp. 92-112.
29. Suwannapinunt N., Burakorn J., Thaenthanee S. (2007) Effect of culture conditions on bacterial cellulose production from *Acetobacter xylinus* TISTR976 and physical properties of BC parchment paper. *Journal of Science and Technology*, vol.14(4), pp. 357-365.
30. Thomas P., Duolikun T., Rumjit N. P., Moosavi S., Lai Ch. W., Johan M. R. B., Fen L. B. (2020) Comprehensive review on nanocellulose: Recent developments, challenges and future prospects. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, vol. 110, pp. 103884.

31. Ton N.M.N., Le V.V.M. (2011) Application of immobilized yeast in bacterial cellulose to the repeated batch fermentation in wine-making. *International Food Research Journal*, vol.18(3), pp. 983-987.
32. Toyosaki H., Naritomi T., Seto A., Matsuoka M., Tsuchida T., Yoshinaga F. (1995) Screening of bacterial cellulose-producing *Acetobacter* strains suitable for agitated culture. *Bioscience, biotechnology and biochemistry*, vol. 59, No. 8, pp. 1498-1502.
33. Tran Thi Minh Tam, Nguyen Thuy Huong (2014) Optimization of *Corynebacterium glutamicum* immobilization process on bacterial cellulose carrier and its application for lysine fermentation. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, vol. 04, No 07, pp. 33-38.
34. Urdaci M.C., Pinchuk I. (2004) Antimicrobial activity of *Bacillus* probiotics. In *Bacterial Spore Formers–Probiotics and Emerging Applications. Horizon Bioscience: Norfolk, UK*, pp. 171–182.
35. Vandamme E. J., De Baets S., Vanbaelen A., Joris K., De Wulf, P. (2018) Improved production of bacterial cellulose and its application potential. *Polymer Degradation and Stability*, vol. 53, pp. 93-99.
36. Yao W., Wu X., Zhu J., Sun B., Zhang Y. Y., Miller C. (2011) Bacterial cellulose membrane – a new support carrier for yeast immobilization for ethanol fermentation. *Process Biochemistry*, № 46, pp. 2054-2058.
37. Zabokrickij A.N., Larionov L.P., Plohushko E.N., Vasil'ev P.G., Zabokrickij N.A. (2006) Eksperimental'naya ocenka effektivnosti novogo baktrijnogo preparata subtilakt pri lechenii disbakteriozov. *Himiko-farmaceuticheskij zhurnal*, №5, pp. 3-7.
38. Żywicka A., Wenelska K., Junkav A., Chodaczek G., Szymczyk P., Fijałkowski K. (2019) Immobilization pattern of morphologically different microorganisms on bacterial cellulose membranes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 35, pp. 4-5.

3-бөлім  
**МОЛЕКУЛАЛЫҚ  
БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕНЕТИКА**

---

Section 3  
**MOLECULAR  
BIOLOGY AND GENETICS**

---

Раздел 3  
**МОЛЕКУЛЯРНАЯ  
БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА**

IRSTI: 34.15.25

<https://doi.org/10.26577/eb.2023.v97.i4.08>E. Kyrbasova<sup>1\*</sup>, A. Sartayeva<sup>1</sup>, M. Parmanbekova<sup>1</sup>,E. Imanova<sup>1</sup>, G. Yernazarova<sup>2</sup><sup>1</sup>Kazakh National Women's Teacher Training University, Kazakhstan, Almaty<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

\*e.kyrbasova@gmail.com

## PHYLOGENETIC ANALYSIS OF THE RBCL GENE SEQUENCE OF THE PLANT GENUS *AEGOPODIUM* L.

Herbal plants have been used in the treatment of many diseases since ancient times. The need for medicinal plant research is growing day by day. In this context, the study, identification of effective prospective medicinal plants will be relevant. Genetic taxonomic identification is more important than morphological identification of herbal plants. It is known that one of the markers of chloroplasts used in plant species identification and phylogenetic studies is the sequences of the *rbcl* gene. The purpose of our work is to study phylogenetic analysis by bioinformatic methods using *rbcl* markers.

The article presents the result of a phylogenetic analysis conducted to determine the relationship of *Aegopodium alpestre* Ledeb plants. according to the sequence of the *rbcl* gene with other species of the genus *Aegopodium* L., as well as with representatives of the Apiacea family from the database.

**Key words:** *rbcl*, *Aegopodium* L., *Aegopodium alpestre* Ledeb., isolation DNA, phylogenetic analysis.

Э.А. Кырбасова<sup>1\*</sup>, А.А. Сартаева<sup>1</sup>, М.Х. Парманбекова<sup>1</sup>,  
Э.М. Иманова<sup>1</sup>, Г.И. Ерназарова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: e.kyrbasova@gmail.com

### *Aegopodium* L. туысына жататын өсімдіктердің *rbcl* генінің бірізділіктерінің филогенетикалық талдауы

Көптеген ауруларды емдеуде дәрілік өсімдіктер ерте кезден бастап қолданылып келеді. Дәрілік өсімдіктерді зерттеудің қажеттілігі күннен-күнге артып отыр. Осы тұрғыда, перспективті дәрілік өсімдіктерді зерттеп тиімділерін анықтау және оларды идентификациялау өзекті болып табылмақ. Дәрілік өсімдіктерді морфологиялық идентификациялауға қарағанда, генетикалық жағынан таксономиялық анықтаудың маңыздылығы жоғары. Өсімдік түрлерін идентификациялау мен филогенетикалық зерттеулерде қолданылатын хлоропластық маркерлердің бірі – *rbcl* генінің бірізділіктері екені белгілі. Жұмысымыздың мақсаты: *rbcl* маркерін қолдана отырып, биоинформатикалық әдістердің көмегімен филогенетикалық талдау жасауды зерттеу.

Мақалада преспективті *Aegopodium alpestre* Ledeb. дәрілік өсімдігінің жапырағынан бөліп алынған *rbcl* генінің секвенсі жасалып, дерекқордағы *Aegopodium* L. туысына жататын өсімдік түрлерімен және сондай-ақ шатыргүлділер тұқымдасының өкілдерімен туыстық қатынасын анықтауда жүргізілген филогенетикалық талдау нәтижесі берілген.

**Түйін сөздер:** *rbcl*, *Aegopodium* L., *Aegopodium alpestre* Ledeb., ДНҚ бөліп алу, филогенетикалық талдау.

Э.А. Кырбасова<sup>1\*</sup>, А.А. Сартаева<sup>1</sup>, М.Х. Парманбекова<sup>1</sup>,  
Э.М. Иманова<sup>1</sup>, Г.И. Ерназарова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, Казахстан, г. Алматы<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: e.kyrbasova@gmail.com

### Филогенетический анализ последовательности гена *rbcl* растений рода *Aegopodium* L.

При многих заболеваниях лекарственные растения используются в лечении с древних времен. Потребность в исследованиях лекарственных растений растет день ото дня. В



перспективных лекарственных растений. Генетическая таксономическая идентификация имеет большее значение, чем морфологическая идентификация лекарственных растений. Известно, что одним из маркеров хлоропластов, используемых в идентификации видов растений и филогенетических исследованиях, является последовательности гена *rbcl*. Цель нашей работы: изучение филогенетического анализа биоинформатическими методами используя маркера *rbcl*.

В статье представлен результат филогенетического анализа, проведенного при определении родства растений *Aegopodium alpestre* Ledeb. по последовательности гена *rbcl* с другими видами рода *Aegopodium* L., а также с представителями семейства зонтичных из базы данных.

**Ключевые слова:** *rbcl*, *Aegopodium* L., *Aegopodiumalpestre* Ledeb., выделение ДНК, филогенетический анализ.

## Introduction

*Aegopodium* L. is a genus of perennial plants of the Apiaceae family, widely distributed in Europe and Asia. Currently, 12 species of this genus are known [1], and in Kazakhstan, there are two species: common ashweed (*Aegopodium podagraria* L.) and alpine ashweed (*Aegopodium alpestre* Ledeb.). Representatives of plants of the genus *Aegopodium* L. have long been used in folk medicine to treat various diseases (gout, inflammatory diseases). Also, common ashweed is included in drugs for the prevention and treatment of oncological diseases [2].

The Apiaceae are a large family of angiosperms, including many medically important species. The ability to identify these species and their admixtures is important, but difficult to do due to subtle morphological differences in the fruits and the frequent lack of diagnostic characters in surviving specimens [3]. Species identification and assessment of intraspecific genetic polymorphism are the most important tasks not only of modern plant genetics, but also of plant science. To solve these problems, many different methods of search and research of taxonomically significant sections of DNA were developed, which were called molecular or DNA markers. [4]. One of these markers is the chloroplast marker *rbcl* gene [5-7]. DNA barcoding techniques combined with metabolomics, transcriptomics and proteomics can enable the authentication of plant products [8]. Plant barcoding can be used to distinguish species within a genus and to preserve DNA from the same species [9, 10].

DNA barcoding is one of the methods for rapid species identification using a short DNA fragment containing 400-800 bp. The Consortium for the Barcode of Life (CBOL) [11] recommended ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase (*RbcL*) as one of the candidate loci with high potential for plant barcode generation. This is because the *RbcL* gene has been well characterized, so primer design can

be easily improved. In addition, *RbcL* has high versatility and high discrimination ability [12, 13]

The work carried out a molecular genetic analysis of *Aegopodiumalpestre* Ledeb. using modern methods of molecular biology to determine the genetic relationship of this plant with other species of *Aegopodium* L., also with the *Apiaceae* family.

## Materials and Methods

### DNA isolation and amplification of the *rbcl* gene

DNA was obtained by a modified CTAB method from leaves of *Aegopodiumalpestre* Ledeb. plants [14-16]. The detergent CTAB (cetyltriethylammonium bromide) is good at breaking down the cell membrane and separating DNA from polysaccharides. DNA quality and quantity were checked by electrophoresis [17, 18] in a 1.4% agarose gel in 1x TAE buffer (0.04 M-Tris HCl, 0.02 M CH<sub>3</sub>COONa, 0.01 M, EDTA, pH 8.0). To prepare a 1.4% agarose gel, take 1.4 g of agarose per 100 ml of 1x TAE buffer. The mixed agarose and buffer were brought to a boil in a microwave oven at high power until the agarose was completely dissolved. The mixture was cooled to 40-50°C and 7 µl of ethidium bromide at a concentration of 10 mg/ml was added, mixed, and poured into the mold. A comb was placed to form wells for applying samples, then the gel was cooled until it hardened.

PCR was performed using MyTaq red mix (Bioline) [19, 20]. The forward primer used in this study was *RbcL*af (5'-ATG CCA CAA ACA GAG ACT AAA GC-3') and the reverse primer was *RbcL*ar (5'-GTA AAA TCA AGT CCA CCA CG-3') with a total PCR volume of 30 µl. The PCR program was 95°C for denaturation, 55°C for annealing and 72°C for degradation and 72°C for final degradation. The Zymoclean™ DNA Gel Recovery Kit (Zymo Research) is used to obtain purified PCR products.

### Phylogenetic analysis

The following programs were used to analyze the obtained data:

1. BLASTn was used to compare the resulting sequence with DNA sequences from GenBank. The program compares user-entered nucleotide or protein sequences with all available nucleotide or protein sequences in the NCBI database, and calculates percentage statistics of the total matching of each pair of compared sequences.

2. Sequences were aligned and analyzed using the Clustal Omega program. Phylogenetic trees were constructed using the Neighbor-Joining (NJ) and Maximum parsimony (MP) methods in the MEGA 11 program. The stability of phylogenetic trees in NJ and MP analyzes was assessed using the bootstrap method.

The neighbor joining (NJ) method in phylogenetic analysis can describe the clarity of species identification; the difference is limited

to cluster and node. A sample can be in the same cluster, even if they are from different areas [21].

## Results and Discussion

DNA barcoding is one way to contribute to the Barcode of Life database aimed at collecting reference sequences [22, 23]. This work used variation in short, standardized gene regions to identify new species [24]. The first step in DNA barcoding was to extract the total DNA from the sample. DNA was isolated from the leaves of *Aegopodium alpestre* Ledeb. The next step was to determine the quality and quantity of DNA using a DNA spectrophotometer and agarose gel electrophoresis. We determined the concentration of isolated DNA and its purity using a spectrophotometer (Fig. 1).



**Figure 1** – Electropherogram of the *rbcL* gene of *Aegopodium alpestre* Ledeb.

After determining the concentration and purity of the *rbcL* gene of *Aegopodium alpestre* Ledeb. performed sequencing. *rbcL* is a fragment of the coding region of the chloroplast gene. The *rbcL* fragment has low species resolution, but in

angiosperms it has relatively high species resolution [25].

The *RbcL* gene that was successfully amplified from the *Aegopodium alpestre* Ledeb plant accession in this study was 610 bp in length.

>A.alpestre

NNNNNGNNCTANGCAGGTGTTGGATTCAAAGCT  
GGGGTTAAAGATTACAAATTGACTTATTATACTCCGG  
ACTATGAAACCAAGATACTGATATCTTGGCAGCATT  
CCGAGTAACTCCTCAACCCGGAGTTCCACCTGAAGAA  
GCGGGGGCCGCGTAGCTGCCGAATCTTCTACTGGTA  
CATGGACCACTGTGTGGACCGATGGACTTACCAGCCT  
TGATCGTTACAAAGGGCGCTGCTACGGAATCGAGCC  
CGTTGCTGGAGAAGAAAATCAATTTATCGCTTATGTA  
GCTTACCCATTAGACCTTTTTGAAGAAGGTTCTGTTA  
CTAACATGTTTACTTCCATTGTAGGTAATGTATTTGG

GTTCAAAGCCTTGC GCGCTCTACGTCTGGAAGATCTG  
CGAATCCCCGTTGCTTATGTTAAAACCTTCCAAGGAC  
CGCCACATGGCATCCAAGTTGAGAGAGATAAATTGA  
ACAAGTATGGTCGTCCTCCCTGTTGGGATGTACTATTAA  
ACCTAAATTGGGGTTATCCGCTAAAACACTACGGTAGA  
GCGGTTTATGAATGTCTCCGCGTGGACTTGATTTA  
CGTCATACNTGGTTTTTCTGANN

Then, using BLAST, we searched for similar nucleotide sequences (Fig. 2).

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Aegopodium podagraria chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Aegopodium...</a>	1057	1057	94%	0.0	99.83%	155880	MT561044.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Aegopodium podagraria ribulose-1 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase large subunit (rbc...</a>	<a href="#">Aegopodium...</a>	1051	1051	94%	0.0	99.65%	1408	KM360614.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Aegopodium podagraria ribulose-1 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase large subunit (rbc...</a>	<a href="#">Aegopodium...</a>	1051	1051	94%	0.0	99.65%	1428	U50220.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Adenophora triphylla chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Adenophora...</a>	1040	1040	94%	0.0	99.30%	154223	NC_040857.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Oenanthe javanica chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Oenanthe jav...</a>	1040	1040	94%	0.0	99.30%	154420	MK303392.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Oenanthe javanica voucher w0001001 chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Oenanthe jav...</a>	1040	1040	94%	0.0	99.30%	154246	NC_049674.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Pimpinella anisum isolate DNAS-94-86453 ribulose-1 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase...</a>	<a href="#">Pimpinella an...</a>	1038	1038	95%	0.0	98.81%	590	KP866817.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Ligusticum sibiricum chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Ligusticum je...</a>	1035	1035	94%	0.0	99.13%	148493	MN652885.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Ligusticum sibiricum chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Ligusticum si...</a>	1035	1035	94%	0.0	99.13%	148515	MN652884.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Heracleum vancouverense chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Heracleum y...</a>	1035	1035	94%	0.0	99.13%	149223	NC_047287.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Trachyspermum ammi chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Trachysperm...</a>	1035	1035	94%	0.0	99.13%	154378	NC_047246.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Glehnia littoralis chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Glehnia littoralis</a>	1035	1035	94%	0.0	99.13%	147552	MH142518.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Glehnia littoralis voucher LuoY272 ribulose-1 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase large su...</a>	<a href="#">Glehnia littoralis</a>	1035	1035	94%	0.0	99.13%	741	MK749922.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Heracleum moellendorffii chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Heracleum m...</a>	1035	1035	94%	0.0	99.13%	149349	NC_042242.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Angelica polymorpha voucher KIQM201501014664 chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Angelica poly...</a>	1035	1035	94%	0.0	99.13%	147127	NC_041580.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Angelica sylvestris voucher GRIN-P15-4393 chloroplast complete genome</a>	<a href="#">Angelica sylv...</a>	1035	1035	94%	0.0	99.13%	147158	NC_051898.1
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">Aegopodium alpestre voucher D298 ген большой субъединицы рибулосе-1 5-бисфосфат...</a>	<a href="#">Aegopodium a...</a>	1035	1035	92%	0.0	99.02%	147127	MN658249.1

Figure 2 – Sequence analysis of the rbcL gene of *Aegopodium alpestre* Ledeb. in the BLAST program

As a result of searching for similar sequences using the BLAST program, it was revealed that the nucleotide sequences of *Aegopodium alpestre* Ledeb. coincides with sequences from the database with *Aegopodium podagraria* (MT561044.1) by 99.83%, with *Aegopodium podagraria* (KM360614.1) – 99.65%; with *Aegopodium alpestre* (MH658249.1) – 99.82%, and with some plants of the umbrella family – 99.13%.

The neighbor joining (NJ) method in phylogenetic analysis can describe the clarity of species identification; the difference is limited to cluster and node. A sample can be in the same cluster, even if they are from different areas [7]. The relationship of species based on genetic similarity is shown in the phylogenetic tree.

In order to determine the genetic relationship of *Aegopodium alpestre* Ledeb. with the *Aegopodium* family, including *Aegopodium L.*, a phylogenetic tree was constructed and analyzed using the sequences obtained from the gene database.

In order to reveal the genetic relationship of the plant *Aegopodium alpestre* Ledeb. with the umbrella family, including the genus *Aegopodium L.*, a phylogenetic tree was constructed and analyzed (Fig. 3).

The sequence similarity of the rbcL gene of *P. anisum* plants (KP866817.1) is higher than that of related genes in the other clade. This is a 90% large branch (marked in green by Large Clade), which is considered a bootstrap analysis that is repeated 1000 times. The plants in this green square all belong to the genus *Aegopodium L.*

Those marked in yellow themselves form one large branch (Clade), but their similarity to the rbcL gene sequences of the *A. alpestre* plants (sequenced by us) is distant.

Bootstrap values:

Strong: >90%

Well: <70-90%

Weak: 50 -70%

No: <50%

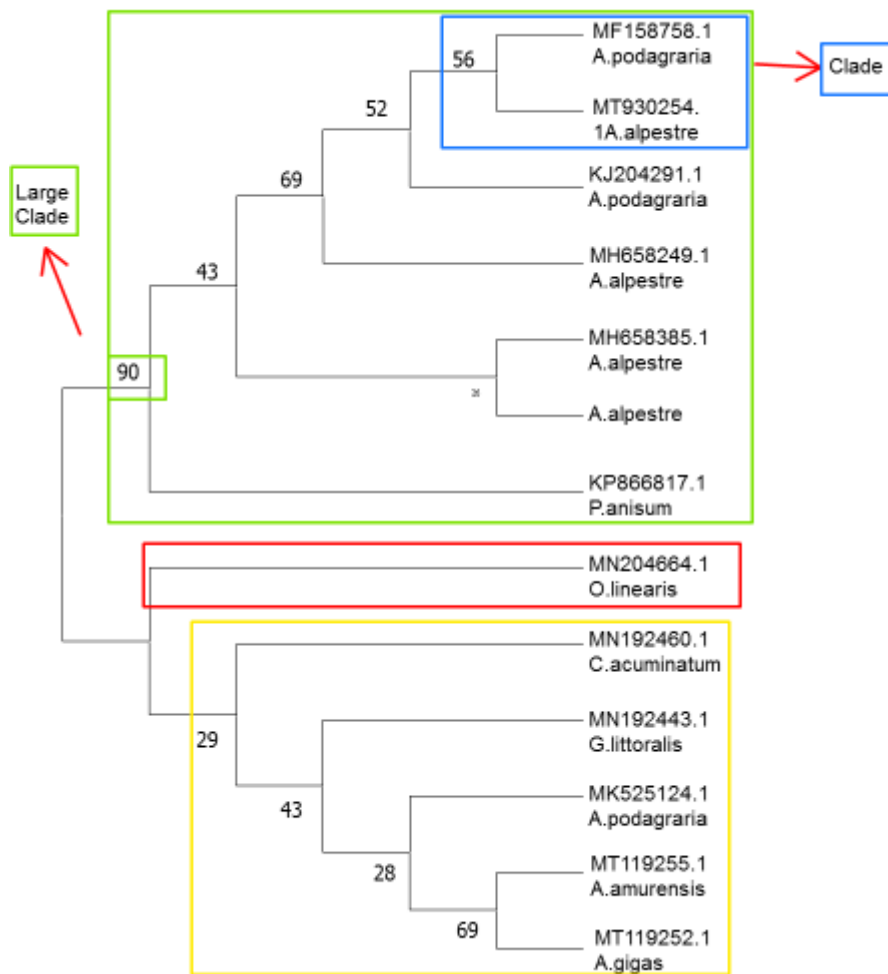


Figure 3 – Tree built using the nearest neighbor method with bootstrap support (Bootstrapped Neighbor-Joining Tree)

### Conclusion

The RbCl gene that was successfully amplified from the *Aegopodium alpestre* Ledeb. plant accession in this study was 610 bp in length. The sequence was 99.83% similar to sequences from the *Aegopodium podagraria* database (MT561044.1) and 99.83% similar to *Aegopodium alpestre* (MH658249.1).

### Acknowledgment

The authors of the article express their gratitude to Professor of the Mississippi Valley State University (USA) Newsam Abigail for providing methodological assistance in conducting bioinformatics analyses.

### Conflicts of Interest

All authors participated in the analysis and interpretation of the results, are familiar with the contents of the article and have no conflicts of interest.

## References

1. «Aegopodium L.» *Plants of the World Online. Royal Botanic Gardens, Kew*. Retrieved 2022-12-16.
2. Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Нелина Н.В., Каржаубекова Ж.Ж. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана. – Алматы, 2014. – 200 с.
3. Liu J, Shi L, Han J, Li G, Lu H, Hou J, Zhou X, Meng F, Downie SR. Identification of species in the angiosperm family Apiaceae using DNA barcodes. *MolEcolResour*. 2014 Nov;14(6):1231-8. doi: 10.1111/1755-0998.12262. Epub 2014 May 14. PMID: 24739357.
4. Нигматуллина Н.В., Кулуев А.П., Кулуев Б.П. Молекулярные маркеры, применяемые для определения генетического разнообразия и видоидентификации дикорастущих растений// Биомика, 2018. – Т. 10, №3. – С. 290-318.
5. Manhart JR. Phylogenetic analysis of green plant rbcL sequences. *Mol Phylogenet Evol*. 1994 Jun;3(2):114-27. doi: 10.1006/mpev.1994.1014. PMID: 8075831.
6. Savolainen V, Chase MW, Hoot SB, Morton CM, Soltis DE, Bayer C, Fay MF, de Bruijn AY, Sullivan S, Qiu YL. Phylogenetics of flowering plants based on combined analysis of plastid atpB and rbcL gene sequences. *Syst Biol*. 2000 Jun;49(2):306-62. doi: 10.1093/sysbio/49.2.306. PMID: 12118410.
7. Kang, Y., Deng, Z., Zang, R. *et al*. DNA barcoding analysis and phylogenetic relationships of tree species in tropical cloud forests. *Sci Rep* 7, 12564 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13057-0>
8. Mahima K, Sunil Kumar KN, Rakhesh KV, Rajeswaran PS, Sharma A, Sathishkumar R. Advancements and future prospective of DNA barcodes in the herbal drug industry. *Front Pharmacol*. 2022 Oct 21;13:947512. doi: 10.3389/fphar.2022.947512. PMID: 36339543; PMCID: PMC9635000.
9. Marghali S, Zitouna N, Gharbi M, Fadhlaoui I, Trifi-Farah N. Evolution of rbcL among Lathyrus and Kupicha's classification. *Genet Mol Res*. 2014 Oct 27;13(4):8729-39. doi: 10.4238/2014.October.27.14. PMID: 25366764.
10. W.John Kress. Plant DNA baecodes: Applications today and in the future// *Journal of Systematics and evolution*, 2017 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jse.12254>
11. CBOL Plant Working Group. 2009. A DNA barcode for land plants. *PNAS*106(31): 12794-12797.DOI: 10.1073/pnas.0905845106
12. StevanusPharmawati M. 2021. Biodiversity and phylogenetic analyses using DNA barcoding rbcL gene of seagrass from Sekotong, West Lombok,Indonesia. *Biodiversitas*, Volum 22, /1, P: 50-57
13. Jianli Wang et al. Screening of universal DNA barcodes for identifying grass species of Gramineae// *Front. Plant Sci.*, 2022 *Sec. Plant Bioinformatics*. Volum 13<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.998863/full>
- 14.Schenk JJ, Becklund LE, Carey SJ, Fabre PP. What is the “modified” CTAB protocol? Characterizing modifications to the CTAB DNA extraction protocol. *Appl Plant Sci*. 2023 Jun 2;11(3):e11517. doi: 10.1002/aps3.11517. PMID: 37342162; PMCID: PMC10278931.
15. Gupta N. DNA Extraction and Polymerase Chain Reaction. *J Cytol*. 2019 Apr-Jun;36(2):116-117. doi: 10.4103/JOC.JOC\_110\_18. PMID: 30992648; PMCID: PMC6425773.
- 16.de Boer H, Rydmark MO, Verstraete B, Gravendeel B (2022) Molecular identification of plants: from sequence to species. *Advanced Books*. <https://doi.org/10.3897/ab.e98875>
17. Abdel-Latif, A., Osman, G. Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize. *Plant Methods* 13, 1 (2017). <https://doi.org/10.1186/s13007-016-0152-4>
18. Arslan M, Tezcan, Camcı H, Avcı MK. Effect of DNA Concentration on Band Intensity and Resolution in AgaroseGel Electrophoresis. *Van Sag BilDerg* 2021, 14, (3) 326-333. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1874337>
19. Samuel Kwawukume, Frank J. Velez, David Williams, Leqi Cui, Prashant Singh, Rapid PCR-lateral flow assay for the onsite detection of Atlantic white shrimp, *Food Chemistry: Molecular Sciences*,Volume 6,2023, 100164, ISSN 2666-5662,<https://doi.org/10.1016/j.fochms.2023.100164>.
20. AlmiraZada, Puspasri S. Susanto, Raden L7 Putri, et al. DNA-FFPE isolation methods and performances of PCR kits// *Cell MolBiol (Noisy le Grand)* 2018, Volume 64, Issue 13
21. Che J, Chen H-M, Yang J-X, Jin J-Q, Jiang K, Yuan Z-Y, Murphy R W and Zhang Y-P 2012 Universal COI primers for DNA barcoding amphibians: UNIVERSAL COI PRIMERS FOR DNA BARCODING AMPHIBIANS *Molecular Ecology Resources* 12 247–58.
22. Geary, J. and Bubela, T., 2019. Governance of a global genetic resource commons for non-commercial research: A case-study of the DNA barcode commons. *The Commons Journal*, 13(1), p.205-243.DOI: <https://doi.org/10.18352/ijc.859>
- 23.Andreas Kolter and Birgit Gemeinholzer. 2021. Plant DNA barcoding necessitates marker-specific efforts to establish more comprehensive reference databases. *Genome*. 64(3): 265-298. <https://doi.org/10.1139/gen-2019-0198>
24. Gutteridge A and Burns M 2013 The Application of DNA Molecular Approaches for the Identification of Herbal Medicinal Products *Journal of the Association of Public Analysts*
25. Huang X.C., Ci X.Q., Conran J.G., Li J. Application of DNA barcodes in Asian tropical trees—A case study from xishuangbanna nature reserve, Southwest China. *PLoS ONE*. 2015;10:e0129295. doi: 10.1371/journal.pone.0129295.

## References

1. Abdel-Latif, A., Osman, G. Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize. *Plant Methods* **13**, 1 (2017). <https://doi.org/10.1186/s13007-016-0152-4>
2. «Aegopodium L.» *Plants of the World Online. Royal Botanic Gardens, Kew*. Retrieved 2022-12-16.
3. AlmiraZada, Puspasri S. Susanto, Raden L7 Putri, et al. DNA-FFPE isolation methods and performances of PCR kits// *Cell MolBiol (Noisy le Grand)* 2018, Volume 64, Issue 13
4. Andreas Kolter and Birgit Gemeinholzer. 2021. Plant DNA barcoding necessitates marker-specific efforts to establish more comprehensive reference databases. *Genome*. **64**(3): 265-298. <https://doi.org/10.1139/gen-2019-0198>
5. Arslan M, Tezcan, Camcı H, Avcı MK. Effect of DNA Concentration on Band Intensity and Resolution in AgaroseGel Electrophoresis. *Van Sag BilDerg* 2021, 14, (3) 326-333. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1874337>
6. CBOL Plant Working Group. 2009. A DNA barcode for land plants. *PNAS*106(31): 12794-12797.DOI: 10.1073/pnas.0905845106
7. Che J, Chen H-M, Yang J-X, Jin J-Q, Jiang K, Yuan Z-Y, Murphy R W and Zhang Y-P 2012 Universal COI primers for DNA barcoding amphibians: UNIVERSAL COI PRIMERS FOR DNA BARCODING AMPHIBIANS *Molecular Ecology Resources* **12** 247–58.
8. de Boer H, Rydmark MO, Verstraete B, Gravendeel B (2022) Molecular identification of plants: from sequence to species. *Advanced Books*. <https://doi.org/10.3897/ab.e98875>
9. Geary, J. and Bubela, T., 2019. Governance of a global genetic resource commons for non-commercial research: A case-study of the DNA barcode commons. *The Commons Journal*, **13**(1), p.205-243.DOI: <https://doi.org/10.18352/ijc.859>
10. Gupta N. DNA Extraction and Polymerase Chain Reaction. *J Cytol.* 2019 Apr-Jun;36(2):116-117. doi: 10.4103/JOC.JOC\_110\_18. PMID: 30992648; PMCID: PMC6425773.
11. Grudzinskaya L.M., Gemedzhieva N.G., Nelina N.V., Karzhaubekova ZH.ZH. Annotated list of medicinal plants of Kazakhstan. – Almaty, 2014. – 200 p.
12. Gutteridge A and Burns M 2013 The Application of DNA Molecular Approaches for the Identification of Herbal Medicinal Products *Journal of the Association of Public Analysts*
13. Huang X.C., Ci X.Q., Conran J.G., Li J. Application of DNA barcodes in Asian tropical trees—A case study from xishuangbanna nature reserve, Southwest China. *PLoS ONE*. 2015;10:e0129295. doi: 10.1371/journal.pone.0129295.
14. Jianli Wang et al. Screening of universal DNA barcodes for identifying grass species of Gramineae// *Front. Plant Sci.*, 2022 *Sec. Plant Bioinformatics*. Volum 13 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.998863/full>
15. Kang, Y., Deng, Z., Zang, R. *et al.* DNA barcoding analysis and phylogenetic relationships of tree species in tropical cloud forests. *Sci Rep* **7**, 12564 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13057-0>
16. Liu J, Shi L, Han J, Li G, Lu H, Hou J, Zhou X, Meng F, Downie SR. Identification of species in the angiosperm family Apiaceae using DNA barcodes. *MolEcolResour*. 2014 Nov;14(6):1231-8. doi: 10.1111/1755-0998.12262. Epub 2014 May 14. PMID: 24739357.
17. Mahima K, Sunil Kumar KN, Rakhesh KV, Rajeswaran PS, Sharma A, Sathishkumar R. Advancements and future prospective of DNA barcodes in the herbal drug industry. *Front Pharmacol*. 2022 Oct 21;13:947512. doi: 10.3389/fphar.2022.947512. PMID: 36339543; PMCID: PMC9635000.
18. Manhart JR. Phylogenetic analysis of green plant rbcL sequences. *Mol Phylogenet Evol*. 1994 Jun;3(2):114-27. doi: 10.1006/mpev.1994.1014. PMID: 8075831.
19. Marghali S, Zitouna N, Gharbi M, Fadhlouli I, Trifi-Farah N. Evolution of rbcL among Lathyrus and Kupicha's classification. *Genet Mol Res*. 2014 Oct 27;13(4):8729-39. doi: 10.4238/2014.October.27.14. PMID: 25366764.
20. Nigmatullina N.V., Kuluev A.R., Kuluev B.R. Molecular markers used to determine the genetic diversity and video identification of wild plants// *Biomika*, 2018. – Vol. 10, No. 3. – pp. 290-318.
21. Samuel Kwawukume, Frank J. Velez, David Williams, Leqi Cui, Prashant Singh, Rapid PCR-lateral flow assay for the onsite detection of Atlantic white shrimp, *Food Chemistry: Molecular Sciences*, Volume 6, 2023, 100164, ISSN 2666-5662, <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2023.100164>.
22. Savolainen V, Chase MW, Hoot SB, Morton CM, Soltis DE, Bayer C, Fay MF, de Bruijn AY, Sullivan S, Qiu YL. Phylogenetics of flowering plants based on combined analysis of plastid atpB and rbcL gene sequences. *Syst Biol*. 2000 Jun;49(2):306-62. doi: 10.1093/sysbio/49.2.306. PMID: 12118410.
23. Schenk JJ, Becklund LE, Carey SJ, Fabre PP. What is the “modified” CTAB protocol? Characterizing modifications to the CTAB DNA extraction protocol. *Appl Plant Sci*. 2023 Jun 2;11(3):e11517. doi: 10.1002/aps3.11517. PMID: 37342162; PMCID: PMC10278931.
24. StevanusPharmawati M. 2021. Biodiversity and phylogenetic analyses using DNA barcoding rbcL gene of seagrass from Sekotong, West Lombok, Indonesia. *Biodiversitas*, Volum 22, /1, P: 50-57
25. W. John Kress. Plant DNA barcodes: Applications today and in the future// *Journal of Systematics and evolution*, 2017 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jse.12254>

4-бөлім  
**ЗООЛОГИЯ**

---

Section 4  
**ZOOLOGY**

---

Раздел 4  
**ЗООЛОГИЯ**

**Г.С. Ибраева**

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

e-mail: mira\_75kz@mail.ru

## ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ РЫБ В Р. КАРАШИК (БАССЕЙН Р. СЫРДАРЬИ)

Чужеродные виды стали широко распространенным и влиятельным фактором глобальных изменений окружающей среды, вызванных человеком. Водоемы Арало-Сырдарьинского бассейна испытывают повышенную антропогенную нагрузку в связи с изъятием больших объемов воды для орошения и ненамеренным вселением большого числа чужеродных видов рыб. Целью проведенного исследования являлось изучение разнообразия чужеродных видов рыб в р. Карашик. Данная река является единственным притоком с гор Каратау, который в многоводные годы может достигать р. Сырдарьи. На основании анализа фондовых материалов, собранных в 2007-2017 гг., и отбора проб с марта по октябрь 2022 г и в июне 2023 г. вблизи городов Туркестан и Кентау установлены изменения в составе чужеродных видов рыб. Большинство физико-химических показателей воды были на уровне, благоприятном для жизни всех видов пресноводных рыб. Однако во многих образцах отмечено повышенное содержание нитратов, указывающее на антропогенное загрязнение этой реки. Обнаружено 6 видов чужеродных рыб, не имеющих промысловой ценности: абботина *Abbottina rivularis*, горчак *Rhodeus ocellatus*, псевдорасбора *Pseudorasbora parva*, элеотрис *Hypseleotris cinctus*, китайский бычок *Rhinogobius cheni*, китайская медака *Oryzias sinensis*. Из них только псевдорасбора постоянно встречается в реке, разнообразие других чужеродных видов меняется по годам. Биологический анализ показал, что условия обитания позволяют чужеродным видам успешно воспроизводиться, но препятствуют достижению больших размеров, характерных для водоемов с благоприятными условиями обитания.

**Ключевые слова:** чужеродный, рыба, инвазия, экосистема, Сырдарьинский бассейн, индикатор.

G.S. Ibrayeva

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

e-mail: mira\_75kz@mail.ru

## Alien fish species in the Karashik river (Syrdarya basin)

Alien species have become a widespread and influential factor in global environmental changes caused by humans. Water bodies of the Aral-Syrdarya basin are experiencing an increased anthropogenic load due to the withdrawal of large volumes of water for irrigation, and the unintentional introduction of a large number of alien fish species. The purpose of the study was to study the diversity of alien fish species in the Karashik river. This river is the only tributary from the Karatau mountains, which in high-water years can reach Syrdarya. Based on the analysis of stock materials collected in 2007-2017 and sampling from March to October 2022 and in June 2023, changes in the composition of alien fish species were established near the cities of Turkestan and Kentau. Most of the physico-chemical parameters of the water were at a level favorable for the life of all freshwater fish species. However, in many samples, an increased content of nitrates was noted, indicating anthropogenic pollution of this river. 6 species of alien fish with no commercial value were found: Abbotina *Abbottina rivularis*, rosy bitterling *Rhodeus ocellatus*, topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva*, beautiful sleeper *Hypseleotris cinctus*, Chinese goby *Rhinogobius cheni*, Chinese rice-fish *Oryzias sinensis*. Of these, only the topmouth gudgeon was constantly found in the river, the diversity of other alien species varied over the years. Biological analysis has shown that habitat conditions allow the alien species to reproduce successfully, but prevent the achievement of bigger sizes, known for water bodies with favorable habitat conditions.

**Key words:** alien, fish, invasion, ecosystem, Syrdarya basin, indicator.



Г.С. Ибраева

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
e-mail: mira\_75kz@mail.ru**Қарашық өзеніндегі бөтен балықтардың түрлері  
(Сырдария өзенінің бассейні)**

Бөтен балық түрлері адамдардың қолынан туындаған Жаһандық экологиялық өзгерістердің кең таралған және ықпалды факторына айналды. Арал-Сырдария бассейнінің су айдындары суару үшін үлкен көлемдегі судың алынуына және бөтен балық түрлерінің көбеюі арнайы емес отырғызылуына байланысты антропогендік жүктеменің жоғарылауына ұшырайды. Зерттеудің мақсаты Қарашық өзеніндегі бөтен балық түрлерінің алуан түрлілігін зерттеу болды. Бұл өзен Қаратау таулары ағысынан келетін, су мол жылдары Сырдария өзеніне жететін жалғыз сала болып табылады. 2007-2017 жылдары жинақталған қор материалдарын талдау және 2022 жылдың наурыздан қазанға дейін және 2023 жылдың маусым айында Түркістан және Кентау қалаларының маңында сынамаларды іріктеу негізінде бөгде балық түрлерінің құрамы өзгеретіндігі анықталды. Судың физико-химиялық көрсеткіштерінің көпшілігі тұщы су балықтарының барлық түрлерінің тіршілік етуіне қолайлы деңгейде болды. Бірақ, көптеген сынамалар үлгілерінде осы өзеннің антропогендік ластануын көрсететін нитраттар шамасының жоғарылауы байқалды. Кәсіптік құндылығы жоқ бөтен балықтардың 6 түрі: абботина *Abbottina rivularis*, горчак *Rhodeus ocellatus*, псевдорасбора *Pseudorasbora parva*, элеотрис *Hypseleotris cinctus*, қытай бұзаубас балығы *Rhinogobius cheni*, қытай медакасы *Oryzias sinensis* бар екендігі айқындалды. Олардың ішінде тек псевдорасбора өзенде тұрақты кездесті, басқа да бөтен балықтар түрлердің әртүрлілігі жыл сайын өзгеріп отырды. Биологиялық талдау көрсеткендей, мекен ететін орта бөтен балықтар түрлерінің сәтті көбеюіне мүмкіндік береді, бірақ қолайлы тіршілік ету жағдайлары бар суқоймаларға тән олардың үлкен мөлшерге жетулеріне жол бермейді.

**Түйін сөздер:** бөтен, балық, инвазия, экокүйе, Сырдария бассейні, индикатор.

**Введение**

Пресноводные рыбы во всем мире сталкиваются с целым рядом угроз, связанных со строительством плотин, фрагментацией рек, загрязнением, чрезмерной эксплуатацией и взаимодействием с интродуцированными видами. Такое воздействие особенно распространено в густонаселенных странах, переживающих стремительное развитие, и его последствия наиболее сильно ощущаются там, где региональное разнообразие рыб велико [1,2].

Чужеродные виды стали широко распространенным и влиятельным компонентом вызванных человеком глобальных изменений окружающей среды. Чужеродные виды рыб оказывают значительное воздействие на экосистемы пресноводных водоемов всех континентов исключая Антарктиду [3-5]. Оценка экологических последствий вторжения представляет собой множество проблем, которые усугубляются в тех частях мира, где местная фауна плохо известна [6,7].

Река Сырдарья – одна из главных рек Центральной Азии. Первые фундаментальные работы по ихтиофауне реки Сырдарья были выполнены К.Ф. Кесслером в конце XIX века [8,9], затем углублены Л.С. Бергом [10] и Г.В. Никольским [11]. История изучения ихтиофауны бассейна

реки Сырдарья и расселения чужеродных видов рыб до конца прошлого столетия описана Г.М. Дукравцом и В.П. Митрофановым [12]. Острый экологический кризис произошел здесь в последней четверти XX века в результате нерационального использования воды [13,14]. В последнее десятилетие Правительство Республики Казахстан предпринимает ряд мер по смягчению экологической ситуации в регионе [15,16]. Поэтому фактическое современное состояние разнообразия ихтиофауны бассейна р. Сырдарья имеет большой научный и практический интерес [17].

Река Карашик берет свое начало на юго-западном склоне хребта Каратау, проходит через города Кентау и Туркестан и в многоводные годы впадает в р.Сырдарья. Изучению ихтиофауны этой реки было посвящено несколько публикаций [18-20].

Целью проведенной нами работы является изучение современного состояния реки и анализ изменений разнообразия чужеродных видов рыб.

**Материалы и методы**

Материалом для работы послужили фондовые материалы кафедры биоразнообразия и биоресурсов, собранные в 2007-2017 гг. Изучение

современного состояния реки Карашик было проведено с марта по октябрь 2022 г и в июне 2023 г. вблизи городов Туркестан и Кентау (рисунок 1). Гидрохимические показатели изучались в основном на месте.

Отбор проб воды для гидрохимического анализа провели по стандартной методике [21]. Температура воды, pH и общая минерализация воды измерялись на месте с помощью прибора Combo PH&EC, степень мутности измерялась с помощью Microprocessor Turbidity meter Hi 93703

(Hanna Instruments). Цвет и запах воды определялись органолептически.

Для отлова рыб использовались мелкоячеистый бредень и рыболовные сачки различной конструкции с ячейей 3-5 мм. Рыбу фиксировали в формалине и дальнейшую обработку проводили в лаборатории. Таксономические названия рыб даны в соответствии с международными ихтиологическими базами данных [22]. Биологический анализ рыб проведен по традиционной схеме [23].

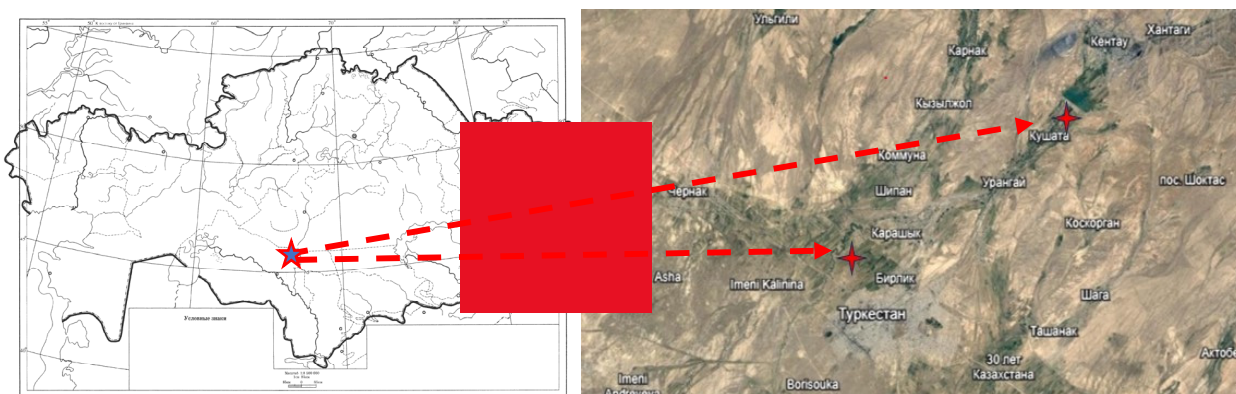


Рисунок 1 – Карта с указанием района исследований

Статистическую обработку данных проводили согласно руководствам Г.Ф. Лакина [24] и Press W.H. et al. [25], используя компьютерную программу Excel.

### Результаты и обсуждение

На участке от г. Кентау до г. Туркестан река Карашик протекает в глинистом широком логу, где выпасается скот. Древесная растительность вдоль берегов деградирована и представлена преимущественно отдельно стоящими деревьями ивы и узколиственного лоха, кустарниковая – отдельными небольшими группами чингиля, тамарикса и шиповника. Ширина реки составляет 3-5 м с плёсами шириной до 20 м и глубиной более 1,7 м. Дно реки илистое, илисто-песчаное и песчано-галечниковое. Развита погруженная водная растительность (хара, роголистник, рдест курчавый, перистолистник). Физико-химические показатели воды за последние два года представлены в таблице 1.

Весной 2022 г. уровень воды в реках Карашик был достаточно полным, вода была прозрачная бесцветная, водородный показатель был

близок к нейтральному. Однако, ранней весной по сравнению с другими реками вода р. Карашик была близка к слабокислой среде и имела более высокий уровень мутности из-за почвенной эрозии, обусловленной близостью к городам и сельскохозяйственным угодьям. Весной и осенью вода в р. Карашик была близка к нейтральной, во всех остальных пробах вода была слабощелочной. Минерализация воды в р. Карашик сильно возросла летом 2022 г., но в 2023 г. оставалась на одном уровне. Резкое повышение минерализации без видимого сокращения стока указывает на наличие какого-то внешнего источника поступления солей в реку. Во всех пробах отмечено повышенное содержание нитратов, что не характерно для особо охраняемых территорий. Возможными источниками нитратов могут быть высокая концентрация крупных позвоночных животных (домашнего скота) и смыв удобрений с сельскохозяйственных полей, почвенная эрозия берегов, прямое поступление сточных вод и воздушный перенос из крупных населенных пунктов [26-28]. Таким образом, в настоящее время река испытывает значительное антропогенное воздействие.

Таблица 1 – Физико-химические показатели воды р. Карашик (2022-2023 гг.)

Объект	г.Туркестан						г.Кентау		
	дата	08.03.2022	09.05.2022	12.06.2022	29.09.2022	25.03.2023	21.06.2023	25.03.2023	22.06.2023
показатели	t°C	17.0	24.3	25.9	15.9	18.3	21.5	17.0	23.7
	pH	6.83	7.93	7.40	7.17	8.16	7.40	8.22	7.84
	ppt	0.640	0.240	0.660	0.680	0.591	0.694	0.221	0.211
	FTU	2.15	2.21	1.11	0.4	13.05	7.76	2.37	1.3
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8.860	12.404	17.720	12.847	9.746	4.873	6.202	0

Примечание – «0» – содержание ниже разрешающей способности прибора ( $8 \cdot 10^{-3}$  мг/л), ppt – общая минерализация (мг/л), FTU – мутность, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – концентрация ионов аммония, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – концентрация нитрат-ионов (мг/л)

Всего за время исследований в реке Карашик было обнаружено 6 видов чужеродных рыб, относящихся к 3 отрядам (табл. 2). Наибольшим числом видов представлен отряд карпообразные Cypriniformes: абботина *Abbottina rivularis* (Basilewsky, 1855); горчак *Rhodeus ocellatus* (Kner, 1866); амурский чебачок, или псевдорасбора *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846). Отряд окунеобразных Perciformes представлен 2 видами: элеотрис *Hypseleotris cinctus* (Günther, 1873) из семейства Odontobutidae и китайский бычок

*Rhinogobius cheni* (Nichols, 1931) из семейства бычковых Gobiidae. Медака относится к отряду сарганообразных Beloniformes, семейству оризиевых Oryziatidae. Недавнее молекулярно-генетическое исследование интродуцированных в водоемы Казахстана и сопредельных стран популяций этого вида [29] показало единство происхождения и принадлежность к виду китайская медака *Oryzias sinensis* Chen, Uwa & Chu, 1989. Из перечисленных видов только амурский чебачок и абботина встречались в р.Карашик постоянно.

Таблица 2 – Встречаемость чужеродных видов рыб в р. Карашик в 2007-2023 гг.

Виды рыб	г.Туркестан								г.Кентау			
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2022	2023	2007	2015	2016	2017
<b>ОТРЯД КАРПООБРАЗНЫЕ CYPRINIFORMES, Семейство карповые Cyprinidae</b>												
Абботина (лжепескарь) <i>Abbottina rivularis</i> (Basilewsky, 1855)	0	3	0	4	3	0	4	8	5	4	4	0
Псевдорасбора <i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	15	5	1	14	38	3	22	18	8	0	22	0
Глазчатый горчак <i>Rhodeus ocellatus</i> (Kner, 1866)	0	0	0	0	74	0	0	1	0	0	0	0
<b>ОТРЯД ОКУНЕОБРАЗНЫЕ PERCIFORMES</b>												
Элеотрис <i>Hypseleotris cinctus</i> (Günther, 1873)	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	3	0
китайский бычок <i>Rhinogobius cheni</i> (Nichols, 1931)	2	0	0	0	2	1	28	1	2	0	28	0
<b>ОТРЯД САРГАНООБРАЗНЫЕ BELONIFORMES Семейство оризиевые Oryziatidae</b>												
Китайская медака <i>Oryzias sinensis</i> Chen, Uwa & Chu, 1989	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0

Постоянным представителем чужеродных рыб в р. Карашик является псевдорасбора, или амурский чебачок. Морфобиологические показатели выборок представлены в таблице 3. В 2014 году была отловлена лишь одна особь этого вида. Её абсолютная длина равнялась 38,8 мм, длина без

хвоста – 32,4, масса – 0,48 г, упитанность по Фультону – 1,41. Максимальный размер за весь период исследований оказался намного меньшего, известного для этого вида в водоемах Казахстана [30], что указывает на неблагоприятные для продолжительной жизни условия существования.

Таблица 3 – Морфобиологические показатели амурского чебачка

Показатели	Годы	n	min	max	M	±s	CV
SL, мм	2007 Кентау	8	21.7	29.8	24.6	3.18	12.94
	2012 Туркестан	15	23.7	32.0	26.4	2.53	9.59
	2013 Туркестан	5	20.0	26.2	22.6	2.62	11.58
	2015 Туркестан	14	21.0	46.0	34.6	8.24	23.82
	2016 Туркестан	38	26.0	56.6	36.8	8.50	23.07
	2016 Кентау	22	11.0	26.2	19.4	3.82	19.69
	2017 Туркестан	3	22.2	40.5	31.7	9.17	28.93
	2022 Туркестан	22	21.5	31.5	25.4	2.69	10.60
	2023 Туркестан	18	22.6	45.8	27.2	6.06	22.29
Q, г	2007 Кентау	8	0.18	0.46	0.27	0.119	43.61
	2012 Туркестан	15	0.20	0.69	0.33	0.136	41.10
	2013 Туркестан	5	0.14	0.37	0.24	0.095	40.02
	2015 Туркестан	14	0.18	2.38	0.98	0.659	67.07
	2016 Туркестан	38	0.34	3.97	1.13	0.861	76.22
	2016 Кентау	22	0.01	0.37	0.15	0.093	63.76
	2017 Туркестан	3	0.32	1.28	0.69	0.514	74.01
	2022 Туркестан	22	0.18	0.61	0.30	0.118	39.12
	2023 Туркестан	18	0.19	1.93	0.42	0.450	106.13
Fullton	2007 Кентау	8	1.56	2.06	1.75	0.166	9.46
	2012 Туркестан	15	1.34	2.11	1.72	0.204	11.85
	2013 Туркестан	5	1.75	2.07	1.97	0.137	6.96
	2015 Туркестан	14	0.99	2.70	2.07	0.434	20.99
	2016 Туркестан	38	1.42	5.10	1.96	0.605	30.91
	2016 Кентау	22	0.19	1.02	0.50	0.367	21.30
	2017 Туркестан	3	1.41	2.94	2.09	0.779	37.23
	2022 Туркестан	22	1.48	2.14	1.75	0.140	7.99
	2023 Туркестан	18	1.45	2.03	1.74	0.165	9.49

Численность китайского бычка испытывает сильные межгодовые колебания. В 2017 и 2023 гг. было обнаружено только по одному экземпляру китайского бычка. Наиболее многочисленным

этот вид был в 2016 и 2022 годах (таблица 4). Размерно-весовые показатели также оказались значительно меньше максимально известных по литературным данным [31].

**Таблица 4** – Морфобиологические показатели китайского бычка

Показатели	Годы	n	min	max	M	±s	CV
SL, мм	2007 Кентау	2	23.5	34.5	29.00	7.78	26.82
	2012 Туркестан	2	31.3	32.0	31.65	0.49	1.56
	2016 Туркестан	2	22.3	36.0	31.20	7.72	24.73
	2016 Кентау	28	23.4	41.7	31.82	5.74	18.05
	2022 Туркестан	28	20.5	38.2	28.55	5.73	20.07
Q, г	2007 Кентау	2	0.21	0.75	0.48	0.379	78.63
	2012 Туркестан	2	0.45	0.55	0.50	0.071	14.14
	2016 Туркестан	2	0.20	1.28	0.86	0.579	67.28
	2016 Кентау	28	0.19	1.02	0.50	0.254	51.18
	2022 Туркестан	28	0.14	1.35	0.46	0.329	70.24
Fullton	2007 Кентау	2	1.65	1.83	1.74	0.125	7.22
	2012 Туркестан	2	1.37	1.79	1.58	0.297	18.77
	2016 Туркестан	2	1.80	2.74	2.35	0.488	20.77
	2016 Кентау	28	1.27	1.97	1.44	0.179	12.46
	2022 Туркестан	28	1.43	2.42	1.69	0.210	12.38

Речная абботина не является многочисленной, но представлена в большинстве выборок (таблица 5). Также как и у двух предыдущих видов, максимальные размеры отловленных в

р.Карашик рыб намного меньше известных для других водоемов Казахстана [32]. Однако упитанность рыб в 2015-2016 гг. была выше ранее известного для Казахстана значения.

**Таблица 5** – Морфобиологические показатели абботины

Показатели	Годы	n	min	max	M	±s	CV
SL, мм	2007 Кентау	5	21.2	29.0	25.06	2.89	11.52
	2013 Туркестан	3	23.20	28.10	25.33	2.51	9.91
	2015 Туркестан	4	33.5	57.0	40.63	11.10	27.33
	2015 Кентау	4	45.0	56.0	51.38	4.71	9.18
	2016 Туркестан	3	29.0	52.0	37.33	12.74	34.13
	2016 Кентау	4	24.0	26.1	25.05	1.48	5.93
	2022 Туркестан	4	20.0	40.0	28.23	9.56	33.87
	2023 Туркестан	8	20.5	60.4	29.48	12.79	43.38
Q, г	2007 Кентау	5	0.13	0.41	0.26	0.110	42.74
	2013 Туркестан	3	0.23	0.41	0.30	0.099	33.00
	2015 Туркестан	4	0.69	3.78	1.60	1.464	91.63
	2015 Кентау	4	1.72	3.84	2.86	0.871	30.49
	2016 Туркестан	3	0.41	3.09	1.38	1.488	108.8
	2016 Кентау	4	0.25	0.33	0.29	0.057	19.51
	2022 Туркестан	4	0.08	1.04	0.45	0.443	98.89
	2023 Туркестан	8	0.14	3.96	0.75	1.302	174.14

Продолжение таблицы

Показатели	Годы	n	min	max	M	±s	CV
Fullton	2007 Кентау	5	1.31	1.71	1.55	0.190	12.31
	2013 Туркестан	3	1.75	1.86	1.81	0.055	3.04
	2015 Туркестан	4	1.84	2.14	2.00	0.127	6.38
	2015 Кентау	4	1.88	2.25	2.05	0.196	9.55
	2016 Туркестан	3	1.68	2.20	2.00	0.277	13.89
	2016 Кентау	4	1.81	1.86	1.83	0.034	1.84
	2022 Туркестан	4	1.00	1.63	1.44	0.299	20.70
	2023 Туркестан	8	1.56	1.86	1.76	0.108	6.13

Элеотрис также не является многочисленным видом в р. Карашик. В 2016 году в районе г. Туркестан найден только 1 элеотрис. его абсолютная длина 40.0 мм; длина без хвоста 32.2 мм;

масса тела 0.89 г; но упитанность по Фультону высокая – 2.67. Показатели выборок других лет представлены в таблице 6. Все показатели соответствует по литературным данным [33].

Таблица 6 – Морфобиологические показатели элеотриса

Показатели	Годы	n	min	max	M	±s	CV
SL. мм	2016 Кентау	3	18.8	24.0	21.10	2.65	12.57
	2022 Туркестан	3	19.0	24.0	21.17	2.57	12.12
Q. г	2016 Кентау	3	0.13	0.26	0.19	0.067	35.79
	2022 Туркестан	3	0.13	0.26	0.18	0.071	38.38
Fullton	2016 Кентау	3	1.90	2.02	1.95	0.060	3.09
	2022 Туркестан	3	1.82	1.93	1.88	0.055	2.90

Глазчатый горчак был многочисленным только в 2016 г. Этой выборке была посвящена отдельная публикация [18]. В 2023 году вблизи г. Туркестан найден только 1 горчак. его абсолютная длина 47.2 мм; длина без хвоста 36.6 мм; масса тела – 1.55 г; но упитанность по Фультону высокая – 3.16.

Медака *Orizias sinensis* была обнаружена только в 2017 г р. Карашик в районе г. Туркестан. Её абсолютная длина – 27.3 мм. длина без хвоста – 23.2 мм. масса тела – 0.18 г. упитанность по Фультону – 2.72. Эти показатели соответствует известным для водоемов Казахстана литературным данным [34].

В результате проведенного исследования установлено постоянное обитание нескольких чужеродных видов в р. Карашик. На основе анализа интродукции в различных частях мира было установлено, что нарушения экосистем благоприятствуют вторжениям. В свою очередь, чужеродные виды могут сильно изменять гидро-

логию, биогеохимический цикл и биотический состав заселенных экосистем и за счет этого модулировать воздействие других неблагоприятных воздействий [35-37]. Поэтому присутствие чужеродных видов рыб рассматривается как индикатор неблагоприятных изменений окружающей среды.

### Заключение

В результате проведенного исследования было установлено антропогенное воздействие экосистему р. Карашик. В результате этого разнообразные короткоциклические виды рыб стали постоянными обитателями этой реки. Установлено присутствие в реке 6 представителей амурского комплекса рыб, относящихся к 3 отрядам: речная абботина, псевдорасбора, глазчатый горчак, китайская медака, элеотрис и китайский бычок. Из перечисленных видов только амурский чебачок постоянно встречается в реке. Условия

существования позволяют этим видам успешно воспроизводиться, но не способствуют продолжительной жизни и достижению максимальных размеров. Постоянное присутствие чужеродных видов является индикатором неблагоприятного воздействия на р. Карашик.

### Благодарность

Выражаю благодарность отечественному научному руководителю кандидату биологических наук, ассоциированному профессору Мамилову Н.Ш.

### Литература

1. Kang, B., Deng, J., Wu, Y., Chen, L., Zhang, J., Qiu, H., Lu, Y., He, D. (2014). Mapping China's freshwater fishes: Diversity and biogeography. *Fish and Fisheries*. 15(2), 209-230. DOI: 10.1111/faf.12011.
2. Edge, C. B., Fortin, M. J., Jackson, D. A., Lawrie, D., Stanfield, L., Shrestha, N., Habitat alteration and habitat fragmentation differentially affect beta diversity of stream fish communities // *Landscape Ecology*. – 2017. – Т. 32. – С. 647-662.
3. García-Berthou E. The characteristics of invasive fishes: what has been learned so far? // *Journal of Fish Biology*. – 2007. – Т. 71. – С. 33-55. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2007.01668.x
4. Douglas, M.R.; Slynko, Y.V.; Dgebuadze, Y.Y.; Olenin, S.; Aleksandrov, B.; Boltachev, A.; Slynko, E.E.; Khristenko, D.; Minchin, D.; Pavlov, D.F.; Reshetnikov, A.N.; Vekhov D.A.; Ware C.J.; Douglas M.E. Invasion Ecology: An International Perspective Centered in the Holarctic. *Fisheries* 2015. 40. 464–470. DOI:10.1080/03632415.2015.1075344
5. Hughes, K. A., Pescott, O. L., Peyton, J., Adriaens, T., Cottier-Cook, E. J., Key, G., Rabitsch, W., Tricarico, E., Barnes D.K.A., Baxter, N., Belchier, M., Blake, D., Convey, P., Dawson, W., Frohlich, D., Gardiner, L.M., González-Moreno, P., James, R., Malumphy, Ch., Martin, S., Martinou, A.F., Minchin, D., Monaco, A., Moore, N., Morley, S.A., Ross, K., Shanklin, J., Turvey, K., Vaughan, D., Vaux, A.G.C., Werenkraut, V., Winfield, I.J., Roy, H. E. (2020). Invasive non-native species likely to threaten biodiversity and ecosystems in the Antarctic Peninsula region. *Global change biology*. 26(4), 2702-2716. DOI:10.1111/gcb.14938
6. Simberloff, D., Martin, J. L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., ... & Vilà, M. (2013). Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in ecology & evolution*. 28(1), 58-66. DOI:10.1016/j.tree.2012.07.013.
7. Ricciardi, A., Iacarella, J. C., Aldridge, D. C., Blackburn, T. M., Carlton, J. T., Catford, J. A., Dick, J.T.A., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., Liebhold, A.M., Lockwood, J.L., MacIsaac, H.J., Meyerson, L.A., Pyšek P., Richardson, D.M., Ruiz, G.M., Simberloff, D., Vilà, M., Wardle, D.A. (2021). Four priority areas to advance invasion science in the face of rapid environmental change. *Environmental Reviews*. 29(2), 119-141. DOI:10.1139/er-2020-0088.
8. Кесслер, К. Ф. (1872). Ихтиологическая фауна Туркестана. *Изв. об-ва любит. естествозн.* 10(1), 47.
9. Кесслер, К.Ф. 1877. Рыба, найденная в Урало-Каспийско-Понтиакском ихтиологической регионе. // *Материалы Урало-Каспийской экспедиции. Выпуск 4. Приложение к труду Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей.* 1-360.
10. Берг, Л. С. 1905. Рыбы Туркестана. // *Известия Туркестанского отделения Русского географического общества.* 4 (16), 1-261.
11. Никольский Г.В. Рыбы Аральского моря / Г.В. Никольский – М.: изд. Московского общества испытателей природы. 1940.-Новая серия. Вып. I.(XVI).-2016с.
12. Micklin P. The Aral Sea crisis // *Dying and dead seas climatic versus anthropic causes*. – Dordrecht : Springer Netherlands, 2004. – С. 99-123.
13. Ermakhanov, Z. K., Plotnikov, I. S., Aladin, N. V., & Micklin, P. (2012). Changes in the Aral Sea ichthyofauna and fishery during the period of ecological crisis. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*. 17(1), 3-9. DOI: 10.1111/j.1440-1770.2012.00492.x
14. Saini, N. (2023). The Ecological Crisis: A Comprehensive Analysis. *International Journal of Law, Human Rights and Constitutional Studies*. 5(1), 20-26.
15. Sobirova, K., Qutlimuratova, D., & Qurbanbayeva, M. (2023). The Aral Sea: A catastrophic environmental crisis and restoration efforts. *International Bulletin of Engineering and Technology*. 3(7), 127-129.
16. Wu, M., Qiao, J., Zhang, Y., Tian, C., Li, Y., Hao, Y., Zhang, X., WANG, L., He, J. (2023). Ecological Governance of Aral Sea: Important Way to Deepen Scientific and Technological Cooperation with Central Asia. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)*. 38(6), 917-931.
17. Afanasyev, S. A., Roman, A. M., Dolinskii, V. L., Karimov, H. N., & Erhashboev, I. K. (2020). Impact of designed Quai-rokkum Hydropower Plant reconstruction on the Syr Darya River ichthyofauna. *Zoodiversity*. 54(5). DOI:10.15407/zoo2020.05.363.
18. Кожабаяева Э.Б., Сапаргалиева Н.С. (2016). Морфобиологическая характеристика горчача (*Rhodeus* sp.) из р. Карашик. *Вестник КазНУ. Серия биологическая*. 68(3), 96-103.
19. Кожабаяева Э.Б., Мамилов Н.Ш., Беккожаева Д.К., Амирбекова Ф.Т., Сапаргалиева Н.С. Состав ихтиофауны р.Карашик (Сырдарьинский бассейн) // *Материалы междунар.-научно-практ.конф. «Проблемы сохранения биоразнообразия Казахстана и сопредельных территорий в природе и в коллекциях».* Алматы, 2016.-с.98-100.
20. Ибраева Г.С., Мамилов Н.Ш., Беккожаева Д.К., Амирбекова Ф.Т., Кожабаяева Э.Б., Сапаргалиева Н.С., Хабибуллин Ф.Х. Динамика разнообразия фауны рыб р.Карашик (бассейн р.Сырдарья) в условиях меняющейся антропогенной нагрузки

//Междунар. конф. «Зоологические исследования в Казахстане в XXI веке: Итоги, проблемы и перспективы» посвященная 90-летию РГП «Институт зоологии» КН МНВО РК. 13-16 апреля 2023 года г. Алматы. РК. -с.233-238.

21. Порфирьева А.В. Гидрохимический анализ: учеб. пособие / А.В. Порфирьева, Г.К. Зиятдинова, Э.П. Медянцева и др. – Казань: Изд-во Казан. унта. 2018. – 88 с.

22. Froese, Pauly. 2023; Eschmeyer, W. N.; Fricke, R.; van der Laan R. (eds). ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>).

23. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность. 1966. – 376 с.

24. Лакин Г.Ф. Биометрия – М.: Высшая школа. 1990. – 352 с

25. Press W. H., Flannery B. P., Teukolsky S. A., Vetterling W. T. Numerical recipes – Cambridge, New York. 1986. – 818 p.

26. Biddau R., Cidu R., Da Pelo S., Carletti A., Ghiglieri G., Pittalis D. Source and fate of nitrate in contaminated groundwater systems: Assessing spatial and temporal variations by hydrogeochemistry and multiple stable isotope tools// Science of The Total Environment. – 2019. – V.647. – p. 1121-1136 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.007.

27. Sadayappan K., Kerins D., Shen C., Li L. Nitrate concentrations predominantly driven by human, climate, and soil properties in US rivers// Water Research – 2022. – V.226. 119295 <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119295>.

28. Lin J., Compton J.E., Sabo R.D., Herlihy A.T., Hill R.A., Weber M.H., Brooks R., Paulsen S.G., Stoddard, J.L. (2023). The changing nitrogen landscape of US streams: Declining deposition and increasing organic nitrogen // *PNAS Nexus*. pgad362. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad362>

29. Makhrov, A. A., Artamonova, V. S., Sun, Y. H., Fang, Y., Pashkov, A. N., & Reshetnikov, A. N. New Records of the Alien Chinese Ricefish (*Oryzias sinensis*) and Its Dispersal History across Eurasia //Diversity. – 2023. – Т. 15. – №. 3. – С. 317. DOI: 10.3390/d15030317.

30. Баймбетов А.А. Род *Pseudorasbora* Bleeker, 1860 – Псевдорасбора. *Pseudorasbora parva* (Schlegel) – амурский чебачок. //Рыбы Казахстана – Т.5. Акклиматизация, промысел / Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Сидорова А.Ф. и др. – Алма-Ата: Ғылым. 1992.– С. 159-169.

31. Дукравец Г.М., Копылец С.К. Семейство Gobiidae – Бычковые. Род *Rhinogobius* Gill, 1860 – Бычковые. *Rhinogobius similis* Gill – амурский бычок. //Рыбы Казахстана – Т.5. Акклиматизация, промысел / Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Сидорова А.Ф. и др. – Алма-Ата: Ғылым. 1992.– С.269-286.

32. Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Сидорова А.Ф. и др. Род *Pseudogobio* Bleeker, 1860 – Лжепескарь. //Рыбы Казахстана – Т.5. Акклиматизация, промысел. – Алма-Ата: Ғылым. 1992.– С.169-277.

33. Глуховцев И.В., Дукравец Г.М., Карпов В.Е. Отряд окунеобразные – Perciformes. Семейство Eleotridae – Головощековые или Элеотровые. Род *Hypseleotris* Gill, 1860. *Micropercops cinctus* (Dabry de Thiersant 1872) – Элеотрис. //Рыбы Казахстана – Т.5. Акклиматизация, промысел / Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Сидорова А.Ф. и др. – Алма-Ата: Ғылым. 1992.– С.250-269.

34. Карпов В.Е. Род *Oryzias* Jordan et Snyder, 1906 – Оризиас. Род *Oryzias latipes* (Temminck & Schlegel, 1846) – Медака. //Рыбы Казахстана – Алма-Ата: Ғылым. 1992.– Т.5. – С.230-241.

35. Strayer, D. L. (2010). Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. *Freshwater biology*. 55. 152-174. DOI:10.1111/j.1365-2427.2009.02380.x.

36. Ricciardi, A., & MacIsaac, H. J. (2011). Impacts of biological invasions on freshwater ecosystems. *Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton*. 1. 211-224.

37. Matsuzaki, S. I. S., Sasaki, T., & Akasaka, M. (2013). Consequences of the introduction of exotic and translocated species and future extirpations on the functional diversity of freshwater fish assemblages. *Global Ecology and Biogeography*. 22(9). 1071-1082. DOI:10.1111/geb.12067.

## References

1. Afanasyev, S. A., Roman, A. M., Dolinskii, V. L., Karimov, H. N., & Erhashboev, I. K. (2020). Impact of designed Quai-rokkum Hydropower Plant reconstruction on the Syr Darya River ichthyofauna. *Zoodiversity*. 54(5). DOI:10.15407/zoo2020.05.363.

2. Bajmбетov А.А. Род *Pseudorasbora* Bleeker, 1860 – Псевдорасбора. *Pseudorasbora parva* (Schlegel) – амурский чебачок. //Рыбы Казахстана – Т.5. Акклиматизация, промысел / Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Сидорова А.Ф. и др. – Алма-Ата: Ғылым. 1992.– С. 159-169.

3. Berg, L. S. 1905. Ryby Turkestana. //Izvestiya Turkestanskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva. 4 (16). 1-261.

4. Biddau R., Cidu R., Da Pelo S., Carletti A., Ghiglieri G., Pittalis D. Source and fate of nitrate in contaminated groundwater systems: Assessing spatial and temporal variations by hydrogeochemistry and multiple stable isotope tools// Science of The Total Environment. – 2019. – V.647. – p. 1121-1136 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.007.

5. Douglas, M.R.; Slynko, Y.V.; Dgebuadze, Y.Y.; Olenin, S.; Aleksandrov, B.; Boltachev, A.; Slynko, E.E.; Khristenko, D.; Minchin, D.; Pavlov, D.F.; Reshetnikov, A.N.; Vekhov D.A.; Ware C.J.; Douglas M.E. Invasion Ecology: An International Perspective Centered in the Holarctic. *Fisheries* 2015. 40. 464–470. DOI:10.1080/03632415.2015.1075344



6. Dukravec G.M., Kopylec S.K. Semejstvo Gobiidae – Bychkovyje. Rod *Rhinogobius* Gill. 1860 – Bychkovyje. *Rhinogobius similis* Gill – amurskij bychok. //Ryby Kazahstana – T.5. Akklimatizaciya. promysel / Mitrofanov V.P., Dukravec G.M., Sidorova A.F. i dr. – Alma-Ata: Fylym. 1992.– S.269-286.
7. Edge. C. B., Fortin. M. J., Jackson. D. A., Lawrie. D., Stanfield. L., Shrestha. N., Habitat alteration and habitat fragmentation differentially affect beta diversity of stream fish communities //Landscape Ecology. – 2017. – T. 32. – S. 647-662.
8. Ermakhanov. Z. K., Plotnikov. I. S., Aladin. N. V., & Micklin. P. (2012). Changes in the Aral Sea ichthyofauna and fishery during the period of ecological crisis. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*. 17(1), 3-9. DOI: 10.1111/j.1440-1770.2012.00492.x
9. Froese. Pauly. 2023; Eschmeyer. W. N.; Fricke. R.; van der Laan R. (eds). *ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES: GENERA. SPECIES. REFERENCES.* (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>).
10. García-Berthou E. The characteristics of invasive fishes: what has been learned so far? //Journal of Fish Biology. – 2007. – T. 71. – S. 33-55. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2007.01668.x
11. Gluhovcev I.V., Dukravec G.M., Karpov V.E. Otryad okuneobraznye – Perciformes. Semejstvo Eleotridae – Golovoshchekovyje ili Eleotrovyje. Rod *Hypseleotris* Gill. 1860. *Micropercops cinctus* (Dabry de Thiersant 1872) – Eleotris. //Ryby Kazahstana – T.5. Akklimatizaciya. promysel / Mitrofanov V.P., Dukravec G.M., Sidorova A.F. i dr. – Alma-Ata: Fylym. 1992.– S.250-269.
12. Hughes. K. A., Pescott. O. L., Peyton. J., Adriaens. T., Cottier-Cook. E. J., Key. G., Rabitsch. W., Tricarico. E., Barnes D.K.A. Baxter. N., Belchier. M., Blake. D., Convey. P., Dawson. W., Frohlich. D., Gardiner. L.M., González-Moreno. P., James. R., Malumphy. Ch., Martin. S., Martinou. A.F., Minchin. D., Monaco. A., Moore. N., Morley. S.A., Ross. K., Shanklin. J., Turvey. K., Vaughan. D., Vaux. A.G.C., Werenkraut. V., Winfield. I.J., Roy. H. E. (2020). Invasive non-native species likely to threaten biodiversity and ecosystems in the Antarctic Peninsula region. *Global change biology*. 26(4), 2702-2716. DOI:10.1111/gcb.14938
13. Ibrayeva G.S., Mamilov N.SH., Bekkozhaeva D.K., Amirbekova F.T., Kozhabaeva E.B., Sapargaliev N.S., Habibullin F.H. Dinamika raznoobraziya fauny ryb r.Karashik (bassejn r.Syrdar'i) v usloviyah menyayushchejsya antropogennoj nagruzki // Mezhdunar. konf. «Zoologicheskie issledovaniya v Kazahstane v XXI veke: Itogi. problemy i perspektivy» posvyashchennaya 90-letiyu RGP «Institut zoologii» KN MNVO RK. 13-16 aprelya 2023 goda g. Almaty. RK. -s.233-238.
14. Kang. B., Deng. J., Wu. Y., Chen. L., Zhang. J., Qiu. H., Lu, Y., He. D. (2014). Mapping China's freshwater fishes: Diversity and biogeography. *Fish and Fisheries*. 15(2), 209-230. DOI: 10.1111/faf.12011.
15. Karpov V.E. Rod *Orizias* Jordan et Snyder. 1906 – *Orizias*. Rod *Oryzias latipes* (Temminck & Schlegel.1846) – Medaka. //Ryby Kazahstana – Alma-Ata: Fylym. 1992.– T.5. – S.230-241.
16. Kessler. K. F. (1872). Ihtologicheskaya fauna Turkestana. *Izv. ob-va lyubit. estestvozn.* 10(1), 47.
17. Kessler. K.F. 1877. Ryba. najdennaya v Uralo-Kaspijsko-Pontiakskom ihtologicheskoy regione. //Materialy Uralo-Kaspijskoj ekspedicii. Vypusk 4. Prilozhenie k trudu Sankt-Peterburgskogo obshchestva estestvoispytatelej. 1-360.
18. Kozhabaeva E.B., Mamilov N.SH., Bekkozhaeva D.K., Amirbekova F.T., Sapargaliev N.S. Sostav ihtiofauny r.Karashik (Syrdar'inskij bassejn) //Materialy mezhdunar.-nauchno-prakt.konf. «Problemy sohraneniya bioraznoobraziya Kazahstana i sopedel'nyh territorij v prirode i v kollekcijah». Almaty. 2016.-s.98-100.
19. Kozhabaeva E.B., Sapargaliev N.S. (2016). Morfobiologicheskaya karakteristika gorchaka (*Rhodeus* sp.) iz r. Karashik. *Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya*. 68(3), 96-103.
20. Lakin G.F. *Biometriya – M.: Vysshaya shkola.* 1990. – 352 s
21. Lin J., Compton J.E., Sabo R.D., Herlihy A.T., Hill R.A., Weber M.H., Brooks R., Paulsen S.G., Stoddard, J.L. (2023). The changing nitrogen landscape of US streams: Declining deposition and increasing organic nitrogen // *PNAS Nexus*. pgad362. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad362>
22. Makhrov. A. A., Artamonova. V. S., Sun. Y. H., Fang. Y., Pashkov. A. N., & Reshetnikov. A. N. New Records of the Alien Chinese Ricefish (*Oryzias sinensis*) and Its Dispersal History across Eurasia //Diversity. – 2023. – T. 15. – №. 3. – S. 317. DOI: 10.3390/d15030317.
23. Matsuzaki. S. I. S., Sasaki. T., & Akasaka. M. (2013). Consequences of the introduction of exotic and translocated species and future extirpations on the functional diversity of freshwater fish assemblages. *Global Ecology and Biogeography*. 22(9), 1071-1082. DOI:10.1111/geb.12067.
24. Micklin P. The Aral Sea crisis //Dying and dead seas climatic versus anthropic causes. – Dordrecht : Springer Netherlands. 2004. – S. 99-123.
25. Mitrofanov V.P., Dukravec G.M., Sidorova A.F. i dr. Rod *Pseudogobio* Bleeker. 1860 – Lzhepeskar'. //Ryby Kazahstana – T.5. Akklimatizaciya. promysel. – Alma-Ata: Fylym. 1992.– S.169-277.
26. Nikol'skij G.V. Ryby Aral'skogo morya / G.V. Nikol'skij – M.: izd. Moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody. 1940.-Novaya seriya. Vyp.I.(XVI).-2016s.
27. Porfir'eva A.V. *Gidrohimicheskij analiz: ucheb. posobie / A.V. Porfir'eva. G.K. Ziyatdinova. E.P. Medyancheva i dr. – Kazan': Izd-vo Kazan. unta.* 2018. – 88 s.
28. Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb. – M.: Pishchevaya promyshlennost'. 1966. – 376 s.*
29. Press W. H., Flannery B. P., Teukolsky S. A., Vetterling W. T. *Numerical recipes – Cambridge. New York.* 1986. – 818 p.
30. Ricciardi. A., & MacIsaac. H. J. (2011). Impacts of biological invasions on freshwater ecosystems. Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton. 1. 211-224.

31. Ricciardi. A., Iacarella. J. C., Aldridge. D. C., Blackburn. T. M., Carlton. J. T., Catford. J. A., Dick. J.T.A., Hulme. P.E., Jeschke. J.M., Liebhold. A.M., Lockwood. J.L., MacIsaac. H.J., Meyerson. L.A., Pyšek P., Richardson. D.M., Ruiz. G.M., Simberloff. D., Vilà. M., Wardle. D.A. (2021). Four priority areas to advance invasion science in the face of rapid environmental change. *Environmental Reviews*. 29(2). 119-141. DOI:10.1139/er-2020-0088.
32. Sadayappan K., Kerins D., Shen C., Li L. Nitrate concentrations predominantly driven by human, climate, and soil properties in US rivers// *Water Research – 2022.* – V.226. 119295 <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119295>.
33. Saini. N. (2023). The Ecological Crisis: A Comprehensive Analysis. *International Journal of Law, Human Rights and Constitutional Studies*. 5(1). 20-26.
34. Simberloff. D., Martin. J. L., Genovesi. P., Maris. V., Wardle. D. A., Aronson. J., ... & Vilà. M. (2013). Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in ecology & evolution*. 28(1). 58-66. DOI:10.1016/j.tree.2012.07.013.
35. Sobirova. K., Qutlimuratova. D., & Qurbanbayeva. M. (2023). The Aral Sea: A catastrophic environmental crisis and restoration efforts. *International Bulletin of Engineering and Technology*. 3(7). 127-129.
36. Strayer. D. L. (2010). Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. *Freshwater biology*. 55. 152-174. DOI:10.1111/j.1365-2427.2009.02380.x.
37. Wu. M., Qiao. J., Zhang. Y., Tian. C., Li. Y., Hao. Y., Zhang. X., WANG. L., He. J. (2023). Ecological Governance of Aral Sea: Important Way to Deepen Scientific and Technological Cooperation with Central Asia. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)*. 38(6). 917-931.

A.M. Ganina\* , M.M. Bakhtin , E.T. Kashkinbaev ,  
P.K. Kazymbet , D.S. Ibrayeva , M.N. Aumalikova 

nJSC “Astana medical university”, Institute of Radiobiology and Radiation Protection, Kazakhstan, Astana  
\*e-mail: anastassiya\_smelova@mail.ru

## ASSESSMENT OF THE STATE OF THE WATER ECOSYSTEMS OF THE TERRITORIES OF THE TURKESTAN REGION AT THE LEVEL OF “ZERO BACKGROUND”, LOCATED IN CLOSE PROXIMITY TO THE NUCLEAR POWER PLANT UNDER CONSTRUCTION IN UZBEKISTAN

The article describes the radiobiological state of open reservoirs, drinking water in the settlements of the Turkestan region, which are potentially affected by the nuclear power plant under construction in Uzbekistan, as well as some biota objects that can serve as indicator organisms. The relevance is due to the fact that the settlements of the Turkestan region of the Republic of Kazakhstan, located near the border with Uzbekistan, fall under the potential impact of the future nuclear power plant. The objects of the study were samples of drinking water from 5 settlements, bottom sediments and hydrobionts (pike-perch – *Sander lucioperca*), carp (*Cyprinus carpi*), lake frog (*Pelophylax ridibundus*), water samples taken from open reservoirs of the Turkestan region. On the basis of an accredited the test laboratory of radiochemistry and radiospectrometry of the Institute of Radiobiology and Radiation Protection conducted tests on the content of radionuclides. The results obtained on the content of radionuclides at the stage of “zero background” before the construction of the nuclear power plant are generally within the normal range, with the exception of samples of drinking water from the village of Zhyly-su, where the total alpha activity exceeds 1.5 times the maximum allowable concentration. The results obtained will allow us to estimate the probable dose loads of the population from the intake of radionuclides through food chains and various scenarios. Data on the content of radionuclides in open water bodies and in drinking water will be used as one of the criteria, for a full assessment of the “zero pho on the territories of the Turkestan region.

**Key words:** “zero background”, drinking water, open reservoir, nuclear power plant, radionuclides.

А.М. Ганина\*, М.М. Бахтин, Е.Т. Кашкинбаев, П.Қ. Қазымбет,  
Д.С. Ибраева, М.Н. Аумаликова

«Астана медицина университеті» ҚЕАК, Радиобиология және радиациялық қорғау институты,  
Қазақстан, Астана, қ.

\*e-mail: anastassiya\_smelova@mail.ru

### Өзбекстанда салынып жатқан атом электр станциясына жақын орналасқан Түркістан облысы аумақтарының су экожүйелерінің жағдайын «нөлдік фон» деңгейінде бағалау

Мақалада Өзбекстанда салынып жатқан атом электр стансасынан ықтимал зардап шеккен Түркістан облысының елді мекендеріндегі ашық су қоймаларының, ауыз судың, сондай-ақ индикатор организмдер қызметін атқара алатын кейбір биота нысандарының радиобиологиялық жағдайы сипатталған. Өзектілігі Өзбекстанмен шекараға жақын орналасқан Қазақстан Республикасы Түркістан облысының елді мекендерінің болашақ атом электр стансасының ықтимал әсерінің астында қалуымен байланысты. Зерттеу объектілері ретінде 5 елді мекеннің ауыз суының сынамаалары, түбі шөгінділері мен гидробионттары (шортан – *Sander lucioperca*), тұқы (*Cyprinus carpi*), көл бақасы (*Pelophylax ridibundus*), Түркістан облысының ашық су қоймаларынан алынған су үлгілері алынды. Радиобиология және радиациядан қорғау институтының аккредиттелген радиохимия және радиоспектрометрия сынақ зертханасы базасында радионуклидтердің құрамы бойынша сынақтар жүргізілді. АЭС құрылысы басталғанға дейін «нөлдік фон» кезеңіндегі радионуклидтердің құрамы бойынша алынған нәтижелер жалпы алғанда, Жылы-су ауылының ауыз су сынамааларын қоспағанда, қалыпты диапазонда. альфа белсенділігі шекті рұқсат етілген концентрациядан 1,5 еседен асады. Алынған нәтижелер радионуклидтерді қоректік

тізбектер арқылы қабылдаудан және әртүрлі сценарийлер бойынша халықтың ықтимал дозалық жүктемелерін бағалауға мүмкіндік береді. Түркістан облысының аумақтары бойынша «нөлдік фоны» толық бағалау үшін критерийлердің бірі ретінде ашық су айдындарындағы, ауыз судағы және гидробионттардағы радионуклидтердің құрамы туралы деректер пайдаланылады.

**Түйін сөздер:** «нөлдік фон», ауыз су, ашық су қоймасы, атом электр станциясы, радионуклидтер.

А.М. Ганина\*, М.М. Бахтин, Е.Т. Кашкинбаев,  
П.К. Казымбет, Д.С. Ибраева, М.Н. Аумаликова  
НАО «Медицинский университет Астана», Институт радиобиологии  
и радиационной защиты, Казахстан, г. Астана  
\*e-mail: anastassiya\_smelova@mail.ru

### **Оценка состояния водных экосистем территорий Туркестанской области на уровне «нулевого фона», расположенных в непосредственной близости от строящейся АЭС в Узбекистане**

В статье описывается радиобиологическое состояние открытых водоемов, питьевой воды в населенных пунктах Туркестанской области, которые попадают под потенциальное влияние строящейся АЭС в Узбекистане, а также некоторых объектов биоты, которые могут служить индикаторными организмами. Актуальность обусловлена тем, что населенные пункты Туркестанской области Республики Казахстан, расположенные вблизи границы с Узбекистаном, где планируется строительство АЭС. Объектами исследования были пробы питьевой воды 5 населенных пунктов, донные отложения и гидробионты (судак – *Sander lucioperca*), сазан (*Cyrinus carpi*), озерная лягушка (*Pelophylax ridibundus*), пробы воды, отобранные из открытых водоемов Туркестанской области. На базе аккредитованной испытательной лаборатории радиохимии и радиоспектрометрии НАО «медицинский Университет Астана» проведены испытания на содержание радионуклидов. Результаты содержания радионуклидов на стадии «нулевого фона» до строительства АЭС, в целом находятся в пределах нормы, за исключением проб питьевой воды поселка Жылы-су, где общее альфа-активность превышает в 1,5 раза ПДК. Полученные результаты позволят оценить вероятные дозовые нагрузки населения от поступления радионуклидов по пищевым цепям и различным сценариям. Данные о содержании радионуклидов в открытых водоемах, питьевой воде и гидробионтах используются как один из критериев полной оценки «нулевого фона» на территории Туркестанской области перед строительством АЭС на приграничной территории.

**Ключевые слова:** «нулевой фон», питьевая вода, открытый водоем, АЭС, радионуклиды.

## **Introduction**

In early September 2018, the governments of Uzbekistan and the Russian Federation signed an agreement on cooperation in the construction of nuclear power plants in the territory of the Republic of Uzbekistan. Rosatom State Corporation plans to build a complex of two generation 3+ power units with VVER-1200 reactors. The site near Lake Tuzkan in the Jizzakh region, located 50-80 km from the Zhetysay district of the Turkestan region of the Republic of Kazakhstan, was chosen as the priority site for the construction of the station. In accordance with the IAEA radiation safety requirements and the legislation of the Republic of Kazakhstan, radiation monitoring should be carried out around nuclear power facilities [1-3].

Lake Tuzkan belongs to the Arnasay system of lakes. When using lake water for heat exchange, it can lead to pollution, which is also regulated by the IAEA safety requirements [4]. The specificity

of natural water bodies Tuzkan and the chain of lakes Aydarkul, created as a result of recharge and underground water lenses, is such that contamination of water bodies with radionuclides may lead to their spread to the area of underground lenses downstream [5].

Lake Tuzkan in the Jizzakh region, located about 40 km from the Turkestan region, the most densely populated region of Kazakhstan. Near Lake Tuzkan is the Shardara reservoir, a source of drinking water and a reservoir of strategic importance, located on the transboundary Syr Darya River, the longest in Central Asia (flowing into the Aral Sea).

The Shardara reservoir with a capacity of 5.2 billion m<sup>3</sup> was put into operation in 1967, it is fed by the Syr Darya, which is used by the agricultural lands of two regions: Turkestan and Kyzylorda [5]. As can be seen from the table 1, the distance from the center of the Jizzakh region to the studied settlements is from 73 to 126 km.

**Table 1** – Characteristics of the location of the study and the distance from the NPP under construction

№	Locality name	Location	Note	Distance to the center of Jizzakh region of Uzbekistan
1	Myrzakent settlement	The administrative center of the Maktaaral district of the Turkestan region. 403 km southwest of the city of Turkestan.	The farms of the district contain 12.6% of cattle in the region, the textile and clothing industries are developed.	85,9 km
2	Zhetysay city	The center of the Zhetysay district of the Turkestan region, the distance from Turkestan is 393 km.	There are cotton-cleaning, beer and bread factories in the city; workshop for the production of vegetable and cottonseed oil.	84,3 km
3	Shardara city	The administrative center of the Shardara district of the Turkestan region.	Production of building materials. Food businesses. Shardara HPP.	126,1 km
4	Zhyly-su settlement	A settlement in the Maktaaral district of the Turkestan region of Kazakhstan. It is part of the Zhylysu rural district.	The main occupations of the population are seasonal cotton production and farming.	84,4 km
5	Zh. Kalshoraev settlement	A village in the Maktaaral district of the Turkestan region of Kazakhstan. It is part of the Abai rural district.	The population is engaged in cattle breeding, clothing and textile industries.	73,5 km

Earlier, within the framework of the international project, large-scale studies of the level and nature of pollution of the Syrdarya river basin in the territory of the Republic of Kazakhstan were carried out. The results obtained made it possible to generally characterize the radioecological situation in this region. In the eastern part of the Shardara reservoir, near the territories of the uranium deposit in the Syrdarya River, areas were identified where high concentrations of technogenic radionuclides of the uranium and thorium series were identified. Elevated concentrations of heavy metals were found in the bottom sediments of the Shardara reservoir and in the vicinity of the large cities of Shymkent and Saryagash, which have a negative impact on the state of the water of the Syrdarya River [6-7]. It should be noted that the available data on the pollution of the Syrdarya River must be taken into account in the final formation of data for the “zero background” assessment.

Thus, the purpose of this work is to assess the state of aquatic ecosystems, drinking water in the settlements of the Turkestan region, located in close proximity to the nuclear power plant under construction. This study is part of a comprehensive radioecological monitoring to ensure the radiation safety of the population and comparison of zero background data with data obtained at each stage of the operation of the future nuclear power plant.

## Materials and methods

Taking into account the distances of the settlements of Kazakhstan to the priority site of the nuclear power plant under construction, samples of environmental objects (water, bottom sediments) from open reservoirs and drinking water were taken from the settlements of Kalshoraev, Zhetysay, Zhyly-Su, Myrzakent, Shardara of the Turkestan region.

The analysis of literature data on the study of hydrochemical parameters of the Shardara reservoir was carried out.

Water samples were taken in accordance with the guidelines of GOST 17.1.5.05-85 “Nature Protection. Hydrosphere. General requirements for the sampling of surface and sea waters, ice and precipitation” GOST R 51592-2000. “Water. General requirements for sampling”. Each sample was taken with a volume of 5 liters. Water samples taken for the determination of radionuclides were filtered, then evaporated, and the dry residue was ashed at a temperature of 350 °C. Then the method of radiochemical analysis was applied.

When sampling bottom sediments, we were guided by the standards of GOST 17.1.5.01-80. “General requirements for sampling of bottom sediments of water bodies for pollution analysis”. Samples were taken with a special sampler at a dis-

tance of 5 meters from the shore and a depth of 20–30 cm.

A survey was conducted to determine the food basket of the population. When analyzing personal data, it was found that the main food ration of the inhabitants of the selected territories is: meat, pasta, from cereals: rice, in the summer – vegetables and melons. For residents of the city of Shardara, fish is also included in the diet. In this regard, zander (*Sander lucioperca*), carp (*Cyprinus carpi*) from the Shardara reservoir were selected for laboratory analysis. The lake frog (*Pelophylax ridibundus*) was also taken for laboratory analysis.

*Laboratory radiospectrometric and radiochemical research methods.*

Laboratory radiochemical and radiospectrometric analyzes of water samples, bottom sediments, biosamples were carried out in the Testing Laboratory of Radiospectrometry and Radiochemistry of the Institute of Radiobiology and Radiation Protection of NJSC “Astana Medical University”, which is accredited in the accreditation system of the Republic of Kazakhstan for compliance with the requirements of GOST ISO / IEC 17025-2009 “General requirements to the competence of testing and calibration laboratories”.

The determination of the total alpha, beta activity of water samples was carried out in accordance with the “Methodological recommendations for radiation hygiene”, as well as “GOST 31864-2012. Drinking water. Method for determining the total specific alpha activity of radionuclides”, “ST RK ISO 9697-2006 Water quality”.

The total alpha and beta activities of bottom sediment samples were measured using the UMF-2000 low-photon radiometer (No).

Measurement of the specific activity of radionuclides in samples of bottom sediments was carried out using the spectrometric complex “Progress-BG” gamma with beta spectrometric tracts, according to the method “Method of measuring the activity of radionuclides using a scintillation gamma, beta spectrometer with the software” Progress “, No. KZ. 07.00.00303-2004. Before that, the dried sample was crushed, dried and poured into the Marinelli vessel.

Radiochemical analysis to determine the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in drinking water samples was carried out in accordance with the “Methodological recommendations for sanitary control over the content of radioactive substances in environmental objects” approved by the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan MUK No. 5.05.008.99.

The content of uranium in the bones and tissues of bioassays was determined by inductively coupled plasma mass spectrometric method on Agilent-7800 equipment using regulated analysis methods.

Statistical processing of the results was carried out by standard methods using the Student’s criterion and a package of documents submitted by Microsoft Excel programs.

The LIETDOS-BIOS software was also used to calculate the oral dose when a person consumes fish from the Shardara reservoir.

## Results and discussion

The Shardara reservoir has an important influence in the studied regions. Samples were taken from the left bank (flat, dissected by bays and bays). The total content of dissolved substances showed that the water is brackish [8], with a predominance of sulfates and sodium ions. In the zone of influence of the river flow of the Syr-Darya, the amount of sodium, magnesium, calcium and sulfates slightly increased. The highest concentration of potassium was registered on the left bank of the reservoir. The concentration of biogenic compounds in the water was at a low level and did not exceed the maximum allowable concentration established for fishing in the territory of reservoirs [9]. The content of phosphates in water varied within a small range. Thus, the water in the reservoir can be characterized as slightly alkaline, with a concentration of sodium sulfates, and brackish. These data, in turn, require a detailed study to establish the influence of the above indicators on the degree of impact of the studied radionuclides on biocenoses and biota.

The reservoir is fed from the water of the Syrdarya and Keles rivers. The transparency of the water reached 0.4-3.2 m, the temperature of the surface layers was 25.6-30.7°C, pH was 8.5-8.

The phytoplankton of the Shardara reservoir was studied, which is formed mainly from green and diatom algae (*Chlorophyta*, *Bacillariophyceae*), as well as blue-green algae (*Cyanobacteria*). Phytoplankton was analyzed by comparative floristic similarity of different algae species.

Zooplankton is mainly represented by rotifers (*Synchaeta stylata* Wierzejski) [10-11]. Thus, the authors of [10-11] characterize the Shardara reservoir as freshwater, with sources of pollution from rivers and agricultural canals.

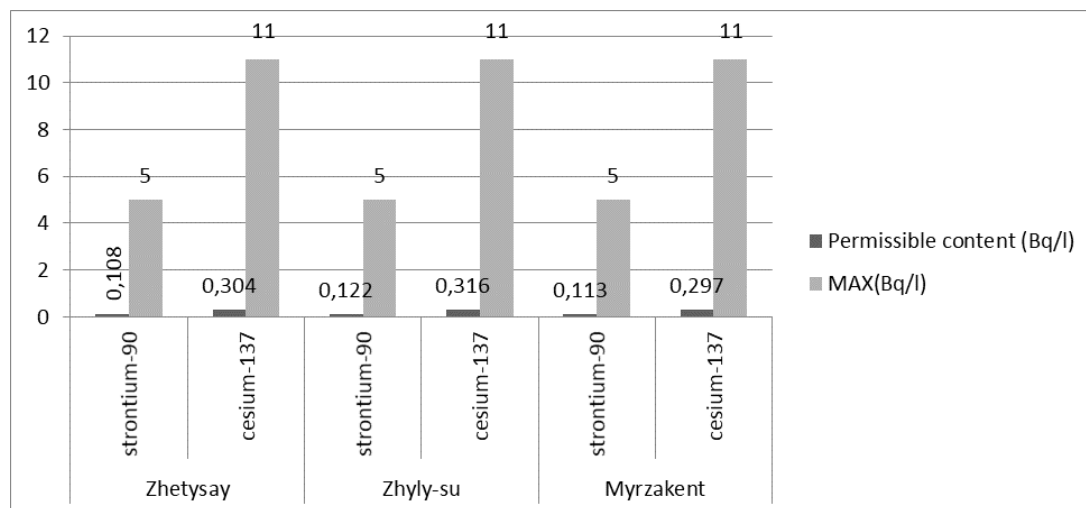
According to the research results of the authors [12], salinity increased from depth to the surface of the water due to high evaporation in the arid climate of southern Kazakhstan. The low content of mineral

phosphorus in the reservoir is due to regional and climatic features, as in most reservoirs of Kazakhstan, primarily the absence of phosphates in bedrock. Among the analyzed heavy metals, copper and zinc were the most abundant [12].

The data can be used in assessing the environmental conditions of the reservoir to the potential impact of man-made pollutants before the start of operation of the Uzbekistan NPP.

Further, samples of drinking water taken from 3 settlements of the Turkestan region were analyzed and showed that the content of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  was within the acceptable range (Figure 1).

In a sample of drinking water from the Zhyly-su settlement, an excess of the value of the total specific  $\alpha$ ,  $\beta$  activity by 1.5 times was revealed compared to the permissible intervention level for drinking water (table 2).



\* Hygienic standards “Sanitary and epidemiological requirements for ensuring radiation safety”, approved by order No. 155 dated February 27, 2015.

**Picture 1** – Content of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in samples of drinking water (Bq/l)

**Table 2** – Values of total specific  $\alpha$ -,  $\beta$ -activity of water samples (Bq/dm<sup>3</sup>)

№	Place of selection, locality	Geographical coordinates	$\alpha$ - activity, (Bq/dm <sup>3</sup> )	B- activity, (Bq/dm <sup>3</sup> )
1	Zhyly-su column (drinking water)	N 40.4134271 E 68.292789	0,30	0,27
2	Shardara column (drinking water)	N 41.257650 E 67.942733	0,04	0,15
3	Kalshoraev column (drinking water)	N 41.257650 E 67.942733	0,20	0,19
<i>Intervention level (IL) for drinking water [13].</i>			0,20	1,0
4	Shardara, Shardara reservoir	N 41.249764 E 68.017765	0,18	0,27
5	Zhetysay, open reservoir	N 40.4741642 E 68.1914007	0,42	0,01
6	Zhetysay, open reservoir	N 40.464468 E 68.2012736	0,09	0,04
7	Kalshoraev, open reservoir	N 40.4134271 E 68.1738939	0,26	0,05
8	Myrzakent, open reservoir	N 40.403223 E 68.35246	0,52	0,07

This excess is possibly due to the location of uranium deposits in the Shu-Sarysu and Syrdarya provinces.

In terms of hydrogeology, according to G. M. Shor [14], a complex artesian basin (Shu-Sarysu) is formed in this territory, in which several aquifers and aquifers are distinguished, which can contribute to the spread of radionuclides in aquifers.

Based on their literature data, the leading radiation factor in uranium-ore provinces with an industrial type of seam-infiltration uranium deposits is the natural contamination of groundwater of ore-bearing aquifers with uranium series radionuclides.

The assessment of the radionuclide composition of bottom sediments is important not only for assessing the contamination of an open water body, but also for assessing the contamination of ground-

water, characterizing the functioning of aquatic ecosystems, given the fact that bottom sediments affect the vital activity of benthic organisms, as well as in assessing the migration of radionuclides. In addition, bottom sediments are more stable in their performance, unlike water masses. Using transfer coefficient calculations, it is possible to establish the degree of transfer of the studied radionuclides from water to bottom sediments. Due to the high absorption capacity and strong fixation of radionuclides in them, bottom sediments precipitate and retain a significant part of the radioactive substances coming with water, becoming the main source of irradiation of benthic organisms [15-16].

Further, the specific activity of radium-226, thorium-232, potassium-40 and cesium-137 in samples of bottom sediments was established (table 3).

**Table 3** – Specific activity of radium-226, thorium-232, potassium-40, and cesium-137 in bottom sediment samples of the Shardara Reservoir (Bq/kg)

Sample code	Geocoordinates	<sup>232</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs
		Specific activity values			
Sh-DO-1	n.1 41°12'17» e.1 67°55'52»	62,6±26,3	13,5±11,2	178,5±116,2	12,5±9,7
Sh-DO-2	n.1 41°20'449» e.1 67°92'984»	45,4±16,3	15,3±9,26	145,3±99,2	9,5±6,66
Sh-DO-3	n.1 41°20'365» e.1 67°93'036»	61,9±23,9	18,4±7,22	330,4±178,3	13,4±9,56

For a comparative assessment of the specific activity of thorium-232, potassium-40 and radium-226, literature sources on the content of radionuclides in bottom sediments from reservoirs located on the territory of the United Arab Emirates and Ukraine were studied. The first reservoir is located in the background location of the Baraka Nuclear Power Plant (Gulf Coast, UAE). The results of the specific activity of bottom sediment samples had the following values: <sup>226</sup>Ra – 4.73±3.1, <sup>232</sup>Th – 18.3±1.6, <sup>40</sup>K – 130.14±105.2. The calculated concentrations of activity in this study, according to the authors, were lower than the world average and lower than the levels recorded in neighboring countries [17]. Further, information about the Sofievsky reservoir, located in the area of the Ingul River in the Nikolaev region (Ukraine), was considered. In this case, the authors did not exclude the influence of the Chernobyl NPP, but the results indicate the values of the specific activity of radionuclides included in the conditional reference interval: <sup>226</sup>Ra – 20.3, <sup>232</sup>Th – 49.2, <sup>40</sup>K – 420.1 [18].

In accordance with the literature sources, the specific contents of <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K and <sup>137</sup>Cs in our studies are in acceptable values compared to the world values, which are: for <sup>226</sup>Ra from 4.9 to 60 Bq/kg, for <sup>232</sup>Th from 11 to 64 Bq/kg, for <sup>40</sup>K from 140 to 1700 Bq/kg, for <sup>137</sup>Cs from 5 to 30 Bq/kg. [19, 20, 21].

Based on the reviewed literature data, it can be concluded that the results of the specific content of radionuclides in bottom sediments indicate moderate activity [22].

We have established the total specific activity in samples of bottom sediments of the Shardara reservoir (Table 4).

The result of total specific activity of alpha-emitting radionuclides in bottom sediment samples taken from three different points of the Shardara reservoir ranges from 564,2 Bq/kg to 699,1 Bq/kg.

Analyzing the biological objects of the Shardara reservoir, it is possible to establish the migration of radionuclides along the corresponding food chain. According to the literature data, uranium isotopes



are unevenly distributed in the fish body [23]. The highest concentration is observed in the body and head of fish, based on this, tissue samples from the

body of fish (*Sander lucioperca*, *Cyprinus carpi*) were analyzed for the content of  $^{238}\text{U}$  and the following results were obtained (table 5).

**Table 4** – Total specific activity of alpha-emitting radionuclides in bottom sediment samples (Bq/kg)

№	Geocoordinates	Sample code	Total specific activity of alpha-emitting radionuclides, Bq/kg
1.	n.1 41°12'17» e.1 67°55'52»	Sh-DO-1	541,4± 107,4
2.	n.1 41°20'449» e.1 67°92'984»	Sh-DO-2	564,2±111,5
3.	n.1 41°20'365» e.1 67°93'036»	Sh-DO-3	526,1±129,6

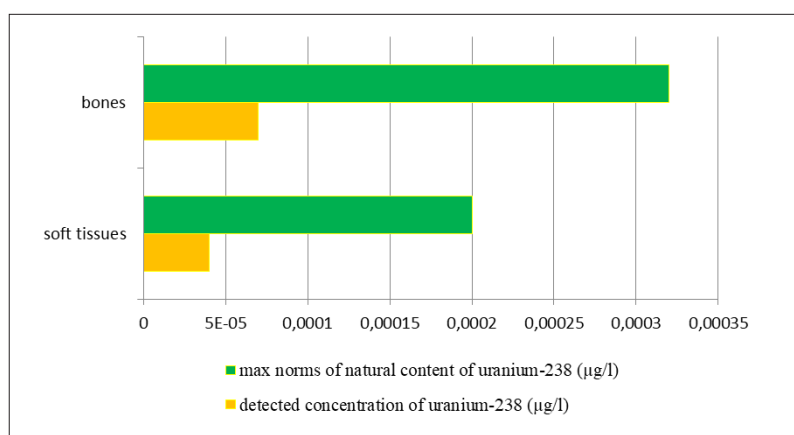
**Table 5** – Content of  $^{238}\text{U}$  in fish from the Shardara reservoir

№	Inhabited locality	type of product	$^{238}\text{U}$ concentration (ng/l)	$^{238}\text{U}$ concentration (mkBq/kg)	Worldwide range* of $^{238}\text{U}$ , $\mu\text{Bq/kg}$
1	Shardara	fish- zander	bones-14,88 meat-1,92	bones-183,768	100000
				meat-23,71	
2	Shardara	fish- carp	bones-69 meat-6,54	bones-852,15	
				meat-80,769	

After determining the uranium-238 content, calculations were performed in the LIETDOS-BIOS system for the distribution of preoral dose, the results indicate that the annual effective dose to humans will be only 0.1  $\mu\text{Sv}$ , which is typical for background values.

Determination of the content of uranium-238 in the bones and muscles of the lake frog (*Pelophylax ridibundus*) showed that the results obtained are included in the conditional reference values of

the concentration of the natural content of uranium in the body of animals and humans (in terms of  $\text{mg/l}$ -0.00033 for bones and 00001- 0.0002  $\mu\text{g/l}$  tissue) [24] (Picture 2). Frogs have thin skin that has good water absorption capacity, thereby being exposed to radionuclides from the environment both inside and outside [24]. Therefore, from a biological and ecological point of view, frogs can serve as a good bioindicator of radioactive contamination.



**Picture 2** – The content of uranium-238 in the bones and soft tissues of the lake frog (*Pelophylax ridibundus*)

The literature indicates that uranium is found in small amounts in many tissues and organs of humans and animals [24-25]. Amphibians and other objects of aquatic fauna can be used as a bioindicator of changes in the radioecological situation in the study area during certain periods of reservoir monitoring.

### Conclusion

Based on the results obtained, it can be concluded that most of the water and bottom sediment samples taken from the settlements of the Turkestan region from the Shardara reservoir correspond to the reference values. With the exception of the sample from the Zhyly-su village, where the total alpha activity of drinking water samples exceeds 1.5 times the maximum allowable concentration. This is probably due to the influence of uranium deposits in the Turkestan region (Shu-Sarusuy and Syrdarya uranium-ore provinces). The obtained data will be used for the results of a full assessment of the “zero background” of the territories under the potential influence of the NPP. In addition, at each stage of NPP operation (commencement of operation, annual

monitoring, completion of operation), the obtained data can be used for comparative assessment and monitoring. In view of the fact that the Shardara reservoir and the Arnasay system (a priority site for the construction of a nuclear power plant on the shore of Lake Tuzkan) of lakes are connected by a water artery, the established concentrations of radionuclides in water samples, bottom sediments and some objects of aquatic fauna are the key point for further calculations of the intake of radionuclides by food chains. The concentration of uranium-235 in fish (*Cyprinus carpi*), as well as bones and tissues of a frog (*Sander lucioperca*, *Pelophylax ridibundus*) is at the background level.

Taking into account seasonality, it is necessary to monitor water samples from the Shardara reservoir at least 1-2 times a year, with the study of natural (during the pre-operational period) and man-made (operational period) radionuclides. It is also necessary to monitor fish products once a year, because in this region, fish is a product often eaten. If concentrations are found in the fauna of the Shardara Reservoir above the background, measures are necessary to prevent the migration of radionuclides along the associated food chains.

### References

1. Actions to protect the public in an emergency due to severe conditions at a light water reactor, International atomic energy agency vienna.2013 P.159
2. Закон РК «О радиационной безопасности населения» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 11.04.2019 г., P.23
3. Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring: Safety Reports Series № 64. — Vienna: IAEA, 2010. P.248.
4. Environmental and Source Monitoring for Purpose of Radiation Protection: IAEA Safety Standarts: Safety Guide RS-G-1.8. — Vienna: IAEA, 2005. — P.136.
5. Верещагина Н., Видинеева Е., Щетинников А., Мухаметзянова А. Основные факторы, влияющие на экологическое состояние Айдаро-Арнасайской системы озер и территории вокруг нее// Экологический вестник. – 2013. – № 8. – С-13.
6. Беркинбаев Г.Д., Федоров Г.В., Бенсман В.А. Радиоэкологическая обстановка в ураноносных регионах юга Казахстана // Экология и промышленность Казахстана. – 2008. – С.1-2.
7. Solodukhin V.P., Poznyak V.L., Kazachevskiy I.V., Knyazev B.B., Lukashenko S.N., Khazhekber S. Some Peculiarities of Pollution by Radionuclides and Toxic Elements of Syrdarya River Basin (Kazakhstan) //7th International Conference on Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences, Antalya, Turkey. – 2002. – P.128.
8. Самбаев Н. С. Оценка гидрологического состояния р. Сырдарья в пределах Кызылординской области //Вектор Гео. Наук. – 2018. – Т. 1. – №. 3. – С. 95-100.
9. Barinova S., Krupa E. Bioindication of ecological state and water quality by phytoplankton in the Shardara Reservoir, Kazakhstan //Environment and Ecology Research. – 2017. – Т. 5. – №. 2. – P. 73-92.
10. Krupa E. et al. Structural indicators of zooplankton in the shardara reservoir (Kazakhstan) and the main influencing factors //Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2018. – Т. 18. – №. 5. – P. 659-669.
11. Alexyuk M.S. Andrey P., Bogoyavlenskiy A.P., Alexyuk Y.S., Moldakhanov V. E. Berezin V.E. Metagenome Analysis of Surface Waters of the Shardara Reservoir, the Largest Artificial Reservoir in Southern Kazakhstan// ASM Journals Microbiology Resource Announcements. – 2020.- Vol. 9, No. 11. – P.3-7
12. Крупа Э.Г., Баринова С.С., Амиргалиев Н.А. и др. Статистический подход к оценке антропогенных источников потенциально токсичных элементов на Шардаринском водохранилище // Минюст Есо Environ Sci. – 2017. – №2(1). – С.8-14.
13. Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к водонисточникам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов» от 16 марта 2015 года № 209.Астана.

14. Методическое пособие. Радиогидрогеологические исследования при прогнозировании и поисках урановых месторождений, связанных с зонами пластового окисления // Под ред. Г. М. Шора. Ленинград: Ленинградское отделение «Недра», 1988. Р. 97-102.
15. Трапезников А.В., Трапезникова В.Н. Пресноводная радиоэкология. Екатеринбург//Академ Наука. 2012.–С.115–163.
16. Botwe B. O. et al. Radioactivity concentrations and their radiological significance in sediments of the Tema Harbour (Greater Accra, Ghana) //Journal of Radiation Research and Applied Sciences. – 2017. – Т. 10. – №. 1. – P. 63-71.
17. Al Rashdi M. R. et al. Radiological baseline around the Barakah Nuclear Power Plant, UAE //Arabian Journal of Chemistry. – 2021. – Т. 14. – №. 5. – P. 103-125.
18. Alokhiina T., Gudzenko V. Distribution of radionuclides in modern sediments of the rivers flowing into the Dnieper-Bug Estuary //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 280. – С. 11003.
19. Tsabaris C. et al. Radioactivity levels of recent sediments in the Butrint Lagoon and the adjacent coast of Albania //Applied Radiation and Isotopes. – 2007. – Т. 65. – №. 4. – P. 445-453.
20. Ries T., Putyrskaya V., Klemt E. Long-term distribution and migration of <sup>137</sup>Cs in a small lake ecosystem with organic-rich catchment: A case study of Lake Vorse (Southern Germany) // Journal of Environmental Radioactivity. – 2019. – №198. – P. 89-103.
21. Olszewski G. et al. On the distribution and inventories of radionuclides in dated sediments around the Swedish coast //Journal of Environmental Radioactivity. – 2018. – Т. 186. – P. 142-151.
22. Luneva E. V. Radionuclides in Surface Waters, Bottom Sediments, and Hydrobionts in the Neman River //Inland water biology. – 2018. – Т. 11. – №. 1. – P. 97-102.
23. Гудыменко В. А. Поведение изотопов урана в модельной системе пресноводного непроточного водоема: дис. канд. биол. наук. –М. – 2014. – P. 65.
24. Барановская Н.В., Игнатова Т.Н., Рихванов Л.П. Уран и торий в органах и тканях человека //Вестник томского государственного университета. – 2010. – № 339. – С. 182-188.
25. Zaghoul A. et al. Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems //Bulletin of the National Research Centre. – 2020. – Т. 44. – №. 1. – С. 1-11.

#### References

1. Actions to protect the public in an emergency due to severe conditions at a light water reactor, International atomic energy agency Vienna (2013) [Actions to protect the public in an emergency due to severe conditions at a light water reactor]. *International atomic energy agency Vienna*, pp.159.
2. Alexyuk M.S. Andrey P., Bogoyavlenskiy A.P., Alexyuk Y.S., Moldakhanov V. E. Berezin V.E. (2020) [Metagenome Analysis of Surface Waters of the Shardara Reservoir, the Largest Artificial Reservoir in Southern Kazakhstan]. *ASM Journals Microbiology Resource Announcements*. vol. 9, pp. 3-7.
3. Alokhiina T., Gudzenko V. (2021) [Distribution of radionuclides in modern sediments of the rivers flowing into the Dnieper-Bug Estuary]. *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, pp. 11003.
4. Al Rashdi M. R. et al. (2021) [Radiological baseline around the Barakah Nuclear Power Plant]. *UAE //Arabian Journal of Chemistry*, no 5, pp. 103-125
5. Baranovskaya N.V., Ignatova T.N., Rikhvanov L.P.(2010) [Uran i torij v organah i tkanyah cheloveka]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, no 339, pp.182-188
6. Barinova S., Krupa E. (2017) [Bioindication of ecological state and water quality by phytoplankton in the Shardara Reservoir, Kazakhstan]. *Environment and Ecology Research*, vol 2, no 5, pp.73-92.
7. Berkinbaev G.D., Fedorov G.V., Bensman V.A. (2008) [Radioekologicheskaya obstanovka v uranonosnyh regionah yuga Kazahstana]. *Ekologiya i promyshlennost' Kazahstana*, pp.1-2.
8. Botwe B. O. et al. (2017) [Radioactivity concentrations and their radiological significance in sediments of the Tema Harbour (Greater Accra, Ghana)]. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, vol 10, no 1, pp. 63-71.
9. Environmental and Source Monitoring for Purpose of Radiation Protection (2005) [IAEA Safety Standarts: Safety Guide RS-G-1.8.], pp.136.
10. Gudymenko V. A. (2014) [Povedenie izotopov urana v model'noj sisteme presnovodnogo neprotochnogo vodoema], pp. 65
11. Krupa E.G., Barinova S.S., Amirgaliev N.A. i dr. (2017) [Statisticheskij podhod k ocenke antropogennyh istochnikov potencial'no toksichnyh elementov na SHardarinskom vodohranilishche]. *Minyust Eco Environ Sci.*, no 2(1), pp.8-14.
12. Krupa E. et al. (2018) [Structural indicators of zooplankton in the shardara reservoir (Kazakhstan) and the main influencing factors]. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 18, no 5, pp. 659
13. Luneva E. V. (2018) [Radionuclides in Surface Waters, Bottom Sediments, and Hydrobionts in the Neman River]. *Inland water biology*, vol. 11, no 4, pp. 97-102.
14. Metodicheskoe posobie Pod red. G. M. SHora. (1988) [Radiogidrogeologicheskie issledovaniya pri prognozirovani i poiskah uranovyh mestorozhdenij, svyazannyh s zonami plastovogo okisleniya]. *Leningradskoe otdelenie «Nedra»*, pp. 97-102.
15. Ob utverzhdenii Sanitarnykh pravil. (2015) [“Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k vodoistochnikam, mestam vodozabora dlya hozyajstvenno-pit'evykh celej, hozyajstvenno-pit'evomu vodosnabzheniyu i mestam kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya i bezopasnosti vodnyh ob'ektov”]. *Prikaz Ministra nacional'noj ekonomiki Respubliki Kazahstan*, no 209.

16. Olszewski G. et al. (2015) [On the distribution and inventories of radionuclides in dated sediments around the Swedish coast]. *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 186, pp. 142-151.
17. Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring (2010) [Vienna: IAEA]. *Safety Reports Series*, no 64, pp.248.
18. Ries T., Putyrskaya V., Klemt E. (2019) [Long-term distribution and migration of <sup>137</sup>Cs in a small lake ecosystem with organic-rich catchment: A case study of Lake Vorse (Southern Germany)]. *Journal of Environmental Radioactivity*, no 198, pp. 89-103.
19. Sambaev N. S. (2018) [Ocenka gidrologicheskogo sostoyaniya r. Syrdar'ya v predelah Kyzylordinskoj oblasti]. *Vektor Geo. Nauk.*, vol 1, no. 3, pp. 95-100.
20. Solodukhin V.P., Poznyak V.L., Kazachevskiy I.V., Knyazev B.B., Lukashenko S.N., Khazhekber S.(2002) [Some Peculiarities of Pollution by Radionuclides and Toxic Elements of Syrdarya River Basin (Kazakhstan)]. //7th International Conference on Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences, Antalya, Turkey, pp.128.
21. Trapeznikov A.V., Trapeznikova V.N. [Presnovodnaya radioekologiya]. *Akadem Nauka*, pp.115–163.
22. Tsabaris C. et al. [Radioactivity levels of recent sediments in the Butrint Lagoon and the adjacent coast of Albania]. *Applied Radiation and Isotopes*, vol. 65, no.4, pp. 445-453
23. Vereshchagina N., Vidineeva E., Chetinnikov A., Muhametzyanova A (2013). [Osnovnye faktory, vliyayushchie na ekologicheskoe sostoyanie Ajdaro-Arnasajskoj sistemy ozer i territorii vokrug nee]. *Ekologicheskij vestnik.*, no. 8, pp. 13.
24. Zaghoul A. et al. (2020) [Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems]. *Bulletin of the National Research Centre*, vol. 44, no. 1, pp. 1-11.
25. Zakon RK (2019) [«O radiacionnoj bezopasnosti naseleniya» (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 11.04.2019)], pp.23.

А.Н. Заканова<sup>1\*</sup> , Н.Т. Ержанов<sup>1</sup> , Ю.Н. Литвинов<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Торайгыров университет, Казахстан, г. Павлодар

<sup>2</sup>Институт систематики и экологии животных, Россия, г. Новосибирск

\*e-mail: assel.biology@gmail.com

## ВИДОВОЙ СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКА ФАУНЫ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА С РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Млекопитающие распространены повсеместно на территории Павлодарской области. В статье представлены данные о видовом, половом и возрастном составе фауны мелких млекопитающих северо-восточного региона Казахстана на различном удалении от крупнейших заводов. Целью работы являлась регистрация изменений в сообществах микромаммалий по мере приближения к источникам эмиссий.

Сбор объектов осуществлялся при помощи капканов – давилок типа Геро и ловчих канавок по методу Новикова Г.А. с применением стационарных учетных линий и трансект. Отмечено 15 видов животных на всех участках. Отряд *Rodentia* насчитывает 11 видов, представителей отряда *Eulipotyphla* обнаружено 4 вида. Наблюдается уменьшение видового разнообразия мелких млекопитающих по мере приближения к заводам. Общее обилие на техногенных участках ниже контрольного в 2 раза, доминируют виды *Microtus gregalis* и *Sicista subtilis*. Это может свидетельствовать о высоких адаптивных качествах и экологической гибкости доминирующих видов. На контрольном участке часто встречалась обыкновенная бурозубка, малая бурозубка и тундрная бурозубка. По мере приближения к заводам увеличивалась доля самцов в сообществах, особенно у видов доминантов (степная мышовка и узкочерепная полевка), наблюдалось доминирование молодых особей (64%) над взрослыми (22%) и перезимовавшими (13%) организмами.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха в городе Павлодаре является одной из наиболее актуальных. Полученные данные о влиянии промышленных атмосферных загрязнителей на отдельные группы микромаммалий могут служить основой для проектирования антропогенных объектов на северо-востоке республики.

**Ключевые слова:** мелкие млекопитающие, антропогенное загрязнение, видовой состав.

A.N. Zakanova<sup>1\*</sup>, N.T. Erzhanov<sup>1</sup>, Y.N. Litvinov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Toraigyrov University, Kazakhstan, Pavlodar

<sup>2</sup>Institute of Systematics and Ecology of Animals, Russia, Novosibirsk

\*e-mail: assel.biology@gmail.com

### Diversity and characteristics of small mammals in the north-east Kazakhstan with various anthropogenic pollution

Mammals are widespread throughout the Pavlodar region. There are data about the species, sex and age composition of the north-eastern region small mammals depends on various distances from the largest factories. The aim was register changes in the micromammalia communities as it get closer to the emission source.

The objects collection was carried out with Gero traps – crushers and trap grooves according to Novikov method. Stationary accounting lines and transects was used. 15 species of animals were observed in all areas. The order *Rodentia* has 11 species, the order *Eulipotyphla* has 4 species. There is a decrease in the species diversity of small mammals as its approach the factories. The total abundance in technogenic areas is 2 times lower than the control, *Microtus gregalis* and *Sicista subtilis* species dominate. This may indicate the high adaptive qualities and ecological flexibility of the dominant species. There are many *Sorex Minitus*, *Sorex araneus*, *Sorex tundrensis* in the control area. Proportion of males increased especially in dominant species (*Sicista subtilis*, *Mictotus gregalis*) in the nearest area to the plants. There is the dominance of young animals (64%) in the anthropogenic zone.

The air pollution problem is one of the most urgent in the Pavlodar city. The data of the industrial pollutants impact on individual groups of micromammals can serve as a basis for designing anthropogenic facilities.

**Key words:** small mammals, anthropogenic pollution, species composition.

А.Н. Заканова<sup>1\*</sup>, Н.Т. Ержанов<sup>1</sup>, Ю.Н. Литвинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан, Павлодар қ.

<sup>2</sup>Жануарлардың систематикасы және экологиясы институты, Ресей, Новосибирск қ.

\*e-mail: assel.biology@gmail.com

### Қазақстанның солтүстік-шығыс аудандарының әртүрлі техногендік жүктемесімен ұсақ сүтқоректілері фаунасының түрлік құрамы мен сипаттамасы

Сүтқоректілер Павлодар облысының барлық аумақтарында таралған. Мақалада Қазақстанның солтүстік-шығыс аймағында орналасқан ірі зауыттардан әр түрлі қашықтықтағы ұсақ сүтқоректілері фаунасының түрлік, жыныстық және жас құрамы туралы мәліметтер келтірілген. Жұмыстың мақсаты эмиссия көздеріне жақындаған сайын микромаммалий қауымдастықтарындағы өзгерістерді тіркеу болды.

Объектілерді жинау Г.А. Новиков әдісі бойынша Геро типті қақпан – қысқыштардың және тосқауыл жырашықтардың көмегімен стационарлық есепке алу желілері мен трансектіні қолдану арқылы жүзеге асырылды. Барлық учаскелерде жануарлардың 15 түрі байқалды. *Rodentia* отрядының 11 түрі бар, *Eulipotyphla* отрядының өкілдері 4 түрді тапты. Зауыттарға жақындаған сайын ұсақ сүтқоректілер түрлерінің азаюы байқалады. Техногендік учаскелердегі жалпы молшылық бақылау деңгейінен 2 есе төмен, *Microtus gregalis* және *Sicista subtilis* түрлері басым. Бұл басым түрлердің жоғары бейімделу қасиеттері мен экологиялық икемділігін көрсетуі мүмкін. Бақылау аймағында қарапайым бұрғылау, кіші бұрғылау және тундралық бұрғылау жиі кездесетін. Зауыттарға жақындаған сайын қауымдастықтардағы еркектердің үлесі артты, әсіресе доминант түрлерінде (дала тышқаны және сүйек қуысы тар кеміргіш), жас дарақтардың (64%) ересектер (22%) мен қыстайтын (13%) организмдерге қарағанда үстемдігі байқалды.

Павлодар қаласындағы атмосфералық ауаның ластану проблемасы ең өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Өнеркәсіптік атмосфералық ластағыштардың микромаммалиялардың жекелеген топтарына әсері туралы алынған деректер республиканың солтүстік-шығысындағы антропогендік объектілерді жобалау үшін негіз бола алады.

**Түйін сөздер:** ұсақ сүтқоректілер, антропогендік ластану, түр құрамы.

#### Сокращения и обозначения

ПАЗ – Павлодарский Алюминиевый завод; КЭЗ – Казахстанский Электролизный завод; и.д. – индекс доминирования; D – индекс разнообразия Симпсона; E – индекс выравненности Симпсона; H – индекс разнообразия Шеннона; J – индекс выравненности Шеннона

#### Введение

Атмосферные загрязнения могут стать причиной изменения качества воздуха и вести как к самым очевидным последствиям, такие как смог, так и до незаметных на первый взгляд, например, повышение температуры в городах, изменения в выпадении осадков в регионе [1]. Согласно Гроза М.М., Ермиенко А.В., в Павлодарской области выбрасываются в атмосферных воздух окись углерода, азота, хлора, токсические вещества, содержащиеся в автомобильных выхлопах, пыль [2]. В последнее время наблюдается преобразование растительных сообществ вследствие антропогенной активности [3], и как результат, на участках вблизи заводов присутствует эрозия и деструктуризация почвенного покрова [4].

Микромаммалии играют значимую роль в трофических уровнях и поддержании экосистем. Количественные показатели мелких млекопитающих могут использоваться в экологических исследованиях, в частности для определения уровня антропогенной нагрузки на территории [5]. Герц с коллегами в прошлом столетии пришел к выводу, что не все мелкие млекопитающие одинаково реагируют на увеличение токсических веществ в атмосфере. Это свидетельствует о влиянии разного типа питания и экологии на степень проявления признаков накопления поллютантов [6]. У млекопитающих в рационе питания, которых преимущественно зеленые надземные части растений (например, полевки рода *Microtus*) проявляются более сильные признаки влияния аэрогенных выбросов промышленности, чем у типичных зерноядных видов (например, лесные мыши) [7].

В Павлодарской области и Северном Казахстане в целом, распространены зверьки, ведущие наземный образ жизни, например *Microtus gregalis*, *Sicista subtilis*, *Phodopus sungorus* [8]. Понижение или увеличение численности тех или иных видов обычно свидетельствуют о влиянии биотических, абиотических или антропо-

генных факторах на ареалы мелких млекопитающих [9]. Если биотические или абиотические элементы достаточно хорошо изучены на Северо-Востоке Казахстана [10, 11], то влияние постоянно расширяющихся антропогенных источников загрязнения следует изучить и дать оценку фактору. На Северо-Востоке Казахстана находится большое количество промышленных гигантов, осуществляющих производство и добычу горючего топлива, металлов, электроэнергии. Такие как АО «Алюминий Казахстана», ТОО «Павлодарский нефтехимический завод», ПФ ТОО «Кастинг», АО «Павлодарэнерго», АО «Казахстанский электролизный завод», ПФ ТОО «KSP Steel» и другие производства. Согласно данным Управления предпринимательства и индустриально-инновационного развития Павлодарской области 62,6% промышленности региона составляет обрабатывающая, 23,4% горнодобывающая, 13,3% электроснабжение, менее 1% приходится на водоснабжение. Доля всей промышленности составляет более 7% от всего производства страны.

Исследуемые биогеоценозы являются открытыми системами, постоянно взаимодействующие с окружающей средой путем обмена энергией, органического и неорганического вещества [12], поэтому для описания функционирования экологических систем Северо-Востока Казахстана мы прибегли к методам системной экологии. Осуществлялся системный анализ, на основании которого производилась обработка первичных полевых данных, полученных с осени 2020 года по осень 2021 год. В рамках применения данного метода осуществлялись изучение территории, определение ее компонентов и взаимосвязей между организмами, поиск информации о функционировании экологической системы, анализ полученной информации, выведение закономерностей, оценка результатов анализа. Перечисленные действия позволили оценить функционирование экологических систем.

Таким образом, характеристика мелких млекопитающих, проживающих на разной удаленности от источника антропогенного загрязнения северо-востока Казахстана (на примере Павлодарской области) при помощи количественных показателей видового состава, стала главным вопросом нашего исследования.

### Материалы и методы

Сбор информации для исследования начинался со сбора объектов в природе: на исследуемых территориях завода №1 (Павлодарский

Алюминиевый завод – ПАЗ) и №2 (Казахстанский Электролизный завод – КЭЗ), находящихся вблизи города Павлодара и на контрольном участке, где антропогенное воздействие на экосистему значительно меньшей степени, чем на территориях, под воздействием негативных факторов. Контрольный участок располагался возле села имени Мамаита Омарова, Павлодарской области, расположенным на 51°55'11" северной широты и 77°03'27" восточной долготы.

С целью комплексного анализа исследуемой территории, рассмотрено растительное сообщество в радиусе 30 км от города Павлодара, составлен список доминирующих видов. Почвы в окраинах города подвержены антропогенной нагрузке: многолетней распашки темнокаштановых почв, наличием рядом крупных автомагистралей и различных производств [13]. Многие земли сейчас выведены из севооборота и наблюдаются постепенный процесс сукцессии и фитоценозы находятся на различных этапах восстановления.

Согласно Мухачевой С.В., Давыдовой Ю.А. (2017), участки для исследования были поделены на импактную, буферную, фоновую согласно Таблице 1 [14]. Полученные данные сравнивались с данными контрольного участка.

Таблица 1 – Расположение учетных линий

Территория	Расположение
Импактная зона	0,5 – 3 км от источника техногенной нагрузки
Буферная зона	3-5 км от источника техногенной нагрузки
Фоновая зона	20-25 км от источника техногенной нагрузки
Контрольная зона	100 км от источника техногенной нагрузки

Сбор объектов осуществлялся при помощи капканов – давилок типа Геро и ловчих канавок по методу Новикова Г.А. с применением стационарных учетных линий и трансект [15]. На техногенных и контрольном участках выставлялись по две учетных линий с давилками и выкапывались по две ловчие канавки с цилиндрами. Таким образом, в техногенной зоне располагались 6 учетных линий с давилками и 6 ловчих канавок. На контрольном участке располагались 2

учетные линии с применением давилок и 2 ловчие канавки с использованием конусов.

Первичный полевой этап исследования проводился в весенне-летнее время. В теплое время наблюдается пик активности и генеративного периода микромаммалий, проживающих на изучаемой территории. Сбор проводился на протяжении 4 месяцев в 2021 году. Отлавливание животных производилось на протяжении 10 суток 1 раз в месяц с мая по сентябрь. Контроль ловушек выполнялся в первой половине суток (чем жарче, тем раньше) для предотвращения разложения организма, съедение хищниками или падальщиками. После первичного полевого этапа исследования, осуществлялась статистическая обработка материала. Проведены предварительные расчеты и определены закономерности в количественных характеристиках биоразнообразия мелких млекопитающих окраин города Павлодара.

Используя совокупности случайных наблюдений, рассчитывалась генеральная совокупность относительно модальностей: видовых, половых и возрастных признаков. В зависимости от местоположения изучаемого участка, выборки были малая ( $n < 30$ ) либо большая ( $n < 100$ ). Таким образом, мы можем наблюдать выборочный метод исследования. Рассматривались состояния характеристик номинальных данных в процентном соотношении. Например, частота встречаемости определенного вида.

Расчет и анализ различных индексов разнообразия позволяет детерминировать происходящие изменения в биоценозах под действием антропогенных и абиотических факторов [16]. Индексы доминирования и выровненности предоставляют информацию об общих и различных признаках сообществ, являются достоверными индикаторами различий между территориями или выборками, которые не заметны на первый взгляд [17].

Использовались следующие формулы [18]:

$$D = \frac{1}{\sum P^2 i} \quad (1)$$

$$E = \frac{D}{S} \quad (2)$$

$$H = \sum P_i \ln P_i \quad (3)$$

$$J = \frac{H}{\ln S} \quad (4)$$

где:

D – индекс разнообразия или доминирования Симпсона;

E – индекс выровненности Симпсона;

H – индекс разнообразия Шеннона;

J – индекс выровненности Шеннона;

S – видовое богатство;

$P_i$  – доля i-ого вида в суммарной численности.

Кроме числового значения выборок животных, рассматривались, в зависимости от качественных признаков: внешнее состояние организма, возрастные и половые характеристики животных.

### Результаты и обсуждение

Учеными хорошо описано влияние катастрофических факторов на популяции териофауны [19], но слабые постоянные воздействия антропогенных эмиссий практически не исследованы, хотя с теоретической и практической точки зрения и не менее ценны. Анализ количественных и качественных данных выборок в совокупности предоставляет данные для экологического и популяционного мониторинга. Согласно Одуму [20] биоразнообразие организмов, в том числе мелких млекопитающих, дает информацию о благополучии экосистемы. При воздействии антропогенных, биотических или абиотических факторов на сообщества происходит перестройка видовой структуры [21].

Павлодарская область, где проводилось исследование, располагается на Северо-Востоке страны на берегу одной из самых крупных водных артерий региона – реки Иртыш. Характеризуется в основном холодной, снежной и ветреной зимой, продолжительностью до 7-8 месяцев. Самая низкая температурная точка отмечается в январе. Среднесуточная температура -13-19 °С. Самый пик низких погодных условий фиксировался на -48 °С. Теплое время года обычно менее продолжительно, чем зимнее, с самым жарким месяцем июлем. Лето характеризуется жаркими и засушливыми днями. Среднесуточная температура варьируется в районе отметки +20 °С. Относительная влажность воздуха равна 70-75% [22].

С географической точки, область большую свою часть (преимущественно Северо-Восточную) располагается на самом большом равнинном участке планеты: Западно-Сибирской. Самые высокие точки доходят до 100-150 метров



над уровнем моря. Казахстанский мелкосопочник образует юго-западную часть, поднимающийся над уровнем моря от 200 до 350 метров, образуя небольшую горно-лесную территорию. Имеются водные резервуары, представленные озерными котлованами, небольшими холмами и гривами. На территории области протекает крупная река Иртыш, имеются большое количество соленых озер и до сотни пресных, расположенные преимущественно в пойме реки [23].

Промышленность региона сосредоточена в трех городах: Павлодар, Экибастуз и Аксу. В совокупности основными отраслями являются горнодобывающая, нефтеперерабатывающая, химическая, черная и цветная металлургия [24]. На предприятия Экибастуза приходится до 46% всех выбросов региона, предприятия Аксу и Павлодара по 25-26% [25]. Список крупных предприятий области расположен в Таблице 2.

**Таблица 2** – Крупные предприятия, расположенные на территории Северо-Восточного Казахстана (Павлодарская область)

Завод	Месторасположение	Объем производства	Год ввода в эксплуатацию	Основная деятельность
Павлодарский алюминиевый завод	Павлодар	1,4 млн тонн глинозёма в год	1964	Выпуск глинозема, электроэнергии
Казахстанский электролизный завод	Павлодар	250 тыс. тонн алюминиевого литья в год	2007	Производство алюминия необработанного
Павлодарский нефтехимический завод	Павлодар	5,1 млн. тонн нефти в год	1978	Производство нефтепродуктов, добыча минерального сырья
Павлодарская ТЭЦ-3	Павлодар	555 МВт	1972	Выработка тепловой и электрической энергии
KSP Steel	Павлодар	-	2007	Производство бесшовных труб и стали
Кастинг (Сталелитейный завод)	Павлодар	345 тыс. в год	1994	Выпуск стали
Угольный разрез Богатырь	Экибастуз	50 млн тонн угля в год	1965	Добыча угля
Угольный разрез Восточный	Экибастуз	30 млн тонн угля в год	1985	Добыча угля
Проммашкомплект	Экибастуз	300 000 штук ж/д колес в год	2018	Выпуск железнодорожных колес
Экибастузская ГРЭС-1	Экибастуз	3500 МВт	1980	Выработка электроэнергии
Экибастузская ГРЭС-2	Экибастуз	1000 МВт	1990	Выработка электроэнергии
Экибастузская ТЭЦ	Экибастуз	12 МВт	1956	Выработка тепловой и электрической энергии
Аксуский завод ферросплавов	Аксу	-	1968	Производство ферросплавов

В совокупности в Северо-Восточном регионе Казахстана действует около 1000 промышленных производств [25]. Из них более 70% объема производимой продукции принадлежит предприятиям, представленным в Таблице 2.

На расстоянии 30 км от города Павлодара наблюдается преобладание дикорастущих растений. В районах с пионерными растительными сообществами наблюдаются сорные одно- и двулетние виды: лебеда стреловидная (*Atriplex*

*sagittata*), марь белая (*Chenopodium album*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*), дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium*), бассия веничная (*Kochia scoparia*), Пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris*), икотник серый (*Berteroa incana*). На участках, находящихся на следующей стадии восстановления фитоценоза (от 4 до 6 лет) доминируют типично степные виды: полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), полынь горькая (*Artemisia*

*absinthium*), ковыль – волосатик (*Stipa capillata*), ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana*), овсяница валлийская или типчак (*Festuca valesiaca*). По данным Дударь Ю.А. срок восстановления степных фитоценозов, таких как разнотравно-ковыльных, типчаково-коренных, занимает более 25-30 лет [26].

За весь срок сбора информации было обработано 1200 конусо-суток и 6000 давилко-суток в районе двух заводов. В контрольной территории освоено 200 конусо-суток и 1000 давилко-суток.

1400 конусо-суток и 7000 давилко-суток зарегистрировали 173 микромаммалий. На импактной территории зафиксировано 2,25 животного на 100 ловушек (конусо- и давилко-суток). На буферном участке 4,6 мелких млекопитающих на 100 ловушек. На фоновой территории 6,7 микромаммалий на 100 ловушек. На контрольном участке 21 животное.

Видовой состав не отличался большим разнообразием. Всего было определено 15 видов, принадлежащих двум отрядам класса млекопи-

тающих. Большая часть принадлежит отряду Грызуны (лат. *Rodentia*): насчитывается 11 видов. 4 вида относятся к отряду Насекомоядные (лат. *Eulipotyphla*). Были получены два вида выборок: на всех техногенных участках малая (25 организмов и меньше), на контрольном участке большая (свыше 100 организмов). Перечень и количество организмов импактной, буферной, фоновой зон зафиксированных при помощи давилок и конусов в районах ПАЗ и КЭЗ. В таблице 3 приводятся частоты встречаемости видов в выборках, полученных при полевом исследовании импактных зон. Объем первой выборки равен  $n=6$ . Минимальный  $x_{\min} = 1$  и максимальный  $x_{\max} = 10$ .

В таблице 4 приводится пример расчета частоты встречаемости видов в выборках, полученных при изучении буферных зон. Минимальный  $x_{\min} = 1$  и максимальный  $x_{\max} = 14$ .

В таблице 5 приводится пример расчета частоты встречаемости видов в выборках, полученных при изучении фоновых зон. Минимальный  $x_{\min} = 1$  и максимальный  $x_{\max} = 5$ .

Таблица 3 – Частота встречаемости видов в импактных зонах

№	Вид	Количество организмов	Частота встречаемости	Частота встречаемости
Отдел Грызуны (лат. <i>Rodentia</i> )				
1	Джунгарский хомячок <i>Phodopus sungorus</i> Pallas, 1773	1	0,04	4%
2	Малая лесная мышь <i>Apodemus uralensis</i> Pall., 1811	1	0,04	4%
3	Обыкновенная полевка <i>M. arvalis</i> Pall., 1779	5	0,2	20%
4	Степная мышовка <i>Sicista subtilis</i> Pall., 1773	10	0,4	40%
5	Узкочерепная полевка <i>Mictotus gregalis</i> Pal., 1779	8	0,32	32%
Отряд Насекомоядные (лат. <i>Eulipotyphla</i> )				
1	Малая белозубка <i>Crocidura suaveolens</i> Pall., 1811	1	0,04	4%
	Σ, особь	25		

Таблица 4 – Частота встречаемости видов в буферных зонах

№	Вид	Количество организмов	Частота встречаемости	Частота встречаемости
Отдел Грызуны (лат. <i>Rodentia</i> )				
1	Степная пеструшка <i>Lagurus lagurus</i> Pall., 1773	1	0,05	4,5%
2	Степная мышовка <i>Sicista subtilis</i> Pall., 1773	5	0,23	23%
3	Узкочерепная полевка <i>Mictotus gregalis</i> Pal., 1779	14	0,63	63,4%
Отряд Насекомоядные (лат. <i>Eulipotyphla</i> )				
4	Тундряная бурозубка <i>Sorex tundrensis</i> Merriam., 1900	2	0,09	9,1%
	Σ, особь	22		

Таблица 5 – Частота встречаемости видов фоновых зон

№	Вид	Количество организмов	Частота встречаемости	Частота встречаемости
Отдел Грызуны (лат. <i>Rodentia</i> )				
1	Джунгарский хомячок <i>Phodopus sungorus</i> Pallas, 1773	2	0,1	10%
2	Малая лесная мышь <i>Apodemus uralensis</i> Pall., 1811	1	0,05	5%
3	Обыкновенная слепушонка <i>Ellobius talpinus</i> Pall., 1770	1	0,05	5%
4	Степная мышовка <i>Sicista subtilis</i> Pall., 1773	3	0,15	15%
5	Степная пеструшка <i>Lagurus lagurus</i> Pall., 1773	2	0,1	10%
6	Узкочерепная полевка <i>Microtus gregalis</i> Pal., 1779	5	0,25	25%
Отряд Насекомоядные (лат. <i>Eulipotyphla</i> )				
1	Малая белозубка <i>Crocidura suaveolens</i> Pall., 1811	1	0,05	5%
2	Тундряная бурозубка <i>Sorex tundrensis</i> Merriam., 1900	5	0,25	25%
	Σ, особь	20		

Частота встречаемости в импактных зонах джунгарского хомячка, малой лесной мыши, малой белозубки снижена по сравнению с обыкновенной полевкой больше, чем в 5 раз и многократной уступает (>28%) двум видам доминантам (степная мышовка, узкочерепная полевка). В буферных зонах степную пеструшку и тундряную бурозубку можно встретить с относительной вероятностью 13,6%, остальная приходится на виды доминанты. Фоновые

участки отмечаются доминированием узкочерепной полевки и тундряной бурозубки (по 25%). Остальные виды проявляются спорадически.

В таблице 6 приводится пример расчета частоты встречаемости видов в выборках, полученных при изучении контрольной зоны. Объем четвертой выборки (контрольная территория) равен  $n=13$ . Минимальный  $x_{\min}=1$  и максимальный  $x_{\max}=49$ .

Таблица 6 – Частота встречаемости видов контрольной зоны

№	Вид	Количество организмов	Частота встречаемости	Частота встречаемости
Отдел Грызуны (лат. <i>Rodentia</i> )				
1	Восточноевропейская полевка <i>Microtus levis</i> Miller, 1908	1	0,01	1%
2	Джунгарский хомячок <i>Phodopus sungorus</i> Pallas, 1773	2	0,02	2%
3	Мышь малютка <i>Micromys minutus</i> Pall., 1771	2	0,02	2%
4	Обыкновенная полевка <i>M. arvalis</i> Pall., 1779	9	0,09	9%
5	Обыкновенная слепушонка <i>Ellobius talpinus</i> Pall., 1770	3	0,03	3%
6	Полевая мышь <i>Apodemus agrarius</i> Pall., 1771	2	0,02	2%
7	Полевка – экономка <i>Microtus oeconomus</i> Pall., 1776	3	0,03	3%
8	Степная мышовка <i>Sicista subtilis</i> Pall., 1773	5	0,05	5%
9	Степная пеструшка <i>Lagurus lagurus</i> Pall., 1773	7	0,07	7%

Продолжение таблицы

№	Вид	Количество организмов	Частота встречаемости	Частота встречаемости
10	Узкочерепная полевка <i>Mictotus gregalis</i> Pal., 1779	49	0,47	47%
Отряд Насекомоядные (лат. <i>Eulipotyphla</i> )				
11	Малая бурозубка <i>Sorex minutus</i> L., 1766	5	0,05	5%
12	Обыкновенная бурозубка <i>Sorex araneus</i> L., 1758	2	0,02	2%
13	Тундрная бурозубка <i>Sorex tundrensis</i> Merriam., 1900	14	0,13	13%
	Σ, особь	<b>104</b>		

Данные о численности животных в пересчете на 100 ловушек показывают постепенное увеличение количества животных по мере удаления от источников эмиссии. Среднее количество животных на расстоянии до 25 км от заводов составляет 4,5 жив. / 100 ловушек, что в 4,7 раз меньше участков контрольной зоны. Согласно исследованиям Serafini V.N., Vajaru S.B. и др. [27, 28] на количество млекопитающих в определенном ареале влияют совокупность нескольких факторов, таких как достаточное количество пищи, разнообразность природного ландшафта, качество почв, большое значение придается растительному сообществу территорий, активность человека. Все перечисленные факторы являются компонентами биотопа и напрямую влияют друг на друга [29]. В ареалах с бедным фитоценозом наблюдается уменьшение количества млекопитающих, что говорит не только о деградации мест обитания рядом с источниками загрязнений, но и о депрессивном состоянии местной териофауны. Согласно правилу Жаккара, численность животных уменьшается по мере увеличения однородности ареала, что и наблюдалось на импактных и буферных территориях, где преобладала сорная одно- и двулетняя растительность, с редкими кустарниками и деревянистыми растениями.

Мы можем наблюдать, доля частоты встречаемости отдела Насекомоядные на загрязненных участках меньше в 2 раза, чем Грызунов. Это свидетельствует о сенсбилизации к эмиссии Насекомоядных, они могут выступать в качестве биоиндикатора.

В некоторых работах предлагается в качестве наиболее эффективных объектов биоиндикации использовать консументов высших порядков, в частности насекомоядных и хищных животных [5, 30]. Данное явление объясняется наличием разнообразных мест обитания для на-

секомоядных животных вдали от антропогенной нагрузки, более широкой кормовой базой по сравнению с импактными зонами. Преобладание консументов более высокого порядка на контрольных территориях может говорить о преобладании климатского сообщества вдали от техногенных зон.

Индекс доминирования (и.д.), предложенный Балогом, отражает информацию о доле вида в популяции [31]. В техногенных территориях индекс доминирования Насекомоядных не состоял больше значения 1. Доминантом во всех выборках, кроме импактной, является узкочерепная полевка. Индекс доминирования *Mictotus gregalis* в буферной, фоновой и контрольной территориях составлял 0,64, 0,25, 47,12 соответственно. В импактной зоне индекс составил 0,32. Доминантом в данном участке являлась *Sicista subtilis* и.д.=0,4. Среди Насекомоядных наибольший индекс доминирования имела *Sorex tundrensis* и.д.=13,46 в контрольном участке.

Считается, что видовое богатство растет по мере продвижения от высоких широт к экватору [32]. В Северо-Запада Казахстана, расположенного в северных диапозонах, с переменными холодными, дождливыми и сухими временами года, наблюдается существование доминантных видов с высокой численностью и редких видов с малым числом особей. Видовое богатство, как индикатор устойчивости экосистемы, связан с индексом доминирования. Мы наблюдаем наличие ярких доминант на всех исследуемых территориях. Степная мышовка и узкочерепная полевка успешно приспособились к проживанию на антропогенных территориях [33]. На контрольной территории узкочерепная полевка практически занимает половину (47%) от всей выборки. Доля степной мышовки в импактной территории составляет 40%. Время восстановления и раз-

нообразии биотопа напрямую влияет на видовое богатство и присутствие видов доминантов свидетельствует о быстрой специализации одних представителей териофауны и вытеснении других. Согласно Одуму, такие экосистемы могут быть устойчивыми и способными успешно адаптироваться к негативным условиям среды при регулярном поступлении источников энергии. В таких условиях низкое разнообразие по Симпсону считается наиболее благоприятным с точки зрения энергозатрат. Учитывая присутствие видов доминантов и спорадическую встречаемость остальных микромаммалий техногенных терри-

торий, при недостатке энергии, она не растрачивается и может трансформироваться в организмах – доминантах [34].

Данные относительно половой модальности, как на техногенных участках, так и на контрольном показывают преобладанием самцов, особенно у видов доминантов (степная мышовка и узкочерепная полевка). Доля самцов и самок техногенных зон составляет 67% и 33% соответственно. На контрольном участке разница в диморфизм меньше: 58% и 42%. Соотношения самок и самцов на всех участках представлено на Рисунке 1.

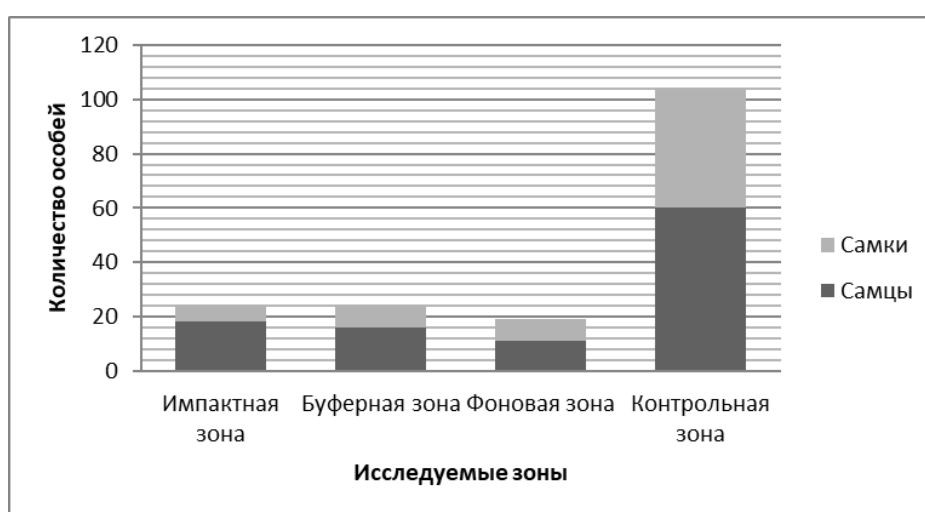


Рисунок 1 – Количество самцов и самок техногенных и контрольных территорий

Chitty, еще в середине прошлого столетия предложил теорию о саморегуляции популяций, далее эту идею доработал относительно млекопитающих Шварц в 60-х гг. Условия среды влияют на численность животных опосредованно, через качественные изменения особей, составляющих население территории. При переживании стресса, численность териофауны может быть направлена на уменьшение и как следствие уменьшение конкуренции путем снижения рождаемости, например, удлинением сроков полового созревания, увеличением гибели эмбрионов и т.д. [34, 35]. Похожее явление мы наблюдали на участках, приближенных к заводам. Отличия между количеством самцов техногенных и контрольных зон составляла 9%.

Возраст животных определялся по ряду косвенных экстерьерных признаков. Мелкие млекопитающие имеют продолжительность жизни от года до двух. При отсутствии врагов, стрессов,

достаточной кормовой базы некоторые животные могут прожить до 4-5 лет. На протяжении большей части своей жизни, мелкие млекопитающие продолжают расти, поэтому масса тела стала главным критерием для оценки возраста животного. Обычно полевков разделяют на группы по массе с определенным интервалом, например, полевков до 15 г, 16-20, 21-25, 26-30 и т.д. [37]. Учитывалось состояние шерсти: перезимовавшие особи обычно имеют залысины в области бедер и основании хвоста, шерсть более редкая и лохматая по сравнению с сеголетками. По предварительным данным процентное соотношение в возрастной структуре молодых, взрослых и перезимовавших составляла на техногенном участке – 64%, 22% и 13,4%, на контрольном – 11, 65 и 29%. Сравнительный возрастной анализ представлен на Рисунке 2. Точный возрастной диморфизм будет устанавливаться по состоянию черепов и зубов животных.

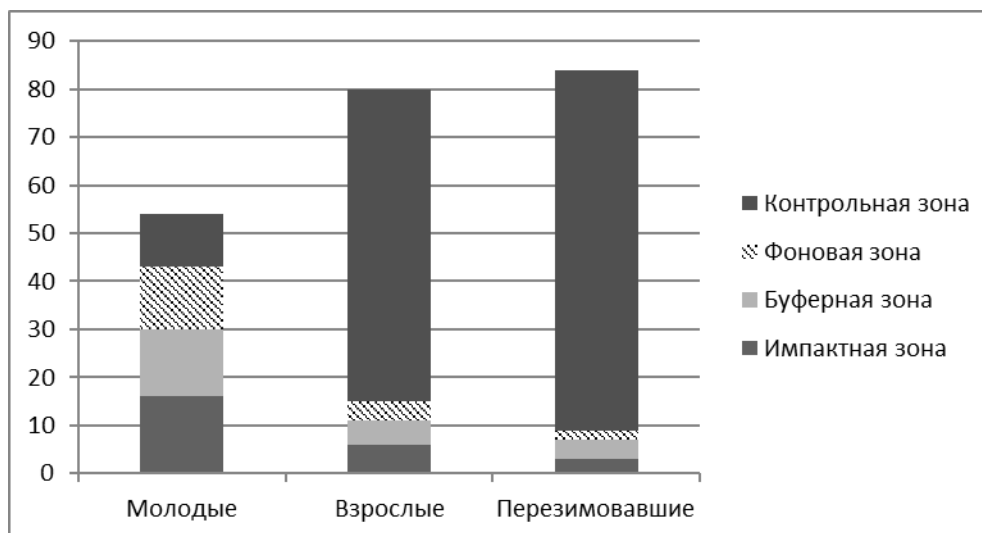


Рисунок 2 – Количество животных – сеголеток, молодых и перезимовавших техногенных и контрольной зон

При исследовании возрастной структуры наблюдается увеличение количества сеголеток на загрязненных участках (всего 43 организма), на контрольной зоне прослеживается тенденция к увеличению взрослых и перезимовавших особей (65 и 75 животных соответственно).

Разница в числе сеголеток техногенных зон и контрольных составила 54%, что говорит о компенсаторных явлениях, происходящих в популяциях, проживающих в урбанистических районах. Численность взрослых половозрелых особей больше на 40% в контрольных территориях, что свидетельствует о низкой выживаемости молодых особей в районах вблизи заводов. Причиной могут являться низкая кормовая база в виду однообразного растительного покрова, открытость мест обитания и меньшей возможности укрытия от хищников, влияние выбросов токсикантов, таких как бенз(а)пирен, которые имеют свойство к накоплению в организмах многоклеточных животных [38]. Существуют исследования о влиянии повышенной радиоак-

тивности на фолликулы мелких грызунов, таких как полевки. Резервные возможности яичников самок полевки, проживающих в районе токсических выбросов, ограничены, однако количество растущих фолликулов в яичниках достоверно превышало контрольные значения [39]. Зрелость желтых тел и потенциальная плодовитость самок с загрязненных территорий выше, чем у контрольных особей [39]. Исследования, проводимые в республике Коми, подтверждают наши заключения, что увеличение рождаемости может являться способом адаптации мышевидных грызунов к неблагоприятным условиям окружающей среды в районах Северо-Востока Казахстана.

Для достоверной **оценки разнообразия и выравнимости** микромаммалий на исследуемых территориях использовались информационные индексы сообществ мелких млекопитающих, проживающих на разных территориях. Результаты расчетов представлены в Таблице 7 и Рисунке 3.

Таблица 7 – Значение индексов разнообразия для выборок изучаемых территорий

	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>H</b>	<b>J</b>
Импактные зоны	3,92	0,65	1,42	0,69
Буферные зоны	2,26	0,56	0,98	0,67
Фоновые зоны	7,6	0,95	1,89	0,82
Контрольные зоны	3,96	0,3	1,86	0,49

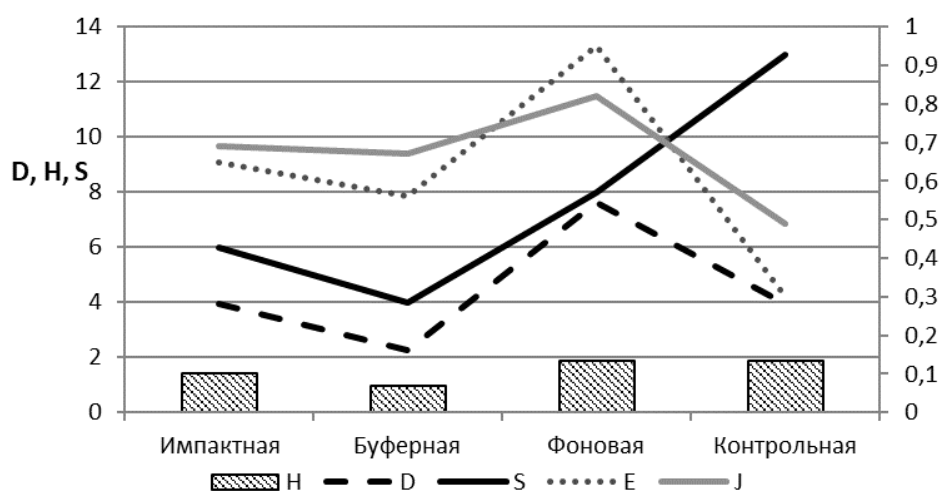


Рисунок 3 – Информационные индексы сообществ мелких млекопитающих, проживающих на техногенной и контрольной территориях

Сравнивая значения индексов доминирования и выровненности Симпсона и Шеннона, мы наблюдаем увеличение количества видового разнообразия ( $S$ ) по мере удаления от заводов.  $S_{\max} = 14$  в контрольной зоне и  $S_{\min} = 4$  в буферной. В буферном участке отмечается уменьшение значений индексов разнообразия Симпсона ( $D$ ) и Шеннона ( $H$ ), выровненности Симпсона ( $E$ ) и Шеннона ( $J$ ): 2,26 и 0,98, 0,56 и 0,67 соответственно. Значения  $D$ ,  $E$ ,  $J$  также понижаются в контрольной зоне: 3,96, 0,3, 0,49 соответственно. На удалении 20 км от заводов (фоновые участки) наблюдаются близкие по значению к контрольному участку данные:  $H = 1,89$ ,  $D = 7,6$ ,  $E = 0,95$ ,  $J = 0,82$ . На ближайшем удалении от источников техногенного загрязнения индекс разнообразия Шеннона меньше контрольного и равен 1,42, индекс разнообразия Симпсона равен с контрольным: 3,92, индекс выровненности Симпсона и Шеннона выше, чем у контрольного: 0,65 и 0,69.

Величина индекса разнообразия индекса Симпсона ( $D$ ) зависит от числа видов в сообществе и их соотношения. Индекс Шеннона зависит от совокупности значений доли каждого вида в сообществе. Изменения в сторону уменьшения свидетельствует о нарушении в структуре и устойчивости сообществ [18].

Учитывая малую выборку техногенных зон, связанную с особенностями местоположения территорий, при оценке сообществ микромаммиалей, рассматривалась совокупность значений всех рассмотренных индексов.

При наличии видов – доминантов, которые подавляют остальные (стремятся к 0), индекс Симпсона и Шеннона принимает меньшее значение и так же стремится к 0. Индекс выровненности Симпсона имеет минимальные значения на всех участках, кроме фоновых.

Индекс выровненности Симпсона фоновых участков стремится к 1 и принимает максимальное значение индекса Шеннона. На индекс Шеннона так же влияет и количество зарегистрированных видов выборки. Рассматривая выше количество зарегистрированных видов микромаммиалей техногенных зон, мы выявили, что яркие доминанты отсутствуют на фоновых территориях, доли всех видов примерно равны. Так же в данной зоне наблюдается высокое значение индекса разнообразия Симпсона, что обусловлено большим количеством видов при малой численности. Выделяется своим низким значением индекс разнообразия Шеннона буферной зоны. Экосистемы с малым индексом Шеннона интерпретируются как экосистемы, подверженные негативному влиянию различных факторов [40].

### Заключение

Первые крупные предприятия в исследуемом регионе начали появляться в середине прошлого столетия (Экибастузская ТЭЦ, 1954). Тяжелая промышленность влияет на мелких млекопитающих опосредовано, через цепи питания, упрощая структуру местных экосистем.

Всего выявлено 171 животное. Из них 61% принадлежит особям контрольных территорий. Наблюдается небольшая разница в суммарном значении животных по мере удаления от заводов, но видовой состав и наличие видов доминантов может свидетельствовать о разной антропогенной нагрузке в исследуемых участках.

Всего отмечено 7 видов Грызунов и 2 вида Насекомоядных на техногенных участках, 10 видов Грызунов и 3 вида Насекомоядных на контрольных участках. По мере удаления от крупных заводов увеличивается численность Насекомоядных животных и видовое богатство Грызунов. Это может свидетельствовать о накоплении вредных элементов с повышением трофического уровня в цепи питания и более высокую аккумуляцию в организмах консументов более высокого порядка.

Индекс доминирования показал, что импактные и буферные участки техногенной зоны склонны к монодоминантности. В данных зонах присутствуют виды доминанты: узкощелевая полевка и степная пеструшка. В фоновых территориях видов доминантов нет: значение индексов выравненности Симпсона и Шеннона максимально по отношению к остальным участкам.

Урбанизация оказывает влияние на половозрастную структуру грызунов и насекомоядных. Животные испытывая постоянный стресс, адаптируются по пути увеличения плодовитости самок и в то же время уменьшения их пропорции в общей численности.

В работе проводился мониторинг местной экосистемы при помощи метода биоиндикации. Существует корреляционная зависимость между уровнем загрязнения и обедненным биологическим разнообразием. Данные о количественных показателях видового состава могут быть использованы в природоохранных мероприятиях и планировании антропогенных объектов на северо-востоке республики.

### Конфликт интересов

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

### Источник финансирования

Работа была выполнена за счет собственных средств авторов и не имеет источника финансирования.

### Литература

1. Crippa M., Solazzo E., Huang G., Guizzardi D., Koffi E., Muntean M., Janssens-Maenhout G. High resolution temporal profiles in the Emissions Database for Global Atmospheric Research // *Scientific data*. – 2020. – Vol. 7, No 1. – P. 1-17.
2. Гроза М.М., Ермиенко А.В. Экологические проблемы Павлодарской области // *Наука и техника Казахстана. Естественные науки*. – 2005. – № 2. – С. 7 – 14.
3. Леонова Ю.М. Антропогенная трансформация растительности в зоне влияния промышленных объектов Павлодарской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук – Алматы: ПГУ, 2010. – 26 с.
4. Ермиенко, А.В. Влияние деятельности электролизного завода на экологическую обстановку Павлодарского района (республика Казахстан): автореф. дис. ... канд. биол. наук – Омск, ОГПУ, 2010. – 18 с.
5. Gaukler S.M., Murphy S.M., Berryhill J.T., Thompson B.E., Sutter B.J., Hathcock C. D. Investigating effects of soil chemicals on density of small mammal bioindicators using spatial capture-recapture models // *PloS one*. – 2020. – Vol. 15, No 9. – P. e0238870.
6. Martiniaková M., Omelka R., Stawarz R., Formicki G. Accumulation of Lead, Cadmium, Nickel, Iron, Copper, and Zinc in Bones of Small Mammals from Polluted Areas in Slovakia // *Polish Journal of Environmental Studies*. – 2012. – Vol. 21, No. 1.
7. Zwolak A., Sarzyńska M., Szpyrka E., Stawarczyk K. Sources of soil pollution by heavy metals and their accumulation in vegetables: A review // *Water, Air, & Soil Pollution*. – 2019. – Vol. 230, Vol. 7. – P. 1-9.
8. Сергазинова З.М., Дупал Т.А., Литвинов Ю.А., Ержанов Н.Т. Воздействие выбросов алюминиевого производства в Северном Казахстане на видовую структуру и характер накопления фтора у мелких млекопитающих // *Принципы экологии*. – Петрозаводск, 2018. С. 60-74.
9. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Chysyma R.B., Kuzmina E.E., Shishin N.I., Korotkevich O.S. Osadchuk L.V. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, No 9. – P. 1530.
10. Рихванов Л.П., Барановская Н.В., Корогод Н.П., Хвощевская А.А., Копылова Ю.Г., Мазурова И.С., Беляновская А.И. Элементный состав воды биологической как индикатор техногенеза // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2019. – Т. 330. – №. 2.



11. Маралбаева Д.Г., Ахметов К. К., Уалиева Р. М., Инсебаева, М. К.. Фауна и паразитологический анализ зараженности диких птиц Павлодарской области трематодами двух семейств // Вестник КазНУ. Серия биологическая. – 2019. – Т. 81. – №. 4. – С. 96-108.
12. Zhang L., Xiong L., Li J., Huang X. Long-term changes of nutrients and biocenoses indicating the anthropogenic influences on ecosystem in Jiaozhou Bay and Daya Bay, China // *Marine Pollution Bulletin*. – 2021. – Vol. 168. – P. 112406.
13. Леонова Ю.М. Антропогенная трансформация растительности в зоне влияния промышленных объектов г. Павлодара: автореф.... канд. биол. наук. Алма-Ата. – 2010.
14. Давыдова Ю. А., Мухачева С. В. Изменение параметров мочи рыжей полевки в градиенте химического загрязнения: опыт использования реagentных тест-полосок // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова с международным участием. – 2017. – С. 2489-2491.
15. Novikov E.A., Panov V.V., Moshkin M.P. Density-dependent regulation in populations of northern red-backed voles (*Myodes rutilus*) in optimal and suboptimal habitats of southwest Siberia // *Biology Bulletin Reviews*. – 2012. – Vol. 2, No 5. – P. 431-438.
16. Орлова Ю.С. Использование индексов биологического разнообразия для анализа альгофлоры бассейна р. Алатырь // *Инженерные технологии и системы*. – 2013. – P. 3-4.
17. Taylor L.R. Bates, Williams, Hutchison – a variety of diversities // *Diversity of Insect Faunas. Symp. Roy. Ent. Soc. Lond.* – 1978. – Vol. 9. – P. 1-18.
18. Литвинов Ю.Н., Абрамов С.А., Бочкарёв Н.А., Дупал Т.А., Ковалёва В.Ю., Панов В.В., Симонов В.Е. Сообщества и популяции животных: морфологический и экологический анализ // *Тр. ИСЭЖ СО РАН*. – Новосибирск. – 2010.
19. Kaur H., Habibullah M.S., Nagaratnam S. Impact of natural disasters on biodiversity: evidence using quantile regression approach // *Jurnal Ekonomi Malaysia*. – 2019. – Vol. 53, No 2. – P. 67-81.
20. Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 1986. Т. 1. – С. 358.
21. Odum E.P., Barrett G.W. *Fundamentals of ecology*. – Philadelphia: Saunders, 1971. – 574 p.
22. Агроклиматические ресурсы Павлодарской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова – Астана, 2017. – 127 с.
23. Sansyzbayeva A., Saipov A., Dunets A., Mussagaliyeva A., Ramazan A. Geography of natural and recreational facilities in the development of economic integration of the border areas of northern Kazakhstan and the Russian federation // *Geo Journal of Tourism and Geosites*. – 2021. – Vol. 35, No 2. – P. 499-506.
24. Azhayev G., Esimova D., Sonko S. M., Safarov R., Shomanova Z., Sambou A.. Geocological environmental evaluation of Pavlodar region of the Republic of Kazakhstan as a factor of perspectives for touristic activity // *Geojournal of Tourism and Geosites*. – 2020. – Vol. 28, No 1. – P. 104-113.
25. Управление предпринимательства и индустриально-инновационного развития Павлодарской области. Промышленность региона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/pavlodar-uir/activities/6149?lang=ru>
26. Дударь Ю.А. К реконструкции уничтоженных степных экосистем // *Степной бюллетень*. – 2000. – №6. С. 20-23
27. Serafini V.N., Priotto J.W., Gomez M.D. Effects of agroecosystem landscape complexity on small mammals: a multi-species approach at different spatial scales // *Landscape Ecology*. – 2019. – Vol. 34, No 5. – P. 1117-1129.
28. Bajar S.B., Kulavmode A.R., Manakadan R. Influence of microhabitat and landscape-scale factors on the richness and occupancy of small mammals in the northern Western Ghats: A multi-species occupancy modeling approach // *Mammalian Biology*. – 2019. – Vol. 99. – P. 88-96.
29. *Encyclopedia of Ecology* / Dimitrakopoulos P.G., Troumbis A.Y. – Mytilene: University of the Aegean, 2019. – Vol. 1. – P. 359-365.
30. Dupal T.A., Sergazinova Z.M., Erzhanov N.T., Litvinov Y.N. Preliminary assessment of changes in the structure of small mammal communities caused by industrial pollution in the North Kazakhstan Region // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2017. – Vol. 10, No 6. – P. 700-706.
31. Bang A., Deshpande S., Sumana A., Gadagkar R. Choosing an appropriate index to construct dominance hierarchies in animal societies: a comparison of three indices // *Animal Behaviour*. – 2010. – Vol. 79, No 3. – P. 631-636.
32. Лебедева Н.В., Криволюцкий Д.А., Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Алещенко Г.М., Смуров А.В., Максимов В.Н., Тикунов В.С., Огуреева Г.Н., Котова Т.В. География и мониторинг биоразнообразия. – М.: Издательство Научного и учебно-методического центра, 2002. – 432 с.
33. Zadubrovskiy P.A., Novikova E.V., Kondratyuk E.Y., Novikov E.A., Vasina A.V., Matskalo L.L. Effect of anthropogenic factors on the ability of narrow-skulled voles (*lasiodromys gregalis*) to adapt to captive conditions // *Russian Journal of Ecology*. – 2021. – Vol. 52, No 4. – С. 283-289.
34. Chernov Y. I. Species diversity and compensatory phenomena in communities and biotic systems // *Zool. Zh.* – 2005. – Vol. 84, No 10. – P. 1221-1238.
35. Chitty D. Population process in the vole and their relevance to general theory // *Canadian Journal of Zoology*. – 1960. – Vol. 31, No 1. – P. 99-113.
36. Шварц С.С. Эволюционная экология животных. – Свердловск: Труды института экологии растений и животных, 1969. – 199 с.
37. Карасева Е.В. Грызуны России. – М.: Ин-т им. Северцова РАН, 1993. – 166 с.
38. Pedersen R. A. Benzo (a) pyrene metabolism in early mouse embryos // *Culture Techniques*. – De Gruyter, 2019. – P. 447-454.

39. Башлыкова, Л.А., Раскоша О.В., Ермакова О.В. Изменение процесса размножения мышевидных грызунов, обитающих в условиях радиоактивного загрязнения // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2005. – Vol 9, No 95. – P. 22-24.

40. Magurran A. E. Ecological diversity and its measurement. – Princeton university press, 1988. – 181 p.

### References

1. Crippa M., Solazzo E., Huang G., Guizzardi D., Koffi E., Muntean M., Janssens-Maenhout G. (2020) High resolution temporal profiles in the Emissions Database for Global Atmospheric Research. *Scientific data*, vol. 7, no. 1, pp. 1-17.

2. Groza M.M., Ermienko A.V. (2005) Ekologicheskie problemy Pavlodarskoj oblasti [Environmental problems of Pavlodar region]. *Nauka i tekhnika Kazahstana. Estestvennyye nauki*, vol. 2. pp. 7–14.

3. Leonova YU.M. (2010) Antropogennaya transformaciya rastitel'nosti v zone vliyaniya promyshlennykh ob'ektov Pavlodarskoj oblasti [Anthropogenic transformation of vegetation in the zone of influence of industrial facilities of Pavlodar region]: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk, Almaty: PGU. pp. 26.

4. Ermienko A.V. (2010) Vliyanie deyatel'nosti elektroliznogo zavoda na ekologicheskuyu obstanovku Pavlodarskogo rajona (respublika Kazahstan) [Influence of the electrolysis plant activity on the ecological situation of Pavlodar region (Republic of Kazakhstan)]: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk, Omsk, OGPU. pp. 18.

5. Gaukler S.M., Murphy S.M., Berryhill J.T., Thompson B.E., Sutter B.J., Hathcock C.D. (2020) Investigating effects of soil chemicals on density of small mammal bioindicators using spatial capture-recapture models. *PloS one*, vol. 15, no 9, pp. e0238870.

6. Martiniaková M., Omelka R., Stawarz R., Formicki G. (2012) Accumulation of Lead, Cadmium, Nickel, Iron, Copper, and Zinc in Bones of Small Mammals from Polluted Areas in Slovakia. *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 21, no. 1.

7. Zwolak A., Sarzyńska M., Szpyrka E., Stawarczyk K. (2019) Sources of soil pollution by heavy metals and their accumulation in vegetables: A review. *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 230, no. 7, pp. 1-9.

8. Sergazinova Z.M., Dupal T.A., Litvinov YU.A., Erzhanov N.T. (2018) Vozdejstvie vybrosov alyuminievogo proizvodstva v Severnom Kazahstane na vidovuyu strukturu i harakter nakopleniya ftora u melkih mlekopitayushchih [Impact of emissions from aluminum production in Northern Kazakhstan on the species structure and nature of fluoride accumulation in small mammals] *Principy ekologii*, pp. 60-74.

9. Sebezhenko O.I., Petukhov V.L., Chysyma R.B., Kuzmina E.E., Shishin N.I., Korotkevich O.S., Osadchuk L.V. (2017) Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, vol. 9, no. 9, p. 1530.

10. Rihvanov L.P., Baranovskaya N.V., Korogod N.P., Hvashevskaya A.A., Kopylova YU.G., Mazurova I.S., Belyanovskaya A.I. (2019) Elementnyj sostav vody biologicheskoy kak indikator tekhnogenez [The elemental composition of biological water as an indicator of technogenesis]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov*, vol. 330, no. 2.

11. Maralbayeva D.G., Akhmetov, K.K., Ualieva, R.M., Insebaeva, M.K. (2019) Fauna i parazitologicheskij analiz zarazhnosti dikih ptic Pavlodarskoj oblasti trematodami dvuh semejstv [Fauna and parasitological analysis of infection of wild birds of Pavlodar region with trematodes of two families]. *Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya*, vol. 81, no.4, pp. 96-108.

12. Zhang L., Xiong L., Li J., Huang X. (2021) Long-term changes of nutrients and biocenoses indicating the anthropogenic influences on ecosystem in Jiaozhou Bay and Daya Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 168, p. 112406.

13. Leonova YU.M. (2010) Antropogennaya transformaciya rastitel'nosti v zone vliyaniya promyshlennykh ob'ektov g. Pavlodara [Anthropogenic transformation of vegetation in the zone of influence of industrial facilities in Pavlodar]: avtoref.... kand. biol. nauk, Alma-Ata.

14. Davydova YU.A., Muhacheva S.V. (2017) Izmenenie parametrov mochi ryzhej polevki v gradiente himicheskogo zagryazneniya: opyt ispol'zovaniya reagentnykh test-polosok [Changing the parameters of the urine of the red vole in the gradient of chemical contamination: the experience of using reagent test strips]. *Materialy XXIII s'ezda Fiziologicheskogo obshchestva im. IP Pavlova s mezhdunarodnym uchastiem*, pp. 2489-2491.

15. Novikov E.A., Panov V.V., Moshkin M. P. (2012) Density-dependent regulation in populations of northern red-backed voles (*Myodes rutilus*) in optimal and suboptimal habitats of southwest Siberia. *Biology Bulletin Reviews*, vol. 2, no 5, pp. 431-438.

16. Orlova YU.S. (2013) Ispol'zovanie indeksov biologicheskogo raznoobraziya dlya analiza al'goflory bassejna r. Alatyry [The use of biological diversity indices for the analysis of alga flora of the Alatyry river basin]. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy*, pp. 3-4.

17. Taylor L.R. (1978) Bates, Williams, Hutchinson – a variety of diversities. *9<sup>th</sup> Symposium of the Royal Entomological Society*, vol. 9, pp. 1-18.

18. Litvinov YU.N., Abramov S.A., Bochkaryov, N.A., Dupal T.A., Kovalyova V.YU., Panov V.V., Simonov V.E. (2010). Soobshchestva i populyacii zhivotnykh: morfologicheskij i ekologicheskij analiz [Animal communities and populations: morphological and ecological analysis]. Novosibirsk: Tr. ISEZH SO RAN, – P. 258.

19. Kaur H., Habibullah M. S., Nagaratnam S. (2019) Impact of natural disasters on biodiversity: evidence using quantile regression approach. *Jurnal Ekonomi Malaysia*, vol. 53, no 2, pp. 67-81.

20. Одум Ю. (1986) Экология [Ecology]. М.: Мир, vol. 1. – P. 328.

21. Odum E.P., Barrett G.W. (1971) Fundamentals of ecology. Philadelphia: Saunders, – P. 574

22. Agroklimaticheskie resursy Pavlodarskoj oblasti: nauchno-prikladnoj spravochnik (2017) [Agroclimatic resources of Pavlodar region] / Pod red. S.S. Bajsholanova – Astana, – P. 127.

23. Sansyzbayeva A., Saipov A., Dunets A., Mussagaliyeva A., Ramazan A. (2021) Geography of natural and recreational facilities in the development of economic integration of the border areas of northern Kazakhstan and the Russian federation. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, vol. 35, no 2, pp. 499-506.
24. Azhayev G., Esimova D., Sonko S., Safarov R., Shomanova Z., Sambou A. (2020). Geoecological environmental evaluation of Pavlodar region of the Republic of Kazakhstan as a factor of perspectives for touristic activity. *Geojournal of Tourism and Geosites*, vol. 28, no 1, pp. 104-113.
25. Upravlenie predprinimatel'stva i industrial'no-innovacionnogo razvitiya Pavlodarskoj oblasti (2022) Promyshlennost' regiona [Industry of the region]. – Retrieved from: <https://www.gov.kz/memleket/entities/pavlodar-uuir/activities/6149?lang=ru>
26. Дударь Ю.А. (2000) К реконструкции уничтоженных степных экосистем [Towards the reconstruction of destroyed steppe ecosystems]. *Степной бюллетень*, no. 6, pp. 20-23.
27. Serafini V.N., Priotto J.W., Gomez M.D. (2019) Effects of agroecosystem landscape complexity on small mammals: a multi-species approach at different spatial scales. *Landscape Ecology*, vol. 34, no. 5, pp. 1117-1129.
28. Bajaru S.B., Kulavmode A.R., Manakadan R. (2019) Influence of microhabitat and landscape-scale factors on the richness and occupancy of small mammals in the northern Western Ghats: A multi-species occupancy modeling approach. *Mammalian Biology*, vol. 99, pp.88-96.
29. Dimitrakopoulos P.G., Troumbis A.Y. (2019) *Encyclopedia of Ecology*. Mytilene: University of the Aegean, vol. 1, pp. 359-365.
30. Dupal T.A., Sergazinova Z.M., Erzhanov N.T., Litvinov Y.N. (2017) Preliminary assessment of changes in the structure of small mammal communities caused by industrial pollution in the North Kazakhstan Region. *Contemporary Problems of Ecology*, vol. 10, no. 6, pp. 700-706.
31. Bang A., Deshpande S., Sumana A., Gadagkar R. (2010) Choosing an appropriate index to construct dominance hierarchies in animal societies: a comparison of three indices. *Animal Behaviour*, vol. 79, no 3, pp. 631-636.
32. Lebedeva N.V., Krivoluckij D.A., Puzachenko YU.G., D'yakonov K.N., Aleshchenko G.M., Smurov A.V., Maksimov V.N., Tikunov V.S., Ogureeva G.N., Kotova T.V. (2002) *Geografiya i monitoring bioraznoobraziya* [Geography and monitoring of biodiversity]. М.: Izdatel'stvo Nauchnogo i uchebno-metodicheskogo centra, – P. 432.
33. Zadubrovskiy P.A., Novikova E.V., Kondratyuk E.Y., Novikov E.A., Vasina A.V., Matskalo L.L. (2021) Effect of anthropogenic factors on the ability of narrow-skulled voles (*lasiodomys gregalis*) to adapt to captive conditions. *Russian Journal of Ecology*, vol. 52, no. 4, pp. 283-289.
34. Chernov Y.I. (2005) Species diversity and compensatory phenomena in communities and biotic systems. *Zool. Zh*, vol. 84, no. 10, pp. 1221-1238.
35. Chitty D. (1960) Population process in the vole and their relevance to general theory. *Canadian Journal of Zoology*, vol. 31, no. 1, pp. 99-113.
36. SHvarc S.S. (1969) *Evolucionnaya ekologiya zivotnyh* [Evolutionary ecology of animals]. Sverdlovsk: Trudy instituta ekologii rastenij i zivotnyh, vol. 65. – P. 199.
37. Карасева Е.В. (1993) Грызуны России [Rodents of Russia]. М.: Ин-т им. Северцова РАН, – P. 166.
38. Pedersen R.A. (2019) Benzo (a) pyrene metabolism in early mouse embryos. In *Culture Techniques*. De Gruyter, pp. 447-454.
39. Bashlykova, L.A., Raskosha O.V., Ermakova O.V. (2005) *Izmenenie processa razmnozheniya myshevidnyh gryzunov, obitayushchih v usloviyah radioaktivnogo zagryazneniya* [Changes in the reproduction process of mouse-like rodents living in conditions of radioactive contamination]. *Vestnik instituta biologii Komi nauchnogo centra Ural'skogo otdeleniya RAN*, vol. 9, no 95, pp. 22-24.
40. Magurran A. E. (1988) *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press, – P. 181.



5-бөлім  
**АДАМ МЕН ЖАНУАРЛАР  
ФИЗИОЛОГИЯСЫ**

---

Section 5  
**PHYSIOLOGY  
OF HUMANS AND ANIMALS**

---

Раздел 5  
**ФИЗИОЛОГИЯ  
ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

IRSTI 77.05.01, 77.05.015

<https://doi.org/10.26577/eb.2023.v97.i4.012>**S.S. Alibekova\*** , **S.A. Aliyev** , **Z.I. Aliev** Azerbaijan State Academy of Physical Culture and Sport, Azerbaijan, Baku  
\*e-mail: samira\_alibekova@mail.ru

## STUDY OF THE IMMUNE SYSTEM PARAMETERS IN WRESTLERS AT DIFFERENT STAGES OF THE TRAINING PROCESS

The objective of this study was to identify the effect of the training process on the parameters of the immune system in wrestlers at various stages of training. It was established that in the preparatory and competitive periods of the training macrocycle, under the effect of physical loads in athletes, the total content of CD3 + -, CD4 + -, CD8 + - lymphocytes decreases in the peripheral blood with the formation of a relative hyper suppressive variant of the immunodeficiency state. There is no complete normalization of the parameters of the subpopulation composition of lymphocytes in the transition period. The inclusion of an additional transitional period in the training macrocycle contributes to a more complete recovery of the studied indicators. The use of restorative agents in the transitional period of the training process not only contributes to the optimization of several immune indicators of wrestlers, but also significantly reduces the impact of the seasonal factor on those wrestlers. The biggest effect of recovery measures happens in the spring, the optimization of the immune status of moderate severity took place in the winter and summer periods of the year. It should be mentioned that in the transition period of the training cycle of a significant reduction in intense physical and mental stress in wrestlers, the correction of the immune status with the help of a complex of rehabilitation measures was effective, regardless of the season with a maximum effect in the autumn.

**Key words:** immunity, physical loads, athletes, lymphocytes, wrestlers, cellular immunity.

С.С. Әлібекова\*, С.А. Әлиев, З.И. Әлиев

Әзірбайжан Мемлекеттік дене шынықтыру академиясы, Әзірбайжан, Баку қ.  
\*e-mail: samira\_alibekova@mail.ru

### Жаттығу процесінің түрлі кезеңдеріндегі бауырлардағы иммундық жүйе параметрлерін зерттеу

Бұл зерттеудің мақсаты жаттығулардың әртүрлі кезеңдеріндегі балуандардағы иммундық жүйенің параметрлеріне жаттығу процесінің әсерін анықтау болды. Жаттығудың макроциклінің дайындық және жарыс кезеңдерінде физикалық белсенділіктің әсерінен спортшыларда салыстырмалы гиперсупрессиялық варианттың түзілуімен шеткергі қанда CD3 + -, CD4 + -, CD8 + - лимфоциттердің жалпы мөлшері төмендейтіні анықталды. Иммун тапшылығы жағдайы. Өтіп бара жатқанда. Өтпелі кезеңде лимфоциттердің субпопуляциялық құрамының параметрлерінің толық нормалануы жоқ. Оқыту макроцикліне қосымша өтпелі кезеңді енгізу зерттелген көрсеткіштердің толық қалпына келуіне ықпал етеді. Жаттығу процесінің өтпелі кезеңінде қалпына келтіретін агенттерді қолдану балуандардың бірқатар иммундық көрсеткіштерін оңтайландыруға ықпал етіп қана қоймайды, сонымен қатар оларға маусымдық фактордың әсерін айтарлықтай төмендетеді. Қалпына келтіру шараларының ең үлкен әсері көктемде орын алады, қалыпты ауырлықтағы иммундық жағдайды оңтайландыру жылдың қысқы және жазғы кезеңдерінде орын алды. Айта кету керек, жаттығу циклінің өтпелі кезеңінде балуандардағы қарқынды физикалық және психикалық стресстің айтарлықтай төмендеуі, қалпына келтіру шаралары кешенінің көмегімен иммундық жағдайды түзету маусымға қарамастан тиімді болды. Максимальды әсер күзде.

**Түйін сөздер:** иммунитет, физикалық белсенділік, спортшылар, лимфоциттер, балуандар, жасушалық иммунитет.

С.С. Алибекова\*, И.С. Алиев, С.А. Алиев

Азербайджанская Государственная Академия физической культуры и спорта, Азербайджан, г. Баку

\*e-mail: samira\_alibekova@mail.ru

### Изучение параметров иммунной системы у борцов на различных этапах тренировочного процесса

Целью настоящего исследования явилось выявление влияния тренировочного процесса на параметры иммунной системы у борцов на различных этапах подготовки. Было установлено, что в подготовительном и соревновательном периодах тренировочного макроцикла под влиянием физических нагрузок у спортсменов в периферической крови снижается абсолютное содержание CD3+ -, CD4+ -, CD8+- лимфоцитов с формированием относительного гипертуберозного варианта иммунодефицитного состояния. В переходном периоде не происходит полной нормализации показателей субпопуляционного состава лимфоцитов. Включение в тренировочный макроцикл дополнительного переходного периода способствует более полному восстановлению изучаемых показателей. Использование в переходном периоде тренировочного процесса восстановительных средств способствует не только оптимизации ряда иммунных показателей борцов, но и существенно снижает влияние на них сезонного фактора. Наибольший эффект восстановительных мероприятий имеет место весной, оптимизация иммунной статуса средней степени выраженности имела место в зимнем и летнем периодах года. Надо отметить, что в переходном периоде тренировочного цикла существенного снижения интенсивных физических и психических нагрузок у борцов, коррекция иммунного статуса при помощи комплекса восстановительных мероприятий было эффективной, независимо от сезона года с максимумом эффекта осенью.

**Ключевые слова:** иммунитет, физические нагрузки, спортсмены, лимфоциты, борцы, клеточный иммунитет.

#### Introduction

In modern life circumstances, million people are engaged with physical culture and sport and their number is growing day-by-day. Such exercises essentially reduce morbidity, increase life expectancy and the body's resistance to various kinds of adverse environmental factors. However, modern sport of the highest achievements is sometimes associated with loads on the limit of a person's physiological capabilities, and under these conditions, the incorrect organization of the training process, its insufficient individualization, the combination of sports training with intense work and study, even in the presence of compensated defects in health, can lead to the emergence of pathological conditions. To the opinion of some experts, the sickness rate of highly qualified athletes has been growing in recent years [1-6].

We are well informed regarding the important role of immunity in maintaining the constancy of the internal environment of the body, in maintaining homeostasis and, at the same time, the role of immunological mechanisms in the formation of several diseases. Immunity enables protection for the internal constancy of the body from microorganisms and other outsider cells and micromolecules, from a wide variety of genetically other substances. Considering the significant role of the immune

system in maintaining homeostasis mechanisms, it is relevant to study the immune status of athletes. Within long and intense physical loads, they may experience serious fluctuations in the parameters of immunity from the phagocytic, T- and B-cell links [4-6], which in certain cases leads to the development of secondary immune-deficiency conditions that limit physical performance [2]. Disturbances in the function of the nervous and immune systems are one of the important factors in the imbalance of neurohumoral regulation of homeostasis in general. There is a relationship between motion activity and the function of the immune system, which is controlled by the endocrine system [2; 7].

Certain data was revealed regarding the cellular and molecular mechanisms of the effect of physical loads on the immune system [8-9]. VA. Kolupaev (2009) describes the link between the immune status of athletes with the nature of the energy supply of muscle activity. Thus, when making a clarification regarding the relationship between physical activity and the function of the immune system, it is necessary to consider not only the presence of stress, but also the nature, that is, stress leads to an increase (eustress) or depression (distress) of the immune system. So, R.S. Suzdalnitsky et al. [9] determined the main phases of the immune system reaction, which consequently arise from activation, compensation (stabilization), decompensation, and

recovery stresses. A significant inhibition of most of the studied humoral, secretory, and cellular parameters of immunity is recorded in the phase of decompensation, which indicates a failure of adaptation, depletion of immunity reserves, called “stress immunodeficiencies”, which are secondary immunodeficiencies. It was found that the titers of immunoglobulins and “normal antibodies” are reduced to zero, that is, there is a functional paralysis of the immune system. This circumstance has been called “the phenomenon of disappearing antibodies and immunoglobulins”.

Currently, it is generally recognized that actual immunological reactions, the state of the T- and B-immunity systems own particular importance in against infectious protection [3; 8; 10-11].

The establishment of the research of the T- and B-systems of immunity is one of the unique accomplishments of contemporary immunology. The immune system is one of the same systems as the neurological, circulatory, excretory, etc. systems, as was previously explained. It is made up of peripheral and central lymphoid organs and tissues, which communicate with one another through lymph and blood. The lymphocyte, the main “figure” of the immune system, is a mobile genetic information carrier whose cytoplasm is organized to allow for unrestricted mobility throughout tissues and the ability to sense environmental stimuli through unique molecular structures called receptors. There are approximately  $10^{12}$  such lymphocytes that enter to a wide variety of tissues by penetrating the capillary wall, migrating between endothelial cells. Lymphocytes constantly circulate through the lymphoid organs from the blood to the lymph, such recirculation is their most important property, since it is the recirculating lymphocytes that encounter microorganisms and other foreign cells and particles [12-14].

The condition of the T-system determines the body's capacity for adaptation. Deficits in the T-system are the cause of several illnesses. A component of the immunological monitoring system is the measurement of T-lymphocyte counts and subpopulations' functional activity.

B-lymphocytes are the precursors of antibody-producing cells. All immunoglobulin molecules that are synthesized by one antibody-producing cell belong to the same class. When the antigen reacts with B-lymphocytes bearing specific receptors, with the participation of macrophages and T-lymphocytes, a clone of cells arises due to proliferation and differentiation (clonal selection theory of antibody formation). It is worth to mention that immunoblots

and large lymphocytes also contribute to the formation of antibodies [4; 12].

As we have already talked regarding this issue, the main functions of the immune system are resistance to infection, removal of old damaged, genetically foreign cells, and prevention of tumor growth. Immunological reactivity is one of the most important mechanisms to ensure homeostasis, both structural and functional unity of the body. Not only the T-immunity system, but also the B-system and humoral immune play a very essential role to ensure relevant immunity to infection and cancerous neoplasms [6; 9].

The differentiation of B-cells takes place directly in the bone marrow, where B-cell precursors mature into pre-B-cells, which are able to synthesize IgM but lack the appropriate receptors on the cell membrane. The emergence of such receptors marks the formation of bone marrow B-lymphocytes in peripheral blood, lymphoid organs, and tissues. In addition to receptors related to immunoglobulins M, G, A, mature B-lymphocytes carry IgD on their surface. B-lymphocytes differentiate into plasma cells, like a factory of immunoglobulin antibodies that provide their synthesis. According to some investigators, B-lymphocytes are divided into subpopulations (subpopulation of B-suppressors) like T-lymphocytes [5; 7-8; 14-15].

Correspondingly, the humoral immune system is represented by B lymphocytes and plasma cells. Upon exposure to antigen, the secretion of specific immunoglobulin antibodies increases. The 5 types (types) of immunoglobulins that have been identified – M, G, A, E, D – have not only structural characteristics but also different clinical significance, which sports physicians should know. As we said, IgA plays a certain role in the local immune state. IgG makes up the majority of immunoglobulins in the blood (about 70 to 75%), with a length less than 1% that of IgD, while IgM makes up about 10%. The production of antibodies to the tissues of real organism – antibody outage is an important index of the function of the B-system of immunity. The disturbance of the state of immunological tolerance, the function of T-lymphocytes-suppressors, associated with increased activity of T-lymphocytes-helpers facilitate the formation of antibodies, therefore, it is appropriate to consider materials on the presence of the role of out antibodies in athletes [2; 16].

The regular growth of sports achievements requires the implementation of training loads of increasing volume and intensity, which makes it more difficult to individualize the training process.



This may become excessive and contribute to the emergence of various diseases while achieving maximum sports results.

Due to the important role of the immune system in maintaining homeostasis, studying the immune status of athletes is essential. Under prolonged and intense physical loads, they may be exposed to severe fluctuations in the immunological parameters of the phagocytic connection of T and B cells, leading in some cases to development of a secondary immunodeficiency state that limits physical activity. As we have already mentioned, moderate loads contribute to the stimulation and normalization of the immune response and reduce the incidence of diseases, while large loads and an unreasonable build-up of training can be disruptive, immune disorders and increased disease incidence. Increasing expertise, level, and duration of training cycles – all these factors influence immune performance.

Therefore, the study of dynamics, changes in the athlete's immune state depending on the duration and intensity of exertion and the development of the classification of stages or "phases" of the condition athlete's stress, immunocompromised state. When studying the causes of immunodeficiency related to sports stress, much attention is paid to the study of metabolic processes.

High levels of metabolism in the context of physical exertion lead to stress on the immune system during the removal of large amounts of breakdown products resulting from redox reactions. The intensification of metabolism in the most immunocompetent cells themselves leads to disruption of the formation and accelerated disintegration of directly immune structures, which contributes to dysregulation of the immune system [2-3]. At the same time, it should be remembered that there are certain genetic determinants that detect the individual threshold level of physical loads for the body of an athlete; the excess of this threshold leads to metabolic and immune disruptions. Another way to say it is that "sports activity serves as the background against which immunity failure is revealed, which is largely associated with a genetic or acquired decrease in stress resistance" [2].

**The objective of the study.** To investigate the specific features of immune system changes in wrestlers during various periods of training process.

### Materials and methods

We examined 40 wrestlers aged 18-22 over three years. For studying the effect of anaerobic and aerobic physical activity on the body of wrestlers, we

selected athletes who use exercises of the appropriate direction in their training. The interpretation of the indicators was carried out considering the seasonal conditions of natural light [10-13; 15-16]. In the annual cycle, depending on the nature of changes in the length of the day, 4 qualitatively unique periods of different duration were distinguished. The first period (December-January) with the minimum length of the day is characterized by small values of their daily changes. The second period (February-March) is characterized by a progressive increase in the photoperiod. The third period (April-June) is characterized by an increase in the length of the day. The fourth period (October-November) is characterized by a decrease in the length of the day. The conducted studies covered 4 seasons, excluding the period from July to September, which was due to the training of athletes outside the city (the city of Gusar, the Olympic base of "Shahdag").

During the experiment, the leukocyte blood formula, and characteristics of the functional state of leukocyte subpopulations (phagocytic activity, activity of neutrophils and monocytes, the level of T- and B-lymphocytes) were determined in wrestlers. The methodology for studying the functional state of blood leukocytes is described in detail in the works of L.Ya. Ebert et al. (1993) and V.V. Rybakov et al. (1995).

To carry out the tasks set in the study, we used hematological methods, in order to determine the content of lymphocytes in peripheral blood, and their quantitative and qualitative characteristics. For proper arrangement of the study, the athletes were also divided into 4 periods in training macrocycle: first, pre-competition (preparatory) period, duration – 3 months, with the frequency of training 3 times a week for 2 hours each; second – competitive period, 2-3 days, with the number of sparring 2-6 for the entire duration of the competition; third – transitional period, transitional, lasting 10 days with light training 2 times a week; fourth – additional transitional period, with light training 2 times a week. 8 practically healthy, but not trained men of 18-22 age constituted the control group. The study was carried out while complying with all provisions of bioethics. Blood sampling for the study was carried out at the beginning and at the end of each period (in the first hour after exercise). Lymphocytes were isolated on a ficoll-verogaphine density gradient according to a modified Boyum method [17-18; 19-21]. Determination of the number of total T-lymphocytes, T-helpers (inducers, cytotoxic T-suppressors, natural killers and B-lymphocytes) was carried out by the method of indirect immune

fluorescence using monoclonal antibodies, respectively CD3, CD4, CD8, produced by the research and production center “Medbio-spectrum” (Moscow, RF) Determination of interleukins (IL-2, IL-10), gamma interferon (IFN) was carried out in lymphocyte supernatants using commercial ELISA kits (Medgenix Diagnostics, Belgium). Tumor necrosis factor (TNF) activity in lymphocyte supernatants was determined by a modified Ruff b Gilford method. The cytotoxicity index (CI) was calculated by the formula:

$$IC = \frac{(D_{pract} - D_{control}) \cdot 100}{D_{max}}$$

where  $D_{\text{maximum}}$  – optical density at the maximum lysis of human erythrocytes at a concentration of 4 million/ml.

The derived digital material was processed by generally accepted methods of mathematical statistics, using the dispersion method and correlation analysis.

## Results and discussion

The content and quantity of the main subpopulations of peripheral blood leukocytes in wrestlers in different periods of the annual cycle are provided in Table 1.

**Table 1** – Influence of training sessions on the number and content of peripheral blood leukocytes in wrestlers ( $M \pm m$ ,  $n=40$ )

Indicators	Study periods				p
	I	II	III	IV	
Quantity, Leukocytes, $\times 10^9/l$	5,95 $\pm$ 0,22	5,02 $\pm$ 0,14	4,49 $\pm$ 0,16	6,10 $\pm$ 0,40	<0,001
Content, NF, %	44,25 $\pm$ 2,11	42,37 $\pm$ 1,46	39,84 $\pm$ 1,71	45,46 $\pm$ 2,8	<0,01
Quantity, NF, $\times 10^9/l$	2,63 $\pm$ 0,16	2,11 $\pm$ 0,10	1,91 $\pm$ 0,11	2,90 $\pm$ 0,20	<0,001
Content, MN, %	6,07 $\pm$ 0,50	5,73 $\pm$ 0,44	6,84 $\pm$ 0,58	6,70 $\pm$ 0,50	<0,05
Quantity, MN, $\times 10^9/l$	0,36 $\pm$ 0,05	0,28 $\pm$ 0,025	0,32 $\pm$ 0,03	0,43 $\pm$ 0,4	<0,05
Content, LF, %	45,66 $\pm$ 2,67	48,67 $\pm$ 1,54	48,94 $\pm$ 1,65	44,70 $\pm$ 2,9	<0,01
Quantity, LF, $\times 10^9/l$	2,72 $\pm$ 0,23	2,35 $\pm$ 0,90	2,31 $\pm$ 0,90	2,92 $\pm$ 0,28	<0,05

Note: p – reliability of differences between groups in the corresponding period

As it is seen from Table 1, the general variation trend in the number of neutrophils in wrestlers was to reduce the level of circulating cells in the spring-summer period and increase the number in the autumn-winter period. Against this background, the observed differences in the dynamics of the level of neutrophils in wrestlers could be associated with the different nature of the neuroendocrine regulation of the functional state of athletes due to the different dynamics of the intensity of their sports training. At the same time, more pronounced changes in the average level of neutrophils in wrestlers could be associated with the phenomenon of cross-adaptation of thermoregulation mechanisms during regular physical exertion, reflecting a higher level of their resistance in athletes whose physical activity is carried out in a natural environment. The absence of differences in the dynamics of the level of monocytes in wrestlers suggests that the main reason for the observed changes was the known hormonal changes in the body, initiated by seasonal fluctuations in environmental conditions [21-22; 25].

Reciprocal variations in the level of lymphocytes in the wrestlers in the 3rd and 4th periods were probably due to the influence of the mechanisms of neuroendocrine regulation of the functional state of the body during the use of anaerobic and aerobic physical loads. Consequently, it can be assumed that the nature of physical activity can have a modifying effect on the seasonal rhythm of the level of lymphocytes. The dynamics of indicators of the functional state of blood leukocytes in athletes in different periods of the year are presented in Table 2.

As it is obvious from the table, during the first half of the year, the dynamics and the level of the absolute index of neutrophil phagocytosis (AINP) in wrestlers were significantly high ( $p < 0.01$ ). During the studies conducted in the second half of the year, the differences between the periods were not significant. It can be assumed that, during the period of increasing day length, the mechanisms of neuroendocrine regulation of the functional state of the body in the modes of anaerobic and aerobic loads

had a modifying effect on the level of phagocytic activity of neutrophils.

The main difference between the dynamics of the absolute indicator of monocyte phagocytosis (AILNA) in athletes is the shift of the extremes of this indicator in the annual cycle. In wrestlers, a maximum was observed during the period of a regressive decrease in the length of the day and a period of its minimum values (4th and 1st, respectively) a minimum with a regressive increase in the length of the day (4th period) [20-22; 24].

The specifics of the neuroendocrine regulation of the functional state when using physical activity of anaerobic and aerobic orientation had a significant impact on the nature of changes in the abso-

lute index of lysosomal neutrophil activity (AILNA) during the most intensive increase in day length (1-3 period). During the period of day length decrease, the nature of motor activity, as well as in relation to the absorption function of neutrophils, did not significantly affect the seasonal dynamics of the lysosomal activity of these cells. The dynamics of the absolute index of lysosomal activity of myocytes (AILNA) did not depend on the specifics of the motor activity of athletes and was characterized by a significant decrease in the level in the spring-summer period and its increase in the autumn-winter period. At the same time, in the spring period, the level of this indicator among wrestlers was significantly lower ( $p < 0.001$ ).

**Table 2** – Dynamics of changes in indicators of the cellular link of immunity (g/l) in wrestlers at various stages of the training process (M±m)

Indicator	Control group	Beginning of the period	End of the period
Preparatory period			
Leukocytes, $10^9/l$	6,30±0,04	6,70±0,80	6,90±0,30*
Lymphocytes, $10^9/l$	1,55±0,07	1,68±0,08	1,60±0,70
Monocytes, $10^9/l$	0,32±0,08	0,20±0,10	0,18±0,20*
Neutrophils, $10^9/l$	2,90±0,02	3,2±0,25	4,05±0,20*
CD3, $10^9/l$	0,85±0,07	0,90±0,04***	1,18±,03***
CD4, $10^9/l$	0,56±0,04	0,64±0,03***	0,73±0,02***
CD8, $10^9/l$	0,42±0,02	23,9±0,8*	0,35±0,01***
Competition period			
Leukocytes, $10^9/l$	5,65±0,30	5,60±0,0*	5,20±0,25
Lymphocytes, $10^9/l$	1,75±0,04	1,70±0,03*	1,60±0,03
Monocytes, $10^9/l$	0,075±0,05	0,04±0,05*	0,09±0,05
Neutrophils, $10^9/l$	4,80±0,20	3,60±0,3*	4,90±0,20
CD3, $10^9/l$	0,53±0,07	0,88±0,03***	0,95±0,03***
CD4, $10^9/l$	0,46±0,04	0,53±0,02***	0,75±0,20***
CD8, $10^9/l$	0,43±0,02	0,25±0,01**	0,32±0,01***
Transitional period			
Leukocytes, $10^9/l$	6,0±0,30	5,62±0,30	5,90±0,30
Lymphocytes, $10^9/l$	1,35±0,007	1,20±0,06	1,40±0,05
Monocytes, $10^9/l$	0,18±0,08	0,15±0,07	0,16±0,07
Neutrophils, $10^9/l$	3,30±0,20	3,20±0,20	3,0±0,03
CD3, $10^9/l$	0,63±0,07	0,72±0,03***	0,88±0,03***
CD4, $10^9/l$	0,60±0,04	0,55±0,02***	0,70±0,018***
CD8, $10^9/l$	0,45±0,02	0,38±0,01**	0,52±0,01***

Note: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$

Changes in the number of HCT (Hematocrit)-positive neutrophils in wrestlers, the average level of this indicator increased in the autumn-winter period and decreased in the spring-summer period. In wrestlers, the number of HCT-active monocytes significantly changed only during the period of the minimum day length.

The specific characteristics of the change in the level of T-lymphocytes was a significant decrease in this indicator in wrestlers during the period of a stable decrease in the length of the day (4th period). At the same time, in wrestlers, a decrease in the number of T-lymphocytes was due to a decrease in the level of circulating lymphocytes. Significant fluctuations in the level of B-lymphocytes in wrestlers were recorded during the period of shortening of the day. During the period of increasing day length, the level of these cells remained stable.

The carried-out correlation analysis enabled to identify direct links between the amount of physical activity used and indicators of the functional state of blood phagocytosis in athletes. Simultaneously, an inverse relationship was observed between the level of the latter and the parameters of daily illumination. The presence of reciprocal influences from physical activity and seasonal environmental conditions on the state of blood leukocytes, in our opinion, is essential for the rational organization of the training process of anaerobic and aerobic orientation in various sports.

The analysis of the obtained results of the subpopulation composition of peripheral blood lymphocytes of wrestlers in the preliminary and preparatory periods is provided in Table 2.

It was determined that at the beginning of the preparatory period, the absolute content of CD3+ lymphocytes were 1.45 times lower than in the control group ( $p < 0.001$ ). Analysis of the subpopulation composition of T-lymphocytes made it possible to highlight the presence of an imbalance in the system of CD4+ – and CD8+ – cells, which corresponded to the relative hypersuppressive variant of secondary immunodeficiency. At the beginning of the preparatory period of the training process, there is a decrease in the number of CD3+ – B-cell lymphocytes and an increase in imbalance in the CD4/CD8 system.

The study of the population composition of lymphocytes of the peripheral composition of wrestlers in the competitive period is presented in Table 2. Indicators of CD3+ -, CD4+ -, CD8+ – lymphocytes at the beginning of the competitive period did not deviate significantly from those at the end of the preparatory period. Re-examination of the immune status at the end of the competitive period allowed

us to note that physical activity had a negative effect on the population composition of peripheral blood lymphocytes.

Table 2 provides the results of the study of the population composition of blood lymphocytes of athletes in the transition period. At the beginning of the transition period, the number of CD3+ – lymphocytes increased by 1.35 times compared to the figure at the end of the competitive period ( $p < 0.05$ ), however, remained lower than the figure in the control group by 2.0 times ( $p < 0.001$ ), which indicated the persistence of T-lymphopenia. The relative content of these cells at the beginning of the transition period fluctuated within the limits of the values of the control group. At the end of the transition period, the absolute content of CD3+ – lymphocytes was 1.25 times higher than their initial level at the beginning of the period ( $p < 0.05$ ) and 1.65 times lower than in the control group ( $p < 0.001$ ), which also indicated on the preservation of T-lymphopenia (table 2).

At the end of the macrocycle, all athletes were granted with an additional transitional period of 10 days, at the end of which their immune status was studied (Table 4). It was established that the prolongation of the transition period had a positive effect on the population composition of the peripheral blood lymphocytes of wrestlers. This was expressed in higher absolute numbers of T-, B-lymphocytes and natural killers and in a less pronounced imbalance of the main immunoregulatory subpopulations of T-lymphocytes. The registered absolute numbers of the studied populations of lymphocytes in athletes were significantly higher than those at the beginning of the preparatory period (for CD3+ and CD4+ cells – 1.20 times, for CD8+ – lymphocytes), and higher than those at the end of the transition period (for CD3+ – lymphocytes in 1.30 times, for CD4+ cells 1.40 times, for CD8+ lymphocytes 1.20 times). The CD4/CD8 immunoregulation index at the end of the additional transition period was almost the same as at the beginning of the preparatory period and was 1.2 times higher than at the end of the transition period ( $p < 0.01$ ). At the same time, an increase in the duration of the transition period did not lead to a complete normalization of all indicators of the population composition of athletes' blood lymphocytes, the changes of which occurred under the influence of physical activity during the preparatory and competitive periods of the training macrocycle [23-25].

Results of the study of the secretory and cytotoxic activity of peripheral blood lymphocytes of wrestlers during the training macrocycle are presented in Tables 3 and 4.

It has been established that under the influence of physical activity, the functional activity of peripheral blood lymphocytes of athletes decreases, which is expressed in a decrease in the spontaneous

secretion of IL(Interleukin)-2, IL(Interleukin)-6, IL-10, TNF (Tumor necrosis factor)- $\alpha$ , TNF (Tumor necrosis factor)- $\beta$  and gamma ( $\gamma$ )-IFN (Interferon).

**Table 3** – Effect of training sessions on cytotoxic and secretory activity of peripheral blood lymphocytes of wrestlers in precompetitive and competitive periods (M $\pm$ m)

Indicator	Study groups Control group	Periods	
		Pre-competition	Competition
IL-2, ng/ml	10,80 $\pm$ 0,5	8,50 $\pm$ 0,30**	4,85 $\pm$ 0,15***
IL-6, ng/ml	1,95 $\pm$ 0,4	1,46 $\pm$ 0,06**	0,85 $\pm$ 0,04***
IL-10, ng/ml	1,65 $\pm$ 0,05	1,37 $\pm$ 0,06*	0,55 $\pm$ 0,03***
TNF- $\alpha$ , ng/ml	3,90 $\pm$ 0,15	3,35 $\pm$ 0,12*	1,76 $\pm$ 0,07***
gamma ( $\gamma$ )-IFN, ng/ml	3,37 $\pm$ 0,14	2,92 $\pm$ 0,10*	1,50 $\pm$ 0,06***
TNF- $\beta$ , ng/ml	7,97 $\pm$ 0,8	6,95 $\pm$ 0,25*	3,50 $\pm$ 0,15***
ИЦ, %	35,8 $\pm$ 1,6	29,9 $\pm$ 1,07**	21,1 $\pm$ 0,67***

Note: \* – p<0,05; \*\* – p<0,01; \*\*\* – p<0,001

**Table 4** – Secretory and cytotoxic activity of peripheral blood lymphocytes of wrestlers in the transition and additional transition periods (M $\pm$ m)

Indicator	Study groups Control group	End of the period	
		Transitional	Additional transitional
IL-2, ng/ml	10,80 $\pm$ 0,5	7,45 $\pm$ 0,25***	10,15 $\pm$ 0,35
IL-6, ng/ml	1,95 $\pm$ 0,1	1,75 $\pm$ 0,07*	1,88 $\pm$ 0,08
IL-10, ng/ml	1,65 $\pm$ 0,05	1,32 $\pm$ 0,05***	1,60 $\pm$ 0,06
TNF- $\alpha$ , ng/ml	3,80 $\pm$ 0,15	3,15 $\pm$ 0,12***	3,78 $\pm$ 0,15
gamma ( $\gamma$ )-IFN, ng/ml	3,37 $\pm$ 0,12	2,50 $\pm$ 0,08***	3,25 $\pm$ 0,12
TNF- $\beta$ , ng/ml	7,97 $\pm$ 0,4	6,15 $\pm$ 0,23***	7,95 $\pm$ 0,28
ИЦ, %	35,80 $\pm$ 1,6	27,8 $\pm$ 1,0***	33,9 $\pm$ 1,14

Note: \* – p<0,05; \*\* – p<0,01; \*\*\* – p<0,001

Variations in the secretory and cytotoxic activity of lymphocytes depend on the intensity of physical activity: they are moderate in the preparatory period, the largest in the competitive period, and start declining in the transitional period of the training macrocycle. The inclusion of an additional transitional period in the training process contributes to the complete normalization of the functional activity of lymphocytes.

The indicators of the immune system can go beyond the physiological boundaries and be pathological under the influence of highly physical and psycho-emotional stress, causing an increase in

morbidity and a decrease in sports performance. For the rime being it is known that the suppression of individual manifestations of immune defense often does not affect the final resistance of the organism. When reviewing immune disorders in athletes, it is often necessary to consider the role of the processes of fatigue, overwork, overstrain and overtraining. The data obtained are of great practical importance and are consistent with the study of other researchers, who also revealed significant immune changes in both wrestling athletes and athletes involved in middle-distance running and other sports [24-26].

## Conclusion

Thus, it was determined that in the preparatory and competitive periods of the training macrocycle under the influence of physical activity in athletes involved in freestyle wrestling, the absolute content of CD3+ -, CD4+ -, CD8+ – lymphocytes in the peripheral blood decreases with the formation of a relative hypersuppressive variant of the immune-deficient state. Immune disruptions are assessed as moderate in the preparatory period and as the greatest in the competition. In the transitional period, there is no complete normalization of the indicators of the subpopulation composition of lymphocytes. The inclusion of an additional transitional period in the training macrocycle contributes to a more complete recovery of the studied indicators. Under the influence of physical activity, the functional activity of peripheral blood lymphocytes of athletes decreases, which is expressed by a decrease in the spontaneous secretion of IL-2, IL-6, IL-10, TNF- $\alpha$ , TNF- $\beta$  and gamma ( $\gamma$ )-IFN, as well as a decrease in cytotoxic activity CD16+ – cells. Variations in the secretory and cytotoxic activity of lymphocytes depend on the intensity of physical activity: they are moderate in the preparatory period, the largest in the competitive period, and tend to be declining in the transitional period of the training macrocycle. The inclusion of an ad-

ditional transitional period in the training macrocycle contributes to the complete normalization of the functional activity of lymphocytes. A thorough immunological examination of the activity of the lymphocyte population of warriors helps to assess the individual's physical activity threshold, the excess of which leads to metabolic and immune disorders. The use of recovery agents in the transition period of training not only contributes to the optimization of some immune indicators of wrestlers, but also significantly reduces the influence of seasonal factors on them. The greatest effect of restorative measures occurs in the spring, optimization of the immune condition of moderate severity occurs in the winter and summer of the year. It should also be emphasized that during the transition phase of the training cycle, the intensity of physical and mental stress in wrestlers is significantly reduced, the regulation of the immune state using a variety of measures recovery worked, no matter the situation. Maximum effectiveness is in the fall. Data collected, processed and extracted during the study will be used to incorporate training sessions into the training process to minimize loss of training time due to reduced wrestler rates. In addition, the results obtained will be useful for the development of non-pharmacological methods to correct cellular immune disorders in athletes participating in spring and winter wrestling.

## References

1. Дычко Е.А. Влияние физической нагрузки на содержание и функциональную активность лимфоцитов периферической крови дзюдоистов в течение тренировочного макроцикла / Е.А. Дычко, В.В. Флегантова, В.В. Дычко // научно-практический журнал "Лечебная физкультура и спортивная медицина", 2012, № (106). – с.23 – 29.
2. Гаврилова, Е.А. Стрессовый иммунодефицит у спортсменов. М., 2009. – 192 с.
3. Измайлова, Т.Д. Показатели клеточного иммунитета и митохондриальной активности различных популяций лимфоцитов у юных спортсменов на базовом этапе тренировочного процесса. – 2012. – № 12 (108), – с.15-22.
4. Ляпин В.П. Состояние клеточного иммунитета у борцов различных квалификационных категорий в течение тренировочного цикла / В.П. Ляпин // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2003. – № 14. – с.77-81.
5. Стернин Ю.И. Особенности регуляции иммунной системы при высокой физической нагрузке. / Ю.А. Стернин, Л.П. Сизякина // Актуальные вопросы терапии. – 2007. – № 4. – с.31-34.
6. Таймазов В.А. Спорт и иммунитет / В.А. Таймазов, В.Н. Цыган, Е.Г. Мокеева. – Санкт-Петербург: Олимп. Санкт-Петербург, 2003, – 200 с.
7. Шепард Р.Дж. Развитие дисциплины физической иммунологии. // *Exerc. Immunol. Rev.* 2010. – 16. – с.194-222.
8. Ниман Д.С. Современный взгляд на иммунологию при физической нагрузке / Д.С. Ниман // Актуальные отчеты спортивной медицины, 2010. N2. – с.239-249.
9. Суздальницкий Р.С., Левандо В.А. Новые подходы к пониманию спортивных стрессовых иммунодефицитов // Теория и практика физической культуры. – 2003. – №1, – с.18-22.
10. Хайдуков С.В., Зурочка А.В., Черешнев В.А. Основные и малые популяции лимфоцитов периферической крови человека и их нормативные значения (метод многоцветного цитометрического анализа) // Медицинская иммунология. – 2009. – Том 11. – № 2-3. – с.227-238.
11. Ясько, Г.В. Влияние силовых тренировок на иммунный статус спортсменов-бодибилдеров / Г.В. Ясько, В.В. Флегантова // Клиническая патология и патологическая физиология. – 2012. – Том 7. № 1. – с.328-350.

12. Глисон, М. Физические упражнения, стресс и иммунитет слизистой оболочки у элитных пловцов / М. Глисон, У.А. Макдональд, Ф.У. и др. // Достижения экспериментальной медицинской биологии. – 2002. – N37(A). –с.571-574.
13. Стерлинг Ю.И., Кнорринг Г. Ю., Сизякина Л.П. Особенности регуляции иммунной системы при высоких физических нагрузках // Цитокины и восстановление. – 2013. – Т.6. – № 2. – с.29-41.
14. Уэст, Н.П. Влияние физических упражнений на врожденный иммунитет слизистых оболочек / Н.П. Уэст, Д.Б. Пайн, Дж.М. Кид // *Br.J. Sports.Med.* – 2008. – N5. – с.22-28
15. Мусин, Z.Kh., Латуков, С.В. Иммунная система человека и физические нагрузки // *Медицинская иммунология.* – 2007. – Том 9. – № 1. – с.35-38.
16. Осадчая О.И. Иммунный статус спортсменов при физических нагрузках / О.И. Осадчая, М.М. Левон, П.С. Назар // *Научный журнал по олимпийским видам спорта.* № 4, 2013. – с.74-88.
17. Алибекова С.С. К изучению взаимосвязи между иммунными и липидными показателями у спортсменов. // *Научные труды V Конгресса физиков СНГ. Сочи-Дагомыс, Россия, 4-8 октября, Специальный выпуск, т.1.* 2016, стр.188.
18. Алибекова С.С., Алиев С.А. Влияние тренировочных нагрузок на некоторые показатели иммунитета и липидный спектр крови у борцов. // *Материалы XXIII конгресса Физиологического общества им. И.П. Павлова.* (18-22 сентября 2017 г. Город Воронеж. 2017. стр. 240-242.
19. Алибекова С.С. Влияние интенсивных физических нагрузок на уровень перекисных липидов, липидный профиль и функциональное состояние иммунной системы крови у борцов. // *Материалы 10-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. Омск-2020.* -с.74-79.
20. Алибекова С.С. Изучение влияния физической нагрузки различной интенсивности на показатели антиоксидантной защиты организма спортсменов, занимающихся вольной борьбой // «*Научный альманах*», Тамбов-2020. – № 8 -1 (70), биологические науки, с. 106 – 112.
21. Игл, Р.А., Beyond Stressed Self: доказательства экспрессии лиганда NKG2D в здоровых клетках / Р.А. Игл, И. Джафферджи, А.Д. Барроу // *Curr Immunol Rev.* -2009. -Том 5.-№1.-с. 22-34.
22. Хайнт, Х. Гриндхайт. Стресс / Х.Хайнт // *Биол. Мед.* – 2007. – 510 с.
23. Йонссон А. Х. Лицензирование толерантности естественных клеток-киллеров и другие механизмы / А. Х. Йонссон, У.М. Екояма // *Adv Immunol.* – 2009. – Том 101. – с. 27-79.
24. Веларди, А. Роль KIRs и лигандов KIR в гемопоэтической трансплантации // *Курр Опин иммунол.* – 2008.- Том 20. – №5. – с.581-587.
25. Уолш Н.П., Глисон М., Шепард Р.Дж. и др. Изложение позиции, часть первая: Иммунная функция и физические упражнения. // *Ехерс. Иммунол. Редакция 2011.* – 17. – с.6-63
26. Уайт, Т. Антитела к CD1d усиливают экспрессию инвариантного NKT TCR в тимусе и увеличивают присутствие инвариантных NKT клеток NOD в тимусе. / Т.Уайт, В.Чаухан, А.Миддлбрук, J.Im , Д.Делука // *Разработка иммунол.* -2008.

## References

1. Alibekova S.S. To the study of the relationship between immune and lipid parameters in athletes. // *Scientific Works of V Congress of Physicists of the CIS. Sochi-Dagomys, Russia, October 4-8, Special Issue, V.1.* 2016, p.188.
2. Alibekova S.S., Aliyev S.A. The effect of training loads on some immune parameters and blood lipid spectrum in wrestlers. // *Proceedings of the XXIII Congress of Physiological Society named after I.P. Pavlov.* (September 18-22, 2017. Voronezh city. 2017. pp. 240-242.
3. Alibekova S.S. Influence of intense physical loads on the level of peroxidized lipids, lipid profile and functional state of the blood immune system in wrestlers. // *Proceedings of the 10th International Scientific Conference of Students and Young Scientists. Omsk-2020.*-pp.74-79.
4. Alibekova S.S. Studying the effect of physical activity of different intensity on the indicators of antioxidant protection of the body of athletes involved in freestyle wrestling // “*Scientific Almanac*”, Tambov-2020. – No. 8 -1 (70), biological sciences, pp. 106 – 112.
5. Dychko, E.A. The influence of physical activity on the content and functional activity of peripheral blood lymphocytes of judo wrestlers during the training macrocycle / E.A. Dychko, V.V. Flegantova, V.V. Dychko // *scientific and practical journal “Physiotherapy exercises and sports medicine”,* 2012, No. (106). – p.23 – 29.
6. Eagle, R.A., Beyond Stressed Self: Evidence for NKG2D Ligand Expression on Healthy Cells / R.A. Eagle, I.Jafferji, A.D. Barrow // *Curr Immunol Rev.* -2009.-Vol.5.-No1.-p. 22-34.
7. Gavrilova, E.A. Stress immunodeficiency in athletes. *M.*, 2009. – 192 p.
8. Gleeson, M. Exercise, stress and mucosal immunity in elite swimmers / M. Gleeson, W.A. McDonald, F.W. et al. // *Advances in Experimental Medical Biology.* – 2002. – N37 (A). –p.571-574.
9. Heint, H. Greendheit. Stress / H/Heint // *Biol. Med.* – 2007. – 510p.
10. Izmailova, T.D. Indicators of cellular immunity and mitochondrial activity of various populations of lymphocytes in young athletes at the basic stage of the training process. – 2012. – No. 12 (108), – p.15-22.
11. Jonsson A. H., Natural killer cell tolerance licensing and other mechanisms / A. H. Jonsson, W.M. Yokoyama // *Adv Immunol.* – 2009.- Vol. 101. – p. 27-79.
12. Khaidukov, S.V., Zurochka, A.V. Chereshev, V.A. The main and small populations of human peripheral blood lymphocytes and their normative values (method of multicolor cytometric analysis) // *Medical Immunology.* – 2009. – Vol.11. – No. 2-3. – p.227-238.

13. Lyapin, V.P. The state of cellular immunity in wrestlers of different qualification categories during the training cycle // *Pedagogy, psychology and biomedical problems of physical education and sports.* – 2003. – No. 14. – p.77-81.
14. Musin, Z.Kh., Latukov, S.V. Human immune system and physical loads // *Medical Immunology.* – 2007. – Vol.9 – No. 1. – p.35-38.
15. Nieman, D.C. Current perspective on exercise immunology / D.C.Nieman // *Current sports Medical Reports,* 2010. N2. – p.239-249.
16. Osadchaya, O.I. Immune status of athletes during physical loads / O.I. Osadchaya, M.M. Levon, P.S. Nazar // *Journal of Science in Olympic Sports.* No. 4, 2013. – p.74-88.
17. Shephard R.J. Development of the discipline of exercise immunology. // *Exerc. Immunol. Rev.* 2010. – 16. – p.194-222.
18. Sterling, Yu.I., Knorring, G. Yu., Sizyakina, L.P. Features of the regulation of the immune system during high physical loads // *Cytoclins and recovery.* – 2013. – V.6. – No. 2. – p.29-41.
19. Sternin, Yu.I. Features of the regulation of the immune system during high physical activity. / Yu.A. Sternin, L.P. Sizyakina // *Topical issues of therapy.* – 2007. – No. 4. – p.31-34.
20. Suzdalnitsky, R.S., Levando, V.A. New approaches to understanding sports stress immunodeficiencies // *Theory and practice of physical culture.* – 2003. – No.1, – p.18-22.
21. Taymazov, V.A. Sport and immunity / V.A. Taymazov, V.N. Tsygan, E.G. Mokeeva. – St. Petersburg: Olympus. St. Petersburg, 2003, – 200 p.
22. Velardi, A. Role of KIRs and KIR ligands in hematopoietic transplantation // *Curr Opin Immunol.* – 2008.- Vol. 20. – №5. – p.581-587.
23. Walsh, N.P., Gleeson, M., Shephard R.J. et al. Position statement part one: Immune function and exercise. // *Exerc. Immunol. Rev.* 2011. – 17. – p.6-63
24. West, N.P. The effect of exercise on innate mucosal immunity / N.P. West, D.B. Pyne, J.M. Kyd // *Br.J. Sports. Med.* – 2008. – N5. – p.22-28
25. White, T. Antibodies to CD1d enhance thymic expression of invariant NKT TCR and increase the presence of NOD thymic invariant NKT cells. / T.White, V.Chauhan, A.Middlebrook, J.Im, D.Deluca // *Dev Comp Immunol.* -2008.
26. Yasko G.V. Influence of strength training on the immune status of bodybuilding athletes / G.V. Yasko, V.V. Flegontova // *Clinical pathology and pathological physiology.* – 2012. – Vol.7. No. 1. – p.328-350.



S.N. Abdreshov<sup>1,2\*</sup>, A.N. Yeshmukhanbet<sup>2</sup>, M.A. Yessenova<sup>2</sup>,  
G.A. Demchenko<sup>1</sup>, V.N. Gorchakov<sup>3</sup>, G.K. Atanbaeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Genetics and Physiology SC MSHE RK, Kazakhstan, Almaty

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

<sup>3</sup>Research Institute of clinical and experimental Lymphology – branch of Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Russia, Novosibirsk

\*e-mail: SNABDRESHOV@mail.ru

## BLOOD CIRCULATION IN LARGE VESSELS AND IN THE ABDOMINAL ORGANS DURING THE EXPERIMENT

The purpose of this study was to study the blood circulation in large blood vessels and in the abdominal organs during inflammation of the abdominal cavity. Using the method of rheograph and laser ultrasonic dopplerography, the blood flow velocity in the abdominal aorta and inferior vena cava was studied. The circulatory system maintains the stability of the body in violation of internal organs and tissues. In large blood vessels and organs of the abdominal cavity, inflammation leads to disruption of blood supply in the microvasculature of the vessel. The rate of blood flow in the main vessel in acute inflammation of the abdominal cavity decreased compared to the control group. The resistance index in the main vessel RI decreased by 38.3%, which is associated with an increase in the diameter of the main vessel. With inflammation of the abdominal cavity, an increase in the velocity of blood flow in the portal vein and abdominal aorta was recorded. As a result of a decrease in the tone of blood vessels after a violation of liver function, the blood supply to the abdominal cavity decreased. The decrease in the functional properties of arteries and veins led to a decrease in blood flow in the abdominal cavity, which, in turn, manifests itself as a result of the preservation of microcirculatory disorders.

**Key words:** hemodynamics, abdominal cavity, blood circulation, blood vessels, blood flow, inflammation.

С.Н. Абдрешов<sup>1,2\*</sup>, А.Н. Ешмуханбет<sup>2</sup>, М.А. Есенова<sup>2</sup>,  
Г.А. Демченко<sup>1</sup>, В.Н. Горчаков<sup>3</sup>, Г.К. Атанбаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ҚР ҒЖБМ ҒК Генетика және физиология институты, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>3</sup>Клиникалық және эксперименттік лимфология ғылыми-зерттеу институты – Цитология және генетика институтының филиалы СБ РҒА, Ресей, Новосібір қ.

\*e-mail: SNABDRESHOV@mail.ru

### Тәжірибе кезіндегі ірі тамырлар мен іш қуысындағы қан айналымы

Зерттеудің негізгі мақсаты – іш қуысының қабынуы кезіндегі ірі қан тамырлары мен құрсақ қуысындағы қан айналымын зерттеу. Реография және лазерлік ультрадыбыстық доплерография әдісімен іштің қолқа мен төменгі қуыс венадағы қан ағысының жылдамдығын зерттелді. Қанайналым жүйесі ішкі мүшелер мен ұлпалардың бұзылуы кезінде ағзаның тұрақтылығын сақтайды. Ірі қан тамырлары мен іш қуысындағы қабыну кезінде қан тамырлардың микроциркуляторлық арнасын қанмен қамтамасыз етудің бұзылуына әкеледі. Іштің жедел қабынуы кезінде магистральды тамырдағы қан ағысының жылдамдығы бақылау тобымен салыстырғанда төмендеді. Магистральды тамырлардағы кедергі индексі RI 38,3% – ға төмендеді, бұл өз кезегінде магистральды тамырлардың диаметрінің ұлғаюына байланысты. Іштің қабынуымен қақпа венасында және құрсақ қолқасында қан ағысының артқандығы байқалады. Бауыр қызметінің бұзылуынан кейін қан тамырларының тонусының баяулау нәтижесінде іш қуысының қанмен қамтамасыз етілуі төмендеді. Артерия мен вена тамырларының функционалдық қасиеттерінің төмендеуі нәтижесінде құрсақ қуысы аймағында қан ағысының төмендеуіне әкелді, бұл өз кезегінде микроциркуляторлық бұзылулардың болуынан көрінеді.

**Түйін сөздер:** гемодинамика, қабыну, қан айналымы, қан ағысы, қан тамырлары, құрсақ қуысы.

С.Н. Абдрешов<sup>1,2,\*</sup>, А.Н. Ешмуханбет<sup>2</sup>, М.А. Есенова<sup>2</sup>,  
Г.А. Демченко<sup>1</sup>, В.Н. Горчаков<sup>3</sup>, Г.К. Атанбаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, Казахстан, г. Алматы

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

<sup>3</sup>НИИ клинической и экспериментальной лимфологии – филиал

ФИЦ «Институт цитологии и генетики» СО РАН, Россия, г. Новосибирск

\*e-mail: SNABDRESHOV@mail.ru

### Кровообращение в крупных сосудах и органах брюшной полости при эксперименте

Цель данного исследования являлось изучить кровообращение в крупных кровеносных сосудах и в органах брюшной полости при воспалении брюшной полости. Методом реографы и лазерный ультразвуковой доплерографии исследовали скорость кровотока в брюшной аорте и нижней полой вене. Кровеносная система поддерживает устойчивость организма при нарушении внутренних органов и тканей. В крупных кровеносных сосудах и органах брюшной полости при воспалении приводит к нарушению кровоснабжения в микроциркуляторном русле сосуда. Скорость кровотока в магистральном сосуде при остром воспалении брюшной полости снижалась по сравнению с контрольной группой. Индекс сопротивления в магистральном сосуде RI снизился на 38,3%, что связано с увеличением диаметра магистрального сосуда. При воспалении брюшной полости зафиксировано увеличение скорости кровотока в воротной вене и брюшной аорте. В результате снижения тонуса кровеносных сосудов после нарушения функции печени уменьшилось кровоснабжение брюшной полости. Снижение функциональных свойств артерий и вен привело к снижению кровотока в области брюшной полости, что, в свою очередь, проявляется в результате сохранения микроциркуляторных нарушений.

**Ключевая слова:** гемодинамика, воспаление, кровообращения, кровотока, кровеносные сосуды, брюшная полость.

### Introduction

Peritonitis is an inflammation of the peritoneum, which can cause pathology of various body functions, pronounced local changes and intoxication. Inflammation of the abdominal cavity remains one of the most urgent problems of modern medicine. At the same time, lethality from widespread peritonitis continues to be high, reaching 20-70% [1]. The urgency of this problem is determined by the reaction of the microvasculature to the influence of factors of the external and internal environment, ensuring the adaptation of local hemodynamics in accordance with the needs of the body. The septic state of the body is simultaneously stressful, characterized by impaired central hemodynamics and regional circulation disorders in the form of centralization of blood flow. When the level of tissue blood flow drops below the threshold values, the occurring metabolic, biochemical, and enzymatic cellular disorders lead to the development of multiple organ failure, and, without adequate treatment, to death [2]. The microcirculatory bed is a sphere where, ultimately, the transport function of the cardiovascular system is realized and transcapillary exchange is provided, which creates tissue homeostasis necessary for life [3]. As is known, microcirculation is not only a structural and functional unit of the circulatory system, in which the exchange between blood and

tissues takes place, but also the most important source of information about the state of tissues, organs, and the body as a whole [4].

Inflammation of the abdominal cavity is a multicomponent complex of severe pathophysiological reactions with impaired functioning of all systems, which is based on a progressive infectious and inflammatory process, initially localized in the abdominal cavity [5]. One of the main pathogenetic factors of hemodynamic disorders are hypoxia and endotoxemia [6]. The severity of peritonitis, with rapidly advancing intoxication, is due not only to the action of microbial toxins, but also to a violation of local and systemic microcirculation [7]. Microcirculation disorders serve as a trigger for the development of central hemodynamic disorders in peritonitis, organically associated with the development of hypovolemia, hypoproteinemia, a decrease in circulating blood volume, loss of electrolytes and active enzymes [8].

The leading cause of the progression of peritonitis with subsequent adverse outcomes is enteral insufficiency – a violation of the excretory functions of the abdominal cavity [9]. Intoxication increases capillary permeability, toxic substances lead to the formation of inflammatory exudate [10]. With endotoxification of peritonitis in the toxic and terminal phases of its development, it is a complex multicomponent phenomenon in which factors

associated with unresolved sources of intoxication (damaged peritoneum and intestines in a state of deep paresis), factors associated with circulation in the internal environment of the body (blood, lymph, urine) toxic products of inflammatory destruction and factors arising from the effects of toxins on various organs and tissues [11].

The mesenteric blood flow plays a significant role in the general hemocirculation system. The amount of blood in the intestine is from 30 to 40% of all circulating blood; blood circulation of the intestine is provided by the vessels of the basin of the superior and inferior mesenteric arteries and veins [12]. Circulatory disorders in abdominal inflammation are among the most severe diseases and are accompanied by high mortality (up to 80% or more) [13].

It has been shown that in acute peritonitis against the background of the development of endotoxemia, the functional activity of the liver is impaired [14]. The arterial blood supply of the stomach is carried out due to the branches of the celiac trunk, which, starting from the abdominal aorta at the level of the XII thoracic vertebra, with a short trunk of 1–1.5 cm, immediately splits into its three main branches – the left gastric artery, the splenic artery and the common hepatic artery involved in the blood supply of the stomach [15]. Liver dysfunction leads to an increase in systemic intoxication, damage to other body systems, changes in protein, lipid, enzyme, mineral, water metabolism, discoordination of protective, compensatory and reparative reactions [16].

There are various methods for studying microcirculation: reflected spectrophotometry, orthogonal polarization spectroscopy, dark-field spectroscopy, sublingual capnometry, laser Doppler flowmetry. The detection of pathology in the microcirculation is of great practical importance when choosing and evaluating the effectiveness of intensive care methods, especially in emergency cases [17]. However, one should not forget that not only changes in central hemodynamics characteristic of each variant (hypodynamic or hyperdynamic type of blood circulation) occur, but they also have their own characteristics and microcirculation disorders, which differ depending on the cause that led to this condition. The study of the nature of hemodynamic disorders in inflammation of the abdominal cavity will reduce their manifestations by acting on the leading pathogenetic factors. Purpose of the study: to study blood circulation in large vessels and organs during experimental inflammation of the abdominal cavity in animals.

## Material and methods

The experiments were carried out on male Wistar rats weighing 250–270 g. The animals had a veterinary certificate. All animal experiments were carried out in accordance with the requirements of the directive. European Parliament (1986) and set out in the Guidelines for the protection of animals, for the care and use of laboratory animals used for scientific purposes, and approved by the local ethical commission of the Institute of Genetics and Physiology protocol No. 4 of 12/18/2021. All groups of animals were in the same conditions of feeding and keeping in vivarium conditions. The experiments were carried out on 35 white laboratory male rats weighing  $250 \pm 5$  g. 2 groups of rats were formed, the 1st group – 15 control rats, the 2nd group with inflammation of the abdominal cavity (20 rats). We have chosen a method for modeling inflammation of the abdominal cavity by introducing fecal matter, which is similar in terms of peritonitis. Acute peritonitis in rats was caused by introducing fecal suspension into the abdominal cavity at the rate of 0.5 ml of a 10% solution per 100 g of animal body weight [18]. Animals for study were taken 44–48 hours after fecal injection. Anesthetization of animals was carried out by inhalation with ether through a mask into which a cotton wool with ether was placed. Animal thermometry was carried out with an Omron electronic thermometer.

The blood flow velocity in the abdominal aorta and inferior vena cava was studied by laser ultrasonic dopplerography against the background of inflammation of the abdominal cavity using the Sanomed-300 device (Russia). The study of the main arteries of the body was carried out with an ultrasonic probe (8 MHz) in the mode of constant wave radiation. Dopplerogram value, determination of the average systolic frequency, showing the weighted average blood flow velocity over the entire diameter of the vessel. The maximum ( $V_{max}$ ) blood flow velocity, the pulsation index (HR) were studied, the stress index or Purcelo circulation resistance (RI) was calculated [19, 20].

The blood flow velocity in the abdominal aorta and inferior vena cava was recorded by laser ultrasonic dopplerography against the background of acute peritonitis.

The quantitative assessment of blood flow in the arteries is based both on the direct changes in the Dopplerogram (amplitude, frequency, frequency distribution, impulse variations based on their various indices.

When calculating medical indices, the values of blood flow velocity curves at characteristic points are used. The parameters of blood flow are determined from the values of the curved characteristic points:  $V_{\max}$  is the maximum blood flow velocity in systole,  $V_{\min}$  is the final diastolic blood flow velocity,  $V_{\text{av}}$  is the average blood flow velocity over the cardiac cycle,  $V_{\text{al}}$  is the rate at which the systolic wave begins to rise. The resistance index will be:

$$\text{RI} = (V_{\max} - V_{\min}) / V_{\max}$$

From there comes the index of circulatory resistance, i.e., resistivity, a group of indices includes: 1. Index of circulatory resistance (resistance) – RI (Purcelo index), by the ratio of the difference between the maximum systolic (A) and the final diastolic and systolic frequency (Dk):

$$\text{RI} = (A - \text{Dk}) / A$$

Pulsation index calculation formulas  $\text{PI} = (V_{\max} - V_{\min}) / V_{\text{av}}$ : from there comes the pulsation index – PI (Gosling index), is the ratio of the difference between the maximum systolic (A) and maximum diastolic frequencies ( $D_m$ ) to the average frequency for the cardiac cycle ( $F_c$ ):

$$\text{PI} = (A - D_m) / F_c$$

The digitization of data coming from the ultrasonic device was carried out using the computer program «Statistica 8».

To determine the parameters of hemodynamics in the abdominal organs, the method of tetrapolar rheography was used and the data of differential rheograms characterizing the rate of change in the blood filling of the studied area were used; registration of rheograms was carried out using the hardware software rheographic complex «Mizar-Reo» (Russia).

To study the blood filling of the vessels, impedancemetry of the carotid artery of animals was carried out; to study the blood filling of tissues, impedancemetry was carried out using a Mizar-Reo rheograph (Russia). To register the results of studies in the abdominal region, methods were used based on preventing the full effect of electrode polarization during tetrapolar testing by the method of rheohepatography and rheorenography. The rheogram was carried out according to the generally accepted method, directing ultrasonic electrodes to different parts of the body so that they do not diverge. Registration of the rheography index was

recorded automatically via a computer [20, 21]. The data of the differential rheogram characterizing the rate of change in the blood filling of the study area were used. The following indicators were calculated: systolic wave amplitude (ASV, Om/s), rheographic index (RI, Om), average blood filling rate (SVR, Om/s), dicrotic index (DCI, %). The anesthetized animal was placed on a heated table to maintain normothermia throughout the experiment. Access to the abdominal cavity was carried out through a median laparotomy. After that, a section of the abdominal aorta was isolated, on which a bandage-type sensor was applied. Statistical processing of the results was carried out using the Excel program. The results were expressed as mean  $\pm$  standard error of measurement. To assess the statistical significance of differences, a t-test was used at a significance level of  $p < 0.05$ .

## Results and Discussion

Inflammation of the abdominal organs, this is due to the fact that the number of patients, including those with severe forms of this disease, is constantly increasing. It is observed with inflammation of the parietal and visceral layers of the peritoneum, which is accompanied by a severe general condition of the body. In animals with inflammation of the abdominal cavity after the introduction of fecal suspension, we observed a change in the behavior of the animals. Animals throughout the observation period were inactive, symptoms characteristic of acute diffuse peritonitis: lethargy, disheveled wool, increased respiration, shortness of breath, refusal to eat, stool retention and bloating. The rats concentrated in one of the corners of the cage. When modeling acute inflammation of the abdominal cavity in our experiments on rats, after 48 hours the lethality was 18% of the total number of animals. In the following days, the percentage of lethality of animals increased and by day 5 was 57%, accumulation of a large amount of fluid was observed in the abdominal cavity. The temperature of the animals increased to  $40.6 \pm 1.20$  C (control  $38.5 \pm 0.40$  C).

Using modern ultrasound dopplerography during the study of the abdominal cavity, it is possible to determine the blood flow velocity of the abdominal cavity and the extraperitoneal space. The influence of the inflammatory process on the parameters of systemic hemodynamics is shown in Table 1, and on the indicators of blood supply to the abdominal organs – in Table 2.

When opening the abdominal cavity, 2 to 5 ml of inflammatory exudate of a serous or purulent nature,

sometimes with a hemorrhagic component, were found. The rheography showed a slight increase in the blood accumulation of the muscles of the body. In animals with inflammation of the abdominal cavity, an increase in blood flow velocity in the abdominal aorta of  $31.6 \pm 0.04$  cm/s was found, in the control group it was  $27.1 \pm 0.06$  cm/s. The study of blood flow velocity in the main vessel (portal vein) against the background of acute inflammatory processes showed an increase in the linear blood flow velocity in the inferior vein, which amounted to  $22.4 \pm 0.03$  cm/s (in control -  $19.4 \pm 0.02$  cm/s).

The study showed that in case of inflammation of the abdominal cavity, the blood flow velocity in

the main vein by laser ultrasound Dopplerography showed an increase in the linear frequency of blood flow in the main vein by  $22.4 \pm 0.03$  cm/s (normal -  $19.4 \pm 0.02$  cm/s). As can be seen from Table 3, the resistance index in the main vessel RI decreased by 38.3%, which is associated with an increase in the diameter of the main vessel. In acute inflammation of the abdominal cavity, an increase in blood flow velocity in the maxillary artery was recorded, which amounted to  $31.6 \pm 0.04$  cm/s, and in inflammation of the abdominal cavity, the blood flow velocity was  $27.1 \pm 0.06$  cm/s. The rhythmic (pulse) index decreased by 16-21% both in the main vein and in the abdominal artery (Table 1).

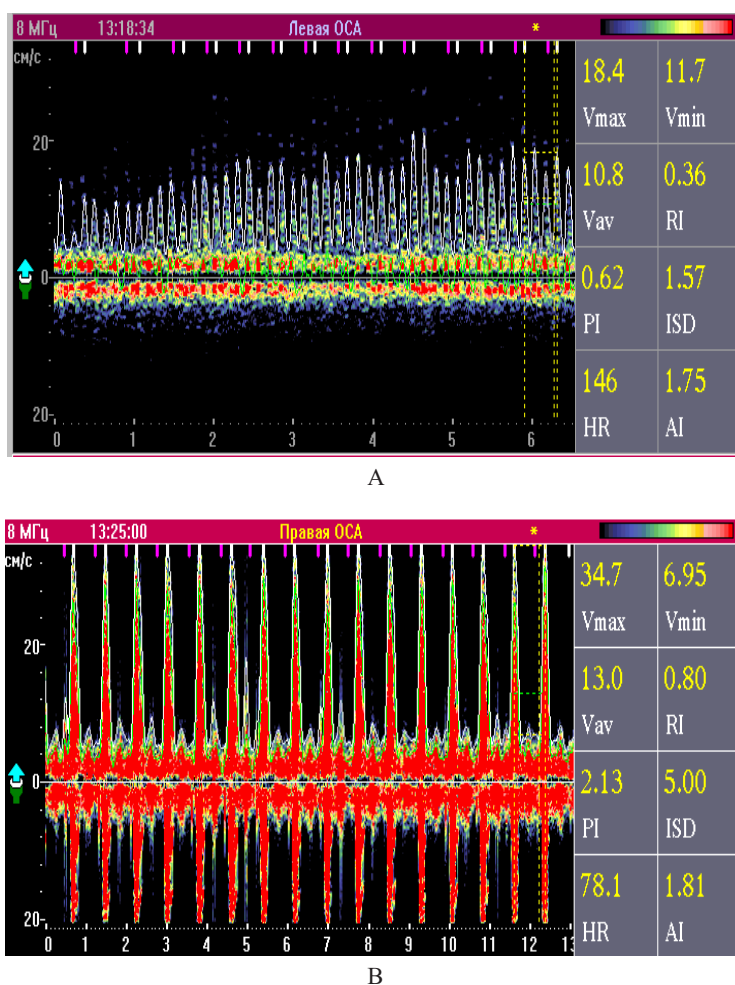
**Table 1** – Parameters of blood flow in the vessels of the portal system in rats with experimental inflammation in the abdominal cavity and gentle vena cava.

Groups	Blood flow velocity, cm/s	PI (pulsation index)	RI (resistance index)
parameters in the portal vein			
Control group	$19,4 \pm 0,02$	$1,06 \pm 0,01$	$0,65 \pm 0,05$
group with inflammation of the abdominal cavity	$22,4 \pm 0,03$	$0,89 \pm 0,07$ *	$0,40 \pm 0,02$ *
indicators in the abdominal aorta			
Control group	$27,1 \pm 0,06$	$4,56 \pm 0,03$	$0,84 \pm 0,003$
group with inflammation of the abdominal cavity	$31,6 \pm 0,04$	$3,68 \pm 0,07$ **	$0,66 \pm 0,002$ **
Note: significantly compared with control, $-p < 0.05$ *, $-p < 0.001$ *			

Doppler studies were carried out, which showed that after the introduction of a fecal suspension of changes in the walls of the vessels of the abdominal aorta, in the surrounding tissues. On the organs of the abdominal cavity and on the mesentery of the intestine, there are separate small-focal hemorrhages. The loops of the intestines are swollen, filled with dark-colored masses, in some places the intestine is edematous, the vascular pattern of the intestinal wall is enhanced. An accelerated blood flow in the abdominal aorta was observed with inflammation of the abdominal cavity after the introduction of fecal suspension (Figure 1).

The study of the integral rheography of the body of rats in the control group, the amplitude of the systolic wave decreased compared to the control group of rats to  $0.011 \pm 0.005$   $\Omega$ /s, the rheographic index decreased by  $0.36 \pm 0.02$   $\Omega$ , which indicates a deterioration in the elastic-tonic properties of the wall of small arterial vessels and medium caliber. The rate of rapid blood

filling decreased compared to the control group. The elasticity of the vessels decreased sharply, by 82% of the control. These indicators indicate changes in the blood supply to the tissues of the body of rats. At the same time, an increase in the speed of fast blood filling up to  $0.11 \pm 0.004$  Ohm/s, and the speed of slow blood filling up to  $0.03 \pm 0.004$  were observed. The modulus of elasticity of peripheral vessels decreased slightly. The dicrotic index (DCI) was 81%, indicating insignificant changes in the arterial system (Table 2). According to rheographic data, it can be seen that in rats with acute peritonitis, there is a decrease in slow and fast blood supply by 16% in the liver, in the stomach – by 11%, due to an increase in the diameter of the vessels compared to the control group of animals. The increase in DCI (dicrotic index) compared with the control is due to spasm of the arterial (up to the capillaries) bed of the splanchnic blood flow and, above all, the arteries of the mesenteric vascular basin.



Designations: A – control, B – after inflammation of the abdominal cavity

**Figure 1** – A fragment of the experiment with dopplerogram of the abdominal aorta in rats

**Table 2** – Indicators of volumetric blood flow in the liver and stomach with inflammation in the abdominal cavity

Name	Control group (liver)	Acute peritonitis (liver)	Control group (stomach)	Acute peritonitis (stomach)
Systolic wave amplitude, Ohm/s	0,013±0,001	0,011±0,005	0,017±0,001	0,015±0,005
Rheographic index, Ohm	0,5±0,002	0,32±0,003	0,24±0,002	0,41±0,003
Average rate of blood filling, Ohm/s	0,20±0,003	0,14±0,003*	0,27±0,003	0,19±0,003*
Systolic wave amplitude, Ohm/s	0,09±0,0032	0,017±0,004*	0,11±0,0032	0,024±0,004*
Rheographic index, Ohm	0,01±0,005	0,001±0,0002*	0,01±0,005	0,007±0,0002*
Average rate of blood filling, Ohm/s	100	45,7**	100	57,2**
DCI, %	100	67,3**	100	78,3**

Note: significant compared to control, -\*p<0.05, -\*\*p<0.001\*

In the course of the study, we clarified that the liver and stomach have a number of additional sources of blood supply. According to the indicators characterizing the ratio of inflow and outflow, a decrease in diastolic, diastolic indices and peripheral resistance index was revealed. The diastolic index decreased significantly after acute peritonitis in animals. The decrease was 33.7% in the liver and 21.7% in the stomachs ( $p < 0.001$ ), which characterizes the decrease in peripheral resistance. Peripheral resistance index, i.e. the rheographic index also turned out to be statistically significantly lower in the liver by 64%, in the stomach of rheographic shifts there is a different-sized and multidirectional nature of vascular reactions, in comparison with the control group after acute peritonitis it increased by 70.8%. The amplitude of the systolic wave decreased by 15.2-12% respectively in the liver and stomach in animals. The data we obtained of monotonous rheographic shifts in the stomach testify to their gastric binding, as well as the phase nature of the functional vascular reactions in the stomach that we identified, and this can be assumed to be the nervous regulation of gastric circulation.

With peritonitis, rapidly advancing intoxication is caused not only by the action of microbial toxins, but also by a violation of local and systemic circulation [22].

The conducted studies have shown that the use of Doppler ultrasound examination of large vessels in animals with peritonitis makes it possible to identify significant circulatory disorders, which, along with disorders of systemic hemodynamics, microcirculation and metabolism, play an important role in the pathogenesis of a severe abdominal infectious and inflammatory process. With peritonitis, significant morphofunctional changes occur in the vessels. In the presence of an infection in the abdominal cavity and the development of a stressful state, there is a further deepening of macro and microcirculatory disorders, which leads to an increase in arterial blood flow. Circulatory disorders are most clearly seen in the portal vein system and consisted of an increase in linear blood flow velocities, a significant increase in blood flow velocity in the abdominal aorta, in comparison with the control group.

The study of methods for the integral assessment of blood circulation in organs and their areas showed that rheography is the most informative and safe of them [23]. A significant advantage of rheography is the ability to simultaneously study the circulation of various areas of the body, which makes it possible to evaluate the patterns of general hemodynamics

in studies. Of particular value, rheography allows diagnosing early disorders in the circulatory system [24].

One of the pathogenetic factors of hemodynamic disorders in peritonitis, identified in the experiment, is the deterioration of rheographic parameters. As follows from Table 2, the rate of rapid blood filling decreased and changed significantly compared to the control group.

The study showed that the rate of rapid blood filling and the elasticity of peripheral vessels decreased compared to the control group. Studies have shown a decrease in slow and fast blood circulation in the liver and kidney, and thus a decrease in blood circulation in these organs.

Peritonitis is considered by many researchers as peritoneal sepsis, in which the focus of infection is the abdominal cavity. Any septic condition is simultaneously stressful, characterized by a typical violation of central hemodynamics and disorders of regional circulation in the form of centralization of blood flow and aggravation of the periphery, first of all, mesenteric blood flow and skin circulation suffer [25, 26].

Thus, the rheographic study of the abdominal cavity blood circulation, based on the new principle of rheography, is a reliable, non-invasive, technically simple and unlimited in time method for recording relative pulse fluctuations in the blood filling of the arterial basin of the abdominal cavity, in the liver and stomach.

The data obtained show that significant changes in the circulatory system during experimental inflammation of the abdominal cavity caused by fecal matter in animals were observed centralization in the circulatory system of an increase in the blood flow of the abdominal cavity in the large vessels of the abdominal aorta and abdominal vein, a decrease in blood circulation in the abdominal organs.

In inflammatory processes in rats, after 48 hours from the start of the simulation, a significant decrease in vascular tone and blood supply to tissues and organs was observed in the blood circulation. That is, a decrease in the blood circulation of the abdominal organs and an increase. Increased blood flow in the abdominal artery and inferior vena cava is shown.

## Conclusion

It has been established that in experimental inflammatory processes, after 48 hours from the beginning of peritonitis modeling, the total blood flow in the abdominal aorta increases, the diastolic

blood flow velocity. Also, an increase in the linear velocity of blood flow in the inferior vena cava, a decrease in the resistance index in the vessels. The resistance index RI in the abdominal artery to the portal vein also decreased in the portal vein by 38.3% and 19.2%, respectively, this is due to the fact that inflammation of the abdominal cavity increases the diameter of the vessels of the portal vein.

Using the method of tetrapolar rheography, hemodynamic parameters of the liver and stomach were evaluated. The formation of hypodynamic blood circulation in the abdominal organs is shown.

With inflammation of the abdominal cavity, the blood supply to the abdominal organs decreased and the blood flow velocity in the main vessels increased, as well as the stroke index and cardiac index decreased, and the minute volume of blood circulation in the liver and stomach decreased.

### Conflict of interest

The authors have worked together, have read and are familiar with the content of the article and have no conflict of interest.

### References

1. Susan W. Volk Peritonitis // *Small Animal Critical Care Medicine*. – 2015. – P. 643–648. doi:10.1016/B978-1-4557-0306-7.00122-7
2. Petrus R. de Jong, José M. González-Navajas, Nicolaas J. G. Jansen The digestive tract as the origin of systemic inflammation // *Critical Care*. – 2016. – V. 20(279). – P. 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1458-3>
3. Singer M., Deutschman C.S., Seymour C.W., Shankar-Hari M., Annane D. et. al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3) // *Journal of the American Medical Association*. – 2016. – V.315(8), – P. 801–810. doi:10.1001/jama.2016.0287
4. De Backer, D., Creteur J., Preiser J.C., Dubois M.J., Vincent J.L., Microvascular blood flow is altered in patients with sepsis // *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. – 2002. – V.166. – P.98-104. doi:10.1164/rccm.200109-016oc
5. Cioffi K.M., Schmiedt C.W., Cornell K.K., Radlinsky M.G. Retrospective evaluation of vacuum-assisted peritoneal drainage for the treatment of septic peritonitis in dogs and cats: 8 cases (2003–2010) // *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, – 2012. – Vol.22. – Iss.5. – P. 601-609. doi:10.1111/j.1476-4431.2012.00791.x
6. Koulaouzidis A, Bhat S., Karagiannidis A., Tan W.C., Linaker B.D. Spontaneous bacterial peritonitis // *Postgrad Medical Journal*. – 2007. – V.83(980). – P. 379–383. doi:10.1136/pgmj.2006.056168
7. De Backer D., Donadello K., Sakr Y., Ospina-Tascon G., Salgado D., Scolletta S., Vincent J.L. Microcirculatory alterations in patients with severe sepsis: impact of time of assessment and relationship with outcome // *Critical Care Medicine*. – 2013. – V.41. – P.791–799. doi:10.1097/CCM.0b013e3182742e8b.
8. Косинец В.А., Самсонова И.В. Структурные изменения внутренних органов при экспериментальном гнойном перитоните // *Вестник ВГМУ*. – 2007, – Т.6. – №4. – С. 3-6.
9. Жидовинов А.А., Журнаджянц В.А., Алешин Д.А. Необходимость ранней патогенетической коррекции кишечной недостаточности при перитоните // *Вестник Российской Военной медицинской академии*. – 2009. – Т. 25. – №1. – С. 733.
10. Abdulhamied A., Seth S.Martin., Thorsten M. Leucker, Erin D.Michos et. al. Inflammation and cardiovascular disease: From mechanisms to therapeutics // *American Journal of Preventive Cardiology*. – 2020. – Vol.4. – P. 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2020.100130>
11. Marco Fiore, Alberto E. Maraolo, Sebastiano L. et.al. Spontaneous peritonitis in critically ill cirrhotic patients: a diagnostic algorithm for clinicians and future perspectives // *Therapeutics and Clinical Risk Management*. – 2017. – Vol.13. – P.1409–1414.
12. Малышева О.С., Шуленин К.С., Черкашин Д.В., Шахнович П.Г., Улятовский В.А., Гладышева Э.В., Гребенюк А.М. Современное представление о системе микроциркуляции и клинико-гемодинамические варианты её нарушений у больных гипертонической болезнью // *Вестник Российской военно-медицинской академии*, – №3(51), – 2015, – С. 191-194.
13. Malangoni M. Contributions to the management of intra-abdominal infections // *American Journal of Surgery*. – 2005; – Vol.190(2). – P.255–925.
14. Jan Lata, Oldřich Stiburek, Kopacova M. Spontaneous bacterial peritonitis: A severe complication of liver cirrhosis // *World Journal of Gastroenterology*. – 2009. – Vol.15(44). – P. 5505-5510: doi:10.3748/wjg.15.5505
15. Мусаев А.Т., Алмабаева А.Б., Мергенбаев Ж.Е., Аметов А.Б., Султанбаева Ж.Т., Пирмаханов Б.А., Советаева А.М., Сейдан О.К., Смадил Н.С., Уснадин Ж.Н. Изменения гемомикроциркуляторного русла желудка после гастротомии // *International journal of applied and fundamental research*. 2017, №1, С. 58-62.
16. Milyukov V.E., Sharifova K.M. Morphofunctional Changes of Blood Supply and the Gly- cogen Content in the Liver during Acute Strangulational Small Bowel Obstruction // *J. Gastroenterology & Hepatology Research*. -2018. – V.3. Iss.1. – P.1-5. DOI: 10.24966/GHR-2566/100012
17. Carlos A.O., Juan C.P. Management of Peritonitis in the Critically ill Patient // *Surgical Clinics of North America*. – 2006. – Vol.86(6). – P. 1323–1349. doi:10.1016/j.suc.2006.09.006.
18. Лазаренко В.А., Липатов В.А., Блинков Ю.Ю., Скориков Д.В. Экспериментальная модель распространенного каптового перитонита // *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. – 2008. – №4. – С. 128-132.



19. Думлер А.А., Подтаев С.Ю., Степанов Р.А., Фрик П.Г. Практическое применение импедансной реографии в кардиологии– новые подходы // Альманах клинической медицины, – 2016. – №44 (2), – С. 179-185.
20. Abdreshov S.N., Snyubekova Sh.S., Boribai E.S., Rachmetulla N.A., Seralieva S.E. Changes in blood flow during pancreatic dysfunction in animals // Reports of the National Academy of Sciences of the RK, – 2021, – №4, – P. 21-30. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-1483.5>
21. Ронкин М.А., Шалыгин В.С., Пироженко А.В. и др. Компьютерная реография // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. – № 8. – С.17–28.
22. Gozhenko A.I., Vasil'ev A.A., Sirman V.M., Nasibullin B.A. Effect of xenon on the structural and functional characteristics of the internal organs of rats with different forms of peritonitis // Journal of Education, Health and Sport. – 2015. – Vol.5(5). – P. 531-537. [doi.org/10.5281/zenodo.35658](https://doi.org/10.5281/zenodo.35658)
23. Dynnyk O.B., Mostovyĭ S.Ie, Berezovs'kyĭ V.Ia, Myshanych O.M., Baranenko V.M. Rheohepatography with ultrasound navigation of electrodes as biophysical method of the hepatic blood flow evaluation // Fiziol Zh. – 2010. – №56(3). – P. 89–97.
24. Кунцевич Г.И., Скуба Н.Д., Белолопотко Е.А. Роль комплексно ультразвукового исследования в дифференциальной диагностике очаговых образований печени. Методические рекомендации. М.: – 1997. – С.25.
25. Köktener A., Türkay F.G.C., Erarslan E., Bayrak R., Yenidünya S., Akin K., Kösehan D., Çakir B. Doppler sonography of hemodynamic changes of the celiac artery in chronic active gastritis // Turk J. Med. Sci. – 2012. – V.42 (Sup.1). – P.1273-1277. [doi:10.3906/sag-1201-80](https://doi.org/10.3906/sag-1201-80)
26. Shing-Hong Liu, Da-Chuan Cheng, Chun-Hung Su A cuffless blood pressure measurement based on the impedance plethysmography technique // Sensors (Basel). – 2017. – №17(5). – P. 1176. [doi:10.3390/s17051176](https://doi.org/10.3390/s17051176).

### References

1. Abdreshov S.N., Snyubekova Sh.S., Boribai E.S., Rachmetulla N.A., Seralieva S.E. Changes in blood flow during pancreatic dysfunction in animals // Reports of the National Academy of Sciences of the RK, – 2021, – №4, – P. 21-30. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-1483.5>
2. Abdulhamied A., Seth S.Martin., Thorsten M. Leucker, Erin D.Michos et. al. Inflammation and cardiovascular disease: From mechanisms to therapeutics // American Journal of Preventive Cardiology. – 2020. – Vol.4. – P. 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2020.100130>
3. Carlos A.O., Juan C.P. Management of Peritonitis in the Critically ill Patient // Surgical Clinics of North America. – 2006. – Vol.86(6). – P. 1323–1349. [doi:10.1016/j.suc.2006.09.006](https://doi.org/10.1016/j.suc.2006.09.006).
4. Cioffi K.M., Schmiedt C.W., Cornell K.K., Radlinsky M.G. Retrospective evaluation of vacuum-assisted peritoneal drainage for the treatment of septic peritonitis in dogs and cats: 8 cases (2003–2010) // Journal of Veterinary Emergency and Critical Care, – 2012. – Vol.22. – Iss.5. – P. 601-609. [doi:10.1111/j.1476-4431.2012.00791.x](https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2012.00791.x)
5. De Backer, D., Creteur J., Preiser J.C., Dubois M.J., Vincent J.L., Microvascular blood flow is altered in patients with sepsis // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. – 2002. – V.166. – P.98-104. [doi:10.1164/rccm.200109-016oc](https://doi.org/10.1164/rccm.200109-016oc)
6. De Backer D., Donadello K., Sakr Y., Ospina-Tascon G., Salgado D., Scolletta S., Vincent J.L. Microcirculatory alterations in patients with severe sepsis: impact of time of assessment and relationship with outcome // Critical Care Medicine. – 2013. – V.41. – P.791–799. [doi:10.1097/CCM.0b013e3182742e8b](https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3182742e8b).
7. Dumler A.A., Podtaev S.Ju., Stepanov R.A., Frik P.G. Prakticheskoe primenenie impedansnoj reografii v kardiologii– novye podhody // Al'manah klinicheskoy mediciny, – 2016. – №44 (2), – S. 179-185.
8. Dynnyk O.B., Mostovyĭ S.Ie, Berezovs'kyĭ V.Ia, Myshanych O.M., Baranenko V.M. Rheohepatography with ultrasound navigation of electrodes as biophysical method of the hepatic blood flow evaluation // Fiziol Zh. – 2010. – №56(3). – P. 89–97.
9. Gozhenko A.I., Vasil'ev A.A., Sirman V.M., Nasibullin B.A. Effect of xenon on the structural and functional characteristics of the internal organs of rats with different forms of peritonitis // Journal of Education, Health and Sport. – 2015. – Vol.5(5). – P. 531-537. [doi.org/10.5281/zenodo.35658](https://doi.org/10.5281/zenodo.35658)
10. Jan Lata, Oldřich Stiburek, Kopacova M. Spontaneous bacterial peritonitis: A severe complication of liver cirrhosis // World Journal of Gastroenterology. – 2009. – Vol.15(44). – P. 5505-5510: [doi:10.3748/wjg.15.5505](https://doi.org/10.3748/wjg.15.5505)
11. Kosinec V.A., Samsonova I.V. Strukturnye izmeneniya vnutrennih organov pri jeksperimental'nom gnojnom peritonite // Vestnik VGMU. – 2007, – T.6. – №4. – С. 3-6.
12. Kuncovich G.I., Skuba N.D., Belolapotko E.A. Rol' kompleksno ul'trazvukovogo issledovaniya v differencial'noj diagnostike ochagovykh obrazovanij pecheni. Metodicheskie rekomendacii. M.: – 1997. – S.25.
13. Koulaouzidis A, Bhat S., Karagiannidis A., Tan W.C., Linaker B.D. Spontaneous bacterial peritonitis // Postgrad Medical Journal. – 2007. – V.83(980). – P. 379–383. [doi:10.1136/pgmj.2006.056168](https://doi.org/10.1136/pgmj.2006.056168)
14. Köktener A., Türkay F.G.C., Erarslan E., Bayrak R., Yenidünya S., Akin K., Kösehan D., Çakir B. Doppler sonography of hemodynamic changes of the celiac artery in chronic active gastritis // Turk J. Med. Sci. – 2012. – V.42 (Sup.1). – P.1273-1277. [doi:10.3906/sag-1201-80](https://doi.org/10.3906/sag-1201-80)
15. Lazarenko V.A., Lipatov V.A., Blinkov Ju.Ju., Skorikov D.V. (2008) Jeksperimental'naja model' rasprostranennogo kalovogo peritonita [Experimental model of diffuse fecal peritonitis]. Kursk scientific and practical bulletin «Man and his health». – 2008. – №4. – P.128-132.
16. Malangoni M. Contributions to the management of intra-abdominal infections // American Journal of Surgery. – 2005; – Vol.190(2). – P.255–925.

17. Malysheva O.S., Shulenin K.S., Cherkashin D.V., Shahnovich P.G., Ul'jatovskij V.A., Gladysheva Je.V., Grebenjuk A.M. (2015) Sovremennoe predstavlenie o sisteme mikrocirkuljacii i kliniko-gemodinamicheskie varianty ejo narushenij u bol'nyh gipertonicheskoj bolezni'ju. [Modern idea of microcirculation system, clinical and hemodynamic options for its violations in patients with hypertension]. Bulletin of the Russian Military Medical Academy, – №3(51). – 2015. – P. 191-194.
18. Marco Fiore, Alberto E. Maraolo, Sebastiano L. et.al. Spontaneous peritonitis in critically ill cirrhotic patients: a diagnostic algorithm for clinicians and future perspectives // Therapeutics and Clinical Risk Management. – 2017. –Vol.13. – P.1409–1414.
19. Milyukov V.E., Sharifova K.M. Morphofunctional Changes of Blood Supply and the Gly- cogen Content in the Liver during Acute Strangulational Small Bowel Obstruction // J. Gastroenterology & Hepatology Research. -2018. – V.3. Iss.1. – P.1-5. DOI: 10.24966/GHR-2566/100012
20. Musaev A.T., Almabaeva A.Y., Mergenbaev Zh.E., Ametov A.B., Sultanbaeva Zh.T., Pirmahanov B.A., Sovetaeva A.M., Sejdani O.K., Smadil N.S., Usnadin Zh.N. Izmenenija gemomikrocirkuljatornogo rusla zheludka posle gastrotomii // International journal of applied and fundamental research. 2017, №1, S. 58-62.
21. Petrus R. de Jong, José M. González-Navajas, Nicolaas J. G. Jansen The digestive tract as the origin of systemic inflammation // Critical Care.- 2016. –V. 20(279). – P. 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1458-3>
22. Ronkin M.A., Shalygin V.S., Pirozhenko A.V. i dr. Komp'juternaja reografija // Biomedicinskie tehnologii i radioelektronika. – 2002. – № 8. – S.17–28.
23. Shing-Hong Liu, Da-Chuan Cheng, Chun-Hung Su A cuffless blood pressure measurement based on the impedance plethysmography technique // Sensors (Basel). – 2017. – №17(5). – P. 1176. doi:10.3390/s17051176
24. Singer M., Deutschman C.S., Seymour C.W., Shankar-Hari M., Annane D. et. al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3) // Journal of the American Medical Association. – 2016. –V.315(8), – P. 801–810. doi:10.1001/jama.2016.0287
25. Susan W. Volk Peritonitis // Small Animal Critical Care Medicine. – 2015. – P. 643–648. doi:10.1016/B978-1-4557-0306-7.00122-7
26. Zhidovinov A.A., Zurnadzh'janc V.A., Aleshin D.A. Neobhodimost' rannej patogeneticheskoj korrekcii kishechnoj nedostatochnosti pri peritonite // Vestnik Rossijskoj Voennoj medicinskoj akademii. – 2009. – T. 25. – №1. – S. 733.

6-бөлім  
**БИОТЕХНОЛОГИЯ**

---








Section 6  
**BIOTECHNOLOGY**

---

Раздел 6  
**БИОТЕХНОЛОГИЯ**

МРНТИ 68.35.53

<https://doi.org/10.26577/eb.2023.v97.i4.014>

Н.В. Ромаданова<sup>1</sup> , М.М. Аралбаева<sup>1</sup> , А.С. Земцова<sup>1\*</sup> ,  
Н.В. Михайленко<sup>1</sup> , С.Ж. Казыбаева<sup>1,2</sup> , Ж.Т. Тәуірбаева<sup>2</sup> ,  
С.В. Кушнарченко<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>РГП «Институт биологии и биотехнологии растений», Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодовоощеводства», Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: zemtsovaalina@gmail.com

## СОЗДАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ *IN VITRO* ГИБРИДОВ ВИНОГРАДА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО МАРКИРОВАНИЯ И ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО СОРТА СТОЛОВОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Целью эксперимента была оптимизация одного из этапов получения нового высокопродуктивного сорта винограда – введение и размножение в культуре *in vitro* побегов гибридов. В результате исследований в ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодовоощеводства» создан гибридный фонд винограда столового направления. Проведены фенологические наблюдения и по комплексу хозяйственно-ценных признаков, выделены 3 гибридные формы винограда: KV-2/35, KII-1/29 и DV-10/11, готовые для передачи в первичное сортоиспытание. Установлено, что после 3 месяцев хранения черенков винограда при температуре 4°С процент прорастания побегов из спящих почек выше (50,4%) чем у черенков после 2 месяцев хранения (30,1%). Оптимальной длительностью стерилизации побегов, пророщенных из черенков в лабораторной комнате, является обработка в течение 5 мин в (0,1%) HgCl<sub>2</sub> (жизнеспособность – 27,2%). Для проросших в условиях питомника побегов оптимальной длительностью стерилизации, была обработка в течение 7 мин в (0,1%) HgCl<sub>2</sub> (жизнеспособность – 20,6%). Не выявлена контаминация винограда в условиях *in vitro* после контроля на специализированной среде 523. Для микроклонального размножения была выделена питательная среда: Мурасиге и Скуга с добавлением 30 г/л сахарозы, 1 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП), 0,1 мг/л индолилмасляной кислоты, 0,1 мл/л гибберелловой кислоты (ГК), 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, рН 5,7. Установлено, что рН 5,7 является оптимальным для роста и развития *in vitro* побегов винограда. Добавление в питательную среду бактерицида Plant Preservative Mixture™ вызывало некроз пробирочных растений. Увеличение концентрации БАП до 1,0 мг/л активизировало появление новых побегов. Увеличение концентрации ГК и тидиазурона на коэффициент размножения и качество побегов влияния не оказало.

**Ключевые слова:** Виноград, гибриды, селекция, сорт, оптимизация микроклонального размножения, коллекция *in vitro*.

N.V. Romadanova<sup>1</sup>, M.M. Aralbayeva<sup>1</sup>, A.S. Zemtsova<sup>1\*</sup>,  
N.V. Mikhailenko<sup>1</sup>, S.Zh. Kazybayeva<sup>1,2</sup>, Zh.T. Tauirbaeva<sup>2</sup>, S.V. Kushnarenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Kazakh Scientific Research Institute of Fruit and Vegetable Growing, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: zemtsovaalina@gmail.com

### Creation of *in vitro* collection of grape hybrids for molecular marking and obtaining a highly productive variety of table direction

The aim of the experiment was to optimize one of the stages of obtaining a new highly productive grape variety – the introduction and propagation of *in vitro* hybrid shoots. As a result of research, a hybrid fund of table grapes was created in the Kazakh Scientific Research Institute of Fruit and Vegetable Growing. Phenological observations were also carried out on a complex of economically valuable traits, 3 hybrid forms of grapes were identified: KV-2/35, KII-1/29 and DV-10/11, ready for transfer to primary variety testing. It was found that after 3 months of storage of grape cuttings at a temperature of 4° C, the percentage of shoots germination from dormant buds is higher (50.4%) than that of cuttings after 2 months of storage (30.1%). The optimal duration of shoots sterilization sprouted from cuttings in the laboratory room is treatment for 5 minutes in (0.1%) HgCl<sub>2</sub> (viability – 27.2%). For shoots germinated in

the nursery, the optimal duration of sterilization was treatment for 7 minutes in (0.1%) HgCl<sub>2</sub> (viability – 20.6%). No contamination of grapes was detected *in vitro* after control on a specialized medium 523. For micropropagation, was optimal the nutrient medium: Murashige and Skug with the addition of 30 g/l sucrose, 1 mg/l 6-benzylaminopurine (BAP), 0.1 mg/l indolylbutyric acid, 0.1 ml/l gibberellic acid (GA), 1.5 g/l of Gelrite™, 4 g/l of agar, pH 5.7. It was found that pH 5.7 is optimal for the growth and development *in vitro* of grape shoots. The addition of the bactericide Plant Preservative Mixture™ to the nutrient medium caused necrosis of test tube plants. An increase in the concentration of BAP to 1.0 mg/l activated the appearance of new shoots. An increase in the concentration of GA and thidiazuron had no effect on the multiplication factor and the quality of the shoots.

**Key words:** grapes, hybrids, selection, variety, optimization of micropropagation, *in vitro* collection.

Н.В. Ромаданова<sup>1</sup>, М.М. Аралбаева<sup>1</sup>, А.С. Земцова<sup>1\*</sup>,  
Н.В. Михайленко<sup>1</sup>, С.Ж. Казыбаева<sup>1,2</sup>, Ж.Т. Тәуірбаева<sup>2</sup>, С.В. Кушнаренко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Қазақ Бау-бақша шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: zemtsovaalina@gmail.com

### Асхана бағытындағы жоғары өнімді сортты алу үшін молекулалық маркерлеуді жүргізу және жүзім будандарының *in vitro* коллекциясын құру

Эксперименттің мақсаты жаңа жоғары өнімді жүзім сортын алу кезеңдерінің будан өскіндерін *in vitro* жағдайына енгізу және көбейту сатыларын оңтайландыру. Зерттеу нәтижесінде «Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС-де асхана бағытындағы жүзімнің гибриді қоры құрылды. Шаруашылық-құнды белгілер кешені бойынша фенологиялық бақылаулар жүргізіліп, бастапқы сұрыптық сынаққа беруге дайын жүзімнің 3 гибриді түрі бөлінді: KV-2/35, KII-1/29 және DV-10/11. Жүзім кесінділерін 4°C температурада 3 ай сақтағаннан кейін (50,4%), тыныштық күйдегі бүршіктерден өскіндердің өну пайызы 2 ай сақтағаннан кейінгі (30,1%) кесінділерге қарағанда жоғары екендігі анықталды. Зертханалық бөлмедегі кесінділерден алынған өскіндердің зарарсыздандырудың оңтайлы ұзақтығы HgCl<sub>2</sub> (0,1%) ерітіндісінде 5 минуттық өңдеу болып табылады (өміршеңдік – 27,2%). Жылыжай жағдайында алынған өскіндер үшін зарарсыздандырудың оңтайлы ұзақтығы HgCl<sub>2</sub> (0,1%) ерітіндісінде 7 минуттық өңдеу екендігі анықталды (өміршеңдігі – 20,6%). Жүргізілген бақылаудан кейін мамандандырылған 523 қоректік ортасында *in vitro* жағдайында жүзімде контаминация анықталмады. Микрокональды көбейту мақсатында қоректік орта өзінді: Мурасиге және Скугқа 30 г/л сахароза, 1 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП), 0,1 мг/л индолилмай қышқылы, 0,1 мг/л гиббереллин қышқылы (ГК), 1,5 г/л джелрайт, 4 г/л агар қосындысы, рН 5,7. РН 5,7 жүзім өскіндерінің *in vitro* жағдайында өсуі мен дамуы үшін оңтайлы екендігі анықталды. Қоректік ортаға Plant Preservative Mixture™ бактерицидінің қосылуы *in vitro* өсімдіктерінде некроз тудыратындығы анықталды. БАП концентрациясының 1,0 мг/л дейін артуы жаңа өскіндердің пайда болуын белсендірді. ГК және тидиазурон концентрациясын өзгерту өсімдіктердің көбею коэффициентіне және өскіндердің сапасына әсер еткен жоқ.

**Түйін сөздер:** жүзім, будандар, сұрыптау, сорт, микроклональды көбейтуді оңтайландыру, *in vitro* коллекциясы.

## Введение

Виноград культурный (*Vitis vinifera* L.) – кустарник со сладкими плодами (ягодами). Ягоды винограда значимый пищевой продукт, сырьё для виноделия, в том числе растение используется как декоративное. Плоды и продукты переработки винограда характеризуются ценными вкусовыми, пищевыми (диетическими) и лечебными качествами. Ягоды богаты сахарами, органическими кислотами, минеральными веществами, пектинами, а также витаминами А, В1, В2, В6, С, Р, РР. Помимо этого, виноград служит источником незаменимых для человека ами-

нокислот. Аминокислоты участники жизненно важных процессов в организме (синтез белков, витаминов, гормонов, мочевины, регулирование липидного обмена, стимулирование интенсивности ростовых процессов и других). Полифенольные вещества, содержащиеся в винограде, ускоряют метаболизм. Антоцианы, катехины, пектиновые вещества и флавонолы снижают губительное воздействие радиации на организм, являются антиоксидантами [1].

Виноград выращивается человеком с доисторических времен. Известно множество его сортов и гибридов. Международная организация винограда и вина сообщает что в мире

на виноградники приходится 9,5-10,0 млн. га, объемы производства винограда достигают 60-70 млн. т. в год. Производительность столового винограда в мире на сегодняшний день составляет 7 млн. т. Первенство по выращиванию столовых сортов винограда занимает Италия – до 1,5 млн. т в год, затем СНГ – до 1,0 млн. и Турция – до 0,8 млн. т. Высоких результатов урожайности добились в США, Италии и Аргентине. Лидирует по качеству считается итальянский столовый виноград.

Промышленное виноградарство в Казахстане берёт своё начало с 30-х годов прошлого века. На данный момент по данным баланса земель (Основные положения Генеральной схемы организации территории Республики Казахстан (далее – РК)) на 1 ноября 2020 года, в РК числится 15,9 тыс. га. виноградников, 98% из них сосредоточено в Туркестанской, Алматинской, Жамбылской и Кызылординской областях [1,2]. В Казахстане реализуется программа восстановления виноградников. В отчете Комитета по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства РК за 2020 год сообщается, что государство частично субсидирует затраты на освоение и реконструкцию новых площадей, но, несмотря на это, площади виноградников не увеличиваются [3]. В результате, валовой сбор винограда в Казахстане всего 71,7 тыс. тонн [1].

Для снижения импортозависимости необходимо увеличить площадь земель под выращивание винограда, а также нарастить объем производства винограда в том числе отечественных сортов. Широкий ассортимент сортов и форм винограда позволяет осуществлять селекционный отбор и внедрение современных высокопродуктивных сортов для увеличения валового сбора и повышения его качества. Применение ДНК-технологий на этапах селекционного процесса позволяют создать новый устойчивый к патогенам и негативным факторам внешней среды сорт [4]. Молекулярно-генетическая характеристика важна при создании устойчивых сортов к возбудителям различных болезней. Для винограда наиболее вредоносными заболеваниями являются – парша (возбудитель *Venturia pirina* Adern.) и милдью (возбудитель *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. & de Toni.) [5]. Большую опасность для виноградарства представляют грибковые заболевания, которые вызывают опадание листьев, повреждение плодов, в конечном итоге могут привести к полной гибели урожая [6]. Молеку-

лярные маркеры, сцепленные с ценными генами, обеспечивают новый инструментарий для селекционеров [7]. Отбор перспективных гибридов с помощью ДНК маркирования позволит создать высокопродуктивный сорт винограда с эксклюзивными качественными показателями [8].

Для дальнейшего продвижения перспективных гибридов и полученного сорта, потребуется их массовое внедрение в селекционный процесс. Главная проблема виноградарства – производство саженцев с помощью прививания растений на огромных площадях маточников, их постоянное обновление и перезакладка является длительным и затратным процессом. Решением данной задачи служат методы биотехнологии, а именно метод массового клонирования растений в культуре *in vitro*, которые позволяют быстро и эффективно размножить донорные растения [9]. Для получения качественного посадочного материала используется микроклональное размножение как надежный метод размножения растений – одно донорное растение позволяет получить до миллиона саженцев. Научные исследования в области микроклонального размножения винограда проводятся многими учеными по всему миру [10,11], в том числе и в Казахстане [12]. В лаборатории криосохранения гермоплазмы ИББР проводятся работы по масс-клонированию различных плодовых, орехоплодных, ягодных культур, в том числе и винограда. Сотрудники лаборатории проводят оздоровление растений *in vitro* различными способами и получают свободные от патогенов саженцы [13-19].

В данной статье описан один из этапов (введение и размножение в культуре *in vitro* гибридов винограда) получения нового крупноплодного, устойчивого к грибным заболеваниям, адаптированного к природно-климатическим условиям южных регионов Казахстана сорта винограда. Авторы планируют провести агробиологическую оценку, отбор гибридных растений с помощью ДНК маркирования, которые позволят создать высокопродуктивный сорт винограда столового направления, отвечающий современным требованиям производства и потребителя для передачи на Государственное сортоиспытание. Полученный сорт планируется размножить в культуре *in vitro*, и получить саженцы для закладки селекционных питомников.

**Целью исследования** является оптимизация одного из этапов получения нового высокопродуктивного сорта винограда – введение и размножение в культуре *in vitro* побегов гибридов.

### Задачи исследования:

1. Оценка и отбор перспективных гибридов винограда по хозяйственно-ценным признакам в полевых условиях и по устойчивости к опасным грибным заболеваниям.

2. Разработка технологии масс-клонального размножения и сохранения отобранных перспективных гибридов винограда.

Сотрудники исследовательской группы имеют научный задел в области выведения новых сортов, изучения и оздоровления растений от инфекционных возбудителей. С помощью методов микроклонального размножения и молекулярного маркирования исследователи получают свободные от патогенов саженцы.

**Новизна исследования** состоит в том, что впервые для винограда в условиях Казахстана проведено микроклональное размножение с последующим молекулярным маркированием на устойчивость к грибным заболеваниям. Отбор гибридных семян, устойчивых к стрессам и заболеваниям, отличающихся высоким качеством плодов на ранних этапах развития, повысит эффективность селекционного процесса. Существенным моментом данного исследования послужила возможность организации массового производства из растений *in vitro* саженцев в контейнерной культуре с закрытой корневой системой нового сорта и перспективных гибридов высокой категории чистоты, которое будет внедрено для закладки селекционного питомника.

### Материалы и методы исследований

#### Полевые исследования гибридов винограда

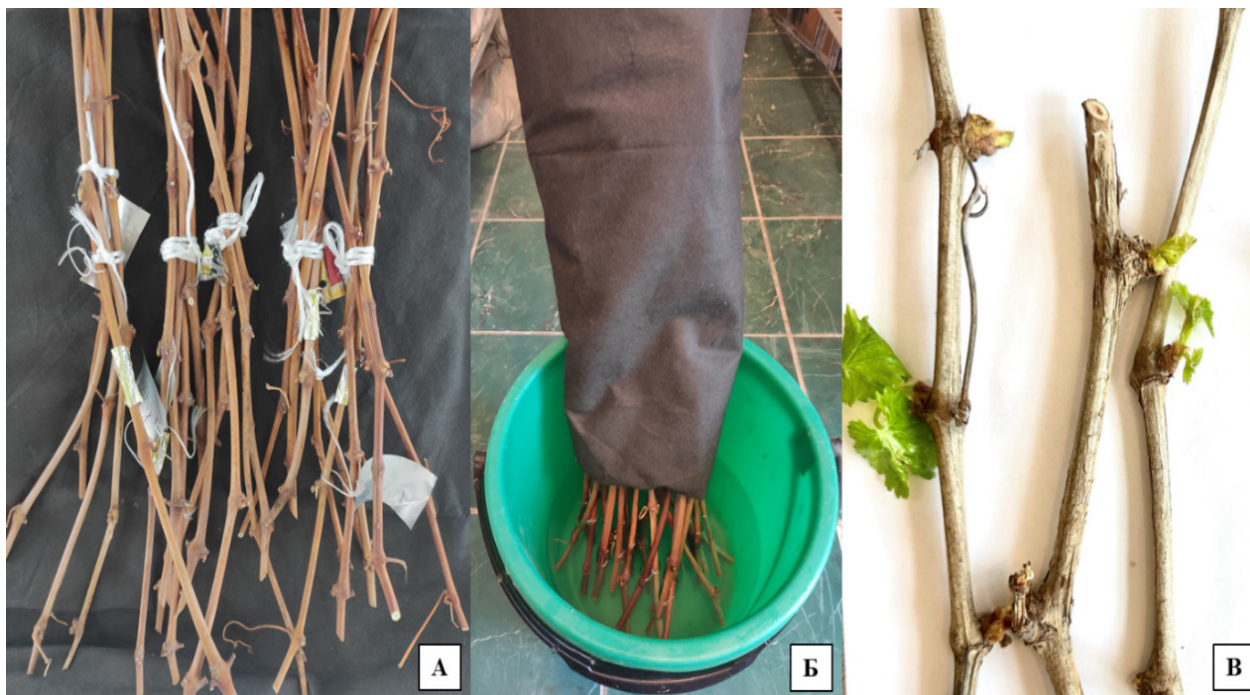
Для инициации в культуру *in vitro* использовали черенки 18 отобранных образцов (гибриды) винограда, полученных методом гибридизации и размноженных вегетативным способом на опытных участках ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства» (КазНИИПО) в Алматинской и Туркестанской областях (рисунок 1): 7/17, DV-10/11, III-02-22, III-7/15, IV-4/74, IV-6/9, КП-1/29, KIV-1/64, KV-2/9, KV-2/35, KVI-1/10, V-7/9, VII-6/72, VIII-3/45, XI-13/90, XI 14/9, XII-9/3, XII-17/2. Фенологические наблюдения, агробиологические учеты, определение силы роста, степень вызревания побегов, зимостойкость, продуктивность побегов, расчетная урожайность, увологическая оценка урожая были проведены по общепринятым методикам [20-23].

#### Введение в культуру *in vitro* винограда

Черенки размером 40-50 см срезали в ноябре со спящими почками и апреле-мае с проросшими побегами (1-2 см) (рисунок 2). Основания черенков, срезанных в ноябре, погружали в емкость с водой на глубину 15 см. Верхушки черенков, не погруженные в воду, закрывали плотной, не пропускающей свет тканью для предотвращения преждевременного прорастания побегов. Черенки хранили в холодильной комнате при температуре 4°C в течение 2-3 месяцев, каждые 2-3 недели у черенков обновляли срезы и меняли воду.



Рисунок 1 – Полевая коллекция гибридных форм винограда



**Рисунок 2** – Черенки гибридов винограда

А – Черенки, срезанные в ноябре месяце со спящими почками;

Б – Хранение черенков в холодильной комнате; В – Проросшие черенки в полевых условиях

По истечении 2 и 3 месяцев черенки извлекли из холодильной комнаты, обработали мыльным раствором под проточной водой, после чего провели поверхностную стерилизацию раствором (1:1) отбеливателя «Белизна» в течение 5 мин. Проращивание черенков осуществляли в лабораторной комнате при естественном освещении в емкостях с водой при температуре  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ , у черенков еженедельно меняли срез, ежедневно обновляли воду.

Для инициации в культуру *in vitro* использовали побеги размером 1-2 см, пророщенные из спящих почек в лабораторных условиях и побеги такого же размера, взятые в полевых условиях. Побеги промывали с мылом, после чего обрабатывали 0,1%  $\text{HgCl}_2$  в стерильных условиях ламинарного бокса в течение 5, 7 и 10 мин.

#### *Микроклональное размножение винограда*

Оптимизирован состав питательной среды для инициации винограда в культуру *in vitro* и микроклонального размножения. При приготовлении питательной среды использовали минеральные компоненты по Мурасиге и Скугу (МС) [25]. Варьировали состав и концентрацию фитогормонов, а также кислотность питательной среды:

1) МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 1 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП), 0,1 мг/л индолил-

масляной кислоты (ИМК), 0,5 мл/л гибберелловой кислоты (ГК), 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,7; 2) МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 1 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК, 0,1 мл/л ГК, 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,3; 3) МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 0,5 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК, 0,1 мл/л ГК, 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,7; 4) МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 0,5 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК, 1 мг/л ГК, 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,7; 5) МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 0,5 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК, 0,1 мл/л ГК, 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,3; 6) МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 0,5 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК, 0,1 мл/л ГК, 2 мг/л Plant Preservative Mixture™ (PPM™), 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,7; 7) МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 1 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК, 0,1 мл/л ГК, 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,7; 8) МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 1 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК, 0,1 мл/л ГК, 1 мг/л тидиазурона (ТДЗ), 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,7; 9) МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 0,8 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК, 0,1 мл/л ГК, 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,7; 10) МС с добавлением 30 г/л сахарозы, 0,8 мг/л БАП, 0,1 мг/л ИМК, 0,1 мл/л ГК, 1 мг/л ТДЗ, 1,5 г/л джелрайта, 4 г/л агара, pH 5,7.



Растения *in vitro* культивировали при температуре  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ , освещенность  $40 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , фотопериод 16/8. Пересадку проводили с интервалом 3-5 недель.

Все побеги, инициированные в культуру *in vitro* были протестированы на наличие эндофитной микрофлоры на специализированной среде 523: 10 г/л сахарозы, 8 г/л гидролизата казеина, 4 г/л дрожжевого экстракта, 2 г/л  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 0,15 г/л  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 6 г/л джелрайта, pH 6,9 [23]. Побеги, у которых в течение 1-2 недель обнаруживали помутнение среды или же рост колоний, отбраковывались из-за наличия контаминации.

Коэффициент размножения (КР) *in vitro* побегов рассчитывали по формуле:  $R = a/bc$  («а» – количество новых побегов, «в» – количество исходных побегов; «с» – количество пассажиров).

В исследованиях по расчету КР использовали по 5 *in vitro* побегов, эксперимент проводили трехкратно ( $n=15$ ). Статистический анализ проводили, согласно методикам, описанным в пособии Г.Ф. Лакина и в программном пакете SYSTAT [26].

## Результаты и обсуждение

### Полевые исследования гибридов винограда

В КазНИИПО проводится селекционная работа по увеличению сортимента винограда по созданию новых столовых сортов, отличающимися: крупными плодами, разным сроком созревания, устойчивостью к болезням, хорошей транспортабельностью, которые могли бы конкурировать с известными коммерческими сортами. В результате данной работы создана гибридная коллекция винограда столового направления, из которой отбираются лучшие образцы, готовые для передачи на сортоиспытание. Следует отметить, в 2023 году в первой декаде марта температура воздуха днем поднималась до  $+10+15^\circ\text{C}$ , однако в апреле-мае в период цветения возвратные заморозки до  $-3^\circ\text{C}$  привели к гибели молодых растений винограда в Алматинской области. В результате фенологические наблюдения 2023 года проводили только в Туркестанской области. У всех гибридных форм степень перезимовки была выше 60%, распускание почек у гибридных форм выявлено с 19 по 24 марта.

По итогам фенологических наблюдений в 2021-22 гг. в Алматинской и Туркестанской областях из селекционного фонда выделено 5 перспективных гибридных форм винограда. По средней массе гроздей 450-480 г отобраны ги-

бридные формы: KV-2/35, КП-1/29. По урожайности с куста – 5,7 кг выделена гибридная форма – KV-2/35. Проведена дегустационная оценка гибридных форм по содержанию сахара в ягодах во время съема урожая. Сахаристость сока ягод у гибридных форм KV-2/35 – 19%, DV-10/11 и КП-1/29 – 18%. В результате по комплексу хозяйственно-ценных признаков для передачи в первичное сортоиспытание выделены 3 гибридных формы винограда: KV-2/35, КП-1/29 и DV-10/11.

### Введение в культуру *in vitro* винограда

По результатам исследования по проращиванию побегов из спящих почек у гибридов винограда были сделаны выводы, что у черенков после 2 месяцев хранения при температуре  $4^\circ\text{C}$  процент проросших побегов составил – 30,1%, тогда как после 3 месяцев хранения процент прорастания был несколько выше – 50,4%. Прорастание было достаточно медленное, первые побеги появились только на 18 день.

Было выявлено, что оптимальной длительностью стерилизации побегов, полученных из пророщенных в лабораторных условиях черенков винограда, является обработка в (0,1%)  $\text{HgCl}_2$  в течение 5 мин. При данной обработке некроз побегов составил – 58,2%, инфицированность – 14,6%, процент жизнеспособности – 27,2%. При обработке в  $\text{HgCl}_2$  длительностью 7 мин процент некроза увеличивался до 78,9%, при 10-минутной обработке до 95,4%. Для побегов, проросших в условиях питомника оптимальной длительностью стерилизации, была обработка в (0,1%)  $\text{HgCl}_2$  в течение 7 мин (жизнеспособность 20,6%) (рисунок 3А).

Ключевой момент микроклонального размножения – контроль чистоты эндофитной инфицированности пробирочных растений. В результате проверки на специализированной среде 523 было установлено, что все введенные в культуру *in vitro* побеги винограда, были асептическими (рисунок 3Б).

### Микроклональное размножение винограда

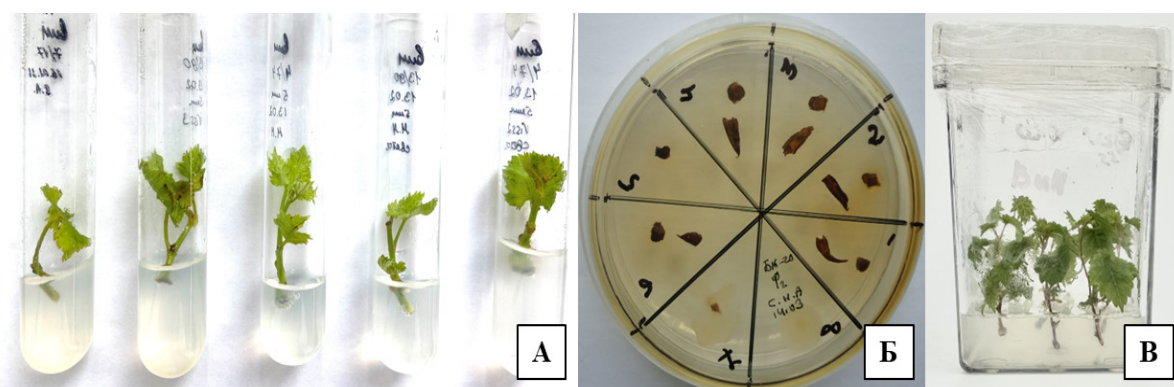
Оптимизированный состав, с верно подобранными концентрациями компонентов оказывает решающее значение на КР и качество развития растений при инициации в культуру *in vitro* и микроклональном размножении [11-13,17,19,27-28]. В результате данного исследования были протестированы 10 вариаций питательных сред, коэффициент размножения винограда, на которых представлен в таблице 1.

Для микроклонального размножения винограда было испытано 2 варианта кислотности

питательной среды: 5,3 и 5,7. В результате установлено, что pH 5,7 является оптимальным.

Многие виды растений характеризуются высоким уровнем контаминации при инициации в культуру *in vitro* [16,24,29]. Бактерицид широкого действия РРМ™ позволяет освободить пробирочные растения от эндофитной

инфекции, тем не менее в данном исследовании это привело к некрозу *in vitro* побегов [20,31]. В дальнейшем было выявлено, что процент инфицированности побегов оказался достаточно низким, поэтому не было необходимости в последующей оптимизации концентрации РРМ™.



**Рисунок 3** – Введение винограда в культуру *in vitro*

- А – Развитие побегов после стерилизации в растворе  $HgCl_2$  в течение 5 мин;  
 Б – Проверка растений на наличие инфицированности на среде 523;  
 В – Побеги гибрида винограда KV-2/35 на питательной среде № 7

**Таблица 1** – Влияние состава питательной среды на коэффициент размножения винограда в культуре *in vitro*

Вариант питательной среды	Кол-во культивируемых побегов, шт.	Кол-во регенерировавшихся побегов, шт.	Среднее значение Коэффициент размножения, $P=a/bc$	DV-10/11		KV-2/35	
				Кол-во культивируемых побегов, шт.	Кол-во регенерировавшихся побегов, шт.	Среднее значение Коэффициент размножения, $P=a/bc$	Среднее значение Коэффициент размножения, $P=a/bc$
1	15	30	$2,0 \pm 0,3^a$	15	31	$2,1 \pm 0,2^a$	$2,1 \pm 0,2^a$
2	15	18	$1,2 \pm 0,3^{bc}$	15	18	$1,2 \pm 0,3^{bc}$	$1,2 \pm 0,3^{bc}$
3	15	23	$1,5 \pm 0,6^b$	15	24	$1,6 \pm 0,6^b$	$1,6 \pm 0,6^b$
4	15	23	$1,5 \pm 0,3^b$	15	23	$1,5 \pm 0,3^b$	$1,5 \pm 0,3^b$
5	15	15	$1,0 \pm 0,2^c$	15	17	$1,1 \pm 0,2^c$	$1,1 \pm 0,2^c$
6	15	9	$0,6 \pm 0,4^d$	15	10	$0,7 \pm 0,4^{cd}$	$0,7 \pm 0,4^{cd}$
7	15	31	$2,1 \pm 0,3^a$	15	32	$2,1 \pm 0,3^{ac}$	$2,1 \pm 0,3^{ac}$
8	15	30	$2,0 \pm 0,1^a$	15	30	$2,0 \pm 0,1^a$	$2,0 \pm 0,1^a$
9	15	27	$1,8 \pm 0,1^{ab}$	15	27	$1,8 \pm 0,1^{ab}$	$1,8 \pm 0,1^{ab}$
10	15	27	$1,8 \pm 0,2^{ab}$	15	28	$1,9 \pm 0,2^a$	$1,9 \pm 0,2^a$

Источник: исследования авторов.

Примечание – значения P, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой при  $p \leq 0,05$

Из литературных источников известно, что на регуляцию роста *in vitro* побегов влияет БАП. Были исследованы следующие его concentra-

ции – 0,5 мг/л, 0,8 мг/л и 1,0 мг/л, установлено, что увеличение концентрации этого фитогормона приводит к образованию новых побегов. На

повышение КР влияет также естественный гормон роста ГК. Увеличение концентрации ГК в данных экспериментах на КР и качество побегов влияния не оказало. При добавлении в питательную среду ТДЗ, который также является регулятором роста и способствует органогенезу растений, каких-либо изменений во внешнем состоянии и увеличении КР у побегов не было отмечено.

Установлено, что для гибридов DV-10/11 и KV-2/9 КР на питательных средах: № 1, 7, 8 был максимальным. В результате выделена питательная среда №7, на которой показатели КР и качества пробирочных растений у обоих образцов было наилучшими. Кроме того, на этом варианте питательной среды внешнее состояние растений было несколько лучше, побеги *in vitro* отличались интенсивной окраской, не было отмечено витрифицированных побегов и некроза работа по оптимизации состава питательной среды продолжается (рисунки 3В).

## Выводы

В результате многолетней селекционной работы в ТОО «КАЗНИИИПО» создан гибридный фонд винограда столового направления. Проведены фенологические наблюдения и по комплексу хозяйственно-ценных признаков 3 гибридных форм винограда: KV-2/35, КП-1/29 и DV-10/11, которые готовы для передачи в первичное сортоиспытание.

В результате исследований по проращиванию побегов из спящих почек у гибридов винограда было установлено, что после 3 месяцев хранения при температуре 4°C процент прорастания выше (50,4%), чем у черенков после 2 месяцев хранения (30,1%).

Наиболее оптимальной длительностью стерилизации побегов, полученных из пророщенных в лабораторном помещении черенков, является обработка в течение 5 мин в (0,1%)  $HgCl_2$  (процент регенерации – 27,2%). При обработке в  $HgCl_2$  длительностью 7 мин и 10 мин отмечен высокий процент некроза: 78,9% и 95,4% соответственно. Для побегов, проросших в питомнике оптимальной длительностью стерилизации, была обработка в течение 7 мин в (0,1%) растворе  $HgCl_2$  (20,6% жизнеспособных побегов).

Не выявлена контаминация *in vitro* побегов винограда после контроля чистоты на специализированной среде 523.

Для микроклонального размножения были протестированы 10 вариантов питательных сред. Установлено, что pH 5,7 является оптимальным для роста и развития *in vitro* побегов. Добавление в питательную среду бактерицида РРМ™ вызывало некроз пробирочных растений. Увеличение концентрации БАП до 1,0 мг/л благоприятствовало появлению новых побегов. Увеличение концентрации ГК и ТДЗ на КР и качество побегов влияния не оказало.

Выявлено, что для гибридов винограда DV-10/11 и KV-2/9 высокий КР был на питательной среде: № 1, 7, 8. Была выделена питательная среда №7, качество растений и КР было наилучшим для обоих образцов.

## Источник финансирования

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках Научно-технической программы BR18574149, ИРН проекта: 0123РК00028

## Литература

- 1 Chupradit S., Huy D.T.N., Hachem K., Shichiyakh R.A., Bokov D., Mahmudiono T., Al-Rekaby H.Q. Kadhim M.M., Than-gavelu L. Agrobiological evaluations of newly introduced grapes varieties under climatic conditions of the south of Kazakhstan// *Braz. J. Biol.* – 2022.- P. 84.
- 2 Основные положения Генеральной схемы организации территории Республики Казахстан от 30 декабря 2013 года. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1300001434>
- 3 Отчет Комитета по управлению земельными ресурсами МСХ РК за 2020 год <https://adilet.zan.kz/rus/docs/G16F0000236>
- 4 This P., Jung A., Voccacci P., Borrego J., Botta R., Costantini L. et al. Development of a standard set of microsatellite reference alleles for identification of grape cultivars // *Theoretical and Applied Genetics.* – 2004. – Vol. 109(7). – P. 1448-58.
- 5 Koldenkova K., Esmacel Q., Jacquard C., Nowak J., Clément Ch., Ait Barka E. *Plasmopara viticola* the Causal Agent of Downy Mildew of Grapevine: From Its Taxonomy to Disease Management // *Frontiers in Microbiology.* – 2022
- 6 Gessler C., Pertot I., Perazzolli M. *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management // *Phytopathologia Mediterranea.* – 2011. – Vol. 50. P. 3-44.
- 7 Foria S., Monte C., Testolin R., Di Gaspero G., Cipriani G. Pyramiding resistance genes in grape: a breeding program for the selection of elite cultivars // *Acta Horticulturae.* – 2019. – Vol. 1248. – P. 549-554.

- 8 Eibach R., Zyprian E., Welter L., Töpfer R. The use of molecular markers for pyramiding resistance genes in grapevine breeding // *Vitis*. – 2007. – Vol. 46(3). – P. 120-124.
- 9 Plant Tissue Culture, Development, and Biotechnology. Eds. R.N. Trigiano and D.J. Gray. CRC Press. Taylor & Francis Group. USA, 2011. – 583 p.
- 10 Al-Aizaria A.A., Al-Obeeda R.S., Mohamed M.A.H. Improving micropropagation of some grape cultivars via boron, calcium and phosphate // *Electronic Journal of Biotechnology*. – 2020. – Vol. 48. – P. 95-100.
- 11 Kryukov L.A., Vodolazhsky D.I., Kamenetsky-Goldstein R. Micropropagation of Grapevine and Strawberry from South Russia: Rapid Production and Genetic Uniformity // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12(2). – P. 308.
- 12 Рябушкина Н.А., Жунусова Ж.М., Ерболова Л., Берестнева Л.А., Галиакпаров Н.Н. Микрклональное размножение перспективных сортов винограда, созданных в Казахстане // *Biotechnology Theory and practice*. – 2012. – № 1. – С. 41–50.
- 13 Kovalchuk I.Yu., Uspanova G.K., Chukanova N.I., Turdiyev T.T., Frolov S.N. Optimization of clonal micro-propagation of some grape varieties // *Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan*. – 2013. – № 2 (48). – P. 126-131.
- 14 Kushnarenko SV, Romadanova NV, Aralbayeva MM, Zholamanova SZ, Alexandrova AM, Karpova O. Combined ribavirin treatment and cryotherapy for efficient Potato Virus M and Potato Virus S eradication in potato (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro* shoots // *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant*. – 2017. – Vol. 53(361). – P. 1-8.
- 15 Ромаданова Н.В., Нурманов М.М., Махмутова И.А., Кушнаренко С.В. Производство супер-элитных саженцев сортов и клоновых подвоев яблони // *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный)*. – 2017. – № 3(98). – С. 4-13.
- 16 Romadanova N.V., Mishustina S.A., Matakova G.N., Kuhsnarenko S.V., Rakhimbaev I.R., Reed B.M. *In vitro* collection of *Malus* shoot cultures for cryogenic bank development in Kazakhstan // *Acta Horticulturae*. – 2016a. – Vol. 1113. – P. 271-277.
- 17 Romadanova N.V., Mishustina S.A., Gritsenko D.A., Omasheva M.Y., Galiakparov N.N., Reed B.M., Kushnarenko S.V. Cryotherapy as a method for reducing the virus infection of apples (*Malus* sp.) // *CryoLetters*. – 2016b. – Vol. 37(1). – P. 1-9.
- 18 Romadanova N., Kushnarenko S., Karasholakova L. Development of a common PVS2 vitrification method for cryopreservation of several fruit // *In Vitro Cellular & Developmental Biology*. – 2017. – Vol. 53(4). – P. 382-393.
- 19 Ромаданова Н.В., Кушнаренко С.В. Сохранение биоразнообразия растений методами биотехнологии // *Труды по прикладной ботанике*. – 2023. – № 184(1). – С. 239-248.
- 20 Лазаревский М.А. Изучение сортов винограда. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1965. – 151 с.
- 21 Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Мarmorштейн А.А. Методы исследований в виноградарстве: Учебное пособие. Краснодар ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2021. – 147 с.
- 22 Suter B., Irvine A.D., Gowdy M., Dai Z., Leeuwen C. Adapting Wine Grape Ripening to Global Change Requires a Multi-Trait Approach // *Frontiers in Plant Science*. – 2021. -Vol. 12. – P. 1-17.
- 23 Амирджанов А.Г. и др. Оценка продуктивности сортов винограда и виноградников: методические указания. 2-е изд., перераб. и доп. Ялта: ИВиВ «Магарач», 2002. – 46 с.
- 24 Viss P.R., Brooks E.M., Driver J.A. A simplified method for the control of bacterial contamination in woody plant tissue culture // *In Vitro Cell. Development Biol*. – 1991. Vol. 27. – P. 42.
- 25 Murashige T. and Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture // *Physiol Plant*. – 1962. – Vol. 15. – P. 473-479.
- 26 Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов / 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1990. – 352 с.
- 27 Трускинов Э.В. Культура *in vitro* как современный способ воспроизведения, сохранения и интродукции вегетативно размножаемых растений // *Биолог. разнообразие. Интродукция растений*. – 2007. – С. 85.
- 28 Kinfe B., Feyssa T., Bedada G. *In vitro* micropropagation of grape vine (*Vitis vinifera* L.) from nodal culture // *African Journal of Biotechnology*. – 2017. – Vol. 16(43). P. 2083-2091.
- 29 Unger S., Büche C., Boso S., Kassemeyer H.-H. The Course of Colonization of Two Different *Vitis* Genotypes by *Plasmopara viticola* Indicates Compatible and Incompatible Host-Pathogen Interactions // *Phytopathology*. – 2007. – Vol. 97(7). – P. 780-86.
- 30 Kushnarenko S., Aralbayeva M., Rymkhanova N., Reed B.M. Initiation pretreatment with Plant Preservative Mixture™ increases the percentage of aseptic walnut shoots // *In Vitro Cellular and Developmental Biology*. – 2022. – Vol. 58(6). – P. 964–971.
- 31 Romadanova N.V., Tolegen A.B., Kushnarenko S.V., Zholdybayeva E.V., Bettoni J.C. Effect of Plant Preservative Mixture™ on Endophytic Bacteria Eradication from *In Vitro*-Grown Apple Shoots // *Plants*. – 2022. – Vol. 11(19). – P. 2624.
- 32 Brilli M., Asquini E., Moser M., Bianchedi P.L., Perazzolli M., Si-Ammour A. A multi-omics study of the grapevine-downy mildew (*Plasmopara viticola*) pathosystem unveils a complex protein coding- and noncoding-based arms race during infection // *Scientific Reports*. – 2018. – P. 8.
- 33 Riaz S., Tenscher A.C., Rubin J., Graziani R., Pao S.S., Walker M.A. Fine-scale genetic mapping of two Pierce's disease resistance loci and a major segregation distortion region on chromosome 14 of grape // *Theor. Appl. Genet*. – 2008. – Vol. 117(5). – P. 671-681.
- 34 Saifert L., Sánchez-Mora F.D., Assumpção W.T., Zanghelini J.A., Giacometti R., Novak E.I., Dal Vesco L.L., Nodari R.O., Eibach R., Welter L.J. Marker-assisted pyramiding of resistance loci to grape downy mildew // *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. – 2018. – Vol. 53(5). – P. 602- 610.
- 35 Sánchez-Mora F.D., Saifert L., Zanghelini J., Assumpção W.T., Guginski-Piva C.A., Giacometti R., Novak E.I., Klabunde G.H., Eibach R., Dal Vesco L., Nodari R.O., Welter L.J. Behavior of grape breeding lines with distinct resistance alleles to downy mildew (*Plasmopara viticola*) // *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. – 2017. – Vol. 17(2). – P. 141- 149.

36 Sefc K.M., Lefort F., Grando Scott. K., Steinkellner H., Thomas M. Microsatellite markers for grapevine: A state of the art. Amsterdam: Kluwer Publishers, The Netherlands, 2001. – P. 407-438.

## References

- 1 Amirdzhanova A.G. I dr. « Ocenka produktivnosti sortov vinograda I vinogradnikov: metodicheskie ukazaniya [Assesment of the productivity of grape varieties and vineyards]. » Yalta:IVIv «Magarach», (2002): 46. (In Russian)
- 2 Al-Aizaria A.A., Al-Obeeda R.S., Mohamed M.A.H. (2020). Improving micropropagation of some grape cultivars via boron, calcium and phosphate. *Electronic Journal of Biotechnology*, vol. 48, pp. 95-100.
- 3 Brilli M., Asquini E., Moser M., Bianchedi P.L., Perazzolli M., Si-Ammour A. (2018). A multi-omics study of the grapevine-downy mildew (*Plasmopara viticola*) pathosystem unveils a complex protein coding- and noncoding-based arms race during infection. *Scientific Reports*, vol. 8.
- 4 Chupradit S., Huy D.T.N., Hachem K., Shichiyakh R.A., Bokov D., Mahmudiono T., Al-Rekaby H.Q. Kadhim M.M., Than-gavelu L. (2022). Agrobiological evaluations of newly introduced grapes varieties under climatic conditions of the south of Kazakhstan. *Braz. J. Biol.*, 84.
- 5 Eibach R., Zyprian E., Welter L., Töpfer R. (2007). The use of molecular markers for pyramiding resistance genes in grapevine breeding. *Vitis*, vol. 46(3), pp. 120-124.
- 6 Foria S., Monte C., Testolin R., Di Gaspero G., Cipriani G. (2019). Pyramidizing resistance genes in grape: a breeding program for the selection of elite cultivars. *Acta Horticulturae*, vol. 1248, pp. 549-554.
- 7 Gessler C., Pertot I., Perazzolli M. (2011). *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. *Phytopathologia Mediterranea*, vol. 50, pp. 3-44.
- 8 Kinfe B., Feyssa T., Bedada G. (2017). *In vitro* micropropagation of grape vine (*Vitis vinifera* L.) from nodal culture. *African Journal of Biotechnology*. vol. 16(43), pp. 2083-2091.
- 9 Koledenkova K., Esmael Q., Jacquard C., Nowak J., Clément Ch., Ait Barka E. (2022). *Plasmopara viticola* the Causal Agent of Downy Mildew of Grapevine: From Its Taxonomy to Disease Management. *Frontiers in Microbiology*, pp. 13.
- 10 Kovalchuk I.Yu., Uspanova G.K., Chukanova N.I., Turdiyev T.T., Frolov S.N. (2013). Optimization of clonal micro-propagation of some grape varieties. *Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan*, vol. 2 (48), pp. 126-131.
- 11 Kryukov L.A., Vodolazhsky D.I., Kamenetsky-Goldstein R. (2022). Micropropagation of Grapevine and Strawberry from South Russia: Rapid Production and Genetic Uniformity. *Agronomy*, vol. 12(2), pp. 308.
- 12 Kushnarenko SV, Romadanova NV, Aralbayeva MM, Zholamanova SZ, Alexandrova AM, Karpova O. (2017). Combined ribavirin treatment and cryotherapy for efficient Potato Virus M and Potato Virus S eradication in potato (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro* shoots. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant*, vol. 53(361), pp. 1-8.
- 13 Kushnarenko S., Aralbayeva M., Rymkhanova N., Reed B.M. (2022). Initiation pretreatment with Plant Preservative Mixture™ increases the percentage of aseptic walnut shoots. *In Vitro Cellular and Developmental Biology*, vol. 58(6), pp. 964–971.
- 14 Lazarevskii M.A. « Izucheniye sortov vinograda. [Study of grape varieties]. » Rosrov- na- Dony:Izd-vo RGU, (1965): 151. (In Russian)
- 15 Lakin G.F. «Biometriya: Uchebnoe posobie dlya biol.spec.vyzov/ 4-e izd., pererab. i dop. [Biometrics: Textbook for biol. specialist. universities / 4th ed., revised. and additional]. » M.: Vyssh. Shkola, (1990): 352
- 16 Murashige T. and Skoog F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol Plant*, vol. 15, pp. 473-479.
- 17 Osnovnye polozeniya general'noy skhemy organizatsii territorii respubliki Kazahstan ot 30 dekabrya 2013 goda. [The main provisions of the general scheme for organizing the territory of the Republic of Kazakhstan dated December 30, 2013] <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1300001434> (In Russian)
- 18 Otchet komiteta po upravleniyu zemel'nymi resursami MSKH RK za 2020 god. [Report of the Land Management Committee of the Ministry of Agriculture, 2020] (In Russian)
- 19 Petrov V.S., Aleynikova G.Y., Marmorshtein A.A. «Metody issledovaniy v vinogradarstve: Uchebnoe posobie [Research metods in viticulture] » Krasnodar FGBNU SCFNCSVV, (2021): 147. (In Russian)
- 20 Plant Tissue Culture, Development, and Biotechnology. (2011). Eds. R.N. Trigiano and D.J. Gray. CRC Press. Taylor & Francis Group. USA. 583 p.
- 21 Riaz S., Tenscher A.C., Rubin J., Graziani R., Pao S.S., Walker M.A. (2008). Fine-scale genetic mapping of two Pierce's disease resistance loci and a major segregation distortion region on chromosome 14 of grape. *Theor. Appl. Genet*, vol. 117(5), pp. 671-681.
- 22 Romadanova N.V., Nurmanov M.M., Mahmutova I. A., Kushnarenko S.V. « Proizvodstvo super elitnyh sazhencev sortov I klonovyh podvoyev yabloni [Production of super elite seedlings and clone rootstocks of apple trees] // Vestnik nauki Kazhskogo agrotehnicheskogo universiteta im. S. Seifullina (mezhdicciplinaryni). No. 3(98). (2017): 4-13. (In Russian)
- 23 Romadanova N.V., Mishustina S.A., Matakova G.N., Kuhsnarenko S.V., Rakhimbaev I.R., Reed B.M. (2016a). *In vitro* collection of *Malus* shoot cultures for cryogenic bank development in Kazakhstan. *Acta Horticulturae*, vol. 1113, pp. 271-277.
- 24 Romadanova N.V., Mishustina S.A., Gritsenko D.A., Omasheva M.Y., Galiakparov N.N., Reed B.M., Kushnarenko S.V. (2016b). Cryotherapy as a method for reducing the virus infection of apples (*Malus* sp.). *CryoLetters*, vol. 37(1), pp. 1-9.
- 25 Romadanova N., Kushnarenko S., Karasholakova L. (2017). Development of a common PVS2 vitrification method for cryopreservation of several fruit. *In Vitro Cellular & Developmental Biology*, vol. 53(4), pp. 382-393.

- 26 Romadanova N.V., Kushnarenko S.V. «Sohranenie bioraznoobraziya rastenii maetodami biotehnologii [Conservation of plant biodiversity by biotechnological methods].» // Trydy po prikladnoy botanike. No. 184(1). (2023): 239-248. (In Russian)
- 27 Romadanova N.V., Tolegen A.B., Kushnarenko S.V., Zholdybayeva E.V., Bettoni J.C. (2022). Effect of Plant Preservative Mixture™ on Endophytic Bacteria Eradication from *In Vitro*-Grown Apple Shoots. *Plants*, vol. 11(19), pp. 2624.
- 28 Ryabushkina N.A., Zhunusoca Zh. M., Erbolova L., Berestneva L.A., Galiakparov N.N. “ Mikroklonal'noe razmnozhenie perspektivnykh sortov vonograda sozdannykh v Kazahstane [Micropropagation of promising grape varieties created in Kazakhstan]. ” // *Biotechnology Theory and practice*. No 1. (2012): 41-50. (In Russian)
- 29 Saifert L., Sánchez-Mora F.D., Assumpção W.T., Zanghelini J.A., Giacometti R., Novak E.I., Dal Vesco L.L., Nodari R.O., Eibach R., Welter L.J. (2018). Marker-assisted pyramiding of resistance loci to grape downy mildew. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 53(5), pp. 602- 610.
- 30 Sánchez-Mora F.D., Saifert L., Zanghelini J., Assumpção W.T., Guginski-Piva C.A., Giacometti R., Novak E.I., Klabunde G.H., Eibach R., Dal Vesco L., Nodari R.O., Welter L.J. (2017). Behavior of grape breeding lines with distinct resistance alleles to downy mildew (*Plasmopara viticola*). *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, vol. 17(2), pp. 141- 149.
- 31 Sefc K.M., Lefort F., Grando Scott. K., Steinkellner H., Thomas M. (2001). Microsatellite markers for grapevine: A state of the art. Amsterdam: Kluwer Publishers, The Netherlands, pp. 407-438.
- 32 Suter B., Irvine A.D., Gowdy M., Dai Z., Leeuwen C. (2021). Adapting Wine Grape Ripening to Global Change Requires a Multi-Trait Approach. *Frontiers in Plant Science*, vol. 12:624867, pp. 1-17.
- 33 This P., Jung A., Boccacci P., Borrego J., Botta R., Costantini L. et al. (2004). Development of a standard set of microsatellite reference alleles for identification of grape cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 109(7), pp. 1448-58.
- 34 Truskinov E.V. “Kul'tura in vitro kak sovremennyj sposob vosproizvedeniya, sohraneniya i introdukcii vegetativno razmnozhaemykh rastenij [In vitro culture as a modern way of reproduction, conservation and introduction of vegetatively propagated plants]. » // *Biolog. raznoobrazie. Introdukciya rastenij*. (2007):85
- 35 Viss P.R., Brooks E.M., Driver J.A. (1991). A simplified method for the control of bacterial contamination in woody plant tissue culture. *In Vitro Cell. Development Biol.*, vol. 27, pp. 42.
- 36 Unger S., Büche C., Boso S., Kassemeyer H-H. (2007). The Course of Colonization of Two Different *Vitis* Genotypes by *Plasmopara viticola* Indicates Compatible and Incompatible Host-Pathogen Interactions. *Phytopathology*, vol. 97(7), pp. 780-6.

А. Ахмет<sup>1</sup> , А.У. Исаева<sup>1\*</sup> , Ж.К. Оспанова<sup>2</sup> , К.Б. Тлегенова<sup>3</sup> ,  
Ж.Ш. Рахимбердиева<sup>1</sup> , А.И. Жумадулаева<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, Шымкент қ.

<sup>2</sup>Орталық Азия инновациялық университеті, Қазақстан, Шымкент қ.

<sup>3</sup>Шымкент университеті, Қазақстан, Шымкент қ.

\*e-mail: Aina\_756@mail.ru

## ҚҰРАМЫНДА ФОСФОР БАР ТЕХНОГЕНДІК ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ ГИДРОБИОНТТАРҒА ӘСЕРІ

Құрамында фосфор бар қалдықтардың гидробионт ағзаларға әсері бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. Құрамында фосфор бар қалдықтардың (шламдар мен шлактар) гидробионттарға әсерін зерттеу кезінде гидробионттардың әртүрлі жүйелі топтары тест-нысан ағзалар ретінде пайдаланылды: диатомды балдырлар: *Sinedra ulna*, *Navicula gracilis*, *Amphora ovalis*, *Pinnularia viridis*, бір жасушалы жасыл балдырлар: *Scenedesmus quadricauda*; *Scenedesmus protuberans*, *Chlorococcum sp.*, *Chlorella vulgaris*, цианобактериялар: *Oscillatoria limosa*, қарапайымдылардан: *Amoeba proteus*, *Amoeba limax*, *Euglypha acanthophora*, *Paramecium sp.*, *Vorticella convallaria*, омыртқасыздар: *Colpoda steinii*, *Rotatoria*, *Callidina*, *Aeolosoma*, *Nematoda*. Құрамында фосфор бар қалдықтардың сынамаларының уыттылығын биотестілеу арқылы бағалау нәтижелері планктонды және бентосты ағзаларға уытты әсері сандық-сапалық параметрлеріне байланысты екенін көрсетті. Құрамында фосфор бар шлактар мен шламдардың  $1,0 \pm 0,1\%$  концентрациясы тест-ағзаларға белсенділіктерін артатын әсері бар концентрация екені анықталды, қалдықтар концентрациясының одан әрі  $10,0 \pm 0,9\%$  дейін артуы уытты әсер етеді. Сонымен қатар, құрамында фосфор бар шлам шлаққа қарағанда улы болып табылды. *Synedra ulna*, *Amphora ovalis*, *Rotatoria*, *Callidina sp.*, индикатор ағзалар ретінде анықталды.

**Түйін сөздер:** құрамында фосфор бар шлам, құрамында фосфор бар шлак, өткір уыттылық, созылмалы уыттылық, гидробионттар.

A. Akhmet<sup>1</sup>, A.U. Issayeva<sup>1\*</sup>, Zh.K Ospanova<sup>2</sup>, K. B. Tlegenova<sup>3</sup>,  
Zh.Sh. Rakhimberdiyeva<sup>1</sup>, A. I. Zhumadulayeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, Shymkent

<sup>2</sup>Central Asia Innovation University, Kazakhstan, Shymkent

<sup>3</sup>Shymkent University, Kazakhstan, Shymkent

\*e-mail: Aina\_756@mail.ru

### The effect of phosphorus-containing technogenic waste on hydrobionts

The results of studies on the effect of phosphorus-containing waste on hydrobiont organisms are presented. When studying the effects of phosphorus-containing waste (sludge and slag) on hydrobionts, different systematic categories of hydrobionts were used as test objects: species of diatoms: *Sinedra ulna*, *Navicula gracilis*, *Amphora ovalis*, *Pinnularia viridis*, unicellular green algae: *Scenedesmus quadricauda*; *Scenedesmus protuberans*, *Chlorococcum sp.*, *Chlorella vulgaris*, Cyanobacteria *Oscillatoria limosa*, protozoa: *Amoeba proteus*, *Amoeba limax*, *Euglypha acanthophora*, *Paramecium sp.*, *Vorticella convallaria*, invertebrates: *Colpoda steinii*, *Rotatoria*, *Callidina*, *Aeolosoma*, *Nematoda*. The results of biotesting samples of phosphorus-containing waste showed that the toxic effect on planktonic and benthic organisms depends on the quantitative and qualitative parameters of phosphorus-containing waste. It was found that the  $1,0 \pm 0,1\%$  concentration of phosphorus-containing sludges and slurries turned out to be non-toxic, a further increase in the concentration of waste to  $10,0 \pm 0,9\%$  has an acutely toxic effect. At the same time, phosphorus-containing sludge turned out to be more toxic than slag. Indicator species were identified: *Synedra ulna*, *Amphora ovalis*, *Rotatoria*, *Callidina*, which are eliminated from the composition of hydrobiocenosis.

**Key words:** phosphorus-containing sludge, phosphorus-containing slag, acute toxicity, chronic toxicity, hydrobionts.

А. Ахмет<sup>1</sup>, А.У. Исаева<sup>1\*</sup>, Ж.К. Оспанова<sup>2</sup>, К.Б. Тлегенова<sup>3</sup>,  
Ж.Ш. Рахимбердиева<sup>1</sup>, А.И. Жумадулаева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан, г. Шымкент

<sup>2</sup>Центрально-Азиатский инновационный университет, Казахстан, г. Шымкент

<sup>3</sup>Шымкентский университет, Казахстан, г. Шымкент

\*e-mail: Aina\_756@mail.ru

### Влияние фосфорсодержащих техногенных отходов на гидробионты

Приведены результаты исследований по влиянию фосфорсодержащих отходов на организмы-гидробионты. При изучении воздействия фосфорсодержащих отходов (шлама и шлака) на гидробионты, в качестве тест-объектов использовались разные систематические категории гидробионтов: виды диатомовых водорослей: *Sinedra ulna*, *Navicula gracilis*, *Amphora ovalis*, *Pinnularia viridis*, одноклеточных зеленых водорослей: *Scenedesmus quadricauda*; *Scenedesmus protuberans*, *Chlorococum sp.*, *Chlorella vulgaris*, цианобактерий *Oscillatoria limosa*, простейших: *Amoeba proteus*, *Amoeba limax*, *Euglypha acanthophora*, *Paramecium sp.*, *Vorticella convallaria*, беспозвоночных: *Colpoda steinii*, *Rotatoria*, *Callidina*, *Aeolosoma*, *Nematoda*. Результаты биотестирования проб фосфорсодержащих отходов показали, что токсическое влияние на планктонные и бентосные организмы зависит от количественно-качественных параметров фосфорсодержащих отходов. Установлено, что  $1,0 \pm 0,1\%$  концентрация фосфорсодержащих шлаков и шламов, оказалась не токсичной, дальнейшее увеличение концентрации отходов до  $10,0 \pm 0,9\%$  оказывает остро токсическое действие. При этом, фосфорсодержащий шлам оказался более токсичным, чем шлак. Выявлены индикаторные виды: *Synedra ulna*, *Amphora ovalis*, *Rotatoria*, *Callidina*, которые элиминируются из состава гидробиоценоза.

**Ключевые слова:** фосфорсодержащий шлам, фосфорсодержащий шлак, острая токсичность, хроническая токсичность, гидробионты.

### Кіріспе

Қазақстанда тау-кен өндірісін игеруден қалған минералдық техногенді қалдықтардың артуы ауқымды экологиялық мәселелерге айналған. Статистикалық мәліметтер бойынша республика төңірегінде 31,6 млрд т жуық өнеркәсіптік қалдықтар, оның ішінде 700 мың т астам құрамында фосфоры бар шлак қалдықтар жинақталған [1, 2]. Ашық ауа астында жатқан өндірістік улы қалдықтар жел, жаңбыр салдарынан жер асты және жер үсті су көздеріне өтіп, фитоценоз бен зооценоздарға, ең бастысы адамдар денсаулығына залалдар келтіреді [3,4]. Фосфор қосылыстары улы, оның 8,2-8,4 мг/л мөлшері ПДК –дан сегіз есе жоғары. м.ғ.д., профессор И.О. Байдаулет жүргізген медициналық зерттеулерінде өз шегінен асқан концентрацияда фосфор қосылыстары адамның жүйке, ас қорыту, тыныс алу, жүрек-тамыр, сүйек, репродуктивті және эндокриндік жүйелерінің функциясын зақымдап, ағазада интоксикация туындатқанын көрсеткен [5,6], ал фосфор 1,2 мг/л мөлшерде флюороз ауырын тудырады [7,8]. Улылығына қарамастан, фосфор су балдыры қорегінің негізгі көзі болып саналады, алайда оның ретсіз мөлшерінің артуы эвтрофикация үрдісін туғызады, салдарынан судағы биогеоді эле-

менттер жоғарылап, көк-жасыл балдырлардың көбеюіне әкеледі, олардан бөлінген токсиндерінің әсерінен оттегі жетіспеушілігі туындайды да су ағзаларының қырылуына себеп болады [9,10]. Әлемдік тәжірибелер минералдық техногендік түзілімдердің уыттылығын бағалауда биотестілеу әдісін тиімді екендігін көрсетті, негізгі нысан ретінде – тест-нысан ағзаларды қолданды. Биотестілеу мен биоиндикация саласындағы көптеген шетелдік және отандық зерттеулер, сонымен қатар фосфор қалдықтарының уыттылығын бағалау нәтижелері бойынша ғылыми жұмыстар кездеседі [11-15]. Шетелдік зерттеулерде фосфор қалдықтарының құрамында сирек жер элементтерінің (СЖЭ) мөлшері жоғары болатыны көрсетіледі [16,17], Шымкент қ. құрамында фосфоры бар қалдықтардың элементтік құрамында сирек жер элементтерінен, әсіресе La, Ce, Nd үлесі жоғары болатыны, фосфорлы қалдықтары құрамында таралған микроағзалар арқылы бағалы компоненттерді бөліп алудың тиімділігі зерттеліп, таныстырылды [18], сонымен қатар Шымкент қ. фосфор қалдықтарындағы микроағзалар популяциясының таралымы анықталды [19]. СЖЭ кейбір микроағзалар үшін уытты болып келуі мүмкін, қалдықтардың құрамында кездесетін басқа метал иондарына



тірі ағзалар сезімталдығы әртүрлі деңгейде болады [20-22]. Осыған орай зерттеу жұмысымыздың міндеттерінің бірі болып құрамында фосфоры бар қалдықтардың тест-нысан ағзаларға әсерін бағалау арқылы биологиялық қасиетін зерттеу болды.

### Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеудің негізгі нысаны ретінде Шымкент қ. орналасқан фосфорлы қалдықтар пайдаланылды. Биотестілеу жүргізуде тест-нысан ағза ретінде су ағзаларының әртүрлі жүйелік топтары қолданылды, олар: бір жасушалы жасыл микробалдырлар: *Scenedesmus quadricauda*; *Scenedesmus protuberans*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum sp.*, жасыл жіпшелі балдырлар: *Spirogyra porticalis*, *Cladophora glomerata*, әртүрлі бір жасушалы диатомды балдырлардың түрлері: *Synedra ulna*, *Navicula sp.*, *Amphora ovalis*, *Pinnularia viridis*, цианобактериялар *Oscillatoria limosa*, *Oscillatoria tenuis*, қарапайымдылар *Amoeba proteus*, *Euglypha acanthophora*, *Paramecium multinucleus*, *Vorticella convallaria*, омыртқасыздар: *Colpoda sp.*, *Rotatoria*, *Callidina*, *Aelosoma*, *Nematoda*.

Зерттеулерде қолданылған ыдыстар бактериологиялық бағдарламаланған автоклавта (СПГА-100-1-НН № 141) залалсыздандыру талаптарына сай залалсыздандырылды. Эксперименттер жүргізуде залалсыздандырылған 250 мл колбаларға шлак және шлам түріндегі фосфор қалдықтарынан сынамалар өлшеніп алынып, тығыздықтың сұйықтыққа (Т:С) 1:1 қатынасында 1,0±0,1%, 5,0±0,3%, 10,0±0,9% шлак және шлам қосылған ерітінділер дайындалды. Дайындалған ерітінділерді 30 мин. шайқалпада араластырылды, рН дәрежесі 7,0±0,7-8,5±0,8 әлсіз сілтілі дәрежені құрады.

*Таксономиялық зерттеулер:* Бентосты ағзалардың қалдықтардың уытына әсерленісін анықтау арнайы әдістемелік нұсқауларға сүйене отырып [23] жүргізілді, гидробионтты ағзалардың түрлік таксономиясын анықтауда арнайы анықтағыштар қолданылды [24, 25]. «Қошқар ата» өзенінен алынған гидробионттар аэраторлары бар шыны аквариумдарда өсірілді. Оңтайлы температура 22-25°C. Эксперименттер жүргізуде өткір (0-ден 3 сағатқа дейін) және созылмалы уыттылық (12, 24, 48, 96 сағат) бақыланды. Гидробионтты ағзалардың жалпы саны Друде шкаласымен бағаланды [26]. Фосфорлы шлам мен шлак үлгілерінің тест-нысан ағзаларға уыттылық

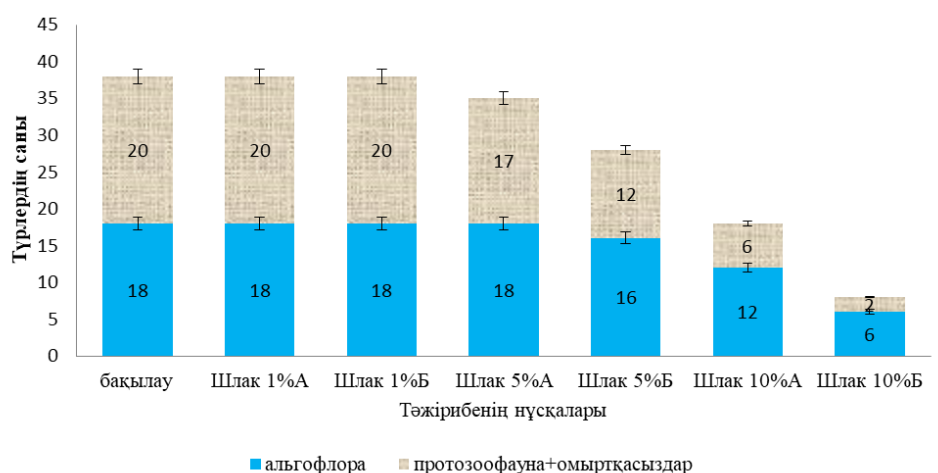
әсерін анықтауда жасушалардағы цитоплазма мен протопластарының өзгерісі, плазмолиз құбылысы, хроматофоралар мен жасушалардың түссізденуі, қоректену, әлсіз қозғалыс, хемотаксис, жасушалар морфологиясының және сандық көрсеткіштерінің өзгерісі, циста қабаттарының пайда болуы, бөліну, көбею, бейімдеушілік үрдістеріндегі өзгерістер бақыланып, есепке алынды. Гидробионтты ағзалардағы морфометрикалық өзгерістерді бақылау микроскопиялық әдістер арқылы жүргізілді, МСХ100 №3-101752 Micros (Austria), МикМед-5 (Ресей), Tayoda (Japan) маркалы микроскоптар пайдаланылды. Тәжірибелер үш реттен қайталанып, стандартты ауытқу мәнін  $0,95 > P > 0,80$  деңгейінде есептелінді. Әр тәжірибе бақылауға сәйкес келді. Бақылау ретінде таза су пайдаланылды.

*Статистикалық талдау.* Зерттеулердің статистикалық өңдеулерін жүргізуде Microsoft Excel 2010 компьютерлік бағдарламасының «деректерді талдау» қосымшасы қолданылды. Деректер жиынтығындағы айырмашылықтар дұрыстығын бағалауда 5% деңгейінде Стьюденттің t-критерийі қолданылып, есептелді [27].

### Зерттеу нәтижелері мен талдаулар

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей фосфор қалдықтарының (шлак, шлам) 1,0±0,1%, 5,0±0,3%, 10,0±0,9% концентрациясына тест-ағзалардың әсерленістері әртүрлі дәрежеде болды. Шлак түріндегі фосфор қалдықтардың уыттылық дәрежесін бағалауда 1,0±0,1% концентрация– тест-ағзаларға белсендіруші әсер беретіні, ал 10,0±0,9% концентрация шлам түрінде– уытты, тежеуші концентрация болып жүргізілген зерттеулер нәтижелері арқылы нақтыланды.

1,0±0,1% мөлшерде фосфор шлактарында бір жасушалы жасыл балдыр *C. vulgaris* қозғалыстары белсеніп, тіршілік әрекетіне ыңғайлы әсер беретіні анықталса, ал 5,0±0,3% концентрацияда 48 сағаттан кейін тест ағзаларда инцистирлену үрдісіне түсуі көбейіп, ағзаларға әлсіз уытты әсер беретіні анықталынды. Ал шлақтың 10,0±0,9 % көлемді мөлшерлі концентрациясы алғашқы 1-2 сағатта әлсіз плазмолиз әсері туындатады, өткір уыттылық белгісі байқалады. 24-48 сағат аралығында қарапайымдылардың сандық көрсеткіші «көп» көрсеткіштен «орташа» көрсеткішке төмендегені байқалды, тек қарапайымдылардың 10,0±0,9%, балдырлардың 33,4±0,3% тұрақтылық сақтай алды (1-сурет).



Ескерту: Шлак 1,0 % мөлшері А – 24 сағат; Шлак 1,0 % мөлшері Б – 48 сағат. Шлак 5,0% мөлшерлі концентрациясы А – 24 сағат; Шлак 5,0 % концентрациясы Б – 48 сағат. Шлак 10,0 % мөлшері А – 24 сағат; Шлак 10,0 % концентрациясы Б – 48 сағат.

**1-сурет** – Гидробионтты тест – ағзалардың түрлік және сандық құрамына фосфор қалдығы шлактардың әртүрлі концентрациясының әсері

Шлактың  $5,0 \pm 0,5\%$  мөлшерде алғашқы 1-2 сағатта тест-ағзаларда өткір уыттылық белгілері хроматофораларының жиырылуынан байқалды. 24-48 сағат аралығында құрттар туысының *Rotatoria*, *Callidina*, *Aeolosoma*, *Nematoda* өкілдері инцистирлену үрдісіне түсті. Кейбір қарапайымдылар жасушасы *P.aurelia*, *P.caudatum*, *P.putrinum*, *P.omrelia*, *P.multinucleus*, *S.mytilus*, *C.steinii*, *V.convallaria*, *B.lens* түссізденіп, қимыл қозғалыстары баяулағаны байқалса, бір жасушалалы микробалдырларда әлсіз плазмолиз реакциясы пайда болды.

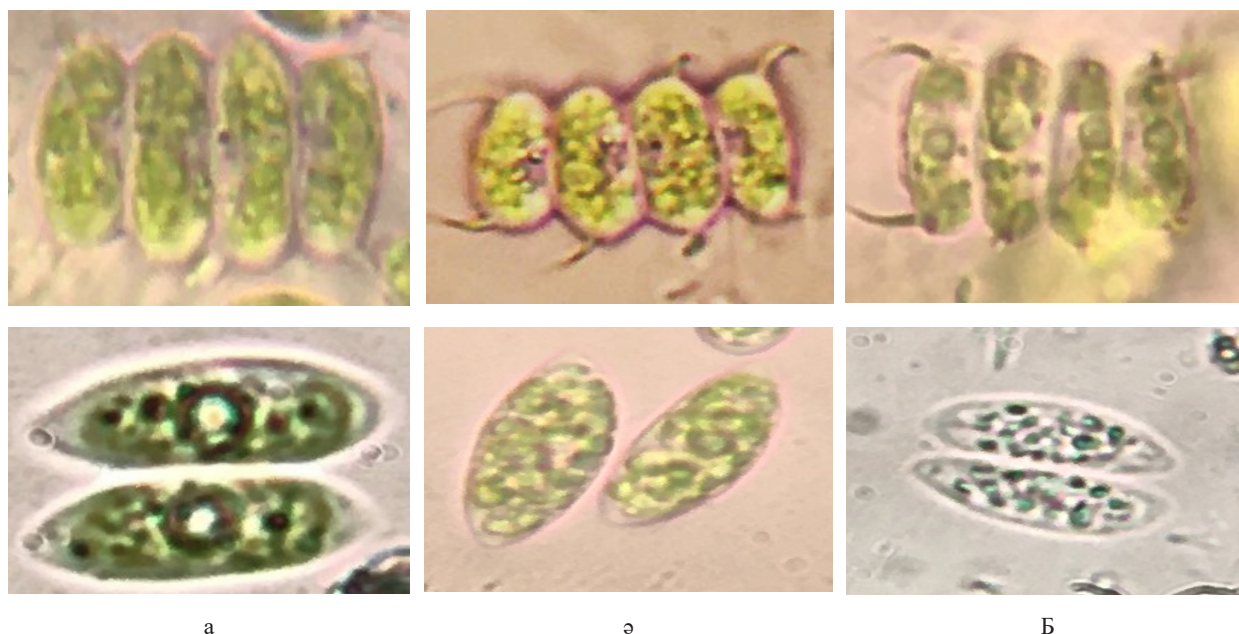
$10,0 \pm 0,9\%$  концентрацияда тест-ағзалардың жауап әсері, сезімталдығы әртүрлі болды. Алғашқы 1-2 сағатта өткір уыттылық нышаны олардың жасушасындағы хроматофораларының түйіршіктеліп, плазмолиз реакцияларына түсуінен көрінді (2-сурет). 24 сағат өткеннен кейін тест-нысандарда вакуолдердің жиырылуы, қозғалыс баяулауы, сондай-ақ қарапайымдар мен балдырлардың сандық көрсеткіштері «көп» көрсеткіштен «сирек» көрсеткіште төмендегендегені, кейбір тест-нысан ағзалардың мүлдем жойылғаны белгілі болды. Ал бұл ретте бір жасушалы жасыл балдырларлардың жасушаларында түссіздену үрдісінің нышаны пайда болды, цитоплазма, вакуолдері мен жасуша пішінінің созылуы байқалды. 48 сағаттан асканда бір жасушалы жасыл балдырлар мен цианобактерияларда бейімдеушілік реакцияларының

қалыптасуы, жасушалар санының артуынан көрініс алды. Ал цианобактериялар *O.limosa*, *O.teniis* қалдықтар уыттылықтың барлық концентрациясында тұрақтылық көрсетті, ағза жасушаларында ешқандай қарсы реакциялар байқалмады.

Алайда 48 сағаттық бақылау мен 30 күн аралағында *Chlorococcum sp.*, *C.vulgaris* балдырлар жасушасында бейімдеушілік реакциялар қалыптасқаны байқалды, тіршіліктік белсенділіктері артып, жасушалар санының көбеюі байқалынды (3-сурет), сандық бағалау көрсеткіші «өте көп» көрсеткішке жоғарылады. Осыған орай цианобактериялардан *O.limosa*, *O.teniis*, диатомды *P.tricornutum*, *C.ventricosa*, бір жасушалы жасыл балдырлар *Chlorococcum sp.*, *C.vulgaris* төзімділік деңгейі жоғары ағзалар қатарына жатқызылды.

2-ші зерттеу нысаны ретінде алынған фосфорлы шламның тест-ағзаларға уыттылық әсерін зерттеуден  $1,0 \pm 0,1\%$  -  $5,0 \pm 0,3\%$  әлсіз уытты,  $10,0 \pm 0,9\%$  концентрациядан жоғары уытты концентрация болып анықталды.

$1,0 \pm 0,1\%$  көлемді мөлшерлі концентрациясы бақылау нұсқамен салыстырғанда гидробионтты ағзалардың сандық көрсеткіші өзгеріссіз, алғашқы минуттарда тест-ағза жасушаларында әлсіз түйіршіктелу реакция нышаны байқалды, бұл құбылыс өткір уыттылық жауаптарымен түсіндірілді.



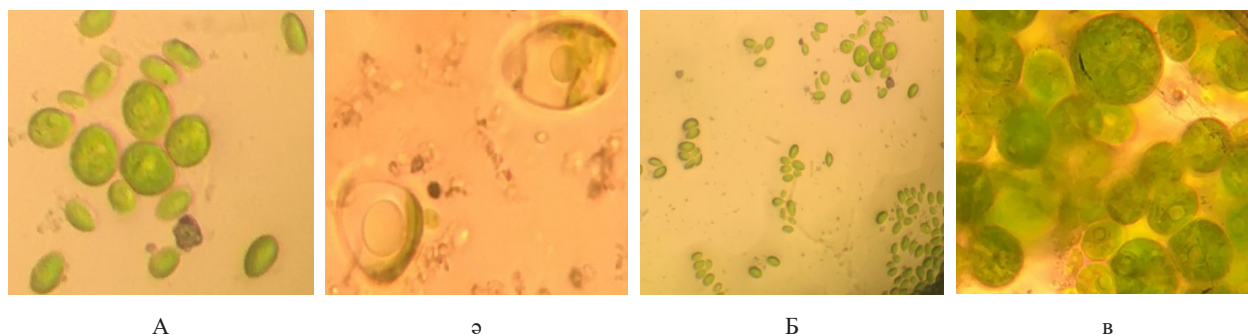
а

ә

Б

Ескерту: а – тәжірибеге дейінгі; ә, б – тәжірибеден кейінгі

2-сурет – Тест – ағзалар жасушасындағы әлсіз плазмолиз реакциялары



А

ә

Б

в

а – тәжірибеге дейінгі ; ә – 24 сағаттан кейінгі; б – 48 сағаттан кейінгі; в – 30 күнде.

3-сурет – *C. vulgaris* балдырының құрамында фосфоры бар қалдықтардың  $10,0 \pm 0,9$  % концентрациясында өсу динамикасы

$5,0 \pm 0,3$  % көлемді мөлшерлі концентрацияда 1-2 сағатта ағзалар жасушасында қарсы жауап әсерленістерінен өткір уыттылық белгілері пайда болғаны байқалды, хроматофораларының түйіршіктелуі, вакуоля жиырылуы, қозғалыс белсенділіктерінің төмендеуі байқалды. Өткір уыттылық әсері жасыл жіпшелі балдырлар *C. glomerata*, *S. porticalis* жасушасында орын алған плазмолиз реакциясынан байқалды (4-сурет). 24 тәуліктен асқанда тест-ағзалардың жасушалар саны орташа көрсеткішке төмендеп, кейбір ағзалар жойылғаны байқалды. Балдырлардың қозғалысы баяулайды, жасуша хроматофораларында түйіршіктелуі тітіркеністері орын алды.

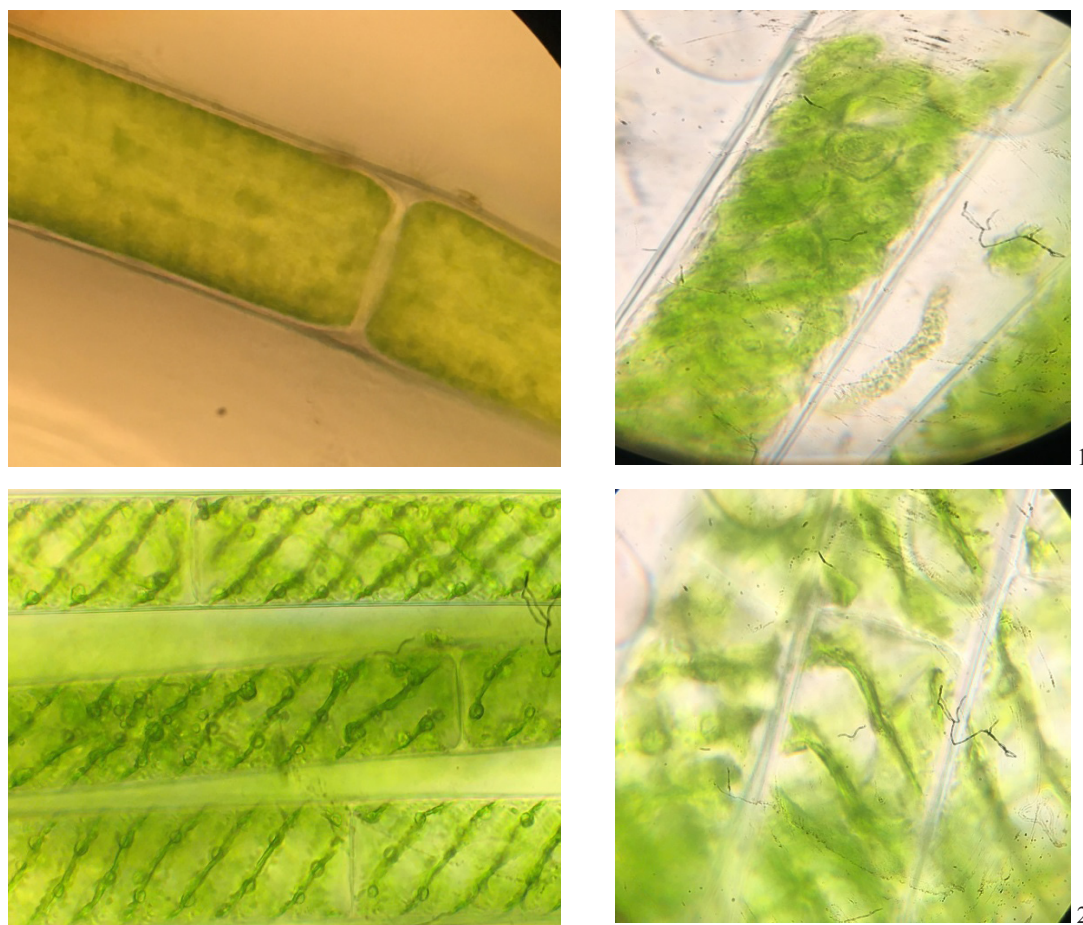
жасушасында пайда болған әлсіз плазмолиз реакциясынан көруге болады

24 сағатта қарапайымдар ағзасында созылмалы уыттылық әсері пайда болды, *A. proteus*, *A. limax*, *Aspidisca sp.*, *E. acanthophora*, *P. aurelia*, *P. caudatum*, жасушалары кішірейіп, қозғалыстары төмендегені орын алды, 48 сағат өткенде цисталанды. 24 сағатта бір жасушалы *S. quadricauda*, *S. protuberans* саны сирей түсті, ал қрттардан *Aeolosoma sp.*, *Nematoda sp.*, *Rotatoria sp.*, жасушалары жойылды, көрсетілген тест-ағзалар уыттылыққа төзімділігі төмен ағзалар қатарына жатқызылды. Созылмалы уыттылық белгілері 48 сағат көлемінде

білінді, балдырлар жасушасының хроматофоралары түйіршіктелуімен қатар, жасушалары түссізденді.

Ал  $10,0 \pm 0,9$  % концентрацияның уыттылық әсерін бақылауда алғашқы 1-2 сағаттағы өткір уыттылық әсері тест-ағзаларда әлсіз плазмолиз реакциясы арқылы көрінді. 24 сағатта бақылау нұсқасымен салыстырғанда  $10,0 \pm 0,9$  % шлам қосылған нұсқаларда тест-ағзаларда созылмалы уыттылық белгілері орын алды, бір жасушалы

жасыл балдырлар *Chlorococcum sp.*, *C. vulgaris* жасушалары түссіздене бастады. 48 сағаттан созылмалы уыттылық туындады, микробалдырлар *S. quadricauda*, *S. protuberans* пен диатомды балдырлардан *S. ulna*; *A. ovalis*. жасушалар құрылымы бұзылып, төзімсіздігі сандық көрсеткіштерінің төмендеуінен байқалды. Сандық көрсеткіштері «көп» көрсеткіштен «сирек» көрсеткішке түсті. 48 сағатта *S. quadricauda*, *S. protuberans*, кейбір құрттар ағзасы жойылды. (5-сурет).



а – бақылау (дейінгі), э – тәжірибе (кейінгі)

**4-сурет** – *C. glomerata* (1), *S. porticalis* (2) фосфорлы шламның  $5,0 \pm 0,3$  % көлемді мөлшерлі концентрациясына 1-2 сағатты өткір уыттылықтың әсеріне реакциясы

$10,0 \pm 0,9$  % концентрацияда қарапайымдылар ағзасы үшін де уытты саналды. Инфузориялылар типінің өкілдері уыттылыққа төзімділігі төмен ағзалар қатарына жатқызылды, себебі инфузориялылардың көпшілігі 24 сағатта жойылды, ал *E. viridis* жасушаларының өсу және даму көрсеткіші тұрақты болды. 30 күн

аралығында бейімдеушілік белгілері пайда болып, өміршендіктері түзілді. Олар: цианобактериялар *O. limosa*, *O. tenuis* мен жасыл балдырлар *Chlorococcum sp.*, *C. vulgaris* балдырлары тіршіліктік белсенділіктері мен қарқынды көбеюін қамтамасыз ететін бейімдеушілік реакциялары қалыптасып, бағалау көрсеткіші «өте

көп» көрсеткішке жоғарылағаны анықталды. Диатомды балдырлардың өкілдерінде плаз-моллиз реакциялары туындайды, жасушалары

түссізденіп, қозғалысы баяулады, 48 сағаттан кейін жасушаларда бейімдеушілік реакциялары қалыптасып, көбею үрдісі орын алды (сурет 6).



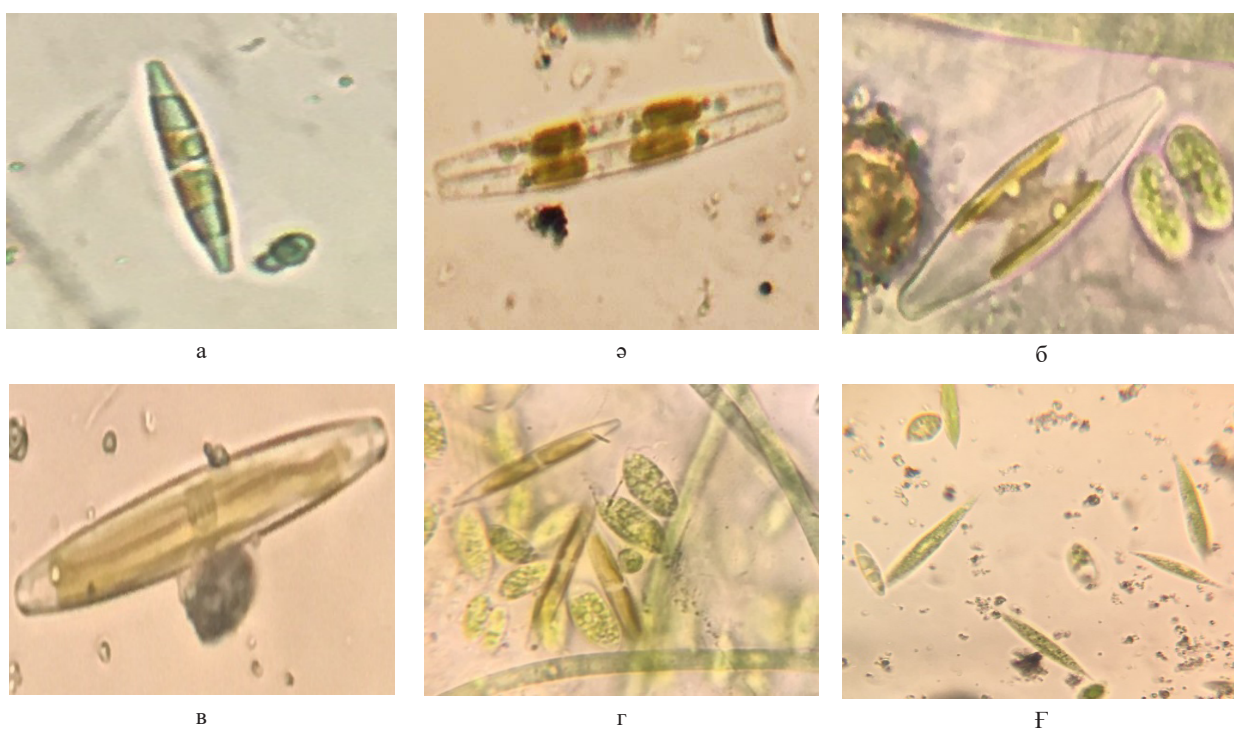
а – бақылау; ә – 24 сағат, б – 48 сағат  
а – бақылау (дейінгі); ә,б – тәжірибе (кейінгі)

**5-сурет** – Шламның 10,0±0,9 % концентрациясында диатомды балдырлар жасушасының тәжірибеге дейінгі және кейінгі жағдайы

*Crustacea* класының өкілдері *G. lacustris*, *D. magna* 5,0±0,3% концентрациясында қимыл-қозғалысы баяулап, шапшаңдығы төмендеді, ал 10,0±0,9 % концентрацияда, 24 сағаттан кейін леталды жағдайға ұшырады. Kosarev A. V. et al. [28] зерттеулерінде шаянтәрізділерден *D. magna* мен *S. quadricauda*

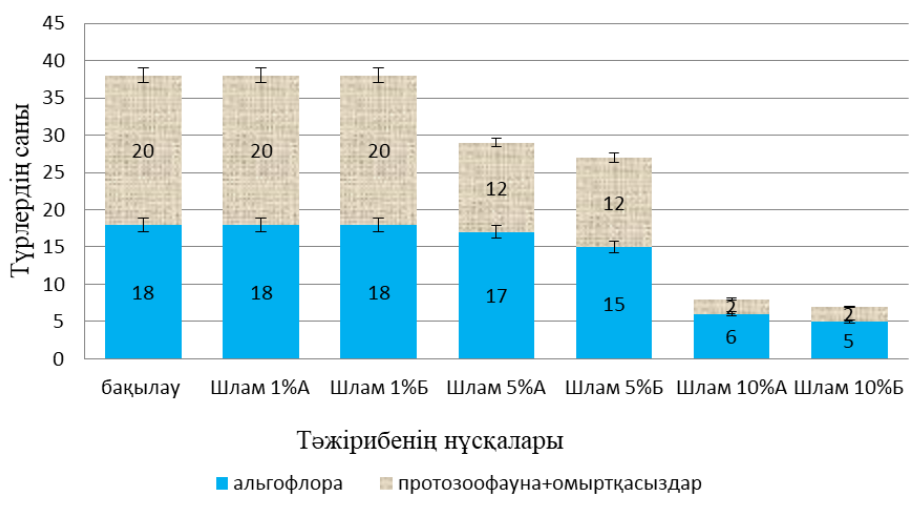
микробалдырлары  $Mn^{2+}$  0,05 мг/л концентрациясында сезімталдығы созылмалы уыттылық белгілерімен байқалған.

Шламның 10,0±0,9 % концентрациясында тест ағзалардың сандық көрсеткіші төмендеп, қарапайымдылардың, балдырлардың 27,7 % тіршілік қабілеттерін сақтап қалды (7-сурет).



а, в – бақылау (дейінгі) ә, б, г, ғ – тәжірибе (кейінгі)

**6-сурет** – Фосфор қалдықтарына диатомды балдырлардың реакциялары



Ескерту: Б – бақылау; А – 24 сағат; Б – 48 сағат

**7-сурет** – Гидробионтты тест – ағзалардың түрлік және сандық құрамына фосфор қалдығы шламдардың әртүрлі концентрациясының әсері

Биотестілеу нәтижелері көрсеткендей, шлактың  $1,0 \pm 0,1\%$ - белсендіруші әсері бар концентрация екені зертеулер нәтижесімен нақтыланды,  $5,0 \pm 0,3\%$  концентрациясы балдырлар мен қарапайымдылар ағзасы үшін

қауіпсіз,  $10,0 \pm 0,9\%$  концентрацияға *O. limosa*, *O. tenuis*, *Chlorococcum sp.*, *C. vulgaris* сезімталдылығы жоғары, тұрақтылық көрсете алады. Сонымен қатар шлактың шлам түріне қарағанда уыттылығы төмен балытыны зерттеу

нәтижелері көрсетті, ал шлам түрінде фосфор қалдығының уыттылық көрсеткіші жоғары болып келді. Осыған орай,  $1,0 \pm 0,1\%$  концентрация уыттылығы жоқ, белсендіретін,  $5,0 \pm 0,3\%$  орташа уытты,  $10,0 \pm 0,9\%$  шлам уыттылығы жоғары концентрация болып саналды.

### Қорытынды

Фосфорлы қалдықтардың уыттылығына төзімділігі жоғары ағзалар қатарына цианобактериялар: *O. limosa*, *O. tenuis*, жасыл балдырлар *Chlorococcum sp.*, *C. vulgaris*, диатомды балдырлардың кейбір түрлері жатады.

*S. quadricauda*, *S. protuberans*, *S. ulna*; *Aeolosoma sp.*, *Nematoda sp.*, *Rotatoria*, *Callidina*, *Crustacea* өкілдері, *G. lacustris*, *D. magna* фосфор қалдығының уыттылығына төзімділік деңгейі төмен ағзалар қатарына жатқызылып, биоиндикация мақсатында пайдалануға жарамды ағзаларға жатқызылды.

Фосфорлы қалдықтардың  $1,0 \pm 0,1\%$  концентрациясы тест-ағзаларға ынталандырушы әсері бар, қалдықтар концентрациясының  $10,0 \pm 0,9\%$  дейін артуы барлық тест-нысан ағзаларға уытты леталдық әсері бар концентрация болып саналды, фосфорлы шлам шлакқа қарағанда улы болып табылды.

### Әдебиеттер

- 1 Абаканов Е.Н., Баймаганова А.К., Сулейменова З.Б. және т.б. Қазақстандағы Экологиялық Саясат: негіздері мен перспективалары: оқу құр. – Нұр-Сұлтан: Luxe Media Publishing, 2021. – 243 б.
- 2 Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов Республики Казахстан / Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. – Нұр-Сұлтан, 2019. – 563 с.
- 3 Габов Ю.А., Кист В.Э. Отходы Казахстана и проблемы утилизации. – Алматы: New book, 2018. – Ч. 3. – 164 с.
- 4 Хроническая интоксикация фосфором и его соединениями // <https://diseases.medelement.com/disease>. 09.09.2019.
- 5 Байдаулет И.О., Намазбаева З.И., Досыбаева Г.Н. и др. Факторы риска для здоровья детского населения в напряженных экологических условиях загрязнения свинцом // Гигиена и санитария. – 2015. – №6. – С. 64-68.
- 6 Байдаулет И.О., Клиника и патогенетические аспекты неврологических расстройств при хронической интоксикации соединениями фосфора: Автореф... д-ра мед.наук:14.00.13. / И.О. Байдаулет.- Алматы, 2003.- 50с.
- 7 Жумабаев У.А. Динамика показателей антиоксидантной системы гепатоцитов под влиянием донника лекарственного при острой свинцовой интоксикации. – Научный журнал «Досягнення біології» медицини. Одесса, Украина, 2007.-№ 2 (10). – С. 86-87.
- 8 Жумабаев У.А. Кристаллографические и хемилюминесцентные свойства конденсата выдыхаемого воздуха при поражении бронхолегочного аппарата неорганическими соединениями фосфора» ... канд. диссертация на соискание кандидат медицинских наук. – Алматы, 1999 г. 130 с
- 9 Садыков П.И. Фосфорношлаковые отвалы и их влияние на окружающую среду. – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГУ, 2002. – 178 с.
- 10 Фазлутдинов К.К. Физиологическое влияние фосфатов на организм человека, польза и вред // [https://zctc.ru/sections/vliyanie\\_phosfatov](https://zctc.ru/sections/vliyanie_phosfatov). 09.09.2019.
- 11 Ахмет А., Исаева А.У., Панкiewicz Р. и др. Оценка влияния фосфорсодержащих отходов на гидробионтов // От биопродуктов к биоэкономике: матер. 4-й межрегион. науч.-практ. конф. с междунар. участ. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2021. – С. 159-164.
- 12 Ахмет А., Исаева А.У. Құрамында фосфоры бар өндірістік қалдықтардың тест-өсімдіктердің морфометрикалық көрсеткіштеріне әсері // Микробиология, биотехнология және биоалуантүрліліктің өзекті мәселелері: халық. ғыл.-практ. конф. жинақ. – Нұр-Сұлтан: Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ баспасы, 2021. – Б. 4-7.
- 13 Ахмет А., Исаева А.У. Фосфор қалдықтарының тест-өсімдіктерге фитоуыттылығын бағалау // Хабаршы әл-Фараби ҚазҰУ. – 2022. – Т. 91, №2. – Б. 27-36.
- 14 Даминев Р.Р., Голощапов А.П., Исламутдинова А.А. и др. Оценка токсичности азот: и фосфорсодержащего дезинфектанта: ингибитора коррозии с помощью биотестирования // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18, №2. – С. 207-208.
- 15 Никитина, Л.И. Определение качества воды по биологическим, физическим и химическим показателям / Л. И. Никитина, А. В. Корниенко, А. В. Приходько, М. В. Солодовникова. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2008. -79 с.
- 16 Lhamo P., Mahanty B. Bioleaching of rare earth elements from industrial and electronic wastes: mechanism and process efficiency // In book: Environmental Technologies to Treat Rare Earth Elements Pollution: Principles and Engineering. – London, 2022. – P. 207-226.
- 17 Magrini C., Jagodzinska K. Can bioleaching of NIB magnets be an answer to the criticality of rare earths, an exante life cycle assessment and material flow cost accounting // Journal of Cleaner Production. – 2022. – Vol. 365. – P. 132672.
- 18 Issayeva A. Pankiewicz R., Otarbekova A. A. Bioleaching of Metals from Wastes of Phosphoric Fertilizers Production // Polish Journal of Environmental Studies. – 2020. –Vol 29. – PP.4101-4108.

- 19 Исаева А.У., Панкиевич Р., Отарбекова А.А. Микрофлора фосфорсодержащих отходов Южного Казахстана // Al-Farabi Kazakh National University. Серия биологическая. – 2020г. – №3 (84). С.39-48.
- 20 Sysolyatina M.A., Olkova A.S. Sources of rare earth elements in the environment and their impact on living organisms // Environmental Reviews. – 2022. e-First <https://doi.org/10.1139/er-2022-0081>
- 21 Valkova E.; Atanasov V.; Tzanova M.; Atanassova S.; Sirakov I.; Velichkova K.; Marinova M.H.; Yakimov K. Content of Pb and Zn in Sediments and Hydrobionts as Ecological Markers for Pollution Assessment of Freshwater Objects in Bulgaria-A Review // *Int. J. Environ. Res.* – 2022. – Vol.19. – PP. 9600. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159600>
- 22 Bardina, T.V., Chugunova, M.V., Kapelkina, L.P. et al. Ecological State Assessment of Urban Soils by Bioassay. *Water Air Soil Pollut* 233, 7 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05475-8>.
- 23 Мелехова О.П., Егорова Е.И., Евсеева Т.И. и др. Биологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и биотестирование. – М.: Издательский центр «Academia», 2007. 288с.
- 24 Nancy Serediak, Mai-Linh Huynh. *Algae Identification Field GuIde Identification des algues :Guide de Laboratoire Algae Vision*. Natural history museum of London. 2011. PP 48. <http://www.nhm.ac.uk/index.html>>
- 25 Janse van Vuuren S., Taylor J., van Ginkel C., Gerber A. Easy identification of the most common FRESH WATER ALGAE. A guide for the identification of microscopic algae in South African freshwaters. 2006. PP. 212.
- 26 Чеснокова С.М., Чугай Н.В. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды: в 2 ч. – Владимир: Изд-во ВГУ, 2008. – Ч. 2. – 92 с.
- 27 Schabenberger O., Pierce F.J. *Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences*. – NY.: CRC Press, 2002. – 738 с.
- 28 Kosarev A. V. Ivanov D. E. and Kamenets A.F. The effect of manganese ions (II) on representatives of aquatic biota // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2022. –Vol. 949. – PP.012013

## References

- 1 Abakanov E.N, Bajmaganova A.K., Sulejmenova Z.B. t.b. (2021). Qazaqstandagy Ekologalykh Sayasat: negyzdery men perspektivalary [Environmental policy in Kazakhstan: fundamentals and prospects]: oku kyr.– Nur-Sultan: Luxe Media Publishing. – 243 b.
- 2 Akhmet A., Issayeva A.U., Pankievich R. i dr. (2021). Ocenka vliyaniya fosforsoderzhashchikh otkhodov na gidrobiontov [Assessment of the effect of phosphorus-containing waste on hydrobionts] // Ot bioproductov k bio`konomike: mater. 4-j mezhhregion. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchast. – Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta. – PP. 159-164.
- 3 Akhmet A., Issayeva A.U. (2021). Quramynda fosfory bar óndiristik qaldyqtardyń test-ósimdikterdiń morfometrikalyq kórsetkishterine áseri [Influence of phosphorus-containing industrial waste on morphometric indicators of test plants] // Mikrobiologiya, biotekhnologiya jáne bioalyántúrliliktiń ózekti máseleleri: halyq. ýyl.-prakt. konf. junaq. – Nur-Sultan: L.N. Gýmilev at. EUÝ baspasy. – B. 4-7.
- 4 Akhmet A., Issayeva A.Ý. (2022). Fosfor qaldyqtarynyń test-ósimdikterge fitoýytylygyn baǵalaý [Assessment of phytotoxicity of phosphorus-containing waste for test plants] // Habarshy ál-Farabi KazUÝ. – T. 91, №2. – B.27-36.
- 5 Bardina T.V., Chugunova M.V., Kapelkina L.P. et al. (2022). Ecological State Assessment of Urban Soils by Bioassay. *Water Air Soil Pollut* 233, 7. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05475-8>.
- 6 Baidaulet I.O., Namazbaeva Z.I., Dosybaeva G.N. i dr. (2015). Faktory riska dlya zdorovya detskogo naseleniya v napryazhennykh ekologicheskikh usloviyah zagryazneniya svincom [Risk factors for the health of the child population in stressful environmental conditions of lead pollution] // *Gigiena i sanitariya*. – №6. – S. 64-68.
- 7 Bajdaulet I.O. (2003). Klinika i patogeneticheskie aspekty nevrologicheskikh rasstrojstv pri hronicheskoy intoksikacii soedineniyami fosfora [Clinic and pathogenetic aspects of neurological disorders in chronic intoxication with phosphorus compounds]: Avtoref... d-ra med.nauk:14.00.13. / I.O. Bajdaulet.- Almaty, 2003.- 50s.
- 8 Valkova E.; Atanasov V.; Tzanova M.; Atanassova S.; Sirakov I.; Velichkova K.; Marinova M.H.; Yakimov K. (2022). Content of Pb and Zn in Sediments and Hydrobionts as Ecological Markers for Pollution Assessment of Freshwater Objects in Bulgaria-A Review // *Int. J. Environ. Res.* – 2022. – Vol.19. – PP. 9600. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159600>
- 9 Gabov Yu.A., Kist V.E. (2018). Othody Kazahstana i problemy utilizacii.– Almaty: New book. – Ch. 3. – 164 с.
- 10 Daminev R.R., Goloshapov A.P., Islamutdinova A. A. i dr. (2011). Ocenka toksichnosti azot: i fosforsoderzhashego dezinfektanta: ingibitora korrozii s pomoshyu biotestirovaniya // *Bashkirskij himicheskij zhurnal*.– T. 18, № 2. – S. 207-208.
- 11 Zhumabaev U.A. (2007). Dinamika pokazatelej antioksidantnoj sistemy gepatocitov pod vliyaniem donnika lekarstvennogo pri ostroj svincovoj intoksikacii [Dynamics of indicators of the antioxidant system of hepatocytes under the influence of sweet clover in acute svincovej intoksikacii]. (2007) // *Naukovij zhurnal «Dosyagnennya biologii» medicini*. Odessa, Ukraina.-№ 2 (10). – S. 86-87.
- 12 Zhumabaev U.A. (1999). Kristallograficheskie i hemilyuminescentnyye svoystva kondensata vydyhaemogo vozduha pri porazhenii bronholegochnogo apparata neorganicheskimi soedineniyami fosfora [Crystallographic and chemiluminescent properties of exhaled air condensate when the bronchopulmonary apparatus is affected by inorganic phosphorus compounds] ... kand. dissertaciya na sojskanie kandidat medicinskih nauk. – Almaty,. 130 s
- 13 Janse van Vuuren S., Taylor J., van Ginkel C., Gerber A. (2006). Easy identification of the most common FRESH WATER ALGAE. A guide for the identification of microscopic algae in South African freshwaters. PP. 212.



- 14 Issayeva A. Pankiewicz R., Otarbekova A. A. (2020). *Bioleaching of Metals from Wastes of Phosphoric Fertilizers Production* // *Polish Journal of Environmental Studies*. – 2020. – Vol 29. – PP.4101-4108.
- 15 Issayeva A.U. Pankievich R., Otarbekova A.A. (2020). Mikroflora fosforsoderzhashih othodov Yuzhnogo Kazahstana [Microflora of phosphorus-containing wastes of Southern Kazakhstan] // Al-Farabi Kazakh National University. Seriya biologicheskaya. – 2020g. – №3 (84). S.39-48.
- 16 Kosarev A. V. Ivanov D. E. and Kamenets A.F. The effect of manganese ions (II) on representatives of aquatic biota // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2022. –Vol. 949. – PP.012013
- 17 Lhamo P., Mahanty B. (2022). Bioleaching of rare earth elements from industrial and electronic wastes: mechanism and process efficiency // In book: *Environmental Technologies to Treat Rare Earth Elements Pollution: Principles and Engineering*. – London, 2022. – P. 207-226.
- 18 Magrini C., Jagodzinska K. (2022). Can bioleaching of NIB magnets be an answer to the criticality of rare earths, an exante life cycle assessment and material flow cost accounting // *Journal of Cleaner Production*. – 2022. – Vol. 365. – P. 132672.
- 19 Melehova O.P., Egorova E.I., Evseeva T.I. i dr. (2007). *Biologicheskij kontrol okruzhayushej sredy: Bioindikaciya i biotestirovanie* [Biological control of the environment: Bioindication and biotesting], – M.: Izdatelskij centr «Academia». 288c.
- 20 Nacionalnyj doklad o sostoyanii okruzhayushej sredy i ispolzovanii prirodnykh resursov Respubliki Kazahstan [National report on the state of the environment and use of natural resources of the Republic of Kazakhstan] / Ministerstvo ekologii, geologii i prirodnykh resursov Respubliki Kazahstan. – Nur-Sultan, 2021. – 517 s.
- 21 Nancy Serediak, Mai-Linh Huynh. (2011). *Algae Identification Field GuIdE Identification des algues :Guide de Laboratoire Algae Vision*. Natural history museum of London. PP 48. <http://www.nhm.ac.uk/index.html>>
- 22 Nikitina, JL I. (2008). *Opredelenie kachestva vody po biologicheskim, fizicheskim i himicheskim pokazatelyam* [Determination of water quality by biological, physical and chemical indicators] / Habarovsk : Izd-vo DVGUPS. -79 s.
- 23 Sadykov P.I. (2002). *Fosfornoshlakovye otvaly i ih vliyanie na okruzhayushuyu sredyu* [Phosphorus-slag dumps and their impact on the environment]. – Ust-Kamenogorsk: Izd-vo VKGU. – 178 s.
- 24 Sysolyatina M.A., Olkova A.S. (2022). Sources of rare earth elements in the environment and their impact on living organisms // *Environmental Reviews*. – 2022. e-First <https://doi.org/10.1139/er-2022-0081>
- 25 Fazlutdinov K.K. (2019). *Fiziologicheskoe vliyanie fosfatov na organizm cheloveka, polza i vred* [Physiological effect of phosphates on the human body, benefits and harms] // [https://zctc.ru/sections/vliyaniye\\_phosfatov](https://zctc.ru/sections/vliyaniye_phosfatov). 09.09.2019.
- 26 Hronicheskaya intoksikaciya fosforom i ego soedineniyami (2019) // <https://diseases.medelement.com/disease>. 09.09.2019.
- 27 Chesnokova S.M., Chugaj N.V. (2008). *Biologicheskije metody` ocenki kachestva ob`ektov okruzhayushej sredy* [Biological methods of` assessing the quality of environmental objects]: v 2 ch. – Vladimir: Izd-vo VGU. – Ch. 2. – 92 s.
- 28 Schabenberger O., Pierce F.J. (2002). *Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences*. – NY.: CRC Press. – 738 c.

## МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

Шолу мақаласы	Review articles	Обзорные статьи
<i>Д. Манатқызы, М.К. Сапарбаев, С.М. Тайпакова</i> Роль тимин ДНК-гликозилазы человека в эпигенетической регуляции транскрипции и стабильности генома..... 4		
<i>С.К. Мухтубаева, К.С. Избастина, М.Ж. Жумагул, Н.Б. Абубакирова, Б.Б. Кубентаева</i> Обзор рода <i>Tulipa</i> L. флоры Центрального и Северного Казахстана..... 19		
<b>1-бөлім</b> <b>Ботаника</b>	<b>Section 1</b> <b>Botany</b>	<b>Раздел 1</b> <b>Ботаника</b>
<i>А.А. Тастанбекова, Қ.Қ. Құлымбет, М.С. Курманбаева, К.М. Тыныбаева, Ш.С. Альмерекова</i> Сырдария қаратауында кездесетін <i>Allochrysa gypsophiloides</i> (Caryophyllaceae) популяцияларының морфометриялық және топырақ көрсеткіштері..... 32		
<i>Г.А. Садырова, А. К. Таныбаева, Т.А. Базарбаева, Г.А. Муканова, С.М. Жамилова</i> Species diversity of wetland and coastal aquatic flora of the ketpen ridge ..... 42		
<i>М.Ж. Каурова, А.А. Шорманова, Г.Т. Сиптаева</i> Изучение популяции <i>Ferula Foetida</i> (Bunge) Regel, произрастающей в горах Хан-Тай ..... 51		
<i>З.М. Сергазинова, А.Н. Кукушева</i> К вопросу о состоянии озелененных городских территорий и их влиянии на качество среды г. Аксу ..... 61		
<b>2-бөлім</b> <b>Микробиология</b>	<b>Section 2</b> <b>Microbiology</b>	<b>Раздел 2</b> <b>Микробиология</b>
<i>І.С. Savitskaya, А. S. Kistaubayeva, D. Kh. Shokatayeva, І.І. Abashidze, F.S. Seishanlo, А.Н. Amangeldy</i> Creation of an immobilized probiotic based on bacterial cellulose for the correction of the intestinal microbiome..... 72		
<b>3-бөлім</b> <b>Молекулалық биология және генетика</b>	<b>Section 3</b> <b>Molecular biology and genetics</b>	<b>Раздел 3</b> <b>Молекулярная биология и генетика</b>
<i>Е. Кырбасова, А. Sartayeva, М. Parmanbekova, Е. Imanova, G. Yernazarova</i> Phylogenetic analysis of the <i>rbcl</i> gene sequence of the plant genus <i>aeopodium</i> l..... 88		
<b>4-бөлім</b> <b>Зоология</b>	<b>Section 4</b> <b>Zoology</b>	<b>Раздел 4</b> <b>Зоология</b>
<i>Г.С. Ибраева</i> Чужеродные виды рыб в р. Карашик (бассейн р. Сырдарья)..... 96		
<i>А.М. Ganina, М.М. Bakhtin, Е.Т. Kashkinbaev, P.K. Kazymbet, D.S. Ibrayeva, M.N. Aumalikova</i> Assessment of the state of the water ecosystems of the territories of the Turkestan region at the level of «Zero background», located in close proximity to the nuclear power plant under construction in Uzbekistan ..... 107		
<i>А.Н. Заканова, Н.Т. Ержанов, Ю.Н. Литвинов</i> Видовой состав и характеристика фауны мелких млекопитающих Северо-Восточного Казахстана с различной техногенной нагрузкой ..... 117		

---

**5-бөлім**  
**Адам және жануарлар**  
**физиологиясы**

**Section 5**  
**Human and animal**  
**physiology**

**Раздел 5**  
**Физиология**  
**человека и животных**

*S.S. Alibekova, S.A. Aliyev, Z.I. Aliev*

Study of the immune system parameters in wrestlers at different stages of the training process..... 134

*S.N. Abdreshov, A.N. Yeshmukhanbet, M.A. Yessenova, G.A. Demchenko, V.N. Gorchakov, G.K. Atanbaeva*

Blood circulation in large vessels and in the abdominal organs during the experiment..... 145

**6-бөлім**  
**Биотехнология**

**Section 6**  
**Biotechnology**

**Раздел 6**  
**Биотехнология**

*H.B. Ромаданова, M.M. Аралбаева, A.C. Земцова, H.B. Михайленко, С.Ж. Казыбаева, Ж.Т. Тәуірбаева, С.В. Кушнарченко*

Создание коллекции *in vitro* гибридов винограда для проведения молекулярного маркирования и получения высокопродуктивного сорта столового направления ..... 156

*A. Ахмет, А.У. Исаева, Ж.К. Оспанова, К.Б. Тлегенова, Ж.Ш. Рахимбердиева, А.И. Жумадулаева*

Құрамында фосфор бар техногендік қалдықтардың гидробионттарға әсері..... 167