

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

# ХАБАРШЫ

Экология сериясы

---

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

# ВЕСТНИК

Серия экологическая

---

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

# EURASIAN JOURNAL

of Ecology

---

№1 (66)

Алматы  
«Қазақ университеті»  
2021



# ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №1 (66) наурыз



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

Күәлік № 16501-Ж

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

## ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Ниязова Р.Е., б.ғ.к., профессор (Қазақстан)  
E-mail: Raygul.Niyazova@kaznu.kz

## РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

**Заядан Б.К.**, б.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі,  
(ғылыми редактор) (Қазақстан)  
**Колумбаева С.Ж.**, б.ғ.д., профессор (ғылыми редактордың  
орынбасары) (Қазақстан)  
**Жубанова А.А.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Шалахметова Т.М.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Кенжебаева С.С.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Атабаева С.Дж.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Садырова Г.А.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Абилев С.К.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Баубекова А.С.**, б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

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

## ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Салмұрзаұлы Р., аға оқытушы (Қазақстан)

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



Министерство образования и науки  
Республики Казахстан  
Официальный интернет-ресурс  
Комитета по контролю в сфере  
образования и науки



РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС  
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ  
Science Index



**Жоба менеджері**  
Гүлмира Шаққозова  
Телефон: +7 701 7242911  
E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

**Редакторлары:**  
Гүлмира Бекбердиева  
Ағила Хасанқызы

**Компьютерде беттеген**  
Айгүл Алдашева

ИБ № 14337

Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 6,3 б.т. Тапсырыс № 2504.  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің  
«Қазақ университеті» баспа үйі.  
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.  
«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында  
басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2021

1-бөлім  
**ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ  
ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА  
АНТРОПОГЕНДІК ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ**

---

Section 1  
**ENVIRONMENTAL IMPACT  
OF ANTHROPOGENIC FACTORS  
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

---

Раздел 1  
**ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ  
АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ  
И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Г.Ж. Абдиева , П.С. Уалиева , А.А. Жұбанова ,  
А.М. Мәлік\* , Н.Ш. Акимбеков 

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

\*e-mail: [azhar.malickyzy@gmail.com](mailto:azhar.malickyzy@gmail.com)

## ӘРТҮРЛІ ТАБИҒИ СУБСТРАТТАРДАН ЖОҒАРЫ МАҚСАТТЫ БЕЛСЕНДІЛІКKE ИЕ АШЫТҚЫ ДАҚЫЛДАРЫН БӨЛІП АЛУ

Қазіргі таңда мал шаруашылығында өзекті мәселелердің бірі жемдік азық өндірісінде жемдік белоктың жетіспеушілігі. Заманауи тағам өнеркәсібіндегі басты бағыттардың бірі – мал шаруашылығы жануарлар үшін белокпен байытылған жемдік азық-түлік өнімдері мен жемдік қоспаларды өндіру болып табылады. Мал шаруашылығында жануарлар және құстардың қоректенуіне арналған азық болмаған жағдайда, белок көзі ретінде микробтық биомассаға ерекше назар аударылады. Микробтық биомасса өндірісі жануарлардың қоректенуіндегі белок жетіспеушілігін жоюдың бірден бір жолы ретінде қарастырылады. Ауыл шаруашылық өндірісінің қалдықтарын микробтық белокпен байыту қайта өңдеу технологияларын жүзеге асыру кезінде туындайтын экологиялық мәселелерді, сонымен қатар жемдік өнімдерді алу үшін шикізат қорын кеңейтуге мүмкіндік береді. Зерттеу жұмысының мақсаты – мал шаруашылығы үшін тиімді жемдік белок алу мақсатында әртүрлі табиғи субстраттардан және коллекциялық дақылдардан мақсатты белсенділігі жоғары ашытқы дақылдарын бөліп алу.

Жұмыста 6 ашытқы штамы қолданылды, оның ішінде әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің қолданбалы микробиология зертханасы қорынан *Rhodotorula glutinis* var *glutinis* R12, *Torulopsis kefir* var. *kumis* T-17, *Candida inconspicua* TD-6 3 ашытқы штамдары таңдалды. Сүт өнімдері мен өсімдік субстраттарынан 3 ашытқы штамы бөлініп алынды. Бұл штамдар ауылшаруашылық жануарларына толыққанды жемдік белок алу үшін перспективті штамдар болып табылады.

**Түйін сөздер:** сүт сарысуы, микробтық алуантүрлілік, жемдік белок, ашытқылар, табиғи субстраттар.

G.Zh. Abdieva, P.S. Ualieva, A.A. Zhubanova, A.M. Malik\*, N.Sh. Akimbekov

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty,

\*e-mail: [azhar.malickyzy@gmail.com](mailto:azhar.malickyzy@gmail.com)

### Isolation of yeast crops from different natural substrates with high target efficiency

Currently, one of the most pressing problems in animal husbandry is the lack of feed protein in the production of feed. One of the main directions of the modern food industry is the production of protein feed and feed additives for animal husbandry. Due to the lack of feed for animals and birds in animal husbandry, special attention is paid to microbial biomass as a source of protein. Microbial biomass production is considered the only way to eliminate protein deficiencies in animal diets. Enrichment of agricultural waste with microbial protein makes it possible to expand stocks of raw materials for the production of feed, as well as to solve environmental problems arising from the introduction of processing technologies. The aim of the study is to isolate highly active yeast cultures from various natural substrates and collection crops in order to obtain an effective fodder protein for animal husbandry.

In the work, 6 yeast strains were used, including 3 yeast strains *Rhodotorula glutinis* var *glutinis* R12, *Torulopsis kefir* var. *kumis* T-17, *Candida inconspicua* TD-6 from the laboratory of applied microbiology of KazNU named after Al-Farabi. Three yeast strains were isolated from dairy products and plant substrates. These strains hold promise for providing complete feed protein for farm animals.

**Key words:** milk whey, microbial diversity, fodder protein, yeast, natural substrates.

Г.Ж. Абдиева, П.С. Уалиева, А.А. Жұбанова, А.М. Мәлік\*, Н.Ш. Акимбеков  
Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы,  
\*e-mail: azhar.malickyzy@gmail.com

### Выделение дрожжевых культур из различных природных субстратов с высокой целевой эффективностью

В настоящее время одной из самых актуальных проблем в животноводстве является нехватка кормового белка при производстве кормов. Одним из основных направлений современной пищевой промышленности является производство белковых комбикормов и кормовых добавок для животноводства. В связи с отсутствием кормов для животных и птиц в животноводстве особое внимание уделяется микробной биомассе как источнику белка. Производство микробной биомассы считается единственным способом устранить дефицит белка в питании животных. Обогащение сельскохозяйственных отходов микробным белком позволяет расширить запасы сырья для производства кормов, а также решить экологические проблемы, возникающие при внедрении технологий переработки. Цель исследования – выделить высокоактивные дрожжевые культуры из различных природных субстратов и коллекционных культур с целью получения эффективного кормового белка для животноводства.

В работе были использованы 6 штаммов дрожжей, в том числе 3 штамма дрожжей *Rhodotorula glutinis* var *glutinis* R12, *Torulopsis kefir* var. *kumis* T-17, *Candida inconspicua* TD-6 из лаборатории прикладной микробиологии КазНУ им. аль-Фараби. Из молочных продуктов и растительных субстратов выделено 3 штамма дрожжей. Эти штаммы будут использованы для получения полноценного кормового белка для сельскохозяйственных животных.

**Ключевые слова:** молочная сыворотка, микробное разнообразие, кормовой белок, дрожжи, природные субстраты.

### Кіріспе

Агроөнеркәсіптік кешен жүйесінде сүт өнеркәсібі кәсіпорындары қоршаған ортаға барынша әсер етеді. Қазіргі уақытта сүтті қайта өңдеу және ірімшік, сүзбе және казеин өндіру кезінде жылына 1500 мың тоннадан астам сүт сарысуы түзіледі [1]. Бұл мөлшердің 25%-дан астамы канализацияға төгіліп, қоршаған ортаға айтарлықтай зиян келтіреді. Бұл ретте сүт сарысуында сүттің құрғақ заттарының 50%-ы болады, 250-ге дейін түрлі қосылыстарды (оның ішінде азот, микро және макро қосылыстар, сүт майы, минералды тұздар, лактоза, витаминдер, ферменттер, органикалық қышқылдар 250-ге дейін) қамтиды [2]. Сүт сарысуын қайта өңдеудің заманауи технологиялары оны қолдану мәселесін жартылай шешуге мүмкіндік береді, себебі олардың өнімінің құрамында жемдік қоспасы ретінде пайдалану үшін жеткілікті мөлшерде ақуыз болмайды [3].

Сарысуды қолданудың ең ұтымды жолы – лактозаны энергия ретінде қолдана алатын және минералды азотты толық ақуызға айналдыратын біржасушалы ағзаларды өсіру арқылы оның компоненттерін ақуызға биоконверсиялау болып табылады. Микробтық синтез процесінде сарысу жаңа сапалық қасиеттерге ие болады, микроорганизмдер оны дәрумендермен, ферменттермен, органикалық қышқылдармен және биологиялық белсенді қосылыстармен байы-

тады [4]. Сарысуды биоконверсиялау үшін ашытқы, сүт қышқылы бактериялары, микроскопиялық саңырауқұлақтар, сонымен қатар әртүрлі микроорганизмдердің аралас дақылдары қолданылады. Барлық белгілі микроорганизмдердің ішінде ашытқылар сарысуды микробтық ақуызға айналдырудың ең жоғары коэффициентіне ие. Олар жоғары жылдамдығымен ерекшеленеді және биотехнологиялық өндірістерде ақуыз, этанол және ферменттер алу үшін кеңінен қолданылады [6].

Сонымен қатар, аз пайдаланылатын шикізатты кешенді қайта өңдеу барысында жемдік ақуызының тапшылығы, адам үшін зиянсыз өсімдіктерді қорғау құралдары және т.б. мәселелерін шешу кезінде экологиялық таза өнімдерді алу өзекті болып табылады. Осы тұрғыдан алғанда, ауылшаруашылық жануарларына толыққанды теңестірілген жем алу үшін қазіргі уақытта биотехнологиялық әдістерді қолдану перспективалы болып табылады [7].

Жоғарыда айтылғандарға байланысты әртүрлі тәсілдермен алынған микроорганизмдердің биомассасы негізінде биологиялық белсенді компоненттермен байытылған жемдік ақуыздарын алу технологиясын жасауға бағытталған зерттеулер өзекті болып көрінеді.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты бұл зерттеудің мақсаты коллекциялық дақылдар мен әртүрлі табиғи субстраттардан жоғары мақсатты белсенділігі бар ашытқы дақылдарын бөліп

алу, таңдау және идентификациялау болып табылады.

### Материалдар және зерттеу әдістер

Жұмыста ашытқының 6 штаммы пайдаланылды, оның ішінде 3 штамм *Torulopsis kefir var. kumis*, *Rhodotorula glutinis*, *Candida inconspicua* ТД-6 ашытқылар туысы әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің қолданбалы микробиология зертханасының коллекциясынан іріктелді. Ашытқының жаңа 3 штаммы сүт өнімдері мен өсімдік субстраттарынан бөлініп алынды.

Ашытқыны өсіру үшін қоректік орта ретінде Сабуро ортасы пайдаланылды (ашытқы үшін), (г/л): глюкоза – 40,0; пептон-10,0; агар-18,0-20,0; құбыр суы.

Жұмыста ашытқы дақылдарын бөліп алу және идентификациялау үшін дәстүрлі микробиологиялық әдістер қолданылды [5]. Ашытқы әртүрлі табиғи субстраттардан (өсімдік субстраттары, сүт қышқылы өнімдері) бөлініп алынды.

Ашытқының жиынтықты дақылын алу олардың аздаған қышқыл реакциясы бар қанты бар субстраттарда өсу қабілетіне және олардың этил спиртіне төзімділігіне негізделген. Ашытқылардың қоректік ортада өсуін тұнба түзілуі, олардың тіршілік белсенділігінің тән өнімдері көмегімен визуальды және микроскопия әдісімен анықталды [8].

Микроорганизмдердің морфология-культуралық, физиологиялық және биохимиялық қасиеттерін зерттеу дәстүрлі әдістермен жүргізілді. Ашытқының морфологиялық және культуралдық қасиеттері келесі белгілермен анықталды: клеткалардың пішіні мен орналасуы, клетка мөлшері, қатты қоректік ортадағы колонияның сипаттамасы, сұйық қоректік ортадағы өсу белгісі, қиғаш агардағы өсу сипаты. Ашытқылардың физиологиялық және биохимиялық қасиеттері келесі белгілермен анықталды: ашытқының 20°C, 28°C, 37°C, 45°C температураға төзімділігі, NaCl әр түрлі концентрацияларына 2%, 4% және 6% төзімділігі және әртүрлі көмірсулардың ыдырауы [5].

Ашытқы дақылдарын сәйкестендіру морфология-культуралдық, физиологиялық және биохимиялық қасиеттерін зерттеу дәстүрлі әдістермен жүргізілді. Ашытқыны анықтау үшін И.П. Бабьева, В.И. Голубеваның «Ашытқыларды бөліп алу және идентификациялау әдістері» анықтамалық құралы қолданылды [9]. Тәжі-

рибелер ашытқының әр түріне қатысты 3 қайталамамен жүргізілді.

*Табиғи субстраттардың аборигендік микрофлорасының сапалық және сандық құрамын анықтау*

Микроорганизмдердің физиологиялық топтарын және санын анықтау тығыз қоректік ортада табиғи субстраттардың үлгілерін сұйылту арқылы жүргізілді. Сынамаларда микроорганизмдердің колония түзу бірліктерінің титрін анықтау Кох әдісімен жүргізілді. Әдістің мәні зерттелетін суспензияның белгілі бір көлемін Петри ыдысына тығыз ортаға егу және инкубациядан кейін өскен колонияларды санау болып табылады. Егу Петри табақшаларында агарлы қатты қоректік ортада жүзеге асырылды. Дақылдарды инкубациялағаннан кейін өсірілген колониялардың сандық есебі жүргізілді және 1 г үлгідегі колония түзуші бірліктерінің (КТБ) саны анықталды. Табиғи субстраттардың микрофлорасының сапалық және сандық құрамын зерттеу микробиологияның дәстүрлі әдістерімен жүргізілді. Микроорганизмдердің МАФАНМ жалпы санын анықтау үшін ет-пептонды агар (ЕПА) микроорганизмдердің әртүрлі физиологиялық топтарының санын анықтау үшін элективті қоректік орталар қолданылады. Ашытқыны бөліп алу үшін Сабуро қатты және сұйық орталары алынды. Ашытқыларды дақылдау термостатта 28°C-30°C 2-5 тәулікте жүргізілді [10].

*Табиғи субстраттардың үлгілерінен таза дақылдарды бөліп алу әдістері*

Таза дақылдарды алу тығыз қоректік ортаның бетіне механикалық жолмен сиректетіп егу арқылы жүргізілді. (Бактериологиялық ілмекті қыздыру арқылы Штрих әдісі) [11]. Жеке колониялардың тазалығын микроскопиялық жолмен тексеріп, таза дақыл бөліп алу үшін қиғаш агарға отырғызылды. Микроорганизмдердің таза дақылдары 2-5 тәулік 28°C-30°C температурада дақылданды.

*Ашытқы дақылдарын молекулярлық-генетикалық идентификациясы*

Ашытқының идентификациясы GeneBank халықаралық деректер базасында сақталған тізбегі бар нуклеотидтік сәйкестікті анықтай отырып, ITS аймағының (ген аралық транскрипцияланған аймақ) тікелей нуклеотидтік тізбегін анықтау әдісімен жүргізілді [12-15].

Ашытқы штаммдарының ДНҚ-сы Norgen Biotek Corp. компаниясының (Ontario, Canada) өндірушінің хаттамасына сәйкес «Plant/Fungi DNA Isolation Kit» өсімдіктер/саңырауқұлақтарынан ДНҚ-ны бөліп алу жиынтығының

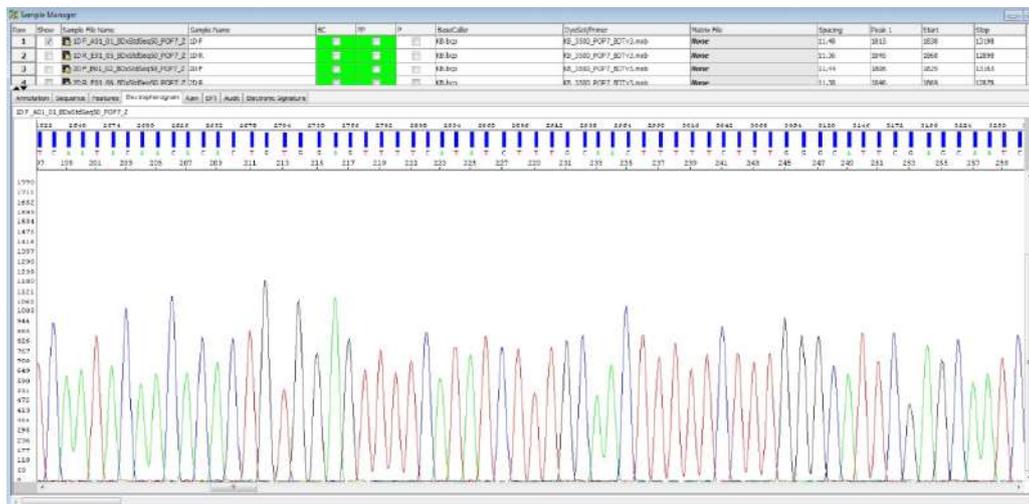
көмегімен бөлініп алынды. Үлгілердегі ДНҚ концентрациясы Qubit™ dsDNA HS Assay Kit (Life Technologies, Oregon, USA) флуориметрінің көмегімен анықталды. dsDNA HS үшін шкала бойынша. Жұмыста ашытқылардың ITS аймағының әмбебап праймерлері қолданылды: ITS1 (5'-TCCSTAGGTGAACCTGCGG-3') және (5'-TSSTSSTATATTATGC-3').

Амплификацияға арналған реакция қоспасы: 12,5 мкл Q5® not Start High-Fidelity 2x Master Mix, 1,25 мкл Forward праймер (10 мкМ), 1,25 мкл Reverse праймер (10 мкМ), 1,5 мкл ДНҚ және 8,5 су. ПТР қоспасының жалпы көлемі 25 мкл болды. ПТР амплификация режимінде Eppendorf ProS (Hamburg, Germany) амплификаторында жүргізілді: 94°C – 30 сек; 55°C – 1 мин; 72°C – 40 сек – барлығы 30 цикл; 72°C – 10 мин. амплификация нәтижелері 1,2% агарлы геледе қаралды. ПТР өнімдері CleanSweep™PCR Purification reagent (Applied Biosystems, USA) реагентімен тазартылды.

Секвенирлеу реакциясы өндірушінің нұсқауларына сәйкес BigDye Terminator v3.1

Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, USA) [BIGDYE® Terminator v3.1 CYCLE Sequencing Kit PROTOCOL APPLIED Biosystems США], содан кейін фрагменттерді 3500 DNA Analyzer (Applied Biosystems, USA) автоматты генетикалық анализаторында бөлу арқылы жүргізілді. Секвенирлеу нәтижелері SeqA (Applied Biosystems, USA) бағдарламасында өңделді. Алынған ITS аймағының нуклеотидтік тізбектер – BLAST бағдарламасы арқылы Gene Bank базасы аймағының ашытқы ДНҚ-сы деректермен салыстырылды ([www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)). Секвенирлеу реакциясынан кейін ПТР өнімін екінші тазарту BigDye X Terminator Purification Kit секвенирлеу реакцияларын тазарту жиынтығымен жүргізілді және капиллярлық электрофорезді жүргізу үшін ABI 3500 генетикалық анализаторына жүктелді.

Филогенетикалық талдау MEGA6 бағдарламасын қолдану арқылы жүргізілді. Филогенетикалық ағаштарды құру үшін Neighbor-Joining (NJ) “көршілерді біріктіру” әдісі қолданылды.



1-сурет – AB 3500 аспабындағы капиллярлық электрофорездің электрофорограммасы

### Нәтижелер және оларды талқылау

*Әртүрлі табиғи субстраттардан және коллекциялық дақылдардан мақсатты белсенділігі жоғары ашытқы дақылдарын бөліп алу және іріктеу*

Ашытқылар табиғатта және адамды қоршаған ортада өте кең таралған. Олар көміртектің еритін көздері бар субстраттарда – қарапайым қант, спирт, органикалық қышқылдар, яғни

шырындарда, сироптарда, жемістерде, гүл шырындарында, жапырақтардың бетінде, суда және топырақта белсенді көбейеді. Ашытқы тамақ өнімдерінде пайда болған кезде улы заттардың пайда болуына әкелмесе де, олардың дәмі мен иісін өзгерте алады [16].

Олар жақсы зерттелген және басқа микроорганизмдермен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие. Ашытқы биомассасы ақуыз мөлшері жоғары (63% дейін), теңдестірілген амин

қышқылы құрамымен сипатталады. Ашытқының маңызды қасиеті – жоғары өсу қарқыны және қоректік орта ретінде көптеген субстраттарды, соның ішінде өңдеу өндірісінің төмен құнды қалдықтарын пайдалану мүмкіндігі болып саналады. Мұның бәрі ашытқы биомассасын тағамдық ақуызды, тағамдық ингредиенттер мен биологиялық белсенді заттарды алу үшін перспективті биотехнологиялық шикізат ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Ашытқылар хемоорганогетеротрофтар болып табылады және органикалық қосылыстарды энергия үшін де, көміртек көзі ретінде де пайдаланады. Барлық ашытқылар үшін азот көзі аммоний тұздары болып табылады, түрлердің жартысына жуығы нитрат редуктазасына ие және нитраттарды сіңіре алады [16].

Бұл жұмыста ашытқылар әртүрлі табиғи субстраттардан (өсімдік субстраттары, сүт қышқылы өнімдері) бөлініп алынды. Ашытқы дақылдарын әртүрлі субстраттардан бөліп алу дәстүрлі микробиологиялық әдіспен жүргізілді.

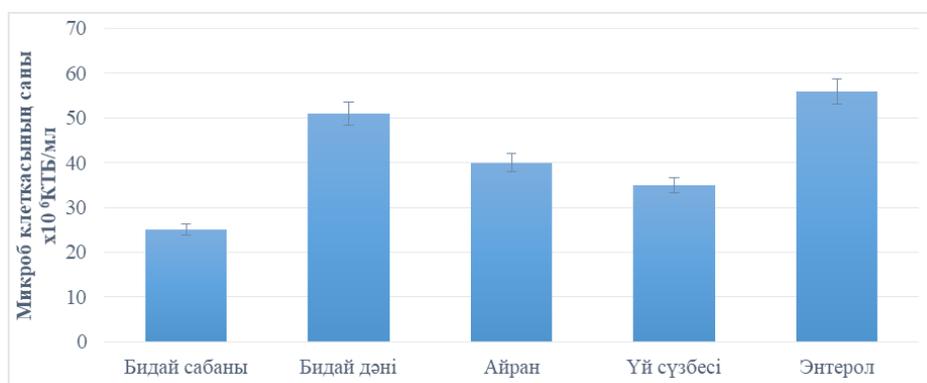
Ашытқының жиынтықты дақылын алу олардың аздап қышқыл реакциясы бар қантты субстраттарда өсу қабілетіне және олардың этил спиртіне төзімділігіне негізделген. Ашытқы-

лардың жинақталуы қоректік ортада тұнбаның түзіліп, олардың тіршілік белсенділігінің тән өнімдерінің болуымен және микроскопиялық жолмен анықталды [18].

Ашытқы дақылдары айран, сүзбе және бидай кебегінен және Энтерол пробиотикалық препаратынан бөлініп алынды. 2-суретте табиғи субстраттардың микрофлорасының сапалық және сандық көрсеткіштері көрсетілген.

2-суреттен көрініп тұрғандай, сүт қышқылы бактериялары мен ашытқылар көп мөлшерде үй сүзбесінде  $1,2 \times 10^7$  КТБ/г аралығында кездеседі. Айранның жалпы микрофлорасы  $4,0 \times 10^7$  КТБ/г құрайды. Бидай сабаны және бидай дәні сияқты өсімдік субстраттарының микрофлорасында жасушалар саны  $5,1 \times 10^6$  КТБ/г және  $2,5 \times 10^6$  КТБ/г құрады. Пробиотикалық препаратта ашытқы жасушаларының саны  $5,6 \times 10^7$  КТБ/г құрады. Жұмыс барысында осы субстраттардан ашытқының 3 штаммы бөлініп алынды.

Одан әрі зерттеулер үшін ашытқының 6 штаммы пайдаланылды, оның ішінде 3 ашытқы штаммы *Candida inconspicua*-ТД6, *Rhodotorula glutinis var glutinis* R12, *Torulopsis kefir var. kumis* Т-17 әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің қолданбалы микробиология зертханасының коллекциясынан іріктелді.



2-сурет – Әр түрлі табиғи субстраттардың жалпы микрофлорасы

Таңдап алынған ашытқы дақылдарының морфологиялық-культуралдық, физиологиялық-биохимиялық қасиеттерін зерттеу

Ашытқы штаммдарының түрін анықтау үшін дәстүрлі морфологиялық – культуралдық, физиологиялық және биохимиялық қасиеттері зерттелді [19-20].

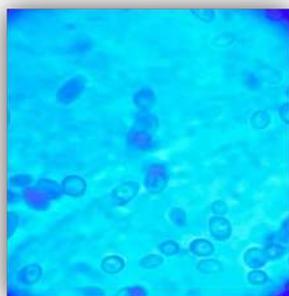
Морфологиялық белгілері бойынша ашытқы жасушалары шар тәрізді, сопақша, жеке орналасқан, псевдомицелий түзеді. Ашытқының

морфологиялық және культуралдық қасиеттері 1-кестеде келтірілген.

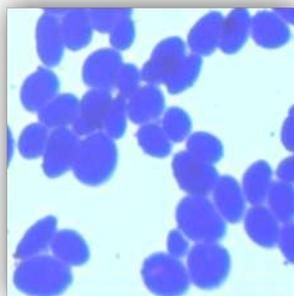
1-кестеде көріп тұрғандай, қатты ортаның бетіндегі ашытқы штамдары дөңгелек колониялар түрінде, сондай-ақ дұрыс емес пішінді, ашық сары және сары колониялар түрінде болды. Морфология бойынша ПА2 штамдарының жасушалары шар тәрізді, ЭА1 және ИК1 штамдарының жасушалары сопақша (3-сурет).

**1-кесте** – Ашытқының морфологиялық-культуралдық белгілері

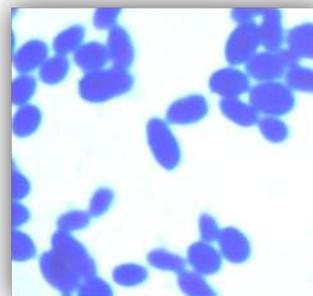
Дақыл	Колониялардың сипаттамасы	Клетка морфологиясы мен мөлшері	Вегетативті көбеюі
ЭА1	Пішіні дөңгелек, тегіс жиектерімен, ақ, жылтыр	Сопақша, 3,0-4,7 мкм	Бүршіктену
ПА2	Пішіні дөңгелек, сопақша, жиектері тегіс емес, ақ, жылтыр	Дөңгелек, 2,5-3,8 мкм	Бүршіктену
ИК1	Пішіні дөңгелек, жиектері тегіс емес, ақ, жылтыр	Сопақша, 3,4-4,2 мкм	Бүршіктену



ЭА1



ПА2



ИК1

**3-сурет** – Ашытқы штамдарының жасушаларының морфологиясы

Клетка мөлшері 2,5-4,7 мкм аралығында өзгереді. Вегетативті көбею бойынша бөлініп алынған ашытқы дақылдары бүршіктену арқылы

көбейеді, псевдомицелий түзеді. Ашытқы штамдары колонияларының морфологиясы 4-суретте көрсетілген.



ЭА1



ПА2



ИК1

**4-сурет** – Колониялардың морфологиясы

Одан әрі жұмыста бөлініп алынған ашытқы дақылдарының физиологиялық және биохимиялық қасиеттері зерттелді. Ашытқының физиологиялық және биохимиялық қасиеттері келесі критерийлер бойынша анықталды: ашытқының 20°C, 28°C, 37°C, 45°C температураларында өсуі, 2%, 4% және 6% NaCl ерітіндісінің әртүрлі концентрациясына төзімділігі, әртүрлі көмірсулар және спирттерді ашытуы.

Ашытқы мезофильді микроорганизмдерге жатады, олар үшін оптимальды температура 20-30°C құрайды. 20-36°C температура аралығында өсудің меншікті жылдамдығы температураның жоғарылауына тікелей пропорционалды түрде өседі. 36°C жоғары температурада сахаромицеттердің меншікті өсу жылдамдығы күрт төмендейді және 40°C-та тоқтайды, ал сахаромицеттер емес түрлері

өсуін жалғастырады. Ашытқылардың дамуы үшін минималды температура 5°C құрайды. Төмен температура ашытқыны өлтірмейді, бірақ оның қызметін тоқтатады. Анабиоз жағдайы басталады, содан кейін қолайлы жағдайларда қалыпты функциялар қалпына

келеді. Ашытқылар төменгі температура мәніне төзімді және ұзақ уақыт мұздатылған күйде сақталады [21].

Кестеде ашытқы дақылдарының өсуіне температураның әсері және әртүрлі көмірсуларды ыдырату зерттеу нәтижелері көрсетілген.

2-кесте – Ашытқы дақылдарының физиологиялық және биохимиялық қасиеттері

Дақыл	Температура, T°C				Көмірсулардың ашуы						
	20°C	28°C	37°C	45°C	Маль-тоза	Сахароза	Ксилоза	Лактоза	Галактоза	Рамноза	Глюкоза
1	2				3						
ЭА1	+++	+++	+	-	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++
ИК1	+++	+++	-	-	-	++	+	+++	+++	+	+++
ПА2	++	++	+	-	+	++	+	+	+	++	++
<i>Rhodotorula glutinis</i>	++	++	++	-	++	++	+	++	++	+	+
<i>Torulopsis kefir var. kumis</i>	++	++	++	-	+	++	++	+++	+	++	+++
<i>Candida inconspicua</i>	++	++	+	-	+	++	++	-	-	+	++

Ескерту – «+++» – жақсы өсім, «++» – орташа өсім, «+» – нашар өсім, «-» – өсім жоқ

Жұмыста барлық ашытқы штамдары үшін оптимальды өсу температурасы 20°-30°C шамасында болатындығы көрсетілген. 37°C температурада *Candida inconspicua* – ТД6 және ПА2 штамдарының әлсіз өсуді, ал *Rhodotorula glutinis var glutinis R12*, *Torulopsis kefir var. kumis* Т-17 штамдары орташа өсуді көрсетсе, ЭА1, ИК1 штамдарында 37°C температурада өсуі тоқтайды. Барлық ашытқы штамдарының өсуі 45°C температурада байқалмайды.

Ашытқы түрлеріне толық сипаттама беру үшін азотсыз көміртек көздерін ассимиляциялау қабілеттілігін тексеру міндетті болып табылады. Көміртек көздерінің утилизациялауын зерттеу синтетикалық сұйық ортада әртүрлі көмірсулар қосу арқылы жүргізілді. Бұл жұмыста көмірсулар ретінде глюкоза, сахароза, мальтоза, галактоза, лактоза, рамноза, ксилоза сияқты моно- және дисахаридтер қолданылды. Көмірсулардың қолдану нәтижелері бойынша ЭА1, ИК1 ашытқы штамдары және *Rhodotorula glutinis var glutinis R12*, *Torulopsis kefir var. kumis* Т-17 ашытқылары қанттың барлық түрлерін белсенді түрде ыдыратты. ПА2 штамы глюкозаның, сахарозаның және рамнозаның қатысуымен орташа өсімді көрсетсе, галактоза, лактоза және ксилоза, мальтоза болған кезде әлсіз өсу байқалды. *Candida inconspicua* – ТД6 ашытқысы галактоза мен лактозаны ыдыратпады.

Жұмыста галотолеранттылықты анықтау үшін тұздардың жоғары концентрацияларында ашытқылардың өсуі зерттелді. Ашытқыларды тұздардың әртүрлі концентрациясына төзімділігін зерттеу үшін NaCl 2%, 4% және 6% концентрациясы алынды. Нәтижелер сұйық ортада ашытқы дақылдарының өсуімен визуальды түрде бағаланды, ал тіршілік қабілеті клеткаларды есептеу, қатты орталарда өсіру арқылы жүргізілді.

Ашытқының әртүрлі тұз концентрациясындағы өсуін зерттеу нәтижелері 5-суретте келтірілген.

5-суреттен көріп отырғанымыздай, NaCl-дың әртүрлі концентрациясында ашытқы дақылдарының өсуі әртүрлі болды. ЭА1 және ИК1 штамдары белсенді өсуді көрсетті, тіршілікке қабілетті клеткалардың саны сәйкесінше  $9,2 \times 10^7$  –  $1,2 \times 10^8$  КТБ/мл және  $7,5 \times 10^7$  –  $9,9 \times 10^7$  КТБ/мл аралығында болды. *Candida inconspicua* – ТД6 штамы тұздың барлық концентрациясында орташа өсу көрсеткішін көрсетті. ПА2 штамы NaCl 2% концентрациясында жақсы өсуді көрсетті, бірақ тұз концентрациясының жоғарылауымен өсуі тежелді. *Torulopsis kefir var. kumis* Т-17 ашытқысы үшін оптимальды концентрация 4% NaCl құрайды. 4% NaCl концентрациясындағы галотолерантты жасушалардың саны  $7,8 \times 10^7$

КТБ/мл құрады, 6% NaCl концентрациясында  $1,6 \times 10^6$  КТБ/мл, сәйкесінше дақылдардың өсуі төмендейді. *Rhodotorula glutinis var glutinis R12* штаммында тұз концентрациясының жоғарылауымен өсу біртіндеп төмендейді.

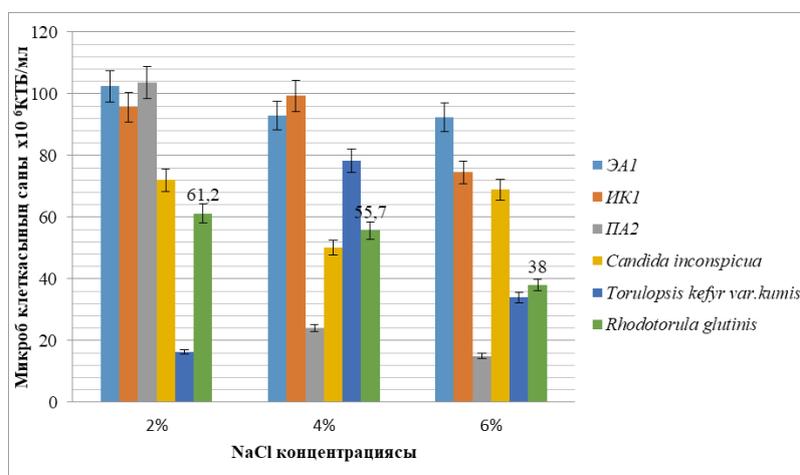
Осылайша, тұздардың әртүрлі концентрациядағы ашытқы дақылдарының өсуін зерттеу нәтижесінде ЭА1, ИК1 және *Candida inconspicua* – ТД6 штамдарының галотолерантты екендігі анықталды.

*Бөлініп алынған ашытқы итамдарының молекулалық-генетикалық идентификациясы*

Ашытқыны идентификациялау ITS аймағының тікелей нуклеотидтік дәйектіліктерін анықтау әдісімен (генаралық транскрипцияланған аймақ) және GeneBank халықаралық мәліметтер базасында сақталған тізбектермен нуклеотидтердің сәйкестілігін анықтау арқылы жүзеге асырылды (3-кесте) [22].

ДНҚ концентрациясы нг/мкл-мен өлшенді және Qubit 2.0 флюорометрінің көрсеткіштері бойынша.

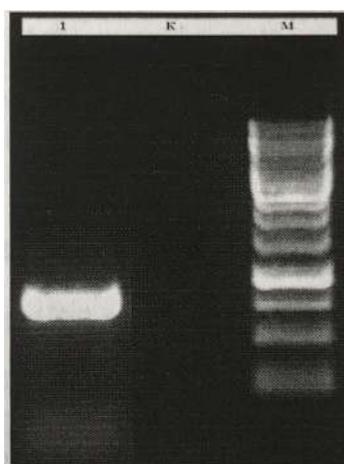
ITS праймерлерімен амплификациялау нәтижесінде көлемі 750 bp ПТР өнімдері алынды.



5-сурет – NaCl әртүрлі концентрациясына ашытқы дақылдарының төзімділігі

3-кесте – Ашытқылардың ДНҚ концентрациясы

№	Үлгі атауы	Концентрациясы, нг/мкл
1	№1 (Са энтерол $10^{-6}$ )	56,2



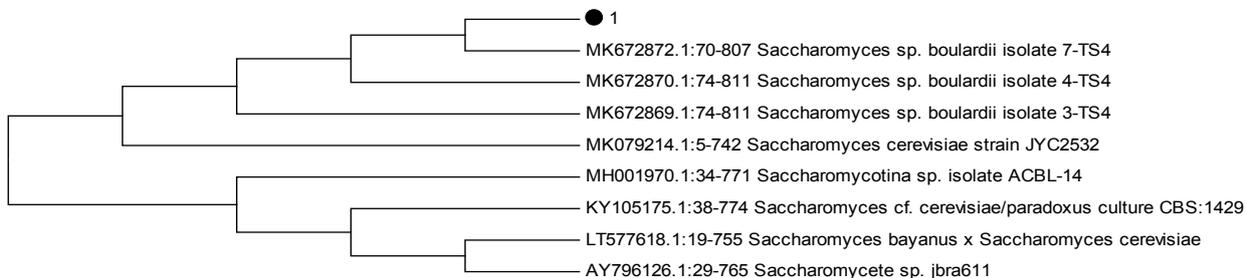
6-сурет – ДНҚ-ны ITS праймерлерімен амплификациялағаннан кейінгі ПТР-өнімі  
Ескерту: 1-сынама үлгілері – (Са энтерол  $10^{-6}$ ; М – GeneRuler 1 kb DNA Ladder ДНҚ маркері

1- *Saccharomyces sp. Boulardii*

№1 үлгінің нуклеотидті бірізділігі:

TTTTTTGTTTTGGCAAGAGCATGAGA-  
GCTTTTACTGGGCAAGAAGACAAGA-  
GATGGAGAGTCCAGCCGGGCCTGCGCT-  
TAAGTGC GCGGTCTTGCTAGGCTTGTA-  
AGTTTCTTTCTTGCTATTCCAAACGGT-  
GAGAGATTTCTGTGCTTTTGTATAG-  
GACAATTA AACCGTTTTCAATACAA-  
CACACTGTGGAGTTTTTCATATCTTTG-  
CAACTTTTTCTTTGGGCATTCGAGCAATC-  
GGGGCCCAGAGGTAACAAACACAAA-  
CAATTTTATCTATTCAATTAATTTT-  
GTCAAAAACAAGAATTTTCGTAACSTG-  
GAAATTTTAAAATATTA AAAACTTTCAA-

CAACGGATCTCTTGGTTCTCGCATCGAT-  
GAAGAACGCAGCGAAATGCGATACGTA-  
ATGTGAATTGCAGAATTCCGTGAATCATC-  
GAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCCTTG-  
GTATTCCAGGGGGCATGCCTGTTTGAGC-  
GTCATTTCTTCTCAAACATTTCTGTTT-  
GTAGTGAGTGATACTCTTTGGAGTTA-  
ACTTGA AATTGCTGGCCTTTTCATTGGAT-  
GTTTTTTTTTCAAAGAGAGGTTTCTCT-  
GCGTGCTTGAGGTATAATGCAAGTACG-  
GTCGTTTTAGGTTTTACCAACTGCGGCTA-  
ATCTTTTTTATACTGAGCGTATTGGAAC-  
GTTATCGATAAGAAGAGAGCGTCTAG-  
GCGAACAAATGTTCTTAAAGTTTGACCT-  
CAAATC



7-сурет – № 1 үлгісінің филогенетикалық ағашы

Зерттеу нәтижесі бойынша 1-штамның таксономиялық идентификациясы MK672872.1:70-807 *Saccharomyces sp. boulardii* ашытқысына жақын штам екенін көрсетті. Гомология дәрежесі 100% құрады.

Ашытқы дақылдарының морфологиялық-дақылдық, физиологиялық және биохимиялық қасиеттерін дәстүрлі әдістермен зерттеу және ПТР анализі ашытқы штамын келесі түрлерге жатқызуға мүмкіндік берді: ЭА1 штамы *Saccharomyces boulardii*-ЭА1 түріне жатқызылды.

*Оптимальды ортада ашытқы дақылдарының өсу динамикасын зерттеу*

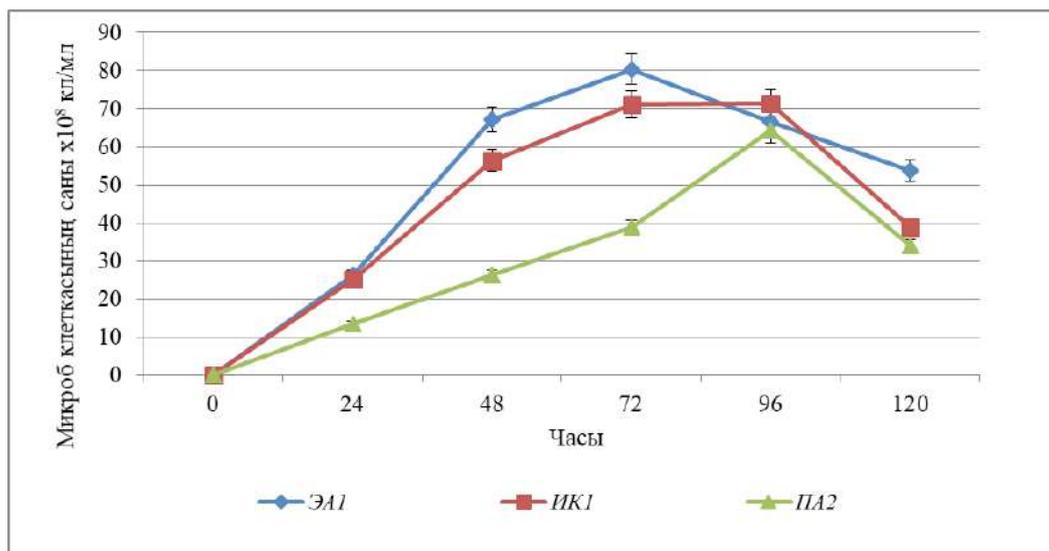
Қазіргі уақытта шикізат пен энергия шығындарының жоғары болуына байланысты жемдік белок өндірісі тиімді емес. Сондықтан, жемдік ашытқыларды өсіруге арналған субстраттар ретінде қалпына келетін өсімдік шикізаттары қарастырылады. Сонымен бірге ашытқы өсіру үшін субстрат ретінде ауылшаруашылық дақылдарының биомассасын ғана емес, сонымен қатар оларды қайта өңдеудің жанама өнімдерін немесе осындай өндірістердің қалдықтарын пайдалануға болады. Бұл тәсіл мал өсіру үшін

қосымша микробтық белок алуға және сонымен бірге қоршаған ортаны ластайтын қалдықтарды жою мәселесін шешуге мүмкіндік береді [23].

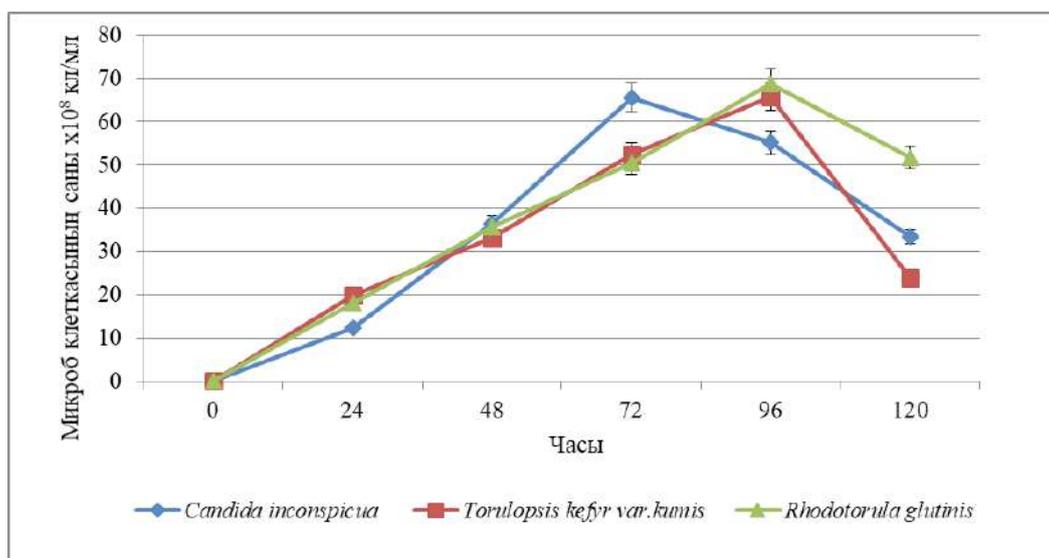
Жемдік ашытқыларды өсіру үшін субстрат ретінде көмірсутектер, ағаш өңдеу өнеркәсібінің әртүрлі қалдықтарының гидролизаттары, азық-түлікке жатпайтын өсімдіктер материалдары және тағам өндірісінің қалдықтары қолданылатыны белгілі [24].

Осыған байланысты, бұдан әрі жұмыста оптимальды ортада коллекциялық және бөлініп алынған ашытқы дақылдарының өсу динамикасы зерттелді. 8-9 суретте оптимальды ортада бөлініп алынған және коллекциялық ашытқы дақылдарының өсу динамикасын зерттеу нәтижелері көрсетілген.

8-суретте *Saccharomyces boulardii* ашытқы штамдары – ЭА1 және ИК1 басқа штамдармен салыстырғанда оптимальды ортада өсу қарқындылығы және биомассаның жинақталуымен ерекшеленетіні көрсетілді. *Saccharomyces boulardii* – ЭА1 дақыл штамдарының клеткаларының саны 2 – 4 тәулік 6,7 – 8,1x10<sup>9</sup> кл/мл құраса, ИК1 штаммында бұл көрсеткіш 5,6 – 7,1x10<sup>9</sup> кл/мл аралығында болады.



8-сурет – Бөлініп алынған ашытқы дақылдарының оптимальды ортада өсу динамикасы



9-сурет – Коллекциялық ашытқы дақылдарының оптимальды ортада өсу динамикасы

9-суретте келтірілген нәтижелер оптимальды қоректік ортада ашытқы штамдарының өсу қарқынын көрсетеді. Экспоненциалды кезеңде осы штамдардың өсуі кезінде клеткалар саны  $3,3-3,6 \times 10^8$  кл/мл-ге жетті. 5-ші тәулікте барлық дақылдарда ашытқы клеткаларының өсуінің төмендеуі байқалды. Бұл процесс қоректік орта компоненттерінің төмендеуімен және метаболизм процесі барысында токсинді қосылыстардың түзілуімен сипатталады [25]. Зерттеу нәтижелеріне сәйкес, табиғи субстраттарды ашытқылармен байыту мақсатында ИК1, *Saccharomyces boulardii* –ЭА1, *Candida*

*inconspicua* –ТД6, *Rhodotorula glutinis var glutinis* R12, *Torulopsis kefir var.kumis* T-17 штамдары іріктеліп алынды. Жемдік ақуыздардың тағамдық құндылығын арттыру мақсатында целлюлозақұрамды шикізаттарды ашытқылардың биоконверсиясы негізінде микроорганизмдердің ақуызымен байыту тиімді болып саналады.

Зерттеу жұмысы ҚР БҒМ қаржыландырған №0220РК01900 ИРН АР08957608 «Сүт сарысуы және өсімдік шикізаттары негізінде жемдік белоктар алу үшін ашытқы консорциумын құрастыру» жобасы аясында жасалды.

### Қорытынды

1. Табиғи субстраттардың микробтық ал-уантүрлілігі зерттелді және 3 ашытқы штамы бөлініп алынды. Қолданбалы микробиология зертханасынан коллекциялық 3 ашытқы штамы іріктеліп алынды: *Candida inconspicua* –ТДб, *Rhodotorula glutinis* R 12, *Torulopsis kefyr* var. *kumis* T-17.

2. Іріктеліп алынған ашытқы штамдарының морфология-культуральдық, физиология-биохимиялық қасиеттері зерттелді. Зерттеу жұмыстарының нәтижелеріне сәйкес ашытқы штамдары үшін оптимальды температура 20°C-30°C аралығында. Ашытқы дақылдарының тұздардың әртүрлі концентрацияларында өсуге белсенділігін зерттеу барысында ЭА1, ИК1 және *Candida inconspicua* – ТДб штамдары галотолеранттылық көрсетті.

3. Ашытқы штамдарының морфология-культуральдық, физиология-биохимиялық қасиеттерін дәстүрлі әдіспен зерттеу және ПТР-талдау нәтижесінде ЭА1 штамы *Saccharomyces boulardii* түріне дейін идентификацияланды.

4. Коллекциялық және бөлініп алынған ашытқы дақылдарының оптимальды ортада өсу белсенділігі зерттелді. *Saccharomyces boulardii* –ЭА1 дақылының клетка саны 2-4 тәулікте  $6,7 - 8,1 \times 10^9$  кл/мл құраса, ИК1 штамы  $5,6-7,1 \times 10^9$  кл/мл көрсетті. Өсудің экспоненциальды сатысында коллекциялық штамдардың клетка саны  $3,3-3,6 \times 10^8$  кл/мл дейін жетті.

Зерттеу жұмысы ҚР БҒМ қаржыландырған ИРН АР08957608 «Конструирование дрожжевых консорциумов для получения кормовых белков на основе молочной сыворотки и растительного сырья» жобасы аясында жасалды.

### Әдебиеттер

1 Борисенко Е.Г., Мадзу О.Б., Пироговская Е.К., Маслова Т.А., Азанова А.А. Производство дрожжевых продуктов широкого профиля // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2019. – Vol. 27, – № 1. – С. 23-26.

2 Гавриловна Р.З. Эффективность практического использования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* местной селекции, выделенных из подсырной сыворотки // Государственный аграрный университет, биологическая серия, Владикавказ. – 2012. – Vol. 7, – № 21. – С. 146.

3 Blomberg, A. Metabolic surprises in *Saccharomyces cerevisiae* during adaptation to saline conditions: questions, some answers and a model. FEMS Microbiology Letter, – 2019. – Vol. 182. – P. 1-8.

4 Иванова Е.П., Скалозуб О.М., Биотехнология кормов: Учебное пособие для обучающихся направлений подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, 35.03.04 Агрономия ФГБОУ ВПО Приморская ГСХА. – 2015. – № 13. – С. 21–32.

5 Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии // Л.М. Захарчук и др. – М.: Академия. – 2005. – № 23. – С. 608.

6 Фаритов, Т. А. Некоторые способы обогащения кормов питательными веществами // Сельские узоры. – 2004. №5. – С. 12–13.

7 Han Y. Microbial utilization of straw. Adv. App. Microbiol. – 2003. – Vol. 23. – № 11. – P.119-153.

8 Даньшина А.В. Выделение из природных субстратов и первичный скрининг целлюлозолитических бактерий // Материалы международной научно-практической конференции «Современная микробиология в биотехнологии, науке и образовании». – Астана, 2012.– №6. – С. 102-106.

9 Смирнова, В.Д. Отходы производства концентрированных белковых продуктов из сои как сырье для получения кормовых добавок . Российский химико-технологический журнал имени Д.И. Менделеева. – М., 2012. – № 7. – С. 19.

10 Clarridge III J. E.. Impact of 16S rRNA Gene Sequence Analysis for Identification of Bacteria on Clinical Microbiology and Infectious Diseases // Clinical Microbiology Reviews. – 2004. – Vol. 17. – P. 840–862.

11 Kumar S. MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment // Briefings in bioinformatics. – 2004. – Vol. 5, №2. – P. 150–163.

12 Werle E. Convenient single-step, one tube purification of PCR products for direct sequencing // Nucleic Acids Res. – 2008. – Vol. 22. – № 7. – P. 4354-4355.

13 Clayton R. A. Intraspecific variation in small-subunit rRNA sequences in GenBank: why single sequences may not adequately represent prokaryotic taxa // International Journal of Systematic Bacteriology. – 2005. – Vol. 45. – № 8. – P. 595–599.

14 Paul J. Effect of whey protein isolate on strength, body composition and muscle hypertrophy during resistance training. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care. – 2008. – Vol. 1. – № 11. – P. 40-44

15 Dash, P.K., Jyoti, M., Patnaik, S.C., Swain, M.R. and Thatoi, H.N. Characterization, identification and comparative evaluation of bioethanol tolerance and production capacity of isolated yeast strains from fermented date palm sap (Toddy). Malaysian Journal Microbiology, – 2015. – Vol. 11. № 8. – P. 223-230.

- 16 Пузанков А. Техника для повышения питательной ценности кормов // Свиноводство. – 2000. №6. – С. 221-225.
- 17 Perez-Guerra N. Main characteristics and applications of solid substrate fermentation // Electronic journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. Vigo. – 2003. – Vol. 7. № 12. – P. 343–350.
- 18 Скиба, Е.А. Технология производства дрожжей: учебное пособие // Алтайский государственный технический университет, серия биологическая. – 2010. – Vol. 17. № 32. – С. 121.
- 19 Norman F. Fermented cereals a global perspective // FAO agricultural services bulletin. – 2009. -Vol. 42. №138. – P. 268.
- 20 Dale Bruce E. Lignocellulose conversion and the future of fermentation biotechnology // Trends Biotechnol. – 2000. – Vol. 5. № 10. – P.287-291.
- 21 Abdel, A. and Moghaz, E. Comparative Study of salts Tolerance in *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia pastoris* yeast strains // Advances in Bioresource, – 2015. – Vol. 1. № 12. – P. 169-176.
- 22 Antoni, D., Zverlov, V.V. and Schwarz, W. H. Biofuels from microbes // Applied Microbiology Biotechnology, – 2017. – Vol. 77. № 23. – P. 23-35.
- 23 Aro, E.M. From first generation biofuels to advanced solar biofuels // Ambio, – 2016. – Vol. 45. № 2. – P. 24-31.
- 24 Babu, M.P. and Ilyas, M.M. SCP production from *Saccharomyces cerevisiae* isolated from mangrove sediment // International Journal Advanced Multidisciplinary Research, – 2017. – Vol. 4. № 9. – P. 1-10.
- 25 Bayrock, D.P. and Ingledew, W.M. Application of multistage continuous fermentation for production of fuel alcohol by very-high-gravity fermentation technology // Journal Industrial Microbiology Biotechnology, – 2017. – Vol. 27. № 10. – P. 87-93.

### References

- 1 Borisenko E.G., Madzu O.B., Pirogovskaya E.K., Maslova T.A., Azanova A.A. (2019) Proizvodstvo drozhzhevykh produktov shirokogo profilya [Production of yeast products of a wide profile] *Scientific journal of NRU ITMO. Series "Processes and Apparatus for Food Production* 27, no.1 (2019): 23-26.
- 2 Gavrilovna R.Z. Effektivnost' prakticheskogo ispol'zovaniya drozhzhey *Saccharomyces cerevisiae* mestnoy selektsii, vydelennykh iz podsyrnoy syvorotki [The efficiency of practical use of local breeding *Saccharomyces cerevisiae* yeast isolated from cheese whey] *State Agrarian University, biological series, Vladikavkaz*.7, no.21 (2012): 146.
- 3 Blomberg, A. Metabolic surprises in *Saccharomyces cerevisiae* during adaptation to saline conditions: questions, some answers and a model. *FEMS Microbiology Letter*, 182, (2019): 1-8.
- 4 Ivanova E.P., Skalozub O.M. (2015) Biotekhnologiya kormov [Forage biotechnology]. Textbook for students in training areas 03.03.03 Agrochemistry and agrosil science, 03.35.07 Technology of production and processing of agricultural products, 03.03.04 Agronomy FGBOU VPO *Primorskaya State Agricultural Academy* . no. 13. – pp. 21–32.
- 5 Netrusova A. (2005) Bol'shaya masterskaya po mikrobiologii [Big workshop on microbiology] textbook. allowance for students. higher textbook. institutions under the editorship of M.: IC "Academy, no. 23. pp. 608.
- 6 Faritov, T.A. Nekotoryye sposoby obogashcheniya kormov pitatel'nyimi veshchestvami [Some ways of enriching feed with nutrients]. *Rural patterns*. no. 5 (2004):12-13.
- 7 Han Y. "Microbial utilization of straw". *Adv. App. Microbiol.* 23, no. 11 (2003): 119-153.
- 8 Danshina A.V. Vydeleniye iz prirodnykh substratov i pervichnyy skringing tsellyulozoliticheskikh bakteriy [Isolation from natural substrates and primary screening of cellulolytic bacteria]. *Materials of the international scientific-practical conference "Modern microbiology in biotechnology, science and education"*, – Astana. no. 6 (2012): 102-106.
- 9 Smirnova, V.D. Otkhody proizvodstva kontsentriruyemykh belkovykh produktov iz soi kak syr'ye dlya polucheniya kormovykh dobavok [Waste from the production of concentrated protein products from soybeans as raw material for the production of feed additives]. *Russian Journal of Chemical Technology named after D.I. Mendeleev*. no. 7 (2012): 19.
- 10 Clarridge III J. E.. "Impact of 16S rRNA Gene Sequence Analysis for Identification of Bacteria on Clinical Microbiology and Infectious Diseases". *Clinical Microbiology Reviews* 17, (2004): 840–862.
- 11 Kumar S. "MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment". *Briefings in bioinformatics*. 5, no. 2 (2004): 150–163.
- 12 Werle E. "Convenient single-step, one tube purification of PCR products for direct sequencing". *Nucleic Acids Res.* 22, no. 7 (2008): 4354-4355.
- 13 Clayton R. A. "Intraspecific variation in small-subunit rRNA sequences in GenBank: why single sequences may not adequately represent prokaryotic taxa". *International Journal of Systematic Bacteriology*. 45, no. 8 (2005):595–599.
- 14 Paul J. "Effect of whey protein isolate on strength, body composition and muscle hypertrophy during resistance training". *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 1, no. 11 (2008): 40-44.
- 15 Dash, P.K., Jyoti, M., Patnaik, S.C., Swain, M.R. and Thatoi, H.N. "Characterization, identification and comparative evaluation of bioethanol tolerance and production capacity of isolated yeast strains from fermented date palm sap (Toddy)". *Malaysian Journal Microbiology*, 11, no. 8 (2015): 223-230
- 16 Puzankov A. Tekhnika dlya povysheniya pitatel'noy tsennosti kormov [Technique for increasing the nutritional value of feed]. *Pig breeding*. no. 6 (2000): 221-225.

- 17 Perez-Guerra N. “Main characteristics and applications of solid substrate fermentation”. *Electronic journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. Vigo*. 7, no. 12 (2003): 343–350.
- 18 Skiba, E.A. Tekhnologiya proizvodstva drozhzhey: uchebnoye posobiye [Yeast production technology]. : textbook // *Altai State Technical University, biological series*. 17, no. 32 (2010): 121.
- 19 Norman F. “Fermented cereals a global perspective”. *FAO agricultural services bulletin*. 42, no. 138 (2009): 268.
- 20 Dale Bruce E. “Lignocellulose conversion and the future of fermentation biotechnology”. *Trends Biotechnol.* 5, no. 10 (2000): 287-291.
- 21 Abdel, A. and Moghaz, E. “Comparative Study of salts Tolerance in *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia pastoris* yeast strains”. *Advances in Bioresource*, 1, no. 12 (2015): 169-176.
- 22 Antoni, D., Zverlov, V.V. and Schwarz, W. H. “Biofuels from microbes”. *Applied Microbiology Biotechnology*, 77, no. 23 (2017): 23-35.
- 23 Aro, E.M. “From first generation biofuels to advanced solar biofuels”. *Ambio*, 45, no. 2 (2016): 24-31.
- 24 Babu, M.P. and Ilyas, M.M. “SCP production from *Saccharomyces cerevisiae* isolated from mangrove sediment”. *International Journal Advanced Multidisciplinary Research*, 4, no.9 (2017): 1-10.
- 25 Bayrock, D.P. and Ingledew, W.M. “Application of multistage continuous fermentation for production of fuel alcohol by very-high-gravity fermentation technology”. *Journal Industrial Microbiology Biotechnology*, 27, no. 10 (2017): 87-93.

2-бөлім  
**ҚОРШАҒАН ОРТА ЛАСТАУШЫЛАРЫНЫҢ  
БИОТАҒА ЖӘНЕ ТҰРҒЫНДАР  
ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

---

Section 2  
**ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL  
POLLUTION ON BIOTA AND HEALTH**

---

Раздел 2  
**ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ  
ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
НА БИОТУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ**

IRSTI 34.23.41; 34.35.51; 34.23.19; 34.23.21

<https://doi.org/10.26577/EJE.2021.v66.i1.02>

**A.B. Karazhanova<sup>1</sup>**, **N.M. Kerimbek<sup>1</sup>**, **A.V. Lovinskaya<sup>1\*</sup>**,  
**S.Zh. Kolumbayeva<sup>1</sup>**, **S.K. Abilev<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Vavilov Institute of General Genetics of Russian Academic Science, Russia, Moscow

\*e-mail: anna.lovinskaya@kaznu.kz

## GENOTOXICITY OF ESENTAI AND ULKEN ALMATY RIVERS WATER ON ANIMAL TEST-SYSTEMS

Ecological monitoring, including water resources, is included in a set of measures for the rational use and protection of the environment. Currently, the assessment of water resources' genotoxicity and mutagenicity is an essential component of ecological monitoring. This research aimed to investigate water's genotoxicity from the Esentai and Ulken Almaty rivers flowing in Almaty. It was established that the content of Fe, Cu, Co, Ni, Pb, and Cd in the Almaty rivers water does not exceed the maximum permissible concentration (MPC). In contrast, zinc content in the Esentai and Ulken Almaty rivers' water exceeded the MPC, respectively, by 1.1 and 7.7-folds, manganese – 2.1, and 1.9-folds. It was found that water samples from the Esentai and Ulken Almaty rivers showed a DNA-damaging effect on the studied cells (bone marrow, liver, kidneys, and spleen) of laboratory mice. DNA damage was determined using the Comet assay. In the cells of the studied organs in the experimental groups, the frequency of single-strand DNA breaks a statistically significant increase compared to the control group's animal. The genotoxic action's organospecificity of the studied river waters on laboratory mice was established. According to their sensitivity to water's genotoxic effect, experimental mice's organs can arrange in the following order: spleen and bone marrow > liver > kidneys. An increase in lipid peroxidation products was found in the laboratory mice' liver that drank water from the Esentai and Ulken Almaty rivers. Thus, the results of the physicochemical, molecular-genetic, and biochemical analysis of water on animal test objects indicate the presence in the investigated natural surface waters of chemicals with genotoxic and toxic activity.

**Key words:** surface waters; heavy metals; DNA comet assay, organ specificity, lipid peroxidation.

А.Б. Каражанова<sup>1</sup>, Н.М. Керімбек<sup>1</sup>, А.В. Ловинская<sup>1\*</sup>, С.Ж. Колумбаева<sup>1</sup>, С.К. Абилев<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>РГА Н.И. Вавилов атындағы Жалпы генетика институты, Ресей, Мәскеу қ.

\*e-mail: anna.lovinskaya@kaznu.kz

### Есентай және Үлкен Алматы өзендері суының жануарларды сынау жүйелеріндегі генотоксикалық эффекті

Су ресурстарының мониторингі – табиғи ортаны қорғау және ұтымды пайдалану шаралары жүйесінің маңызды буыны. Су объектілерін зерттеу кезінде оның маңызды құрамдас бөлігі ретінде судың генотоксикалық эффекті және мутагенділігін бағалауы жатады. Бұл зерттеудің мақсаты Алматы қаласында ағып жатқан Есентай мен Үлкен Алматы өзендерінен келетін судың генотоксикалығын зерттеу болып табылды. Зерттеу нәтижесі Fe, Cu, Co, Ni, Pb, және Сдауыр металдарының құрамы Есентай және Үлкен Алматы өзендерінде шекті рұқсат етілген концентрациядан (ШРК) аспайтындығын көрсетті, ал мырыш мөлшері ШРК-дан 1,1 және 7,7 есеге, тиісінше марганец көрсеткіші 2,1 және 1,9 есеге артқандығын анықтады. Есентай және Үлкен Алматы өзендерінің су үлгілері бақылау тобының жануарларымен салыстырғанда ДНҚ-ның бір жіпті ажырау жиілігінің статистикалық маңызды ұлғаюынан көрінген зертханалық тышқандардың сүйек кемігі, бауыр, бүйрек және көкбауыр жасушаларында ДНҚ-ны зақымдаушы әсерін көрсетті. ДНҚ-ның зақымдануы ДНҚ-комета әдісі арқылы анықталды. Зертханалық тышқандарға зерттелген өзендер суының генотоксикалық әсерінің органоспецификасы анықталды. Судың генотоксикалық әсеріне сезімталдығы бойынша эксперименттік тышқандардың органдары келесі тәртіпте орналастыруға болады: көкбауыр және сүйек кемігі > бауыр > бүйрек. Сонымен қатар, Есентай және Үлкен Алматы өзендерінен су қабылдаған зертханалық тышқандардың бауырында липидтердің асқын тотығу өнімдерінің – липидтердің гидро пероксиді мен малондальдегидінің – ұлғаюы анықталды. Сонымен, жануарлар сынақ объектілеріндегі суды физика-химиялық, молекулалық-генетикалық және

биохимиялық талдау нәтижелері зерттелетін табиғи жер үсті суларында генотоксикалық және ұйтты белсенділігі бар химиялық заттардың болуын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** жер үсті сулары, ауыр металдар, ДНК-комет әдісі, органның ерекшелігі, липидтердің тотығуы.

А.Б. Каражанова<sup>1</sup>, Н.М. Керимбек<sup>1</sup>, А.В. Ловинская<sup>1\*</sup>, С.Ж. Колумбаева<sup>1</sup>, С.К. Абишев<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Россия, г. Москва

\*e-mail: anna.lovinskaya@kaznu.kz

### **Генотоксичность воды рек Есентай и Улкен Алматы на животных тест-системах**

Экологический мониторинг, в том числе водных ресурсов, входит в комплекс мер по рациональному использованию и охране природной среды. В настоящее время оценка генотоксичности и мутагенности воды является важной составляющей экологического мониторинга водных ресурсов. Целью настоящего исследования явилось изучение генотоксичности воды из рек Есентай и Улкен Алматы, протекающих в г. Алматы. Показано, что содержание тяжелых металлов, таких как Fe, Cu, Co, Ni, Pb и Cd, не превышало предельно допустимые концентрации (ПДК) в реках Есентай и Улкен Алматы, в то время как содержание цинка превышало ПДК в 1,1 и 7,7 раза, марганца – в 2,1 и 1,9 раза, соответственно. С помощью метода ДНК-комет установлено, что образцы воды рек Есентай и Улкен Алматы проявили ДНК-повреждающий эффект в клетках костного мозга, печени, почек и селезенки лабораторных мышей. В клетках исследуемых органов опытных групп мышей частота однонитевых разрывов ДНК статистически значимо увеличивается по сравнению с животным из контрольной группы. Установлена органоспецифичность генотоксического действия воды изученных рек на лабораторных мышах. По чувствительности к генотоксическому действию воды органы экспериментальных мышей можно расположить в следующем порядке: селезенка и костный мозг > печень > почки. Также было выявлено увеличение продуктов перекисного окисления липидов в печени лабораторных мышей, принимавших воду из рек Есентай и Улкен Алматы. Таким образом, результаты физико-химического, молекулярно-генетического и биохимического анализа воды на животных тест-объектах свидетельствуют о наличии в исследуемых природных поверхностных водах химических веществ, обладающих генотоксической и токсической активностью.

**Ключевые слова:** поверхностные воды, тяжелые металлы, метод ДНК-комет, органоспецифичность, перекисное окисление липидов.

## **Introduction**

Environmental pollution with household and industrial waste is one of the severe ecological problems since waste can be genotoxic, mutagenic, carcinogenic, embryotoxic activities. Most pollutants can disrupt living organisms' genetic structures, including humans, increasing the population's genetic burden. The danger of mutagenic effects lies in the manifestation of the occurred harmful mutations in subsequent generations. Ultimately, this can decrease the number of biodiversities, the species disappearance, and increase the birth frequency with hereditary pathology [1]. In this regard, the problem of identifying and assessing genotoxic and mutagenic factors in the environment is acute.

Surface natural waters are a natural habitat for many species of living organisms and a vital resource for humans. There are 3,000 chemical pollutants in water resources, and about 700 of them can get into drinking water, according to the World Health Organization [2]. Priority water pollutants

include heavy metals, persistent organic pollutants, phenols, pesticides, and fertilizers, which lead to the subsequent death of all life in the aquatic environment.

In recent years, interest in studying the genotoxicity of surface natural waters has significantly increased. A complex of substances in natural waters can cause gene and chromosomal mutations, DNA breaks, micronuclei, and other disorders [3-11]. There is a demand for a comprehensive study of aquatic ecosystems, including the genotoxic activity, subject to anthropogenic impact. Studying the genotoxic activity of chemical substances helps determine environmental threats and form current normative actions to mitigate their impact. However, environmental pollutants' molecular influence may transcend their interaction with the DNA sequence [12, 13]. Industrial waste impurities can cause a weakening of the human immune and reproductive systems, kidney failure. The spread of infectious gastroenteritis diseases, diarrhea, vomiting, skin, and kidney problems occurs through contaminated



heavy metals (Fe, Pb, Cu, Zn, Mn, Co, Ni, Cr, Cd) in water samples was determined using an MGA-915MD atomic absorption spectrophotometer (Lumex, Russia) [18].

The research test object was laboratory mice. Mice were with an average weight of 25 grams and two to three months of age. Laboratory mice drank the test water for seven days. The aqueous solution of mutagen cyclophosphamide at a 50.0 mg/kg dose was used as the positive control and was injected intraperitoneally. Drinking water was used as the negative control. The genotoxic potential of water samples in organs (bone marrow, liver, kidney, spleen) of laboratory mice was investigated using the DNA comet assay [19, 20]. Giemsa stain was used to stain the preparations [21]. We visually analyzed randomly at least 100 DNA-comets without overlapping "tails" for each preparation using Olympus microscope BX-43 (Olympus Corporation, Japan) with increasing the resolution 40x. DNA comets were ranked into five conditional types: class I: 0 - 6.0%; class II: 6.1 - 17%; class III: 17.1 - 35.0%; class IV: 35.1 - 60.0%; class V: 60.1–100.0% DNA single- and double-strand breaks in the "comet tails" [22]. The index of DNA comets (IDC) as the degree of DNA damage was calculated by the formula:  $IDC = \frac{0n_1 + 1n_2 + 2n_3 + 3n_4 + 4n_5}{\sum n}$ , where  $n_1$ - $n_5$  is the number of DNA comets of each class,  $\sum n$  is the sum of the calculated DNA comets. The damage index (DI) was calculated using the formula:  $DI = \frac{IDC_e}{IDC_c}$ , where  $IDC_e$  – the index of DNA comets in the experimental group,  $IDC_c$  – the index of DNA comets in the negative control [23].

The content of primary (LOOH - lipid hydroperoxide) and secondary (MDA - malonic dialdehyde) lipid peroxidation products was determined to assess water's toxic properties in the hepatic tissue homogenate of the laboratory mice. The method for determining LOOH is based on measuring the absorption of light by conjugated diene structures extracted with a mixture of heptane and isopropyl alcohol (1:1). The heptane phase's optical density was measured at a wavelength of 233 nm on an Apel PD-303 spectrophotometer (Japan). MDA was determined by the 2-thiobarbituric acid method. Optical density was measured at 532 nm on an Apel PD-303 spectrophotometer (Japan) [24].

Statistical data analysis was in the Data Analysis add-in Microsoft Excel program and the StatPlus®5 Pro version 5.9.9.4/Core v6.7.3 (AnalystSoft Inc., USA). Each result is expressed as mean  $\pm$  standard error (SE). The distribution of data for normality was checked using the Shapiro-Wilk W-test. Differences between groups were considered significant

with a confidence level of 95% and higher ( $p < 0.05$ ) and were calculated using Student's t-test.

## Research results and discussion

It is crucial to test the water for various physical and chemical parameters before using it for drinking, domestic, agricultural, or industrial use. Table 1 shows the physicochemical parameters of water samples. The studied water sources' pH value was within normal values (pH = 6.0-9.0). Water from the River Ulken Almaty can be attributed to slightly acidic waters (pH 5.0-6.5), water from the River Esentai can be attributed to neutral waters (pH 6.6-7.5). Within the oxidation-reduction potential (ORP) context, all waters had values in the normative values range. The total dissolved solids (TDS) and electrical conductivity (EC) of water from the River Esentai aligned the standard, but from the River Ulken Almaty - less than the standard. The dissolved oxygen in the water of the investigated sources was 1.8-2.2 mg/L. Low levels of dissolved oxygen (<7.0 mg/L) implicitly show that the river Ulken Almaty is dirty; Esentai is very dirty. However, a decrease in dissolved oxygen in water can be related to increased ambient temperature and increased microbial activity [25]. The content of Ni, Co, Pb, Cr, Fe, Cu, and Cd in the Almaty's rivers waters did not exceed the MPC. The excess of MPC was observed for Mn and Zn in the Esentai river water by 2.1 and 1.1-fold, respectively, in the Ulken Almaty river water was observed by 1.9 and 7.7-fold.

Laboratory mice were exposed to water samples from Esentai and Ulken Almaty rivers for seven days to study water's genotoxic activity. The genotoxic effects of water samples were examined on bone marrow cells, liver, kidney, and spleen using the Comet assay. Table 2 shows the indexes of DNA comets (IDC) in cells of the studied organs.

In intact laboratory mice, we observed class I DNA comets; when exposed to cyclophosphamide has class III and IV; when exposed to water from the rivers Esentai and Ulken Almaty has II and III damage classes (Figure 2) [22]. Comparative analysis of the data on the index of DNA comets in the studied organs' cells showed a statistically significant increase in DNA breaks in the experimental groups' mice compared with the negative control ( $p < 0.05$ -0.01). The damage index (DI), which shows the degree of genotoxicity in bone marrow cells, was 2.07 when exposed to cyclophosphamide, 2.10 - Esentai river, 2.17 - Ulken Almaty water. The DI in liver cells was 2.32 when exposed to cyclophosphamide, water from the river Esentai was 1.98, the

river Ulken Almaty was 1.94. The kidney cells' DI was 1.94 when exposed to cyclophosphamide, water from the rivers Esentai –1.51, Ulken Almaty - 1.42.

The DI in spleen cells was 2.16; 2.26; 2.19 when exposed to cyclophosphamide, water from the rivers Esentai and Ulken Almaty, respectively.

**Table 1** – Physicochemical parameters of water samples from rivers of Almaty city

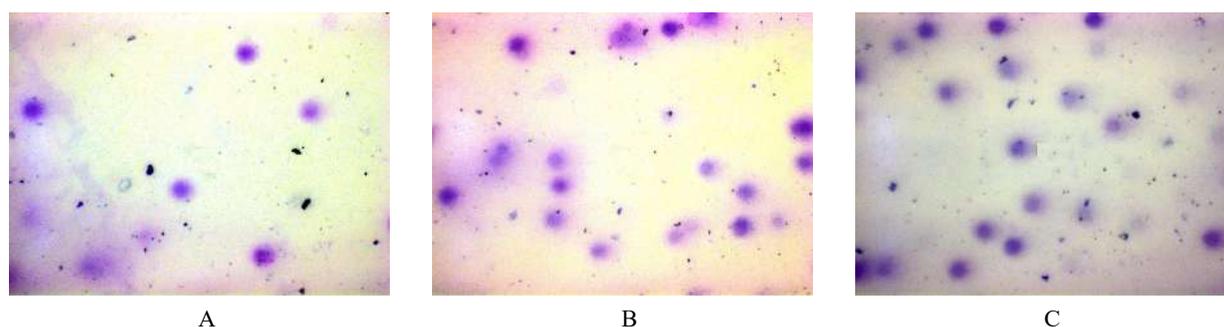
Physicochemical parameter	River Esentai, (M±SE)	River Ulken Almaty, (M±SE)	Standard or MPC
t (°C)	11.0	12.8	-
pH	6.6	6.4	6.0-9.0
ORP (mv)	208	145	+80.0-300.0
TDS (ppm)	127	47	50.0-150.0
EC (µSm/sm)	246	94	100.0- 1200.0
DO(mg/L)	1.8	2.2	7.0-9.0
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	0.0783± 0.0002	0.0337± 0.0002	0.1
Pb (mg/dm <sup>3</sup> )	0.0045± 0.0002	0.0040± 0.0001	0.006
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	0.0006± 0.0001	0.0007± 0.0000	0.001
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	0.0106± 0.0003*	0.0767± 0.0001*	0.01
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	0.0212± 0.0011*	0.0185± 0.0014*	0.01
Ni(mg/dm <sup>3</sup> )	0.0013±0.0002	0.0019±0.0003	0.01
Cr (mg/dm <sup>3</sup> )	0.0054± 0.0001	0.0052± 0.0001	0.02
Co(mg/dm <sup>3</sup> )	0.0031± 0.0003	0.0025± 0.0004	0.01
Cd(mg/dm <sup>3</sup> )	0.0004± 0.0000	0.0004± 0.0000	0.005

Note: MPC - maximum permissible concentration, t - temperature, ORP – oxidation-redox potential, TDS - total dissolved solids, EC–electrical conductivity, DO–dissolved oxygen in water  
\* - exceeds or at the level of MPC  
M±SE - mean ± standard error

**Table 2** – The Indexes of DNA-comets in the organs' cells of laboratory mice that received water from the Almaty rivers

Experimental groups	Index of DNA comets in the cell (M±SE)			
	bone marrow	liver	kidney	spleen
drinking water (negative control)	1.08 ± 0.05	1.03 ± 0.02	1.17 ± 0.10	1.06 ± 0.05
cyclophosphamide, 50 mg/kg (positive control)	2.24 ± 0.04***	2.39 ± 0.06***	2.27±0.07***	2.29 ± 0.06***
river Esentai	2.27 ± 0.50*	2.04 ± 0.42*	1.77 ± 0.23*	2.40 ± 0.38**
river Ulken Almaty	2.34 ± 0.28**	2.00 ± 0.35*	1.67 ± 0.19*	2.33 ± 0.41*

Note: \* p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001 in comparison with negative control  
M±SE - mean ± standard error



**Figure 2** – DNA-comets in the cells of bone marrow treated with water of Esentai (A), with water of Ulken Almaty (B), and with cyclophosphamide (C)

Comparative analysis of the data obtained that under the cyclophosphamide action at a dose of 50 mg/kg, DNA breaks increased statistically significant ( $p < 0.01$ ) compared to the negative control. The studied organs can be arranged by their sensitivity to cyclophosphamide's DNA-damaging action in the following order: liver > spleen > bone marrow > kidneys. Under the influence of the water from the Esentai and Ulken Almaty River, there is also a statistically significant increase in DNA breaks compared ( $p < 0.05-0.01$ ) with intact mice. The studied organs can be arranged by their sensitivity to water samples' DNA-damaging action in the following order: spleen > bone marrow > liver > kidneys.

Thus, the organ-specificity of the studied rivers water's genotoxic action on laboratory animals was established. The studied water samples induced single-strand DNA breaks in the cells of the mice's organs.

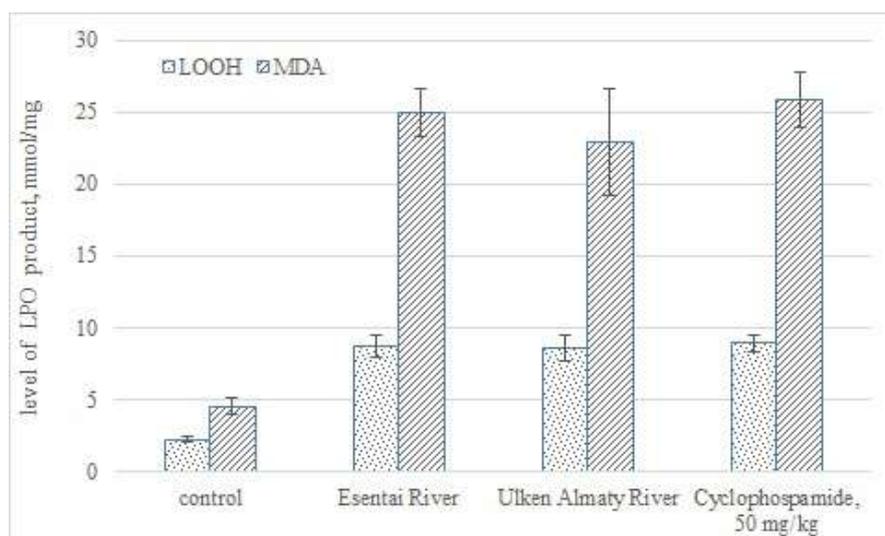
The lipid peroxidation product levels in laboratory mice's liver were studied using the extraction-spectrometric method. The lipid hydroperoxide (LOOH) accumulation in the cell occurs at the first stage of free radical oxidation of polyunsaturated fatty acids. Hydroperoxides have mutagenic and pronounced cytotoxicity. They inhibit glycolysis and oxidative phosphorylation activity, inhibit the synthesis of protein and nucleic acids, disrupt the secretion of triglycerides by hepatocytes, and inhibit various membrane-bound enzymes. LOOHs then metabolize to malondialdehyde (MDA). Malondialdehyde crosslinks lipid molecules and reduces membrane fluidity, as a result of which the processes associated with phagocytosis, pinocytosis, and cell migration are disrupted [24, 26].

Figure 3 shows the primary and secondary LPO product's content exposed to Esentai and Ulken Almaty's water samples. The LOOHs level in the mice

liver exposed to the Esentai and Ulken Almaty rivers' water samples was  $8.71 \pm 0.76$  and  $8.60 \pm 0.86$  mMol/mg, respectively. These data were statistically significantly higher, respectively, in 3.93 ( $p = 0.0011$ ) and 3.88-fold ( $p = 0.0019$ ) than the control. The malondialdehyde levels in the liver of experimental animals are statistically significantly higher in 5.48-fold ( $p = 0.0003$ , Esentai), 5.02-fold ( $p = 0.0083$ , Ulken Almaty), and 5.67-fold ( $p = 0.0001$ , cyclophosphamide) than the control values.

Population growth in large cities and the expansion of old cities have significantly increased domestic wastewater flow into surface water. These runoffs have become a source of pollution of rivers and lakes with pathogenic bacteria and helminths. To an even greater extent, synthetic detergents, widely used in everyday life, pollute water bodies. They are also commonly used in industry and agriculture. The chemicals in them, getting into water bodies with wastewater, affect their biological and physical regime.

Water temperature controls the speed of all chemical reactions in aquatic ecosystems and affects fish growth, immunity, and reproduction. The main processes that ensure an organism's vital activity are redox reactions, i.e., reactions associated with electrons' transfer or attachment. Usually, the ORP of the human body ranges from -90 mV to -200 mV, and the ORP of ordinary drinking water is almost always much higher than zero, tap water - from +80 mV to +300 mV [27]. The Total Dissolved Solids determines the total content of inorganic salts and inorganic substances. Electrical conductivity correlates with pH, temperature, TDS, chemical oxygen demand, Cl<sup>-</sup>, Fe<sup>2+</sup>, and Ca<sup>2+</sup> content in the water [28]. Dissolved oxygen is an indirect indicator of surface waters' quality and correlates with bacterial activity, photosynthesis, nutrient availability, and stratification [25, 28].



**Figure 3** – The lipid peroxidation product level in the liver of laboratory mice exposed to Almaty rivers waters

Urbanization has led to the deterioration of aquatic ecosystems and introduced many pollutants in water resources. Heavy metals, metalloids, and hydrocarbons, organic compounds can cause genotoxic damage to different organisms [5-7]. In many chemical elements entering water bodies, metals are essential because of their association with domestic and industrial wastewater, vehicle emissions [29]. Metals such as Pb, Cr, Zn, Cu, Cd, and Ni are typical potential water and sediment pollutants in urban areas [8, 30]. Our studies found that in the water of the studied rivers flowing in Almaty, Ni, Co, Pb, Cr, Fe, Cu, Cd, Mn, and Zn are determined, while levels of Mn and Zn exceed the MPC. Several studies have shown that natural water contaminated with heavy metals may exhibit genotoxic activity in aquatic living beings [5, 31, 32]. For example, Ni acts as a mutagen on the physiology and behavior of fish [33]. Pb can suppress the enzyme's activity interfering with the DNA repair system [34]. Excess copper in the organism inhibits the immune system, leading to anemia and non-infectious hepatitis. Zinc has mutagenic and carcinogenic activity [26].

There are numerous data on water's genotoxicity in various rivers, including those in areas associated with large settlements and industrial centers. For example, a study of the Pitimbu River (an essential source of water supply for the city of Natal, Rio Grande do Norte, Brazil) revealed changes in the mitotic index for two samples, an increase in the frequency of chromosomal aberrations, and micronuclei in the root meristem of *Allium sulfur* for all water samples compared with the control group.

The data show that the surface waters of the Pitimbu River contain compounds with potential genotoxicity that can affect the ecosystem. The highest genotoxic activity was noted near the industrial center [35]. Ames and SOS/umu tests indicated that organic extracts of water from Pearl River (Guangzhou city, China) induced mutagenicity and genotoxicity [36].

At present, water bodies, due to anthropogenic impact on them, can contain a complex mixture of chemicals. Physicochemical analysis of water can not always determine the content of various substances, especially in low concentrations. However, the chemicals present' combined effect can negatively affect the body even at low concentrations [9]. Stankevičiūtė M. et al. showed that the metal mixture's toxicity might change and be stronger or weaker than expected. Besides, it was determined that after a 10-fold decrease in the concentration of one metal in a mixture of several metals, the accumulation of some other metals in fish tissues may increase. Accordingly, a decrease in the concentration of a particular metal in a mixture does not necessarily lead to a significantly lower accumulation of metal in fish tissues compared to the amount accumulated in fish contained in mixtures with a reduced concentration of any other heavy metals. This shows that in the presence of other metals in the environment, the MPC established for a specific metal may be unsafe for aquatic organisms. Combined metals can strengthen toxic, genotoxic effects in comparison to isolated chemicals [5, 37].

In practice, conventional monitoring programs measure almost exclusively chemical/physical parameters [27, 28]. Concentrations of pollutants can provide detailed descriptions of pollution levels and indirectly indicate the potential biological effects of mixed environmental pollution. Biological analyzes, in turn, make it possible to determine the biological effects of mixtures. The combination of these two approaches makes it possible to identify the primary sources of risk that require constant monitoring; therefore, an adequate assessment of the environmental risk caused by any pollution should be based on the use of chemical methods for controlling pollutants, followed by biological tests [9, 38].

Thus, the revealed genotoxic effect of water on the laboratory mice is determined by the combined impact of pollutants' mixed activity, such as heavy metals, organic and non-organic compounds, genotoxicants of physical and biological origin, and other anthropogenic water pollutants.

### Conclusion

Thus, research results were established that the MPC was exceeded for manganese and zinc. The

toxic and genotoxic activities were shown for all studied surface waters. It was shown that in animals that received water from the Esentai and Ulken Almaty rivers, the frequency of single-strand DNA breaks in all studied organs (bone marrow, liver, kidney, and spleen) was statistically significantly higher ( $p < 0.05$ ) compared to the control. The increased lipid peroxidation products (lipid hydroperoxide and malondialdehyde) in the liver of experimental mice were also observed compared to intact animals. The research results indicate Esentai and Ulken Almaty rivers' pollution with environmentally hazardous factors that threaten biota and human health. Further studies are planned to identify the main inorganic and organic pollutants in the Esentai and Ulken Almaty rivers to determine the water genotoxicity mechanism.

### Acknowledgment

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP05130546, A.V. Lovinskaya is the Project supervisor).

### References

- 1 Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека // *Environment Pollution and Ecology-related Human Pathology*. – 2003. – С.138.
- 2 Фрумин Г.Т. Экологическая токсикология (экоотоксикология). – СПб.: РГМУ, 2013. – 179 с.
- 3 Александрова Т.В., Нахаева В.И. Генотоксический анализ водных проб естественного источника питьевой воды из реки Омь на генные и хромосомные мутации // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 6. – С. 1-9
- 4 Juneja T, Chauhdary A. Assessment of water quality and its effect on the health of residents of Jhunjhunu district, Rajasthan: A cross sectional study // *Journal of public health and epidemiology*. – 2013. – No. 5 (4). – P.186-191.
- 5 da Silva E.P., Benvindo-Souza M., Cotrim C.F.C., Motta A.G.C., Lucena M.M., Filho N.R.A., Pereira Ju., Formiga K.T.M., e Silva D.M. Genotoxic effect of heavy metals on *Astyanax lacustris* in an urban stream // *Heliyon*. – 2020. – Vol. 6, No. 9. – e05034 - <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05034>
- 6 Yi X., Li H., Ma P., You J. Identifying the causes of sediment-associated toxicity in urban Waterways in south China: incorporating bioavailability-based Measurements into whole-sediment toxicity identification evaluation // *Environ. Toxicol. Chem.* – 2015. – Vol. 8., No.34. – P. 1744–1750.
- 7 Šestínová O., Findoráková L., Hančulák J., Špaldon T. Investigation of genotoxicity in river sediments // *Nova Biotechnologica et Chem.* – 2017. – Vol. 2, No. 12. – P. 86–91.
- 8 Patel P., Raju M.J., Reddy BCSR, Suresh U., Sankar D.B., Reddy T.V.K. Heavy metal contamination in river water and sediments of the Swarnamukhi River Basin, India: risk assessment and environmental implications // *Environ. Geochem. Health.* – 2017. – Vol. 2, No. 40. – P. 609–623.
- 9 Geras'kin S., Oudalova A., Michalik B., Dikareva N., Dikarev V. Genotoxicity assay of sediment and water samples from the Upper Silesia post-mining areas, Poland by means of Allium-test // *Chemosphere*. – 2011. – Vol. 83, No. 8. – P.1133–1146.
- 10 Soares, R.P. Sediment genotoxicity in the Tiete River (Sao Paulo, Brazil): In vitro comet assay versus in situ micronucleus assay studies / R.P. Soares, G.L. Luvizotto, T. Kosmehla et al. // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2009. – V. 72.
- 11 Han Yi., Li N., Oda Yo., Ma M., Rao K., Wang Z., JinW., Hong G., Li Zh., Luo Yi. Evaluation of genotoxic effects of surface waters using a battery of bioassays indicating different mode of action // *Ecotoxicol Environ Saf.* 2016 Nov;133:448-56.
- 12 Carpenter D.O., Bushkin-Bedient S. Exposure to chemicals and radiation during childhood and risk for cancer later in life // *Journal of Adolescent Health.* – 2013. – Vol. 52, No. 5. – P. S21–S29.
- 13 Abilev S.K., Glazer V.M. Genetic toxicology: Findings and challenges // *Russian Journal of Genetics.* – 2013. – Vol. 49. – P.70–80.

- 14 Колумбаева С.Ж., Бегимбетова Д.А. Мутагенные эффекты химических загрязнителей окружающей среды. – Алматы: Қазақ Университеті, 2013. – 196 с.
- 15 Абилов С.К., Глазер В.М. Мутагенез с основами генотоксикологии. – М.; СПб.: Нестор-История, 2015. – 304 с.
- 16 РГП “Казгидромет” Министерство экологии, геологии и природных ресурсов РК. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. – 2020. – Т. 248, №06. – С. 25. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kazhydromet.kz/ecology/informacionnye-byulleteni-o-sostoyanii-okruzhayushey-sredy-respubliki-kazahstan>
- 17 ГОСТ 31861-2012. Международный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Стандартинформ, 2013. – 64 с.
- 18 ПНД Ф 14.1:2.4.214-06. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций железа, кадмия, кобальта, марганца, никеля, меди, цинка, хрома и свинца в питьевых, поверхностных и сточных водах методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии. – М., 2006. – 22 с.
- 19 Жанатаев А.К., Никитина В.А., Воронина Е.С., Дурнев А.Д. Методические аспекты оценки ДНК-повреждений методом ДНК-комет // Прикладная токсикология. – 2011. – Т. 2, № 4. – С. 27–37.
- 20 Dhawan A., Bajpayee M., Pandey A.K., Parmar D. Protocol for the single cell gel electrophoresis / Comet assay for rapid genotoxicity assessment // ITRC. – 2007. – P. 1–10.
- 21 Osipov A., Arkhangelskaya E., Vinokurov A., Smetanina N., Zhavoronkov A., Klovov D. DNA comet Giemsa staining for conventional bright-field microscopy // International Journal of Molecular Sciences. – 2014. – Vol. 15, No. 4. – P. 6086–6095.
- 22 Giovannelli L., Cozzi A., Guarnieri I., Dolara P., Moroni F. Comet Assay as a Novel Approach for Studying DNA Damage in Focal Cerebral Ischemia: Differential Effects of NMDA Receptor Antagonists and Poly (ADP-Ribose) Polymerase Inhibitors // Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism. – 2002. – Vol. 22. – P. 697–704.
- 23 Колумбаева С.Ж., Ловинская А.В., Калимагамбетов А.М. Цитогенетические методы в генетическом мониторинге: учеб.-метод. пособие. – Алматы: Қазақ ун-ті, 2018. – 161 с.
- 24 Чернадчук С.С., Федорко Н.Л., Захариева З.Е., Будняк А.К., Петров С.А., Запороженко А.В. Методы оценки состояния оксидантной и антиоксидантной систем биологических объектов. – Одесса: Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, 2010. – 53 с.
- 25 Прожорина Т.И. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды. – Воронеж: Истоки, 2010. – 304 с.
- 26 Singh R., Gautam N., Mishra A., Gupta R. Heavy metals and living systems: An overview // Indian J Pharmacol. – 2011. – V. 43, No. 3. – P.246-253.
- 27 Криволицкий А.С., Кулагин В.А. Изменение окислительно-восстановительного потенциала воды в результате кавитационной обработки // Вестник КрасГАУ. – 2007. – № 2. – С. 139–146.
- 28 Patil P.N, Sawant D.V, Deshmukh R.N. Physico-Chemical Parameters for Testing of Water—a Review // International Journal of Environmental Sciences. – 2012. – Vol. 3, № 3. – P.1194–1207.
- 29 Zhao H., Li X., Wang X. Heavy metal contents of road-deposited sediment along the urban-rural gradient around Beijing and its potential contribution to runoff pollution // Environ. Sci. Technol. – 2011. – Vol.17, No. 45. – P. 7120–7127.
- 30 Kumar B., Singh U.K. Source apportionment of heavy metals and their ecological risk in a tropical river basin system // Environ. Sci. Pollut. Control Ser. – 2018. – Vol. 25, No. 25. – P. 25443–25457.
- 31 Turan F., Karan S., Ergenler A. Effect of heavy metals on toxicogenetic damage of European eels *Anguilla Anguilla* // Environ. Sci. Pollut. Control Ser. – 2020. – Vol. 27. – P. 38047–38055
- 32 Konaş S, Bostancı D. Genotoxic effects of environmental pollutant heavy metals on *Alburnus chalcoides* (Pisces: Cyprinidae) inhabiting lower melet river (Ordu, Turkey) // Bull. Environ. Contam. Toxicol. – 2020. – Vol. 104. – P. 763–769.
- 33 Viana L.F., Suárez Y.R., Cardoso C.A.L., Crispim B.A., Cavalcante D.N.C., Grisolia A.B., Lima-Junior S.E. The response of neotropical fish species (Brazil) on the water pollution: metal bioaccumulation and genotoxicity // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2018. – Vol. 3, No. 75. – P. 476–485.
- 34 Zhang W., Xie H.Q., Zou X., Li J., Xu L., Li Y., Zhou Z., Jin T., Ma D., Zhao B. The toxic effects of in situ exposure of a native fish species (*Anabas testudineus*) to electronic waste pollution // Sci. Total Environ. – 2019. – Vol. 690. – P. 1170–1177.
- 35 Egito, L.C.M. Cytotoxic and genotoxic potential of surface water from the Pitimbu river northeastern/RN Brazil / L.C.M. Egito, M.G. Medeiros, S.R.B. Medeiros et al. // Genetics and Molecular Biology. – 2007. – V. 30. – № 2.
- 36 Ye Y, Weiwei J, Na L, et al. Assessing of genotoxicity of 16 centralized source-waters in China by means of the SOS/umu assay and the micronucleus test: initial identification of the potential genotoxicants by use of a GC/MS method and the QSAR Toolbox 3.0. Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen. 2014;763:36-43. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2013.11.003>.
- 37 Stankevičiūtė M., Sauliūtė G., Svecevičius G., Kazlauskienė N., Baršienė J. Genotoxicity and cytotoxicity response to environmentally relevant complex metal mixture (Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Cd) accumulated in Atlantic salmon (*Salmo Salar*). Part I: Importance of exposure time and tissue dependence // Ecotoxicology. – 2017. – Vol. 8, No. 26. – P. 1051–1064.
- 38 Guan Y, Wang X, Wong M, Sun G, An T, Guo J, et al. (2017) Evaluation of Genotoxic and Mutagenic Activity of Organic Extracts from Drinking Water Sources. PLoS ONE 12(1): e0170454. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170454>

## References

- 1 Gichev Yu.P. Environmental pollution and ecological conditionality of human pathology // Environmental pollution and human pathology associated with ecology. - 2003. - p. 138.
- 2 Frumin, G.T. *Ekologicheskaya toksikologiya (ekotoksikologiya) [Environmental toxicology (ecotoxicology)]*. Saint Petersburg: RGTU, 2013.
- 3 Aleksandrova, T.V., Nakhaeva, V.I. "Genotoksicheskiy analiz vodnykh prob estestvennogo istochnika pit'evoy vody iz reki Om' na gennye i khromosomnye mutatsii [Genotoxic analysis of water samples from a natural source of drinking water from the Om River for gene and chromosomal mutations]." *Modern problems of science and education* 6 (2014): 1-9
- 4 Juneja, T, Chauhdary, A. "Assessment of water quality and its effect on the health of residents of Jhunjhunu district, Rajasthan: A cross sectional study." *Journal of public health and epidemiology* 4, no 5 (2013): 186-191.
- 5 da Silva, E.P., Benvindo-Souza, M., Cotrim, C.F.C., Motta, A.G.C., Lucena, M.M., Filho, N.R.A., Pereira, Ju., Formiga, K.T.M., e Silva, D.M. "Genotoxic effect of heavy metals on *Astyanax lacustris* in an urban stream." *Heliyon* 6, no 9 (2020): e05034 - <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05034>
- 6 Yi, X., Li, H., Ma, P., You, J. "Identifying the causes of sediment-associated toxicity in urban Waterways in south China: incorporating bioavailability-based Measurements into whole-sediment toxicity identification evaluation." *Environ. Toxicol. Chem.* 8, no 34 (2015): 1744–1750.
- 7 Šestinová, O., Findoráková, L., Hančulák, J., Špaldon, T. "Investigation of genotoxicity in river sediments. " *Nova Biotechnologica et Chem.* 2, no 12 (2017): 86–91.
- 8 Patel, P., Raju, M.J., Reddy, BCSR, Suresh, U., Sankar, D.B., Reddy, T.V.K. "Heavy metal contamination in river water and sediments of the Swarnamukhi River Basin, India: risk assessment and environmental implications." *Environ. Geochem. Health.* 2, no 40 (2017): 609–623.
- 9 Geras'kin, S., Oudalova, A., Michalik, B., Dikareva, N., Dikarev, V. "Genotoxicity assay of sediment and water samples from the Upper Silesia post-mining areas, Poland by means of Allium-test." *Chemosphere*. 83, no 8 (2011): 1133–1146.
- 10 Soares, R.P. Sediment genotoxicity in the Tiete River (Sao Paulo, Brazil): In vitro comet assay versus in situ micronucleus assay studies / R.P. Soares, G.L. Luvizotto, T. Kosmehla et al. // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2009. – V. 72.
- 11 Han Yi., Li N., Oda Yo., Ma M., Rao K., Wang Z., Jin W., Hong G., Li Zh., Luo Yi. Evaluation of genotoxic effects of surface waters using a battery of bioassays indicating different mode of action // *Ecotoxicol Environ Saf.* 2016 Nov;133:448-56.
- 12 Carpenter, D.O., Bushkin-Bedient, S. "Exposure to chemicals and radiation during childhood and risk for cancer later in life." *Journal of Adolescent Health* 52, no 5 (2013): S21–S29.
- 13 Abilev S.K., Glazer V.M. "Genetic toxicology: Findings and challenges." *Russian Journal of Genetics* 49 (2013): 70–80.
- 14 Kolumbayeva, S.Zh., and D.A. Begimbetova *Mutagennye efekty khimicheskikh zagryazniteley okruzhayushchey sredy [Mutagenic effects of chemical, environmental pollutants]*. Almaty: Kazakh University, 2013
- 15 Abilev, S.K., and V.M. Glazer. *Mutagenез s osnovamigenotoksikologii [Mutagenesis with the basics of genotoxicology]*. Moscow; Saint Petersburg: Nestor-Istoriya, 2015.
- 16 RSE "Kazhydromet" Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. "Informatsionnyi bulletin' o sostoyanii okruzhayushchei sredy Respubliki Kazakhstan [Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan]." URL: <https://www.kazhydromet.kz/ecology/informacionnye-byulleteni-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy-respubliki-kazakhstan>
- 17 GOST 31861-2012. *Mezhdunarodnyy standart. Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob [International standard. Water. General requirements for sampling]*. Moscow: Standartinform, 2013.
- 18 PND F 14.1:2.4.214-06. *Kolichestvennyi khimicheskii analiz vod. Metodika izmerenii massovykh kontsentratsii zheleza, kadmiia, kobal'ta, margantsa, nikelia, medi, tsinka, khroma i svintsa v pit'evykh, poverkhnostnykh i stochnykh vodakh metodom plamennoi atomno-absorbtsionnoi spektrometrii [Quantitative chemical analysis of waters. Methods for measuring mass concentrations of iron, cadmium, cobalt, manganese, nickel, copper, zinc, chromium, and lead in drinking, surface, and wastewaters by the flame atomic absorption method spectrometry]*. Moscow: Standartinform, 2006.
- 19 Zhanataev, A.K., Nikitina, V.A., Voronina, E.S., Durnev, A.D. "Metodicheskie aspekty otsenki DNK-povrezhdeniy metodom DNK-komet [Methodological aspects of DNA damage assessment by the DNA comet assay]." *Applied Toxicology* 2, no 4 (2011): 27–37.
- 20 Dhawan, A., Bajpayee, M., Pandey, A.K., Parmar, D. "Protocol for the single cell gel electrophoresis / Comet assay for rapid genotoxicity assessment." *ITRC*(2007): 1–10.
- 21 Osipov, A., Arkhangelskaya, E., Vinokurov, A., Smetanina, N., Zhavoronkov, A., Klovov, D. "DNA comet Giemsa staining for conventional bright-field microscopy." *International Journal of Molecular Sciences* 15, no 4 (2014): 6086–6095.
- 22 Giovannelli, L., Cozzi, A., Guarnieri, I., Dolara, P., Moroni, F. "Comet Assay as a Novel Approach for Studying DNA Damage in Focal Cerebral Ischemia: Differential Effects of NMDA Receptor Antagonists and Poly (ADP-Ribose) Polymerase Inhibitors." *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* 22 (2002): 697–704.
- 23 Kolumbayeva, S.Zh., Lovinskaya, A.V., and A.M., Kalimagambetov. *Tsitogeneticheskie metody v geneticheskoy monitoring [Cytogenetic methods in genetic monitoring]*. Almaty: Kazakh university, 2018.
- 24 Chernadchuk, S.S., Fedorko, N.L., Zakhariya, Z.E., Budnyak, A.K., Petrov, S.A., and A.V. Zaporozhchenko *Metody otsenki sostoyaniya oksidantnoy i antioksidantnoy sistem biologicheskikh ob'ektov [Methods for assessing of the oxidative and antioxidant systems of biological objects]* Odessa: Mechnikov Odessa National University, 2010.

- 25 Prozhorina, T.I. *Ekologo-analiticheskie metody issledovaniia okruzhaiushchei sredy [Ecological and analytical methods of environmental research]*. Voronezh: Istoki, 2010
- 26 Singh, R., Gautam, N., Mishra, A., Gupta, R. "Heavy metals and living systems: An overview." *Indian J Pharmacol.* 3, no 43 (2011): 246-253.
- 27 Krivolutskiy, A.S., Kulagin, V.A. "Izmenenie oksislitel'no-vosstanovitel'nogo potentsiala vody v rezul'tate kavitatsionnoy obrabotki [Change in the redox potential of water as a result of cavitation treatment]." *VestnikKrasGAU* no 2 (2007): 139–146.
- 28 Patil, P.N, Sawant, D.V, Deshmukh, R.N. "Physico-Chemical Parameters for Testing of Water—a Review." *International Journal of Environmental Sciences* 3 no 3 (2012): 1194–1207.
- 29 Zhao, H., Li, X., Wang, X. "Heavy metal contents of road-deposited sediment along the urban-rural gradient around Beijing and its potential contribution to runoff pollution." *Environ. Sci. Technol.* 7, no 17 (2011): 7120–7127.
- 30 Kumar, B., Singh, U.K. "Source apportionment of heavy metals and their ecological risk in a tropical river basin system." *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* –25, no 25 (2018): 25443–25457.
- 31 Turan, F., Karan, S., Ergenler, A. "Effect of heavy metals on toxicogenetic damage of European eels *Anguilla Anguilla*." *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* 27 (2020): 38047–38055.
- 32 Konaş, S, Bostancı, D. "Genotoxic effects of environmental pollutant heavy metals on *Alburnus chalcoides* (Pisces: Cyprinidae) inhabiting lower melet river (Ordu, Turkey)." *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 104 (2020): 763–769.
- 33 Viana, L.F., Suárez, Y.R., Cardoso, C.A.L., Crispim, B.A., Cavalcante, D.N.C., Grisolia, A.B., Lima-Junior, S.E. "The response of neotropical fish species (Brazil) on the water pollution: metal bioaccumulation and genotoxicity." *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 3, no 7 (2018): 476–485.
- 34 Zhang, W., Xie, H.Q., Zou, X., Li, J., Xu, L., Li, Y., Zhou, Z., Jin, T., Ma, D., Zhao, B. "The toxic effects of in situ exposure of a native fish species (*Anabas testudineus*) to electronic waste pollution." *Sci. Total Environ.* 690 (2019): 1170–1177.
- 35 Egito, L.C.M. Cytotoxic and genotoxic potential of surface water from the Pitimbu river northeastern/RN Brazil / L.C.M. Egito, M.G. Medeiros, S.R.B. Medeiros et al. // *Genetics and Molecular Biology.* – 2007. – V. 30. – № 2.
- 36 Ye Y, Weiwei J, Na L, et al. Assessing of genotoxicity of 16 centralized source-waters in China by means of the SOS/umu assay and the micronucleus test: initial identification of the potential genotoxicants by use of a GC/MS method and the QSAR Toolbox 3.0. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen.* 2014;763:36-43. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2013.11.003>.
- 37 Stankevičiūtė, M., Sauliūtė, G., Svecevičius, G., Kazlauskienė, N., Baršienė, J. "Genotoxicity and cytotoxicity response to environmentally relevant complex metal mixture (Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Cd) accumulated in Atlantic salmon (*Salmo Salar*). Part I: Importance of exposure time and tissue dependence." *Ecotoxicology.* 8, no 26 (2017): 1051–1064.
- 38 Guan Y, Wang X, Wong M, Sun G, An T, Guo J, et al. (2017) Evaluation of Genotoxic and Mutagenic Activity of Organic Extracts from Drinking Water Sources. *PLoS ONE* 12(1): e0170454. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170454>.

**Г.Е. Байкенова<sup>1\*</sup>, Н.В. Барановская<sup>2</sup>, Р.И. Берсимбаев<sup>3</sup>,  
А.А. Какабаев<sup>1</sup>, Г.К. Тулиндинова<sup>4</sup>, Г.Б. Токтаганова<sup>5</sup>.**

<sup>1</sup>Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Казахстан, г. Кокшетау

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, Россия, г. Томск

<sup>3</sup>Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Нур-Султан

<sup>4</sup>Павлодарский педагогический университет, Казахстан, г. Павлодар

<sup>5</sup>Кызылординский университет имени Коркыт ата, Казахстан, г. Кызылорда

\*e-mail: guliander@bk.ru

## **ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПИТЬЕВЫХ ВОД СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА (на примере Акмолинской и Северо-Казахстанской областей)**

Актуальность работы обусловлена тем, что индикатором качества воды возможно применение солевых отложений питьевых вод. Представлены результаты исследований солевых отложений питьевых вод Акмолинской и Северо-Казахстанской областей, полученные методом инструментального нейтронно-активационного анализа в лаборатории Томского политехнического университета. Определены содержания следующих 28 химических элементов: Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Ag, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U. По результатам анализа проведен расчет статистических параметров содержания химических элементов в накипи Северного Казахстана. Приведены данные по содержанию накипи относительно среднего значения по Акмолинской области, которые показали накопление скандия, мышьяка, серебра, сурьмы, цезия, бария, неодима, самария, тербия, иттербия и лютеция, а для Северо-Казахстанской области – натрия, хрома, лантана и урана. Построены геохимические ряды и выявлены следующие специфичные элементы по коэффициенту концентрации на изучаемых территориях: Sc, Fe, Co, Ag, Cs, Hf, Ta, Th, Nd, Sm, Sr, Sb. Наличие данных элементов в накипи питьевых вод Северного Казахстана можно объяснить особенностями геологического строения территорий и антропогенной нагрузкой. Результаты нормирования относительно накипи из Байкальской воды показали накопление следующих элементов для Северо-Казахстанской области: Ca и Cr.

**Ключевые слова:** химические элементы, индикатор, солевые отложения, накипь, инструментальный нейтронно-активационный анализ, Северный Казахстан.

G.E. Baikenova<sup>1\*</sup>, N.V. Baranovskaya<sup>2</sup>, R.I. Bersimbaev<sup>3</sup>,  
A.A. Kakabayev<sup>1</sup>, G.K. Tulindinova<sup>4</sup>, G.B. Toktaganova<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kazakhstan, Kokshetau

<sup>2</sup>Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk

<sup>3</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Nur-Sultan

<sup>4</sup>Pavlodar Pedagogical University, Kazakhstan, Pavlodar

<sup>5</sup>Korkyt ata Kyzylorda University, Kazakhstan, Kyzylorda

\*e-mail: guliander@bk.ru

## **Elemental composition of salt sediments of drinking water in Northern Kazakhstan (the case of Akmola and Northern Kazakhstan regions)**

The relevance of the work is due to the possibility of using drinking water scale as an indicator of water quality. The results of studies of salt deposits (scale) of drinking water in Akmola and North Kazakhstan regions, obtained by the method of instrumental neutron activation analysis in a certified laboratory of Tomsk Polytechnic University, are presented. The contents of the following 28 chemical elements are determined: Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Ag, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U. Based on the results of the analysis, the calculation of the statistical parameters of the content of chemical elements in the scale in Northern Kazakhstan was carried out. The data on the scale content relative to the average value for the Akmola region, which showed the accumulation of scandium, arsenic, silver, antimony, cesium, barium, neodymium, samarium, terbium, ytterbium and lutetium, and for the North Kazakhstan region of sodium, chromium, lanthanum and uranium. Geochemical series have been constructed and the following specific elements have been identified in terms of the concentration coefficient in the studied territories: Sc, Fe, Co, Ag, Cs, Hf, Ta, Th, Nd, Sm, Sr, Sb. The presence

of these elements in the salt deposits of drinking water in Northern Kazakhstan can be explained by the peculiarities of the geological structure of the territories and anthropogenic load.

**Key words:** chemical elements, indicator, salt deposits, scale, instrumental neutron activation analysis, Northern Kazakhstan.

Г.Е. Байкенова<sup>1\*</sup>, Н.В. Барановская<sup>2</sup>, Р.И. Берсімбаев<sup>3</sup>,  
А.А. Қақабаев<sup>1</sup>, Г.Қ. Төлендинова<sup>4</sup>, Г.Б. Тоқтағанова<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Қазақстан, Көкшетау қ.

<sup>2</sup>Томск политехникалық университеті, Ресей, Томск қ.

<sup>3</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

<sup>4</sup>Павлодар педагогикалық университеті, Қазақстан, Павлодар қ.

<sup>5</sup>Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан, Қызылорда қ.

\*e-mail: guliander@bk.ru

### Солтүстік Қазақстан ауыз суларының тұзды шөгінділерінің элементтік құрамы (Ақмола және Солтүстік Қазақстан облыстары мысалында)

Жұмыстың өзектілігі су сапасының көрсеткіші ретінде ауыз су қағын қолдану мүмкіндігімен байланысты. Томск политехникалық университетінің сертификатталған зертханасында инструменталды нейтронды активациялау анализі әдісімен алынған Ақмола және Солтүстік Қазақстан облыстарының ауыз суларының тұзды шөгінділерін (қак) зерттеу нәтижелері ұсынылған. Анықталған химиялық элементтердің құрамының саны 28: Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Ag, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U. Талдау нәтижелері бойынша Солтүстік Қазақстанның қағындағы химиялық элементтер құрамының статистикалық параметрлері есептелді. Ақмола облысы бойынша орташа мәнге қатысты қақтың құрамы бойынша деректер келтірілген, олар скандий, күшән, күміс, сүрме, цезий, барий, неодим, самарий, тербий, иттербий және лютеций элементтерінің жинақталуын көрсетті, ал Солтүстік Қазақстан облысы үшін натрий, хром, лантан және уран. Геохимиялық қатарлар салынды және зерттелетін территорияларда шоғырлану коэффициенті бойынша мынадай ерекше элементтер анықталды: Sc, Fe, Co, Ag, Cs, Hf, Ta, Th, Nd, Sm, Sr, Sb. Солтүстік Қазақстанның ауыз суларының тұзды шөгінділерінде осы элементтердің болуын территорияның геологиялық құрылымының ерекшеліктерімен және антропогендік жүктемемен түсіндіруге болады.

**Түйін сөздер:** химиялық элементтер, индикатор, тұзды шөгінділер, қак, инструменталды нейтронды активациялау анализі, Солтүстік Қазақстан.

## Введение

Одним из основных факторов окружающей среды является питьевая вода, через которую химические элементы поступают в организм человека. Элементный состав воды отражает ландшафтную, геохимическую и геологическую специфику района, а также воздействие техногенного характера. Информативность элементного состава воды способствует использованию его элементного состава при поиске месторождений полезных ископаемых [1-2] и оценке экологического состояния водных объектов, которые были подвержены антропогенному воздействию [3-7].

Исследования показывают [8-12], что накопительной средой может выступить накипь, образованная после кипячения, которая отражает длительный временной интервал ее депонирования. Российские и зарубежные ученые опубликовали ряд работ по вопросам образования и минералогии солевых образований [13-15].

Актуальность работы обусловлена тем, что согласно индикатору качества воды возможно применение солевых отложений питьевых вод, а также то, что данная тема мало изучена с точки зрения элементного состава для целей экогеохимии. Некоторые работы ученых показали, что элементный состав накипи отражает изменения геохимической обстановки региона, которые были подвержены антропогенному и природному воздействию. [16-17].

Цель исследования – определение элементного состава солевых отложений питьевых вод Северного Казахстана.

## Материалы и методы

В 2018 г. нами проведено изучение элементного состава солевых отложений питьевых вод, которые были взяты с территорий Северного Казахстана (Ақмолинская и Северо-Казахстанская области). Было отобрано всего 58 проб накипи с исследуемых территории. Пробоотбор и их под-

готовка осуществлялись согласно патенту [18] в Кокшетауском университете им. Ш. Уалиханова и Томском Политехническом университете. С помощью нержавеющей ножа со стенок эмалированной и пластиковой посуды (чайники, самовары, котлы, кастрюли), где кипятилась вода, отбиралась накипь. При взятии проб фиксировались тип посуды и примерная глубина горизонта водоснабжения, откуда была взята питьевая вода. Взятую пробу высушивали при комнатной температуре, затем истирали в агатовой ступке до состояния пудры. Пробу упаковывали в алюминиевую фольгу по 100 мг.

Элементный состав накипи питьевых вод определялся методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) в аккредитованной лаборатории ядерно-геохимических методов исследования на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т Томского политехнического университета (аналитики Л.Ф. Богутская и с.н.с. А.Ф. Судыко) на 28 химических элементах.

Результаты исследования обработаны с помощью пакета программ STATISTICA 10 и Excel.

### Описание исследуемой территории

*Территория Акмолинской области* находится на севере центральной части нашей страны. Область занимает 5,4% территории страны, численность населения – более 1,2 млн человек. Административный центр – г. Кокшетау.

Континентальным климатом отличается территория области, также характерно высокое испарение (700-950 мм/год) и недостаточное увлажнение (200-300 мм/год). На территории области с низкорьями и холмогорьями преобладает мелкопочный рельеф, в свою очередь они чередуются с мелкопочными озерными седловинами и котловинами. Высота вершин холмов достигает 800-1050 м, самых низких озер – 205 м. Водоразделом между бассейнами рек Иртыш и Ишим служит возвышенная часть мелкопочника. Внутренний сток реализуется в озерные впадины, наиболее крупными из которых являются Селеты-Тениз и Тенгиз. Частично зарегулированный Вячеславским водохранилищем сток р. Ишим формируется в юго-западной части мелкопочника. Средний многолетний расход р. Ишим ниже сброса 7,7 м<sup>3</sup>/с. Всего на территории Акмолинской области разведано 26 крупных месторождений подземных вод. В це-

лом территория Акмолинской области относится к Центрально-Казахстанскому гидрогеологическому району первого порядка.

В области преобладают зональные почвы: черноземы и бурые черноземы – на севере, светло-бурые и лугово-солончаковые маломощные почвы с очень низкой продуктивностью – на юге.

Аграрно-промышленную направленность имеет экономика области. Она основана на земледелии, выращивании зерновых культур и животноводстве, а также переработке продукции сельского хозяйства. Горнодобывающая промышленность ориентирована на золотодобычу, добычу подземных вод и разработку месторождений стройматериалов.

На рисунке 1 представлена карта-схема точек отбора проб солевых отложений питьевых вод в исследуемых нами областях.

*Северо-Казахстанская область* является самой северной частью нашей республики и граничит с областями Российской Федерации: Тюменская, Круганская и Омская. Граничит также с областями Казахстана: Павлодарская, Костанайская и Акмолинская. Площадь области – около 60 тыс. км<sup>2</sup>. Административный центр области – г. Петропавловск.

В области *климат* резко континентальный. В холодное время температура воздуха часто снижается до минус 35-48°С. Суточная среднемесячная амплитуда температуры воздуха – 37-38 °С. Ландшафт и рельеф региона предопределены его нахождением в центре Евразийского континента и южной части Западно-Сибирской низменности, где область соединяется с Центрально-Казахстанским мелкопочником. На юго-западе области развит неглубокий склоновый рельеф.

Атмосферные осадки колеблются от 270 до 620 мм/год при норме 333 мм (г. Петропавловск). Примерно 78% из них приходится на лето. Речная сеть развита очень слабо и представлена р. Ишим с короткими правобережными притоками Аккан-Бурлук и Иман-Бурлук. Сток р. Ишим является транзитным. Озера региона – характерная особенность ландшафта. Самые красивые озера сосредоточены в мелкопочнике (Имантау, Саумалколь, Шалкар). В Северо-Казахстанской области обнаружено 8 месторождений и 378 проявлений минеральных подземных вод. Минеральные воды широко распространены по всему региону и приурочены ко всем стратиграфо-генетическим комплексам пород от четвертичных до протерозойских.

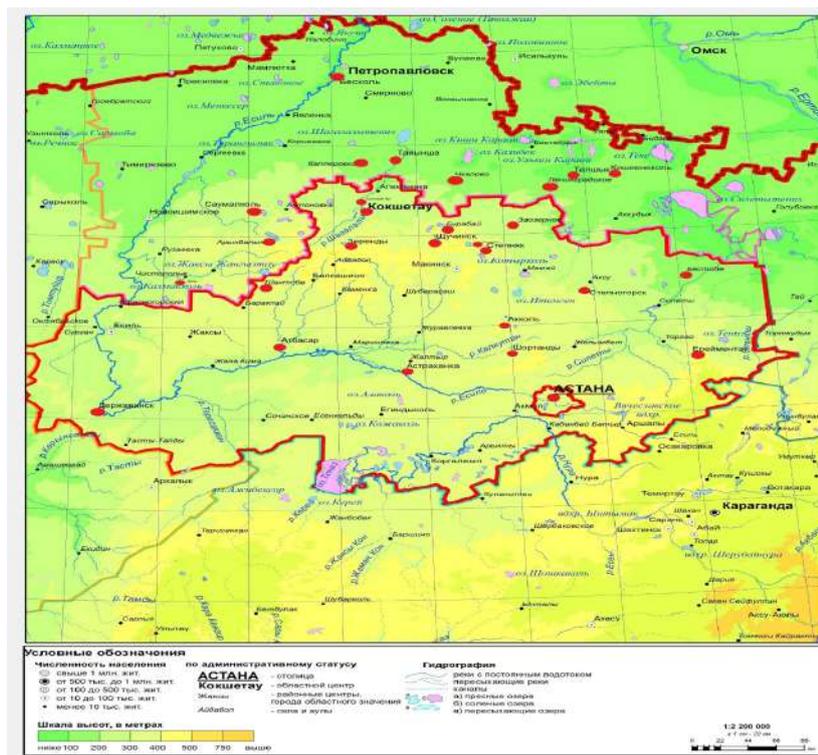


Рисунок 1 – Карта-схема точек отбора проб в Акмолинской и Северо-Казакстанской областях

Почвы области преимущественно обыкновенные черноземы среднегумусовые. На водоразделах их мощность – 35-50 см. Черноземы и подзолы с низким содержанием гумуса развиваются в низинах и лесных порубках, солонцеватые почвы и солонцы встречаются на дне крупных озер.

Зерновая и животноводческая отрасль сельского хозяйства по-прежнему занимает лидирующие позиции в экономике области. Промышленность региона представлена оборонными предприятиями, частично конверсированные, энергетики, связи, транспорта, пищевой и перерабатывающей промышленности. В немасштабном объеме ведется добываются стройматериалы и розлив минеральных вод. Имеется мощный потенциал для развития добычи и переработки ценного минерального сырья, представленного месторождениями урана, золота и алмазов, титана и циркония, олова и редкоземельных металлов.

### Результаты исследования и их обсуждение

С помощью инструментального нейтронно-активационного анализа в составе накипи питье-

вых вод были определены содержания химических элементов, таких, как: Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Ag, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U. По результатам анализа проведен расчет статистических параметров содержания химических элементов в солевых отложениях питьевых вод на территории Северного Казахстана (таблица 1).

Нами был высчитан коэффициент вариации, который широко варьирует в пределах от 29 до 524. Также анализ коэффициента вариации позволил разделить изученные химические элементы в соответствии с их распространением в накипи из питьевых вод:

$V < 50\%$  – кальций;

$V$  – от 50 до 100% – стронций;

$V > 100\%$  – натрий, скандий, хром, железо, кобальт, цинк, мышьяк, бром, рубидий, серебро, сурьма, цезий, барий, лантан, церий, неодим, самарий, европий, тербий, иттербий, лютеций, гафний, тантал, золото, торий, уран.

Большинство химических элементов характеризуются высокой неоднородностью содержания, о чем свидетельствует высокая вариация. Закону нормального распределения подчиняется только Ca (рисунок 2). Остальные химические

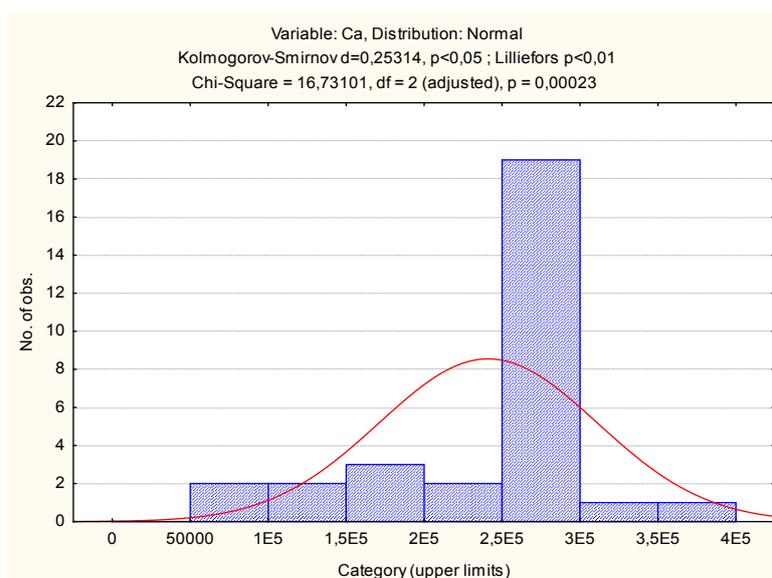
элементы характеризуются весьма неоднородным характером распределения и логнормальным характером кривой. Это связано с крайне неоднородной эколого-геохимической характе-

ристической территории исследования, обусловленной, в первую очередь, факторами природного характера, а также наличием источников техногенного влияния на качество подземных вод.

**Таблица 1** – Статистические данные химических элементов в солевых отложениях питьевых вод на территории Северного Казахстана (N=58)

Элементы, мг/кг	$\bar{X} \pm \lambda$ min ... max	Коэффициент вариации, %	Элементы, мг/кг	$\bar{X} \pm \lambda$ min ... max	Коэффициент вариации, %
Na	$1468 \pm 951$ 16...28680	355	Ba	$68,5 \pm 15,4$ 3,5...450,6	123
Ca	$241103 \pm 12779$ 60564...369906	29	La	$2,2 \pm 0,24$ 0,04...26,3	229
Sc	$0,2 \pm 0,07$ 0,002...1,5	180	Ce	$3,4 \pm 1,26$ 0,08...36,7	206
Cr	$4,9 \pm 2,9$ 0,2...82,5	324	Nd	$6,3 \pm 3,72$ 0,67...113,5	324
Fe	$3277 \pm 872$ 667...26127	146	Sm	$2,1 \pm 1,87$ 0,01...56,4	498
Co	$15,3 \pm 4,4$ 1...115	156	Eu	$0,04 \pm 0,03$ 0,0006...0,8	373
Zn	$1728 \pm 488$ 24...10825	155	Tb	$0,75 \pm 0,71$ 0,01...21,4	520
As	$2 \pm 0,5$ 0,05...13,5	136	Yb	$3,2 \pm 3,05$ 0,01...91,6	524
Br	$8,3 \pm 1,5$ 0,5...36,8	101	Lu	$0,4 \pm 0,39$ 0,01...11,9	497
Rb	$1,3 \pm 0,3$ 0,2...8,1	118	Hf	$0,3 \pm 0,22$ 0,01...6,4	385
Sr	$2393 \pm 327,4$ 30...6815	75	Ta	$0,03 \pm 0,01$ 0,0002...0,4	243
Ag	$1,1 \pm 0,42$ 0,07...9,8	217	Au	$0,003 \pm 0,001$ 0,0004...0,02	127
Sb	$0,3 \pm 0,21$ 0,04...6,4	402	Th	$0,1 \pm 0,04$ 0,01...1	170
Cs	$0,02 \pm 0,01$ 0,0005...0,2	169	U	$49 \pm 14,38$ 1,58...326,8	161

Примечание: среднее арифметическое  $\pm$  стандартная ошибка  
минимум...максимум



**Рисунок 2** – Гистограмма распределения содержания Ca с кривой плотности нормального распределения

Сравнение среднего значения элементного состава накипи Акмолинской и Северо-Казахстанской областей (рисунок 3) показало, что повышенными концентрациями хрома, натрия, урана и лантана отличается территория Северо-Казахстанской области, в то время как в Акмо-

линской области преобладает мышьяк, скандий, барий, сурьма, серебро, цезий, неодим, иттербий, тербий, самарий, лютеций. Возможно, наличие вышеназванных элементов в накипи питьевых вод демонстрирует биогеохимическую особенность недр Северного Казахстана.

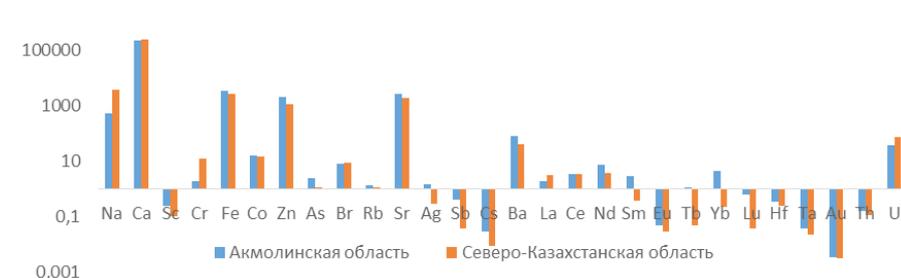


Рисунок 3 – Сравнительный анализ элементного состава солевых отложений питьевых вод в Акмолинской и Северо-Казахстанской областях (мг/кг, шкала логарифмическая)

Коэффициент концентрации ( $K_k$ ), рассчитанный для каждой области относительно среднего по выборке, отражает региональную геохимическую специфику территории (рисунок 4).

Элементы,  $K_k$  которых более единицы, являются своеобразными индикаторами, сигнализирующими о геохимической специфике каждой из областей.

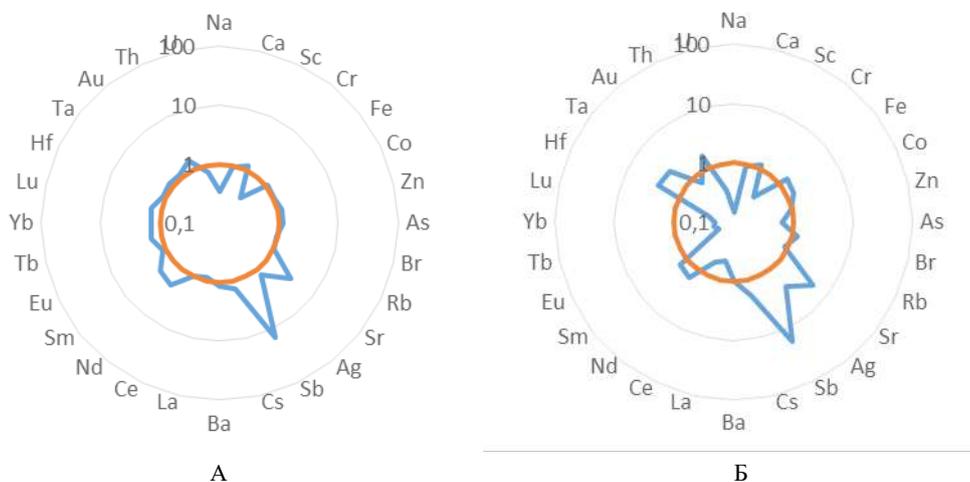


Рисунок 4 – Коэффициенты концентрации химических элементов в солевых отложениях питьевых вод Акмолинской (А) и Северо-Казахстанской (Б) областей относительно среднего содержания по территории Северного Казахстана

Анализируя коэффициенты концентрации элементов в солевых отложениях питьевых вод двух областей относительно среднего содержания по территории Северного Казахстана, было обнаружено, что в Акмолинской области концентрируются следующие элементы: железо, скандий, мышьяк, кобальт, цинк, рубидий, серебро, цезий,

барий, неодим, иттербий, тербий, самарий, лютеций, европий, гафний, тантал, золото, торий, а также токсичные элементы, как стронций и сурьма, характеризуются максимальным накоплением. Возможно, присутствие этих элементов в накипи питьевой воды связано с особенностями геологического строения территорий и антропогенной нагрузкой.

Необходимо отметить, что для каждой территории наблюдается своя геохимическая специализация накипи. Так, наиболее высокими концентрациями изученных химических элементов характеризуется накипь из Северо-Казахстанской области. Также бросается в глаза содержание в солевых отложениях скандия, железа, брома, кобальта, серебра, цезия, тантала, гафния, тория, редких земель, а также аномальных концентраций сурьмы и стронция, как и в Акмолинской области. Высокие содержания Sr, Sb в двух областях возможно связано с производственными выбросами и использованием в сельском хозяйстве минеральных удобрений и пестицидов. Специфичными элементами для двух близлежащих территорий являются следующие: Sc, Fe, Co, Ag, Cs, Hf, Ta, Th, Nd, Sm, Sr, Sb.

Наиболее ярко эту специфику отражают геохимические ряды накопления элементов в солевых отложениях питьевых вод изучаемых областей, построенных по значениям коэффициента концентрации ( $K_k$ ) с расположением элементов в порядке его убывания:

Акмолинская область –  $Sb_{14} > Sr_{3,3} > Nd_{2,1} > Sm_{1,9} > Lu_{1,5} = Th_{1,5} = Tb_{1,5} > Cs_{1,4} = Yb_{1,4} > Sc_{1,2} = Ag_{1,2} = Eu_{1,2} = Ta_{1,2} = As_{1,2} = Ba_{1,2} > Zn_{1,15} = Au_{1,15} > Hf_{1,13} > Fe_{1,07} > Rb_{1,05} > Co_{1,02} > Ca_1 > Br_1 > Ce_1 > La_{0,8} > U_{0,7} > Na_{0,4} = Cr_{0,4}$

Северо-Казахстанская область –  $Sb_{18} > Sr_{5,1} > Hf_{2,5} = Ag_{2,5} > Ta_{2,3} > Cs_{1,8} > Th_{1,7} > Nd_{1,5} = Sm_{1,5} > Fe_{1,4} > Co_{1,3} > Sc_{1,2} = Br_{1,2} > Ca_{0,9} = Zn_{0,9} = Ba_{0,9} > Rb_{0,8} > Au_{0,7} > As_{0,6} > Ce_{0,5} > La_{0,4} > U_{0,3} > Cr_{0,3} > Lu_{0,2} = Tb_{0,2} = Yb_{0,2} = Eu_{0,2} > Na_{0,1}$

Жирным шрифтом выделены элементы имеющие коэффициент концентрации выше 1, что говорит о накоплении данных элементов в накипи питьевых вод в изучаемых территориях.

Очевидно, что при сходном характере накопления элементов в накипи уровень их содержания значительно отличается. Так, коэффициенты концентрации сурьмы, серебра, стронция, тантала явно значительно выше в накипи питьевых вод территории Северо-Казахстанской области в сравнении с Акмолинской. Для последней характерным является присутствие в рядах с повышенными коэффициентами таких элементов, как мышьяк, барий, золото, цинк и некоторые другие.

В целом, существенных различий между двумя территориями, являющимися составляющими одного региона – Северного Казахстана, не выявлено. Однако, они имеют место при сравнении с внерегиональным

показателем. Так, при сравнении с накипью Байкальской воды [19], являющейся своеобразным эталоном чистой питьевой воды, можно наблюдать следующую специфику:

Акмолинская область –  $Zn_{123,83} > Tb_{52,5} > Yb_{31,85} > Lu_{30} > Ag_{20} > Sm_{18,6} > U_{8,55} > Eu_{6,25} > Ta_{2,85} > Fe_{2,34} > Hf_2 > Sr_{1,6} > La_1 > Ca_{0,97} > Co_{0,9} > Sb_{0,88} > Ce_{0,66} > As_{0,56} > Sc_{0,53} > Br_{0,43} > Ba_{0,4} > Th_{0,38} > Rb_{0,25} > Cr_{0,21} > Cs_{0,05} > Na_{0,04} > Au_{0,02}$

Северо-Казахстанская область –  $Zn_{68,82} > U_{16,37} > Ag_{4,14} > Eu_{3,75} > Tb_{2,5} > Sm_{2,47} > Lu_2 > Fe_{1,81} > La_{1,6} > Cr_{1,5} = Yb_{1,5} > Hf_{1,47} > Ta_{1,43} > Sr_{1,13} > Ca_{1,06} > Co_{0,83} > Ce_{0,65} > Br_{0,46} > Th_{0,28} = Na_{0,28} > As_{0,27} > Sc_{0,22} > Ba_{0,21} > Rb_{0,19} > Sb_{0,07} > Cs_{0,02} = Au_{0,02}$

Таким образом, в двух областях наблюдается схожая специфика следующих элементов: Zn, Tb, Yb, Lu, Ag, Sm, U, Eu, Ta, Fe, Hf, Sr, La. Однако есть и различия в накоплении некоторых элементов в Северо-Казахстанской области, таких как Ca и Cr.

## Выводы

Нами изучено 28 элементов в накипи, образуемой в бытовых приборах при кипячении питьевой воды Акмолинской и Северо-Казахстанской области.

В результате проведенного анализа элементного состава накипи питьевой воды установлено, что все исследуемые химические элементы имеют неоднородный характер распределения, кроме Ca. Содержание накипи относительно среднего значения по Акмолинской области показало накопление таких элементов, как: Sc, As, Ag, Sb, Cs, Ba, Nd, Sm, Tb, Yb, Lu, а для Северо-Казахстанской области – Na, Cr, La, U. На территории двух областей в ходе изучения накопления элементов относительно коэффициента концентрации были выявлены такие специфичные элементы, как: Hf, Sc, Ta, Fe, Co, Cs, Ag, Nd, Sm, Sr, Th, Sb.

Нормирование средних значений накипи относительно Байкальской воды показало, что в Северо-Казахстанской области в большей степени накапливаются Ca и Cr.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что химический состав накипи питьевой воды, формирующейся в бытовых условиях, может быть использован как индикатор качества питьевых вод.

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

### Литература

- 1 Сауков А. А. Геохимические очерки. – М.: Наука, 1976. – С. 556.
- 2 Соловов А. П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985. – С. 294.
- 3 Сапрыкин Ф. Я. Геохимия почв и охрана природы. – Л.: Недра, 1989. – С. 231.
- 4 Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: в 6 кн. – М.: Недра, 1997. – С. 607.
- 5 Hadiani M.R., Dezfooli-manesh Sh., Shoeibi Sh., Ziarati P., Khaneghah A.M. Trace elements and heavy metals in mineral and bottled drinking waters on the Iranian market // *Food Additives & Contaminants: Part B*, 8:1. – 2015. – Vol. 8. – P. 18-24. <https://doi.org/10.1080/19393210.2014.947526>.
- 6 Flem B., Reimann C., Fabian K., Birke M., Filzmoser P., Banks D. Graphical statistics to explore the natural and anthropogenic processes influencing the inorganic quality of drinking water, ground water and surface water // *Applied Geochemistry*. – 2018. – Vol. 88. – P. 133-148. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.09.006>.
- 7 Asubiojo O.I., Nkono N.A., Ogunsua A.O., Oluwole A.F., Ward N.I., Akanle O.A., Spyrou N.M. Trace elements in drinking and groundwater samples in Southern Nigeria // *Science of The Total Environment*. – 1997. – Vol. 208. – P. 1-8. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(97\)00178-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(97)00178-2).
- 8 Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Ю.И. Сухих [и др.]: под ред. А.Г. Бакирова. – Томск: Курсив, 2006. – С. 216.
- 9 Tapkhaeva A.E., Taisaev T.T., Rikhvanov L.P., Yazikov E. G., Baranovskaya N.V. Geochemical specialization of limescale of water sources illustrated by two regions in Siberia // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2010. – Vol. 3. – № 4. – P. 498-507. <https://doi.org/10.1134/S1995425510040156>.
- 10 Монголина, Т.А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 / Монголина Татьяна Владимировна. – Томск, 2011. – 21 с.
- 11 Соктоев, Б.Р. Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и ее индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенических исследованиях (на примере Байкальского региона): автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук: 25.00.09 / Соктоев Булат Ринчинович – Томск, 2015. – 22 с.
- 12 Арынова Ш. Ж. Элементный состав солевых образований из природных пресных вод как индикатор экологической безопасности водопользования: автореф. дис. ... канд. геол.- мин. наук: 25.00.36 / Арынова Шынар Жаныбековна – Томск, 2017. – 22 с.
- 13 Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Барановская Н.В. Солевые образования – индикатор загрязнения среды при геохимическом мониторинге // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы – биофилы в окружающей среде: Докл. II Междунар. научно-практ. конф. – Семипалатинск, 2002. – Т. 2. – С. 426–432.
- 14 Tapkhaeva A.E., Taisaev T.T., Rikhvanov L.P., Yazikov E.G., Baranovskaya N.V. Geochemical Specialization of Limescale of Water Sources Illustrated by Two Regions in Siberia // *Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal*. – 2010. – Vol. 17. – № 4. – P. 685–696.
- 15 Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Барановская Н.В. Индикаторная роль солевых образований в воде при геохимическом мониторинге // *Известия вузов. Геология и разведка*. – 2004. – № 1. – С. 67–69.
- 16 Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Барановская Н.В., Янкович Е.П. Особенности элементного состава солевых образований питьевых вод юга Томской области // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология*. – 2009. – № 4. – С. 375–381.
- 17 Язиков Е.Г., Барановская Н.В., Рихванов Л.П. Использование солевых образований (накипи) для целей геохимического районирования территорий // *Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: Матер. Междунар. научной конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. К.И. Лукашева, 14–16 марта 2007 г.* – Минск, 2007. – С. 252–254.
- 18 Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды : пат. 2298212 Рос. Федерация / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Н.В. Барановская и др. ; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет. – № 2005120840; заявл. 04.07.05; опубл. 27.04.07.
- 19 Соктоев, Б.Р., Рихванов Л.П., Тайсаев Т.Т., Барановская Н.В. Геохимическая характеристика солевых отложений питьевых вод Байкальского региона // *Известия Томского политехнического университета*. – 2014. – Т. 324. – № 1. – С. 203–223.

### References

- 1 Saukov A. A. *Geochemical essays*. M.: Nauka, 1976.
- 2 Solovov A. P. *Geochemical methods of prospecting for mineral deposits*. M.: Nedra, 1985.
- 3 Saprykin F. Y. *Soil geochemistry and nature protection*. L.: Nedra, 1989.
- 4 Ivanov V. V. *Ecological geochemistry of elements: Handbook: in 6 b* – M.: Nedra, 1997.
- 5 Hadiani M.R., Dezfooli-manesh Sh., Shoeibi Sh., Ziarati P., Khaneghah A.M. “Trace elements and heavy metals in mineral and bottled drinking waters on the Iranian market”. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 8:1. Vol. 8 (2015): 18-24. <https://doi.org/10.1080/19393210.2014.947526>
- 6 Flem B., Reimann C., Fabian K., Birke M., Filzmoser P., Banks D. “Graphical statistics to explore the natural and anthropogenic processes influencing the inorganic quality of drinking water, ground water and surface water”. *Applied Geochemistry*. Vol. 88 (2018 ): 133-148. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.09.006>.

- 7 Asubiojo O.I., Nkono N.A., Ogunsua A.O., Oluwole A.F., Ward N.I., Akanle O.A., Spyrou N.M. "Trace elements in drinking and groundwater samples in Southern Nigeria". *Science of The Total Environment*. Vol. 208 (1997): 1-8. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(97\)00178-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(97)00178-2).
- 8 "Ekologo-geokhimicheskie osobennosti prirodnykh sred Tomskogo raiona i zaboлеваemost' naseleniya [Ecological and geochemical features of the natural environments of the Tomsk region and the incidence of the population]" L.P. Rikhvanov, E.G. Yazikov, Y.I. Sukhikh [and etc.]: edited by A.G. Bakirova. Tomsk: Kursiv, 2006.
- 9 Tapkhaeva, A.E. "Geochemical specialization of limescale of water sources illustrated by two regions in Siberia" A.E. Taphaeva, T.T. Taisaev, L.P. Rikhvanov et al. *Contemporary Problems of Ecology*. Vol. 3 (2010): 498-507.
- 10 Mongolina T.A. Geokhimicheskie osobennosti solevykh otlozhenii (nakipi) pitevykh vod kak indikator prirodno-tekhnogenogo sostoyaniya territorii [Geochemical features of salt deposits (scale) of drinking water as an indicator of the natural and technogenic state of the territory]: dissertation abstract. ... candidate of geological and mineralogical sciences: 25.00.36 / Mongolina Tatyana Vladimirovna. Tomsk. 2011. 21 p.
- 11 Soktoev B.R. Geokhimiya karbonatnoy sostavlyayushchey prirodnykh presnykh vod i yeye indikatornoe znachenie v ekologo-geokhimicheskikh i prognozno-metallogenicheskikh issledovaniyakh (na primere Baykal'skogo regiona) [Geochemistry of the carbonate component of natural fresh waters and its indicator value in ecological-geochemical and predictive-metallogenic studies (the case of the Baikal region)]: dissertation abstract. ... candidate of geological and mineralogical sciences: 25.00.09 / Soktoev Bulat Rinchinovich. Tomsk. 2015. 22 p.
- 12 Arynova Sh. Zh. Elementnyi sostav solevykh obrazovaniy iz prirodnykh presnykh vod kak indikator ekologicheskoy bezopasnosti vodopol'zovaniya [Elemental composition of salt formations from natural fresh waters as an indicator of the ecological safety of water use]: dissertation abstract. ... candidate of geological and mineralogical sciences: 25.00.36 / Arynova Shynar Zhanbybekovna. Tomsk. 2017. 22 p.
- 13 Yazikov E.G., Rikhvanov L.P., Baranovskaya N.V. "Solevyeye obrazovaniya – indikator zagryazneniya okruzhayushei sredy pri geokhimicheskom monitoringe [Salt formations – an indicator of environmental pollution during geochemical monitoring]". *Heavy metals, radionuclides and elements – biophiles in the environment: Report of the II International Scientific and Practical Conference. Semipalatinsk (2002):426–432*
- 14 Tapkhaeva A.E., Taisaev T.T., Rikhvanov L.P., Yazikov E.G., Baranovskaya N.V. "Geochemical Specialization of Limescale of Water Sources Illustrated by Two Regions in Siberia" *Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal*. Vol. 17 (2010): 685–696.
- 15 Yazikov E.G., Rikhvanov L.P., Baranovskaya N.V. "Indikatornaya rol' solevykh obrazovaniy v vode pri geokhimicheskom monitoringe [Indicator role of salt formations in water during geochemical monitoring]" *Proceedings of universities. Geology and exploration. . Vol. 1 (2004): 67–69*.
- 16 Yazikov E.G., Rikhvanov L.P., Baranovskaya N.V., Yankovich E.P. "Osobennosti elementnogo sostava solevykh obrazovaniy pit'yevykh vod yuga Tomskoi oblasti [Features of the elemental composition of salt formations of drinking water in the south of the Tomsk region]" *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*. Vol. 4 (2009): 375–381.
- 17 Yazikov E.G., Rikhvanov L.P., Baranovskaya N.V. "Ispol'zovaniye solevykh obrazovaniy (nakipi) dlya tselei geokhimicheskogo rayonirovaniya territorii [Use of salt formations (scale) for the purposes of geochemical zoning of territories]". *Modern problems of geochemistry, geology and prospecting for mineral deposits: Materials of the International Scientific Conference dedicated to the centenary of the birth of academician K.I. Lukashova, 14–16 March 2007. Minsk (2007):252–254*.
- 18 Sposob opredeleniya uchastkov zagryazneniya uranom okruzhayushei sredy [Method for determining areas of uranium contamination of the environment]: patent 2298212 Russian Federation. Rikhvanov L.P., Yazikov E.G., Baranovskaya N.V.; zayavitel' i patentoobladatel' Tomskii politekhnicheskii universitet [applicant and patentee Tomsk Polytechnic University] – № 2005120840; declared 04.07.05; publ. 27.04.07.
- 19 Soktoev, B.R., Rikhvanov L.P., Taysaev T.T., Baranovskaya N.V. "Geokhimicheskaya kharakteristika solevykh otlozheniy pit'yevykh vod Baykal'skogo regiona". *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. Vol. 324 (2014): 203–223.



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

---

Section 3  
**ACTUAL PROBLEMS  
OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

---

Раздел 3  
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
СОХРАНЕНИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

МРНТИ 34.33.33; 34.35.25; 69.91.04

<https://doi.org/10.26577/EJE.2021.v66.i1.04>

**Н.Ш. Мамилов<sup>1\*</sup>, Т.Г. Конысбаев<sup>1</sup>,  
С.Ж. Макамбетов<sup>1,2</sup>**

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

<sup>2</sup>ТОО Научно-производственный центр рыбного хозяйства, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: [mamilov@gmail.com](mailto:mamilov@gmail.com)

**ДИНАМИКА МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕЩА  
*ABRAMIS BRAMA* (CYPRINIDAE; CYPRINIFORMES; ACTINOPTERYGII)  
В КАПШАГАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ  
(БАЛХАШСКИЙ БАССЕЙН)**

Морфологические и биологические показатели рыб во многом определяются условиями среды обитания. Изучение изменчивости рыб позволяет оценить их экологическую пластичность и состояние среды обитания. Было проведено сравнительное изучение морфологической изменчивости во временном аспекте леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) из Капчагайского водохранилища. Этот вид рыб является акклиматизантом в Балхашском бассейне и основным объектом промысла в Капчагайском водохранилище. Поэтому изучение его изменчивости представляет большой интерес для понимания процессов микроэволюции и практическую значимость для рациональной организации промысла. Изучено состояние биологических показателей, 22 пластических и 7 счетных признаков выборок 1974, 1992 и 2020 гг. Для статистического анализа использован метод главных компонент. Выборка 2020 г. отличается лучшей упитанностью, но меньшими размерами рыб. Основной причиной изменений может являться интенсивный промысел. За последние 28 лет произошло существенное изменение внешней морфологии леща. Изменились гидродинамические показатели и форма головы. Отмеченные изменения могут быть результатом изменения экологической ниши. В настоящее время в Капчагайском водохранилище нарушен гомеостаз развития леща, однако большая экологическая пластичность позволяет этому виду существовать в меняющихся условиях окружающей среды.

**Ключевые слова:** морфология, изменчивость, лещ, *Abramis brama*, Капчагайское водохранилище.

N.Sh. Mamilov<sup>1\*</sup>, T.G. Konysbayev<sup>1</sup>, S.Zh. Makambetov<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Science and industrial center of Fishery, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: [mamilov@gmail.com](mailto:mamilov@gmail.com)

**Dynamics of morphobiological parameters of bream *Abramis brama*  
(Cyprinidae; Cypriniformes; Actinopterygii) in the Kapshagai reservoir  
(Balkhash basin)**

The morphological and biological characteristics of fish are largely determined by environmental conditions. The study of the variability of fish makes it possible to assess their ecological plasticity and the state of the habitat. A comparative study of morphological variability in the temporal aspect of the bream *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) from the Kapchagai water reservoir was carried out. The state of biological indices, 22 plastic and 7 counting characteristics of samples from 1974, 1992 and 2020 was studied. The method of principal components was used for statistical analysis. The 2020 sample is distinguished by better body condition, but smaller fish sizes. Over the past 28 years, there has been a significant change in the external morphology of bream. The hydrodynamic parameters and the shape of the head have changed. The noted changes may be the result of changes in the ecological niche. At present, the homeostasis of bream development is disturbed in the Kapchagai reservoir, however, high ecological plasticity allows this species to exist in changing environmental conditions

**Key words:** morphology, variability, freshwater bream, *Abramis brama*, Kapchagai water reservoir.

Н.Ш. Мамилов<sup>1\*</sup>, Т.Ф. Қонысбаев<sup>1</sup>, С.Ж. Макамбетов<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>ЖШС Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: mamilov@gmail.com

**Қапшағай суқоймасындағы (Балқаш бассейні) тыранның *Abramis brama* (Cyprinidae; Cypriniformes; Actinopterygii) морфобиологиялық көрсеткіштерінің динамикасы**

Балықтардың морфологиялық және биологиялық көрсеткіштері көп жағдайда мекен ету ортасының жағдайларымен анықталады. Балықтардың өзгергіштігін зерттеу олардың экологиялық икемділігін және мекен ету ортасының жағдайын анықтауға мүмкіндік береді. Қапшағай суқоймасындағы тыранның *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) уақыт аспектісіндегі морфологиялық өзгергіштігі салыстырмалы түрде зерттелді. Балықтың бұл түрі Балқаш бассейнінде жерсіндірген және Қапшағай су қоймасындағы негізгі балық аулау нысаны болып табылады. Сондықтан оның өзгергіштігін зерттеу микроэволюция процестерін және балық аулауды ұтымды ұйымдастыру үшін практикалық маңыздылығын түсіну үшін үлкен қызығушылық тудырады. 1972, 1992 және 2020 жылдардағы ауланған балықтардың биологиялық, 22 пластикалық және 7 саналатын белгілерінің көрсеткіштері зерттелді. Статистикалық анализ үшін басты компонент әдісі қолданылды. 2020 жылы ауланған балықтар жақсы қоңдылығымен ерекшеленеді алайда бұл балықтардың өлшемінің кішілігі байқалады. Соңғы 28 жылда, тыранның сыртқы морфологиясының өзгеруі жүрген. Тыранның гидродинамикалық көрсеткіштерінің және басының формасы өзгерген. Аталған өзгерістер экологиялық қуыстың өзгеруінің нәтижесі болуы мүмкін. Қазіргі кезде Қапшағай суқоймасындағы тыранның даму гомеостазы бұзылған, алайды жоғарғы экологиялық икемділігі бұл түрге қоршаған ортаның өзгеру жағдайларында өмір сүруге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** морфология, өзгергіштік, тыран, *Abramis brama*, Қапшағай суқоймасы.

## Введение

Костные рыбы являются самой разнообразной и многочисленной группой позвоночных животных, а также важным пищевым объектом для человека. Внешний облик рыб привлекает большое внимание ученых, поскольку под воздействием внешних факторов способен проявлять удивительную пластичность. Усиленное антрополическое воздействие приводит к значительным изменениям в популяциях как на генетическом уровне [1], так и на морфофизиологическом [2; 3]. Эти свойства рыб делают их важными и удобными объектами для разработки системы биологической индикации состояния водных экосистем [4-6].

Балхашский бассейн является крупнейшим оазисом Центральной Азии, экологическое состояние которого значительно ухудшилось за последние десятилетия [7-12]. Капчагайское водохранилище было создано в среднем течении р.Иле в 1970 г. с целью получения электроэнергии, развития орошаемого земледелия, рыбного хозяйства. В сформированном водохранилище мелководная (до 2 м глубины) зона составляет около ¼ площади. Поэтому гидрологические и физико-химические особенности Капчагайского водохранилища не способствуют размно-

жению сазана *Cyprinus carpio* [13]. К моменту заполнения водохранилища рыбное население Балхашского бассейна было коренным образом изменено за счет вселения большого числа чужеродных видов, которые подавили аборигенную промысловую ихтиофауну, состоящую из балхашского окуня *Perca schrenkii*, балхашской маринки *Schizothorax argentatus*, илийской маринки *Schizothorax pseudaksaiensis*, пятнистого губача *Triplophysa strauchii* [14; 15]. После заполнения водохранилища и до настоящего времени лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) остается одним из основных промысловых видов рыб [16; 17]. Для Балхашского бассейна лещ является чужеродным видом. Первая партия взрослых рыб (698 производителей) была привезена сюда осенью 1949 г. из устья р.Сырдарья [18; 19]. Морфологическое описание и биологическая характеристика леща из р.Или до и сразу после сооружения Капчагайского водохранилища были сделаны А.А. Баимбетовым и др. [19; 20]. В 1982 и 1983 гг. для улучшения биологических показателей в Капчагайское водохранилище дополнительно вселяли разновозрастных рыб из оз.Бийликоль (до этого в оз.Бийликоль леща вселили из р.Урал) [21]. Таким образом, популяция леща в Капчагайском водохранилище произошла от уральской и сырдарьинской популя-

ций. Изучение морфологической изменчивости акклиматизированных видов позволяет оценить адаптационные возможности этих видов и проследить микроэволюционные преобразования в новых экологических условиях [22]. С этой целью нами было проведено изучение морфологической изменчивости леща из Капчагайского водохранилища. Для оценки стабильности условий существования рыб в 2020 г. также было проведено изучение флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков.

### Материалы и методики

Отлов рыб производился в Капчагайском водохранилище в октябре 1992 и 2020 гг. ставными сетями с размером ячеи 30, 40, 50, 60 и 70 мм длиной 50 м каждая. Морфометрическая обработка свежих рыб проводилась по традиционно используемой в Казахстане методике [23; 24]. Все промеры выполнены одним оператором или под непосредственным контролем первого оператора, что сводит к минимуму расхождения в оценках признаков [25]. Для обозначения изучавшихся показателей (признаков) далее в тексте использованы символы: L – общая длина рыбы (мм),  $l_{st}$  – тела без хвостового плавника (мм), Q – полная масса (г), q – масса без внутренностей (г); индексы упитанности по *Fulton* и *Clark*; aD, aP, aV, aA – расстояния до основания спинного, грудных, брюшных и анального плавников соответственно; pD – постдорсальное расстояние; lca – длина хвостового стебля; lD, lA, lP, lV – длина соответственно спинного, анального, грудного и брюшного плавников; hD – высота спинного плавника, hA – высота анального плавника; H – наибольшая высота тела; h – наименьшая высота тела; c – длина головы; hc – высота головы; hco – высота головы через середину глаза, hor – высота жаберной предкрышки; ao – длина рыла; o – горизонтальный диаметр глаза, op – длина заглазья, io – ширина лба. Счетные признаки: П – количество рядов чешуй в боковой линии; Dr, Ds – число неветвистых и ветвистых лучей в спинном плавнике; Ar, As – число неветвистых и ветвистых лучей в анальном плавнике; Sp.br. – число жаберных тычинок на первой жаберной дуге; Vert. – общее число позвонков.

Статистическую обработку данных проводили согласно руководствам [26; 27]. Статистические показатели обозначены символами: min – минимальное, max – максимальное, M – среднее значения;  $\pm m$  – среднее отклонение,  $\pm s$  – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации.

Для сравнения выборок разных лет применили один из методов многомерного статистического анализа – метод главных компонент, согласно руководствам [26; 28], используя пакет компьютерных программ “NTSYSpc” версия 2.02k [29]. Собственные векторы вычисляли по вариационно-ковариационной матрице, длина собственного вектора равняется 1. Анализируемые данные предварительно стандартизировали, что позволило устранить различия, возникающие при вычислении собственных векторов по вариационно-ковариационным или корреляционным матрицам [30].

Для интегральной экспертной оценки, позволяющей по состоянию организмов оценивать состояние среды обитания, использовали методику учета флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков (коэффициент асимметрии – КА) по Захарову и др. [31]. Изучение флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков позволяет оценить стабильность гомеостаза индивидуального развития организмов и дать интегральную экспертную оценку состояния среды обитания. Коэффициент асимметрии рассчитывался как среднее арифметическое число асимметричных признаков у каждой особи, отнесенное к числу используемых признаков. В данном случае не учитывалась величина различия между сторонами, а лишь сам факт несходства значений признака на разных сторонах тела. За счет этого устраняется возможное влияние отдельных сильно уклоняющихся вариантов.

### Результаты и обсуждение

Внешний вид изученных нами в 1992 и 2020 гг. лещей соответствовал описанию Л.С. Берга [32]: высокое тело сильно сжато с боков; от брюшных плавников до анального отверстия тянется киль, не покрытый чешуей; анальный плавник длинный, начинается впереди вертикали через задний конец спинного плавника; боковая линия в виде изогнутой вниз пологой дуги. Биологические показатели выборок разных лет представлены в таблице 1. Измерения 1992 г. проводили совместно и под контролем А.А. Бамбетова, что позволило избежать эффекта оператора в оценках признаков. Сравнение данных разных лет показало, что максимальные размеры леща в выборках разных лет остаются примерно одинаковыми, однако средние размеры выборки 2020 г. оказались значительно меньше, чем раньше. Максимальные и средние значения

показателей упитанности рыб в 2020 г. были большими, минимальные показатели – заметно больше, чем в 1974 г. Это свидетельствует о хорошей обеспеченности пищей и благоприятных условиях нагула рыб в последние годы. Полу-

ченные данные могут указывать на повышенное воздействие промыслового изъятия в период после 1990 г., которое не только заметно снизило интенсивность внутривидовой конкуренции, но повлекло уменьшение размеров.

**Таблица 1** – Биологические показатели выборок леща разных лет

Показатели	1974 г. по [19; 20]	1992 г.					2020 г.				
	min-max/ M±m	min	max	M	±s	CV	min	max	M	±s	CV
L, мм	нет данных	336	382	353.2	14.78	4.18	242	398	297.1	62.99	21.20
lst, мм	275-300	265	304	280.0	12.81	4.57	186	300	226.4	44.04	19.45
Q, г	нет данных	370	630	483.0	88.45	18.31	146	661	317.4	220.60	69.50
q, г		345	520	429.0	62.13	14.48	136	610	289.3	197.19	68.17
<i>Fulton</i>	1.01-3.13/ 2.10	1.97	2.45	2.18	0.153	7.03	1.55	2.91	2.37	0.370	15.59
<i>Clark</i>	0.89-2.88/ 1.83	1.76	2.07	1.94	0.107	5.52	1.35	2.58	2.18	0.334	15.32

Данные морфологического анализа представлены в таблицах 2 и 3. Выборка 2020 г. заметно отличается от выборок предыдущих лет меньшим числом чешуй в боковой линии, неветвистых лучей в спинном и анальном плавниках.

Наибольшее число жаберных тычинок на первой жаберной дуге превышает данные XX века. Достоверных различий по числу ветвистых лучей в спинном и анальном плавниках и числу позвонков не выявлено.

**Таблица 2** – Счетные признаки выборок леща разных лет

Признак	1974 г. по [19; 20]	1992 г.					2020 г.				
ll	50 – 57/53.5	50	58	53.4	2.46	4.60	44	54	49.6	3.06	6.17
Dg	3	2	3	Нет данных			2		0		0
Ds	9 – 10.5/9.8	9	10	9.3	0.48	5.19	9	10	9.3	0.46	5.00
Ag	3	3					2	3	2.6	0.52	19.72
As	22.5–28.5 /26.2	25	28	26.4	1.18	4.48	25	28	26.4	0.92	3.47
Sp.Br	20-32/26.6	24	32	27.2	2.66	9.77	20	35	27.5	3.80	13.83
Vert.	39-45/43.7	Состояние признака не изучалось					41	45	42.8	1.19	2.79

По своему функциональному назначению все изучавшиеся пластические признаки (таблица 3) можно разделить на 3 группы: 1) определяющие гидродинамические свойства (высота тела, длина хвостового стебля, положение плавников); 2) определяющие маневренность (размеры плав-

ников); 3) связанные с ориентацией и добыванием пищи (промеры головы) [33-36].

У большинства рыб выборки 2020 г. спинной плавник отставлен дальше от головы, хвостовой стебель короче, размеры спинного, анального, грудных и брюшных плавников, размеры головы

и ее отдельных частей больше, чем в выборках прошлого века. Это указывает на существенное изменение условий обитания леща. Результаты многомерного анализа пластических признаков

показали явное изменение морфологии леща по сравнению с начальным периодом наполнения Капчагайского водохранилища (таблица 2, рисунки 1-3)

Таблица 3 – Сравнительная характеристика пластических признаков (в % от lst) леща из Капчагайского водохранилища

	1974 г. по [19; 20]		1992 г.		2020 г.	
	min-max/M±m	CV	min-max/M±m	CV	min-max/M±m	CV
aD	51.9-57.9	2.1	55.9-59.3	1.78	52.2-65.5	5.67
	55.0±0.22		57.5±1.02		60.5 ± 3.43	
aP	Состояние признаков не изучалось		22.2-24.5	3.51	22.2-26.5	5.54
			23.4 ± 0.82		24.6 ± 1.36	
pD	30.7- 36.5	3.4	Состояние признаков не изучалось		31.3-34.4	3.97
	33.9±0.22				33.0 ± 1.31	
aV	Состояние признаков не изучалось		44.2-47.2	2.07	41.7-48.7	3.82
			45.8 ± 0.95		46.8 ± 1.79	
aA	Состояние признаков не изучалось		63.2-67.8	2.29	57.4-71.4	5.53
			65.5±1.50		65.8 ± 3.63	
lca	8.9-15.4	11.5	10.6-14.0	7.41	10.0-12.9	7.76
	12.4±0.27		12.3±0.91		11.5 ± 0.89	
lD	12.4-16.1	5.5	13.0-14.9	4.25	13.0-15.7	7.72
	13.7±0.14		13.9±0.59		14.3 ± 1.10	
hD	22.0-28.3	6.4	22.2-28.9	7.79	27.1-29.0	2.87
	25.4±0.31		26.6±2.07		28.2 ± 0.81	
lA	19.3-30.4	8.6	26.5-29.2	3.58	27.4-29.3	3.01
	27.1±0.44		27.9±1.00		28.1 ± 0.85	
hA	13.8-21.4	12.3	17.7-20.4	4.95	17.3-22.7	10.88
	17.1±0.39		19.1±0.95		20.2 ± 2.19	
lP	17.9-21.5	3.8	Состояние признаков не изучалось		22.6-23.7	2.00
	19.3±0.14				23.2 ± 0.46	
lV	15.2-17.9	4.0	Состояние признаков не изучалось		17.9-19.4	3.66
	16.9±0.13				18.9±0.69	
H	34.0-43.6	3.6	37.2-40.7	2.30	32.6-42.7	7.15
	37.5±0.27		39.3±0.90		38.6±2.76	
h	8.2-10.9	4.3	9.7-12.0	6.96	10.0-15.2	11.70
	10.1±0.08		10.9±0.76		11.3±1.32	
c	19.3-21.5	4.6	20.1-22.6	3.81	21.7-25.4	5.04
	20.6±0.18		21.5±0.82		24.1±1.22	
hc	Нет данных	Нет данных	Состояние признаков не изучалось		16.1-21.5	8.17
	16.5±0.18				19.1±1.56	
hop	Состояние признаков не изучалось		Состояние признаков не изучалось		11.7-14.7	7.84
hco					12.8±1.00	
					12.2-15.2	5.85
					13.8±0.80	

	1974 г. по [19; 20]		1992 г.		2020 г.	
	min-max/M±m	CV	min-max/M±m	CV	min-max/M±m	CV
ao	5.9-7.2	2.6	5.8-7.5	8.13	7.3-15.2	25.68
	6.4±0.03		6.7±0.54		8.5±2.17	
o	Нет данных	Нет данных	4.5-5.3	5.22	4.7-6.1	8.11
	4.6±0.13		4.8±0.25		5.5±0.45	
op	9.3-11.5	3.8	9.8-10.9	4.46	11.3-13.2	3.74
	10.3±0.07		10.3±0.46		12.3±0.46	
io	6.8-8.3	5.1	7.6-9.1	5.65	7.8-10.2	6.46
	7.7±0.07		8.4±0.47		8.9±0,57	

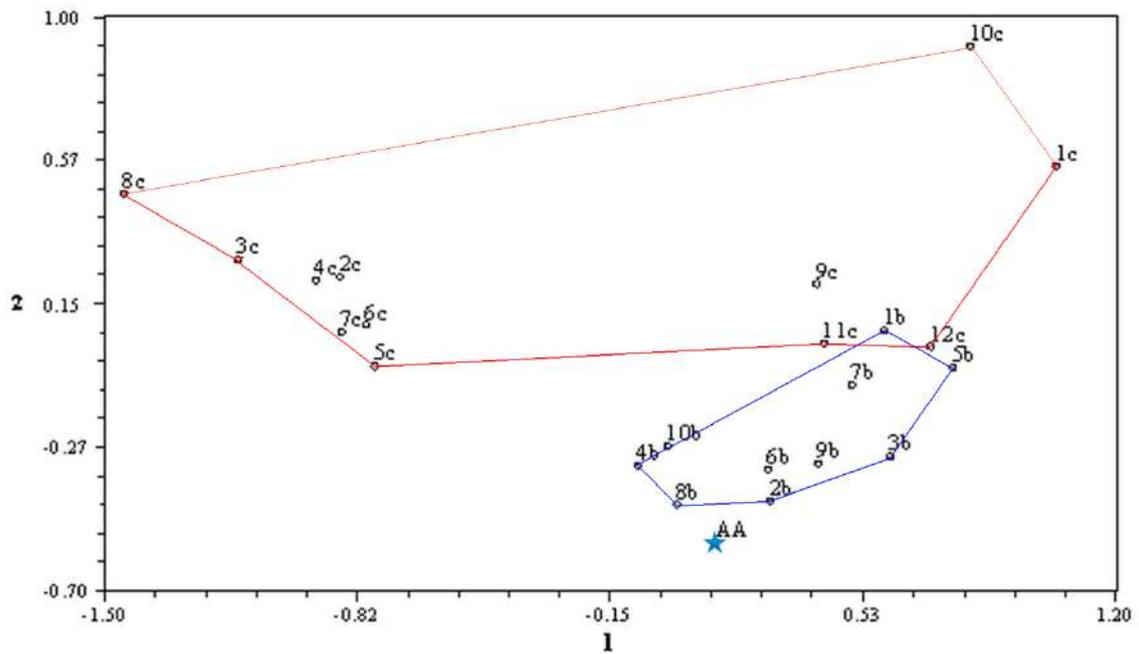
Таблица 4 – Нагрузки пластических признаков на 1-3 главные компоненты

Признаки	Главные компоненты (PC)			«Вес» признаков (Eigenvalue)	
	1	2	3	Фактический (%)	Ожидаемый (%)
aD	0.1659	0.7381	0.1180	4.283 (53.54 %)	33.97
aP	0.3305	-0.2618	0.5076	1.361 (17.00%)	21.47
aV	-0.3969	0.3095	0.1377	0.705 (8.81%)	15.22
aA	0.3242	0.1218	-0.7165	0.557 (6.97 %)	11.06
ID	-0.4090	0.2977	0.1201	0.430 (5.38 %)	7.93
hD	0.3987	0.1888	0.4213	0.292 (3.65%)	5.43
lA	-0.3862	0.1014	-0.0086	0.205 (2.56%)	3.34
hA	0.3539	0.3761	-0.0637	0.167 (2.08%)	1.56

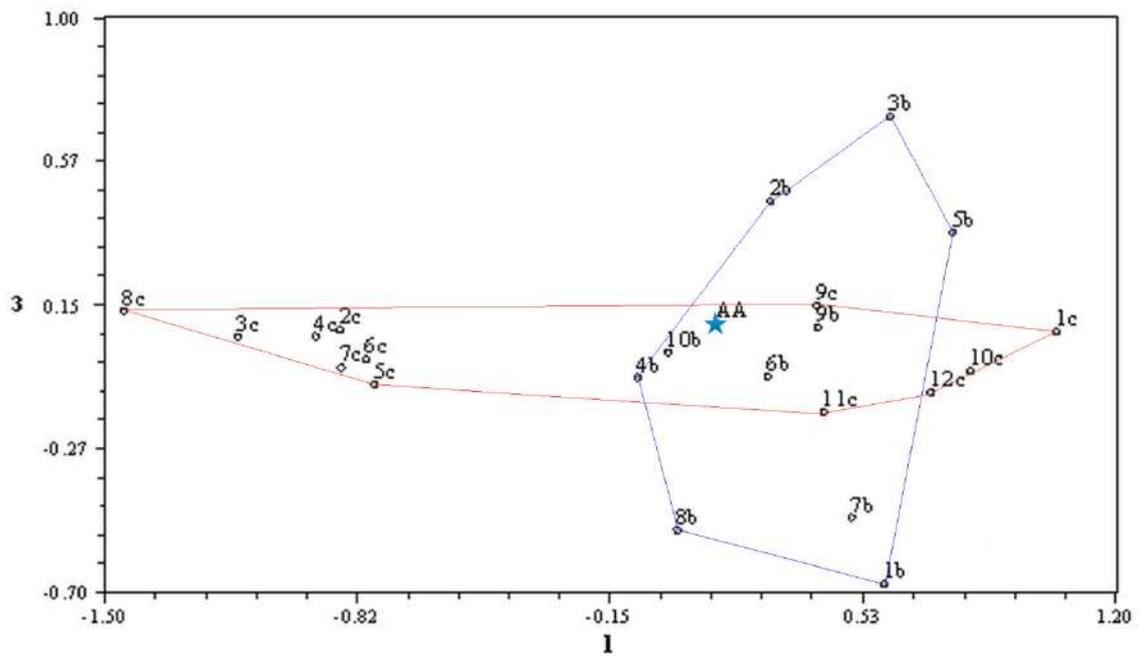
Для пластических признаков широко принятой является интерпретация, согласно которой первую главную компоненту рассматривают как характеризующую размер особи, а вторую и третью – как характеризующие форму тела [36]. Выборки разных лет хорошо разделяются в пространстве 1-2 и 2-3 главных компонент, что позволяет говорить о значительных изменениях в морфологии леща Капчагайского водохранилища, произошедших за изучаемый временной интервал. Поскольку гидрологический режим за это время не претерпел существенных изменений, выявленные изменения во внешнем виде рыб могут указывать на изменения в их экологии.

Многомерность экологической ниши любого вида рыб трудно определить. Однако морфологические характеристики рыб являются полезными индикаторами размеров экологических ниш, поскольку частично отражают эволюционное воздействие условий окружающей среды

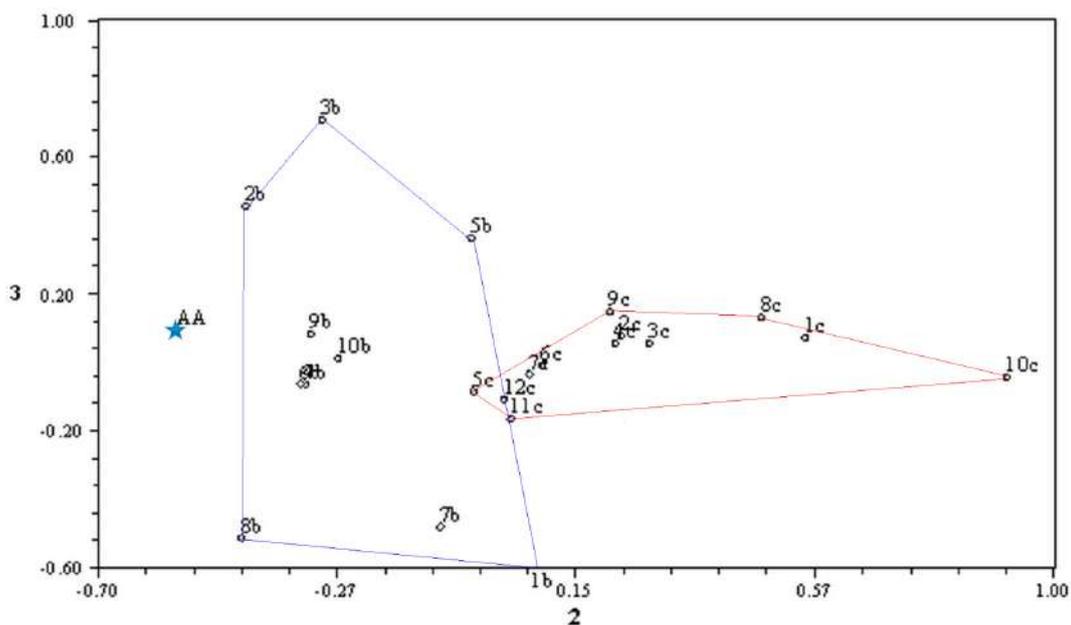
[37]. Используя широкий набор пластических признаков, связанных с добыванием пищи и местообитаниями, и методы статистического анализа, J. Findley [38] и A. Gatz [39; 40] одними из первых предложили подход к систематизации видов в связи с их экологическими нишами. Затем этот подход был использован для оценки размеров ниш внутри и между сообществами рыб [41], выяснения закономерностей экоморфологической конвергенции и дивергенции [42; 43], оценки самих мест обитания [45], определения функциональных групп и установления связей между сложностью обитаний и морфологическим разнообразием [44]. Полученные нами данные показали, относительные размеры головы леща в Капчагайском водохранилище в настоящее время больше, чем в выборках прошлого века. Учитывая цитированные выше работы, эти изменения могут быть связаны с изменениями в экологии питания и изменением экологической ниши в целом.



**Рисунок 1** – Положение выборок разных лет в пространстве 1 и 2 главных компонент: выборки обозначены «AA» – 1974 г. (по средним [19; 20]); «b» – особи, отловленные в 1992 г.; «с» – выборка 2020 г.



**Рисунок 2** – Положение выборок разных лет в пространстве 1 и 3 главных компонент. Обозначение особей, как на рисунке 1



**Рисунок 3** – Положение выборок разных лет в пространстве 2 и 3 главных компонент. Обозначение особей, как на рисунке 1

К.О. Winemiller [42] также предположил, что морфологическое разнообразие возрастает с увеличением объема мест обитания, их сложностью, стабильностью окружающей среды и уровнями межвидовой конкуренции и хищничества. В выборке леща 2020 г. КА равен 0,58, что указывает на существенные нарушения гомеостаза развития и изменения среды существования леща в Капчагайском водохранилище. Это подтверждает ранее сделанный вывод о большой экологической пластичности леща в нестабильных условиях окружающей среды.

### Выводы

1. Хорошая упитанность и уменьшение средних размеров в выборке 2020 г. по сравнению с данными прошлого века могут указывать на влияние промысла, которое не только заметно снизило интенсивность внутривидовой конкуренции, но и повлекло уменьшение размеров леща.

2. По сравнению с прошлым веком произошло существенное изменение внешней морфологии леща, которое может быть вызвано изменением экологической ниши.

3. В настоящее время в Капчагайском водохранилище нарушен гомеостаз развития леща, однако большая экологическая пластичность позволяет этому виду существовать в меняющихся условиях окружающей среды.

### Благодарности

Данную статью авторы посвящают памяти доцента кафедры зоологии и ихтиологии, кандидата биологических наук Абрека Ариковича Баимбетова (18.12.1938-07.06.2007 гг.). Тщательно собранные им данные по многим видам рыб, знания и опыт, которыми он щедро делился с коллегами, продолжают служить следующим поколениям исследователей природы Казахстана.

### Литература

- 1 Алтухов Ю.П. Внутривидовое генетическое разнообразие: мониторинг и принципы сохранения // Генетика – 1995. Т.31. №10. – С.1333-1357.
- 2 Макарова Н.П. Изменения некоторых морфоэкологических показателей окуня *Perca fluviatilis* L. Низовьев дельты Волги // Вопросы ихтиологии – 1986. Т. 26. Вып. 3. – С. 497-509.
- 3 Савваитова К.А., Максимов В.А., Груздева М.А. Динамика морфобиологических показателей микижи *Salmo mikiss* из реки Кишимшина (Камчатка) во временном аспекте // Вопросы ихтиологии – 1988. Т. 28. Вып. 2. – С. 213-221.

- 4 Motta Ph.J., Norton S.E., Luczkovich J.J. Perspectives of ecomorphology of bony fishes// Environmental biology of fishes. – 1995. – V.44. – P.11-20. doi.org/10.1007/BF00005904
- 5 Чеботарева Ю.В., Савоскул С.П., Пичугин М.Ю., Савваитова К.А., Максимов С.В. Характеристика аномалий в строении внешних и внутренних органов у рыб// Разнообразие рыб Таймыра. – М.: Наука, 1999. – С.142-146.
- 6 Grabarkiewicz J.D., Davis W.S. An introduction to freshwater fishes as biological indicators – Washington: United States Environmental Protection Agency, 2008. – 96 p.
- 7 Petr T., Mitrofanov V.P., 1998. The impact on fish stocks of river regulation in Central Asia and Kazakhstan// Lakes and Reservoirs: Research and Management. – 3. – Pp.143-164. doi.org/10.1046/j.1440-1770.1998.00069.x
- 8 Самакова А.Б. (ред.). Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш. – Алматы: Каганат, 2003. – 584 с. ISBN 9965-25-136-3
- 9 Imentai A., Thevs N., Schmidt S., Nurtazin S., Salmurzauli R. (2015). Vegetation, fauna, and biodiversity of the Ile Delta and southern Lake Balkhash — A review. Journal of Great Lakes Research. 41:688–696. doi.org/10.1016/j.jglr.2015.04.002
- 10 Pueppke, S.G., Iklasov, M.K., Beckmann, V., Nurtazin, S.T., Thevs, N., Sharakhmetov, S., Hoshino, B. (2018). Challenges for sustainable use of the fish resources from Lake Balkhash, a fragile lake in an arid ecosystem. Sustainability, 10, 1234; doi:10.3390/su10041234
- 11 Gozlan, R.E., Karimov, B.K., Zadereev, E., Kuznetsova, D., Brucet S., S.S. (2019): Status, trends, and future dynamics of freshwater ecosystems in Europe and Central Asia. Inland Waters, doi: 10.1080/20442041.2018.1510271
- 12 Krupa, E., Barinova, S., Aubakirova, M. (2020) Tracking pollution and its sources in the catchment lake system of major waterbodies in Kazakhstan. Lakes & Reserv., 25:18– 30. https://doi.org/10.1111/lr.12302
- 13 Митрофанов В.П. Физико-географический очерк среднего течения р.Или и Капчагайского водохранилища// Биологические науки. – Алма-Ата: КазГУ, 1975. – Вып. 9. – С. 5-8.
- 14 Тютеньков С.К. Итоги и перспективы акклиматизации рыб и беспозвоночных в водоёмах Казахстана. – Фрунзе: Илим, 1972. – С. 85–89.
- 15 Терещенко В.Г., Стрельников А.С. Анализ перестроек в рыбной части сообщества озера Балхаш в результате интродукции новых видов рыб // Вопросы ихтиологии. – 1995. – Т. 35. – Вып.1. – С.71-77.
- 16 Митрофанов В. П., Дукравец Г. М. Некоторые теоретические и практические аспекты акклиматизации рыб в Казахстане// Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Гылым, 1992. – Т.5. – С. 329-371.
- 17 Касымбеков Е.Б., Пазылбеков М.Ж., Абилов Б.И. Промысел и динамика численности леща в промысловых районах Капчагайского водохранилища// Состояние водных биологических ресурсов и качества воды Казахстана и сопредельных стран: Сборник научных трудов, посвященный 90-летию НАПЦ РК (г.Алматы, сентябрь 2019 г.) – Алматы: Казак университеті, 2019. – С. 296-303. ISBN 978-601-80769-2-3
- 18 Горюнова А.И., Серов Н.П. Акклиматизация рыб в Казахстане // Труды совещания по проблеме акклиматизации рыб и кормовых беспозвоночных. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – С.109-113.
- 19 Баимбетов А.А., Митрофанов В.П., Сулейменов Н. Систематика и биология леща Капчагайского водохранилища// Биологические науки. – Алма-Ата: КазГУ, 1975. – Вып. 9. – С. 71-82.
- 20 Баимбетов А.А., Мельников В.А., Митрофанов В.П. *Abramis brama orientalis* Berg – лещ восточный // Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1988. – Т.3. – С.130-159.
- 21 Дукравец Г.М., Митрофанов В.П. История акклиматизации рыб в Казахстане // Рыбы Казахстана – Алма-Ата: Наука, 1992. – Т.5. – С. 6-44.
- 22 Мина М.В. Микроэволюция рыб: Эволюционные эффекты фенотипического разнообразия – М.: Наука. 1986. – 207 с.
- 23 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
- 24 Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European Freshwater Fishes. – Delémont, Switzerland, Imprimerie du Démocrate SA, 2007. – 646 p. ISBN 978-2-8399-0298-4
- 25 Мина М.В., Левин Б.А., Мироновский А.Н. О возможностях использования в морфологических исследованиях рыб оценок признаков, полученных разными операторами // Вопросы ихтиологии. – 2005. – Т.45. – №3. – С. 331-341.
- 26 Sneath P.H.A., Sokal R.R. Numerical Taxonomy – Freeman, San Francisco, – 1973. – 573 p.
- 27 Лакин Г.Ф. Биометрия – М.: Высшая школа. – 1990. – 352 с.
- 28 Press W. H., Teukolsky S. A., Vetterling W. T., Flannery B. P. Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing, Third Edition– Cambridge, New York, 2007. – 1262 p. ISBN 978-0-521-88068-8.
- 29 Rohlf F. J., 2004. NTSYSpc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 2.1. – 44 p. ISBN: 0-925031-30-5
- 30 Mina M.V., Mironovsky A.N., Golani D. Consequences and modes of morphological diversification of East African and Eurasian barbins (genera *Barbus*, *Varicorhinus* and *Capoeta*) with particular reference to *Barbus inermis* complex//Environmental Biology of Fishes. 2001. V.241. P. 241-252. doi.org/10.1023/A:1010952108081
- 31 Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
- 32 Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – Ч.2. – С. 468-925.
- 33 Domenici P., Blake R.W. The kinematics and performance of fish fast-start swimming// Journal of Experimental Biology – 1997. – Vol.200. – P.1165-1178.
- 34 Webb P.W. Body form, locomotion, and foraging in aquatic vertebrates // American Zoologist – 1984. – Vol. 24. – P. 107-120. doi.org/10.1093/icb/24.1.107
- 35 Webb P.W., LaLiberte G.D., Schrank A.J. Does body and fin form affect the maneuverability of fish traversing vertical and horizontal slits?// Environmental Biology of Fishes – 1996. – V.46. –P.7-14. doi.org/10.1007/BF00001692

- 36 Tissot B.N. Multivariate analysis// in: Heterochrony in Evolution: a multidisciplinary approach. Ed. M.L.McKinney. N.Y.; L.: Plenum Press. 1988. P.71-91. ISBN 978-1-4899-0795-0
- 37 Lamouroux N., Poff N. L., Angermeier P.L. Intercontinental convergence of stream fish community traits along geomorphic and hydraulic gradients // *Ecology*. – 2002. – V.83. – P. 1792–1807. doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[1792:ICOSFC]2.0.CO;2
- 38 Findley J. S. Phenetic packing as a measure of faunal diversity // *American Naturalist*. – 1973. – V.107. – P.580–584.
- 39 Gatz A. J. Jr. Community organization in fishes as indicated by morphological features// *Ecology*. – 1979. – V.60. – P.711–718. doi.org/10.2307/1936608
- 40 Gatz A. J. Jr. Morphologically inferred niche differentiation in stream fishes // *The American Midland Naturalist* 1981. – V.106:1. – P.10-21. doi.org/10.2307/2425131
- 41 Adite A., Winemiller K.O. Trophic ecology and ecomorphology of fish assemblages in coastal lakes of Benin, west Africa// *Ecoscience*. – 1997. – V.4. – P.6–23. doi.org/10.1080/11956860.1997.11682371
- 42 Winemiller K. O. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions // *Ecological Monographs*. – 1991. – V.61. – P.343–365. doi.org/10.2307/2937046
- 43 Winemiller K. O., Kelso-Winemiller L. C., Brenkert A. L. Ecomorphological diversification and convergence in fluvial cichlid fishes // *Environmental Biology of Fishes*. – 1995. – V.44. – P.235–261. doi.org/10.1007/BF00005919
- 44 Motta P. J., Clifton K. B., Hernandez P., Eggold B. T. Ecomorphological correlates in ten species of subtropical seagrass fishes: diet and microhabitat utilization // *Environmental Biology of Fishes* – 1995. – V.44. – P.37–60. doi.org/10.1007/BF00005906
- 45 Willis S. C., Winemiller K. O., Lopez-Fernandez H. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river.// *Oecologia* – 2005. – V.142. – P.284–295. doi.org/10.1007/s00442-004-1723-z doi.org/10.1007/s00442-004-1723-z

### References

- 1 Altukhov Yu.P. «Vnutrividovoye geneticheskoye raznoobrazie: monitoring i printsipy sokhraneniya» [“Intraspecific genetic diversity: monitoring and conservation principles”] *Genetika*. Vol.31. No.10 (1995): 1333-1357.
- 2 Makarova N.P. «Izmeneniya nekotorykh morfo-ekologicheskikh pokazateley okunya Perca fluviatilis L. Nizovyyev delty Volgi» [“Changes in some morpho-ecological indicators of perch *Perca fluviatilis* L. Lower reaches of the Volga delta”] *Voprosy ichthyologii*. Vol. 26. Issue 3. (1986): 497-509.
- 3 Savvaitova K.A., Maksimov V.A., Gruzdeva M.A. «Dinamika morfobiologicheskikh pokazateley mikizhi Salmo mikiss iz reki Kishimshina (Kamchatka) vo vremennom aspekte» [“Dynamics of morphobiological parameters of mykiss *Salmo mikiss* from the Kishimshina River (Kamchatka) in the temporal aspect”] *Voprosy ichthyologii*. V.28. Issue 2. (1988): 213-221.
- 4 Motta Ph.J., Norton S.E., Luczkovich J.J. Perspectives of ecomorphology of bony fishes// *Environmental biology of fishes*. – 1995. – V.44. – P.11-20. doi.org/10.1007/BF00005904
- 5 Chebotareva Yu.V., Savoskul S.P., Pichugin M.Yu., Savvaitova K.A., Maksimov S.V. «Kharakteristika anomalii v stroenii vneshnikh i vnutrennikh organov u ryb// Raznoobrazie ryb Taymyra» [“Characteristics of anomalies in the structure of external and internal organs in fish”] In: Diversity of fish in Taimyr. – M.: Nauka, 1999: 142-146.
- 6 Grabarkiewicz J.D., Davis W.S. An introduction to freshwater fishes as biological indicators – Washington: United States Environmental Protection Agency, 2008. – 96 p.
- 7 Petr T., Mitrofanov V.P., 1998. The impact on fish stocks of river regulation in Central Asia and Kazakhstan// *Lakes and Reservoirs: Research and Management*. – 3. – Pp.143-164. doi.org/10.1046/j.1440-1770.1998.00069.x
- 8 Samakova A. B. (Ed.) «Problems of hydroecological stability in the basin of lake Balkhash». [“Problems of hydroecological stability in the basin of lake Balkhash”]. Almaty: *Kaganat*. (2003): 584. ISBN 9965-25-136-3. (In Russian).
- 9 Imentai A., Thevs N., Schmidt S., Nurtazin S., Salmurzauli R. (2015). Vegetation, fauna, and biodiversity of the Ile Delta and southern Lake Balkhash — A review. *Journal of Great Lakes Research*. 41:688–696. doi.org/10.1016/j.jglr.2015.04.002
- 10 Pueppke, S.G., Iklasov, M.K., Beckmann, V., Nurtazin, S.T., Thevs, N., Sharakhmetov, S., Hoshino, B. (2018). Challenges for sustainable use of the fish resources from Lake Balkhash, a fragile lake in an arid ecosystem. *Sustainability*, 10, 1234; doi:10.3390/su10041234
- 11 Gozlan, R.E., Karimov, B.K., Zadereev, E., Kuznetsova, D., Brucet S., S.S. (2019): Status, trends, and future dynamics of freshwater ecosystems in Europe and Central Asia. *Inland Waters*, doi: 10.1080/20442041.2018.1510271
- 12 Krupa, E, Barinova, S, Aubakirova, M. (2020) Tracking pollution and its sources in the catchment lake system of major waterbodies in Kazakhstan. *Lakes & Reserv.*, 25:18– 30. https://doi.org/10.1111/lre.12302
- 13 Mitrofanov V.P. [“Physico-geographical sketch of the middle reaches of the Ili River and the Kapchagai Reservoir”] *Biological Sciences*. – Alma-Ata: KazSU (1975). Issue 9: 5-8.
- 14 Tutunnikov S. K. «Itogi i perspektivy akklimatizatsii ryb i bespozvonochnyh v vodoyomah Kazakhstana». [“Results and perspectives of acclimatization of fishes and invertebrates in water bodies of Kazakhstan.”] Frunze. (1972): 85-89. (In Russian).
- 15 Tereshchenko V.G., Strelnikov A.S. «Analiz perestroyek v rybnoy chasti soobshchestva ozera Balkhash v rezultate introduktsii novykh vidov ryb» [“Analysis of rearrangements in the fish part of the Lake Balkhash community as a result of the introduction of new fish species”] *Voprosy ichthyologii*. Vol.35. No 1. (1995): 71-77. . (In Russian).
- 16 Mitrofanov V.P., Dukravets G. M. «Nekotoryye teoreticheskiye i prakticheskiye aspekty akklimatizatsii ryb v Kazakhstane» [“Some theoretical and practical aspects of fish acclimatization in Kazakhstan”]. In *Fish of Kazakhstan*. Vol.5. – Alma-Ata: Gylym (1992): 329-371. (In Russian).
- 17 Kasymbekov E.B., Pazyzbekov M.Zh., Abilov B.I. «Promysel i dinamika chislenosti leshcha v promyslovyykh rayonakh Kapshagayskogo vodokhranilishcha» [“Fishing and dynamics of bream abundance in the commercial areas of the Kapshagai res-

ervoir”] *State of aquatic biological resources and aquaculture in Kazakhstan and neighboring countries: Collection of scientific papers dedicated to the 90th anniversary of the NAPT's RH (Almaty, September 2019)* – Almaty: Kazakh University (2019): 296-303. ISBN 978-601-80769-2-3 (In Russian).

18 Goryunova A.I., Serov N.P. «Акклиматизация рыб в Казахстане» [“Acclimatization of fish in Kazakhstan”] *Proceedings of the meeting on the problem of acclimatization of fish and forage invertebrates.* – М.: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR (1954): 109-113. (In Russian).

19 Baimbetov A.A., Mitrofanov V.P., Suleimenov N. «Систематика и биология леща Капчгайского водохранилища» [“Systematics and biology of bream in the Kapchagai reservoir”] *Biological sciences.* – V.9. Alma-Ata: KazSU (1975):71-82. (In Russian).

20 Baimbetov A.A., Melnikov V.A., Mitrofanov V.P. «*Abramis brama orientalis* Berg – лещ восточный» [“*Abramis brama orientalis* Berg – oriental bream”] *Fish of Kazakhstan.* Vol. 3. Alma-Ata: Science (1988): 130-159. (In Russian).

21 Dukravets G.M., Mitrofanov V.P. «История акклиматизации рыб в Казахстане» [“History of fish acclimatization in Kazakhstan”] *Fish of Kazakhstan.* Vol. 5. – Alma-Ata: Science (1992): 6-44. (In Russian).

22 Mina M.V. «Микроэволюция рыб» [“Microevolution of fish: Evolutionary effects of phenotypic diversity”] – Moscow: Nauka (1986): 207. (In Russian).

23 Pravdin I.F. «Руководство по изучению рыб» [“Guide to the study of fish”] Moscow: Food industry (1966): 376. (In Russian).

24 Kottelat M., Freyhof J. *Handbook of European Freshwater Fishes.* – Delémont, Switzerland, Imprimerie du Démocrate SA, 2007. – 646 p. ISBN 978-2-8399-0298-4

25 Mina M.V., Levin B.A., Mironovskiy A.N. [“On the possibilities of using assessments of traits obtained by different operators in morphological studies of fish”]. *Journal of ichthyology.* – V.45. No. 3 (2005): 331-341. (In Russian).

26 Sneath P.H.A., Sokal R.R. *Numerical Taxonomy* – Freeman, San Francisco, – 1973. – 573 p.

27 Lakin G.F. *Biometrics* – М.: Higher School. – 1990. – 352 p.

28 Press W. H., Teukolsky S. A., Vetterling W. T., Flannery B. P. *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*, Third Edition– Cambridge, New York, 2007. – 1262 p. ISBN 978-0-521-88068-8

29 Rohlf F. J., 2004. NTSYSpc. *Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System.* Version 2.1. – 44 p. ISBN: 0-925031-30-5

30 Mina M.V., Mironovskiy A.N., Golani D. Consequences and modes of morphological diversification of East African and Eurasian barbines (genera *Barbus*, *Varicorhinus* and *Capoeta*) with particular reference to *Barbus inermis* complex//*Environmental Biology of Fishes.* 2001. V.61:3. – P. 241-252. doi.org/10.1023/A:1010952108081

31 Zakharov V. M., Baranov A. S., Borisov V. I., Valetsky A.V., Kryazheva N. G., Chistyakova E. K., Chubinshvili A.T. «Здоровье среды: методика оценки». [“Environmental Health”]. Center for environmental policy of Russia. (2000): 68. (In Russian).

32 Berg L.S. *Fishes of fresh waters of the USSR and neighboring countries* – М., Л.: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1949. – Part 2. – Pp.468-925. (In Russian).

33 Domenici P., Blake R.W. The kinematics and performance of fish fast-start swimming// *Journal of Experimental Biology* – 1997. – Vol.200. – P.1165-1178.

34 Webb P.W. Body form, locomotion, and foraging in aquatic vertebrates// *American Zoologist* – 1984. – Vol.24. – P. 107-120. doi.org/10.1093/icb/24.1.107

35 Webb P.W., LaLiberte G.D., Schrank A.J. Does body and fin form affect the maneuverability of fish traversing vertical and horizontal slits?// *Environmental Biology of Fishes* – 1996. – V.46. –P.7-14. doi.org/10.1007/BF00001692

36 Tissot B.N. *Multivariate analysis*// in: *Heterochrony in Evolution: a multidisciplinary approach.* Ed. M.L.McKinney. N.Y.; L.: Plenum Press. 1988. P.71-91. ISBN 978-1-4899-0795-0

37 Lamouroux N., Poff N. L., Angermeier P.L. Intercontinental convergence of stream fish community traits along geomorphic and hydraulic gradients // *Ecology.* – 2002. – V.83. – P. 1792–1807. doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[1792:ICOSFC]2.0.CO;2

38 Findley J. S. Phenetic packing as a measure of faunal diversity // *American Naturalist.* – 1973. – V.107. – P.580–584. DOI:10.1086/282860

39 Gatz A. J. Jr. Community organization in fishes as indicated by morphological features// *Ecology.* – 1979. – V.60:4. – P.711–718. doi.org/10.2307/1936608

40 Gatz A. J. Jr. Morphologically inferred niche differentiation in stream fishes // *The American Midland Naturalist* 1981. – V.106:1. – P.10-21. doi.org/10.2307/2425131

41 Adite A., Winemiller K.O. Trophic ecology and ecomorphology of fish assemblages in coastal lakes of Benin, west Africa // *Ecoscience.* – 1997. – V.4. – P.6–23. doi.org/10.1080/11956860.1997.11682371

42 Winemiller K. O. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions // *Ecological Monographs.* – 1991. – V.61. – P.343–365. doi.org/10.2307/2937046

43 Winemiller K. O., Kelso-Winemiller L. C., Brenkert A. L. Ecomorphological diversification and convergence in fluvial cichlid fishes // *Environmental Biology of Fishes.* – 1995. – V.44. – P.235–261. doi.org/10.1007/BF00005919

44 Motta P. J., Clifton K. B., Hernandez P., Eggold B. T. Ecomorphological correlates in ten species of subtropical seagrass fishes: diet and microhabitat utilization // *Environmental Biology of Fishes* – 1995. – V.44. – P.37–60. doi.org/10.1007/BF00005906

45 Willis S. C., Winemiller K. O., Lopez-Fernandez H. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river.// *Oecologia* – 2005. – V.142. – P.284–295. doi.org/10.1007/s00442-004-1723-z doi.org/10.1007/s00442-004-1723-z

**Д.Б. Якупова**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, г. Казань,  
\*e-mail: yakupova\_j@mail.ru

## **НОВАЯ НАХОДКА МЕЗОЗОЙСКОГО ИХТИОЗАВРА НА ЗАПАДЕ КАЗАХСТАНА**

Статья посвящена описанию нового представителя семейства Undorosauridae, найденного впервые на территории Западно-Казахстанской области Республики Казахстан. Выделен новый род ихтиозавров семейства Undorosauridae. Основными диагностическими признаками данного семейства являются неполное медиальное сращивание седалищной и лобковой костей, а также своеобразное строение черепа (крупное носовое отверстие, овальная глазница, широкая заглазничная часть и строение затылочной части). В данной работе были применены общепринятые палеонтологические методы полевых и камеральных исследований: стандартная методика работы с палеонтологическим материалом для извлечения исследуемых образцов из вмещающей породы; морфологический и морфометрический анализ ископаемых остатков при видовой диагностике. Схожесть в строении черепа, посткраниального скелета, поясов, верхних и нижних конечностей позволяет отнести описываемый скелет ихтиозавра к семейству Undorosauridae. В то же время присутствие в черепе своеобразного строения (узкой серповидной посторбитальной кости, широкой квадратноскуловой кости, мощной силовой дуги затылочного комплекса), а также двухфасеточные плечевые кости и боковое причленение первого пальца позволяют выделить новый род. Возраст находки относится к поздней юре, средневожский ярус, зона Zairaiskites zarajskensis.

**Ключевые слова:** семейство Undorosauridae, мезозой, средневожский ярус, Западный Казахстан.

D.B. Yakupova

Kazan (Volga region) federal University, Russia, Kazan,  
\*e-mail: yakupova\_j@mail.ru

### **New finding of mesozoic ichthyosaur in Western Kazakhstan**

The article is devoted to the description of a new representative of the family Undorosauridae, found on the territory of the West Kazakhstan region. A new genus of ichthyosaurs of the family Undorosauridae has been identified. The main diagnostic features of this family are incomplete medial fusion of the sciatic and pubic bones, as well as a peculiar structure of the skull (large nasal opening, oval eye socket, wide occipital part and the structure of the occipital part). In this work, we applied the generally accepted paleontological methods of field and laboratory research: standard procedure for working with paleontological material to extract the studied samples from the host rock; morphological and morphometric analysis of fossils in species diagnostics. The similarity in the structure of the skull, postcranial skeleton, belts, limbs allows us to attribute the described ichthyosaur skeleton to the family Undorosauridae. Geological age: late Jurassic, Middle Volga tier, Zairaiskites Zarajskensis zone.

**Key words:** family Undorosauridae, mesozoic, middle Volga tier, Western Kazakhstan.

Д.Б. Якупова

Казан (Еділ аймағы) федералдық университеті, Ресей, Қазан қ.  
\*e-mail: yakupova\_j@mail.ru

### **Батыс Қазақстан аймағындағы мезозой ихтиозаврының жаңа олжасы**

Мақала Қазақстан Республикасының Батыс Қазақстан облысы аумағында алғаш рет табылған Undorosauridae тұқымдасының жаңа өкілінің сипаттамасына арналған. Undorosauridae тұқымдасының ихтиозаврларының жаңа тұқымы оқшауланған. Бұл тұқымдастың негізгі диагностикалық белгілері – бұл қасаға және жамбас сүйектерінің толық емес медиальды синтезі, сондай-ақ бас сүйегінің өзіндік құрылымы (үлкен мұрын саңылауы, сопақша көз ұясы, кең посторбитальды бөлік және оксипитальды бөліктің құрылымы. Бұл жұмыста далалық және камералдық зерттеулердің жалпы қабылданған палеонтологиялық әдістері қолданылды:

палеонтологиялық материалмен жұмыс істеудің стандартты әдістемесі зерттелетін үлгілерді сыйымды жыныстардан алу; морфологиялық және түрлік диагностика кезіндегі қазба қалдықтарын морфометриялық талдау. Бас сүйегінің, посткраниальды қаңқаның, белдіктердің, жоғарғы және төменгі аяқтардың құрылымындағы ұқсастық сипатталған ихтиозавр қаңқасын Undorosauridae тұқымдасына жатқызуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бас сүйегінде ерекше құрылымның болуы (тар орақ тәрізді посторбитальды сүйек, кең төртбұрышты сүйек, оксипитальды кешеннің қуатты доғасы), сондай-ақ екі қабатты гумерус және бірінші саусақтың бүйірлік байланысы жаңа тұқымды ажыратуға мүмкіндік береді. Табылған үлгінің жасы кеш Юраға, Орта Еділ қабатына, *zaraiskites zarajskensis* аймағына жатады.

**Түйін сөздер:** Undorosauridae тұқымдасы, мезозой, орта Еділ қабаты, Батыс Қазақстан.

## Введение

Мезозойские пресмыкающиеся – вымершая ветвь мезозойских морских рептилий, возникшая в триасе и угасшая в меловом периоде. В настоящее время собран обширный материал по этим мезозойским рептилиям, описано несколько новых родов и видов юрских и меловых ихтиозавров [1, 2].

Как сообщает Рябинин А.Н. [3], в 1926 г. при производстве шурфовочных работ в песках неокома на горе Кой-Кара Гурьевского уезда Уральской губ., в бассейне нижнего течения р. Эмбы И.И. Кромом были найдены два позвонка рептилии. В результате изучения данных позвонков удалось установить, что они принадлежат динозавру *Dinosauria* из подотряда *Theropoda*.

Ранее сообщалось [4], что в начале мая 1952 года в овраге Таловка, близ пос. Щучкина Приуральского района Западно-Казахстанской области местными жителями были обнаружены вымытые весенней водой окаменелые кости, которые были отнесены к семейству плиозавров *Pliosauridae* Seley. В 1970 г. при прохождении студентами Уральского педагогического института полевой практики по геоморфологии В.С. Воропиновым были найдены кости двух ихтиозавров, местонахождение которых на данное время неизвестно [5].

В современный период описаны новые роды *Sveltonectes* и *Leninia* [6, 7], особенности строения ихтиозавров описаны в трудах [8, 9, 10]. Новые открытия ихтиозаврового материала из Свальбард значительно расширяют знания о разнообразии и распределении офталмозавридов во время последнего Юрского периода [11]. В работе Л.Л. Делсетт описан новый таксон офталмозаврида *Keilhauia nui* et sp. Один из этих новых экземпляров, который сохраняет самый целостный тазовый пояс ихтиозавра из мелового периода [12]. О. Робертс и др. описывают частичный скелет нового таксона ихтиозавра, *Janusaurus*

*lundii*, который включает в себя большую часть черепа и репрезентативные части постчерепа из архипелага Шпицберген Норвегии [13].

Целью данной работы явилось описание нового экземпляра ихтиозавра из Западного Казахстана и проведение филогенетического анализа для определения положения наиболее целостного образца.

## Материалы и методы исследования

Как производство геологических наблюдений, так и методика сбора окаменелостей были осуществлены в соответствии с общеизвестной литературой по полевой геологии В.Н. Вебера и В.А. Обручева, а также по методике Г.Я. Крымгольца [14].

Материал для исследования был найден в 2016 году школьниками экологического кружка района Байтерек Западно-Казахстанской области под руководством О.В. Субботиной близ с. Щучкино.

Рыхлые окаменелости укреплены застывающими растворами. Собранные окаменелости тщательно были упакованы, пронумерованы.

Были применены механические способы препарировки. Механическая препарировка осуществлялась в лаборатории при помощи препарировальных игл, шпателей, кусачек, щеток. При выбивании органических остатков из пластов применялось зубило, молоток. Для восстановления разрозненных частей был применен клей. Для выделения из плотных пород окаменелостей были применены температурные воздействия. Нагревая образец на электрической плитке и быстро погружая его в холодную воду, была разрыхлена порода. Более глубокие части были разрушены при пропитывании водой и последующем замораживании образцов. Дальнейшая обработка была проведена при помощи ротационного инструмента для гравировки Hummerplex (Чехия) и пневматического инструмента Super Jack PaleoTools (США).

Промеры были произведены штангенциркулем с точностью до 0,1 мм.

В ходе исследования были извлечены роstralная, боковая, затылочная части черепа, зубы, склеротические кольца, позвоночные тела 52 шт., плечевой и тазовый пояса, передняя и задняя конечности, ребра и невральные дуги.

### Результаты и обсуждение

Название рода основано по Республике Казахстан, на территории которой был найден скелет ихтиозавра.

Типовой вид – *Kazakhstanosaurus schuchkinensis* sp. nov.; Верхнеюрский период, Средневожский ярус, зона *Zaraiskites zarajskensis*; Западный Казахстан.

Систематика выглядит следующим образом:

Класс Reptilia Linnaeus, 1758  
 Подкласс Diapsida Osborn, 1903  
 Отряд Ichthyosauria de Blainville, 1835  
 Надсемейство Shastosaurioidea Tatarinov, 1964  
 Семейство Undorosauridae Efimov, 1999  
 Род *Kazakhstanosaurus*

Диагноз: ихтиозавры длиной 6-7 м. Череп 140 см в длину, 45 см в ширину и 30 см в высоту. Предосевой сегмент верхней и нижней челюстей имеет характерное для семейства строение, хорошо развитые мощные зубы. Носовое отверстие имеет круглую форму d 45 мм. Орбита эллиптической формы. Склеротическое кольцо состоит из 16 пластинок, изогнутых и утолщенных к наружному краю до 7 мм. Посторбитальная область широка и составляет половину орбиты. Основная затылочная кость – крупная кость с мощным округлым мышелком без вентральной выемки. Основная клиновидная кость – мощная кость с медиолатеральным максимальным коэффициентом 1,32. Обширные базиптеригоидные отростки направлены латерально. Плечевая кость короткая, толстая (диафиз 82 мм) с двумя дистальными гранями. Передняя нога имеет четкий трезубец с хорошо развитыми вторым, третьим и четвертым пальцами. Первый, пятый пальцы слабо развиты, имеют округлые фаланги. Фасетка для дополнительного преаксиального пальца расположена на передней поверхности дистального конца плечевой кости. Седалищная кость длинная, плоская, равна длине клювовидной кости. Тазовый пояс широкий, равный плечевому. Массивная седалищная кость срастается с палочковидной лобковой костью на проксимальных концах. Под-

вздошная кость узкая, Г-образная. Задняя конечность хорошо развита, бедро двугранное, равное 2/3 плеча. Фаланги округлые.

Род *Kazakhstanosaurus* gen. nov. отличается от Ундорозавра В. Ефимова, 1999 [15] более примитивным строением скелета, выраженным следующими признаками: длинная шея (до 20 позвонков), двугранные ребра и позвонки, массивные двугранные плечевые кости с широким диафизом; отношение длины к ширине плечевой кости составляет 1,4, у Ундорозавра – 1,3; трехдактильное строение передних и задних конечностей Казахстанозавра gen. nov. при недоразвитых четвертом и пятом пальцах, в то время как задние конечности хорошо развиты и составляют 2/3 передних, в то время как у Ундорозавра 1/3; тазовый пояс равен по ширине переднему, отличается большими размерами составляющих элементов, чем у Ундорозавра.

Название вида по месту нахождения, на территории которого был найден скелет (п. Щучкино, Западно-Казахстанская область Республики Казахстан).

Голотип – Западно-Казахстанский государственный университет (ЗКГУ), экс. № 750, часть черепа (Ростральная, латеральная, затылочная части, зубы, пластинки склеротического кольца), позвоночный столб (Атлас и эпистрофия, 52 позвонка из разных частей), ребра и нервные дуги с остистыми отростками, плечевой и тазовый пояса, передние и задние конечности; Верхнеюрский, Средневожский ярус, зона *Zaraiskites zarajskensis* (см. рис 1-5).

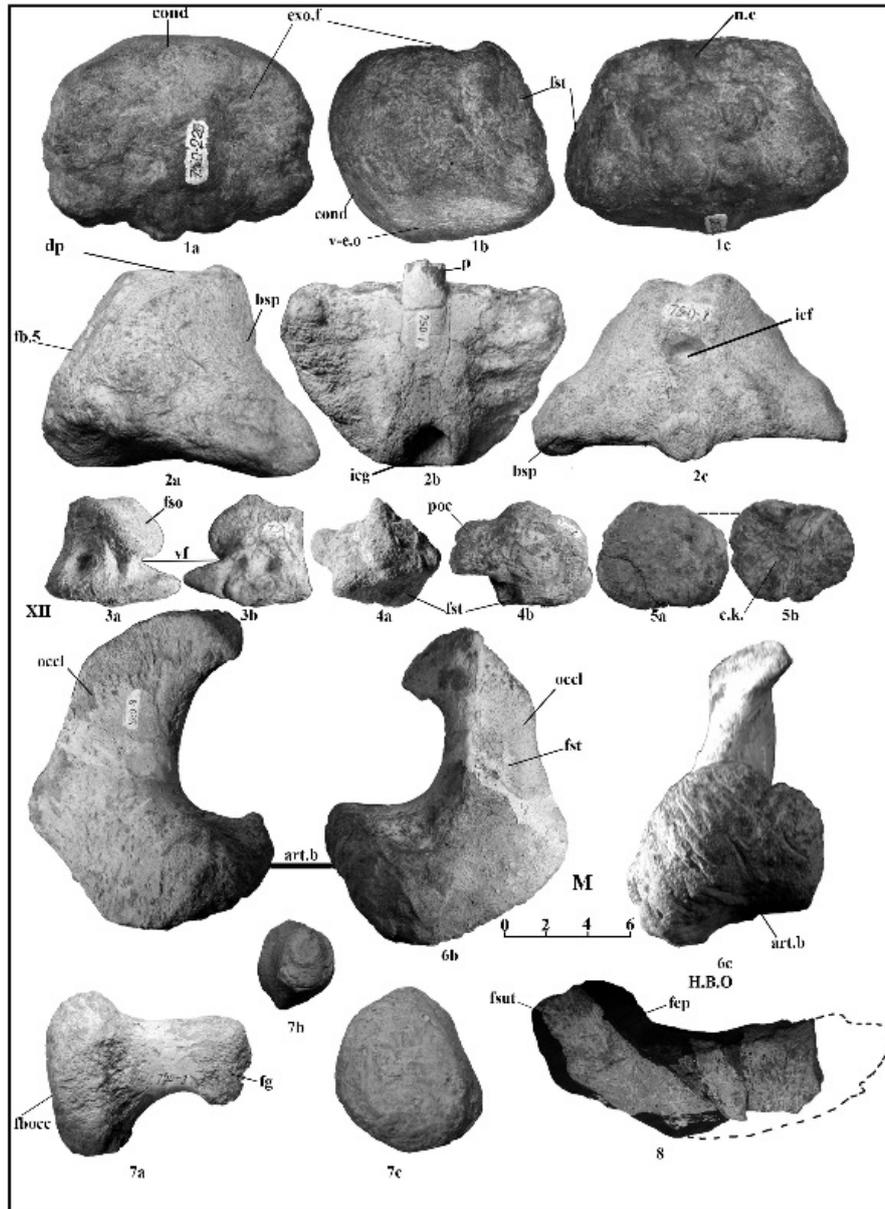
При описании скелета ихтиозавра *Kazakhstanosaurus schuchkinensis* sp. nov. было изучено более 200 костей с характеристиками, сопоставимыми с голотипами семейства Undorosauridae, с выделением рода *Kazakhstanosaurus* gen. nov. Общим для семейства Undorosauridae является своеобразное строение тазового пояса, заключающееся в неполном сращении лобковой и седалищной костей. Строение тазового пояса и общие черты строения скелета семейств Undorosauridae и Ophthalmosauridae позволяют предположить, что у них был общий предок. Однако у *Kazakhstanosaurus* gen. nov. есть характерное только для него строение некоторых костей скелета.

Череп вида ихтиозавров семейства Undorosauridae имеет большие размеры (0,8-1,5 м), массивную трибуну с многочисленными зубами. Кости ростральной части *Kazakhstanosaurus schuchkinensis* sp. nov. более стройного строения, чем у остальных представителей семейства.

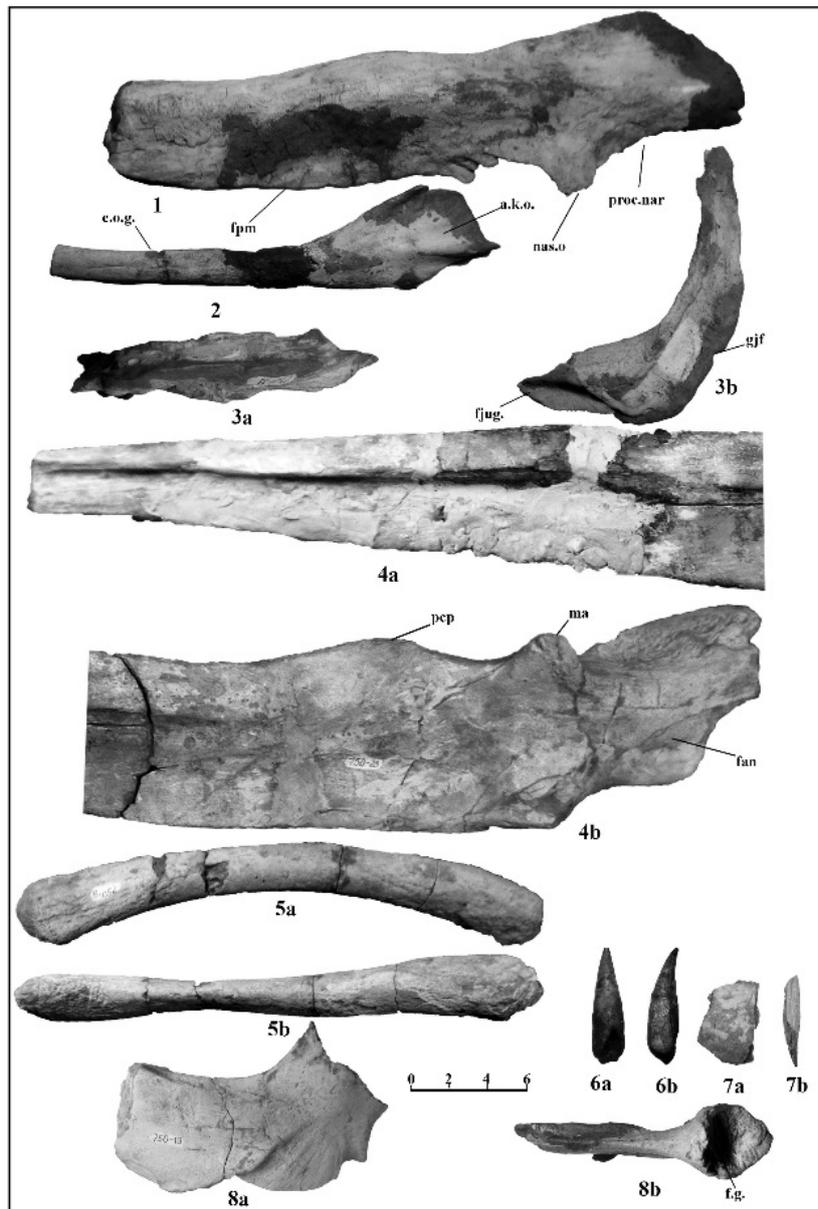
Все виды семейства Undorosauridae имеют овальную глазницу со слабо развитым склеротическим кольцом, отдельные пластинки которого слегка утолщены до наружного диаметра, что также хорошо наблюдается у *Kazakhstanosaurus schuchkinensis* sp. nov.

Постокулярная часть черепа членов семейства расширена за счет каудального конца скуловой кости и широкой квадратно-скуловой кости (от 7 до 15 см).

У представителей Undorosauridae наблюдается укрепление костей стержневого вала.



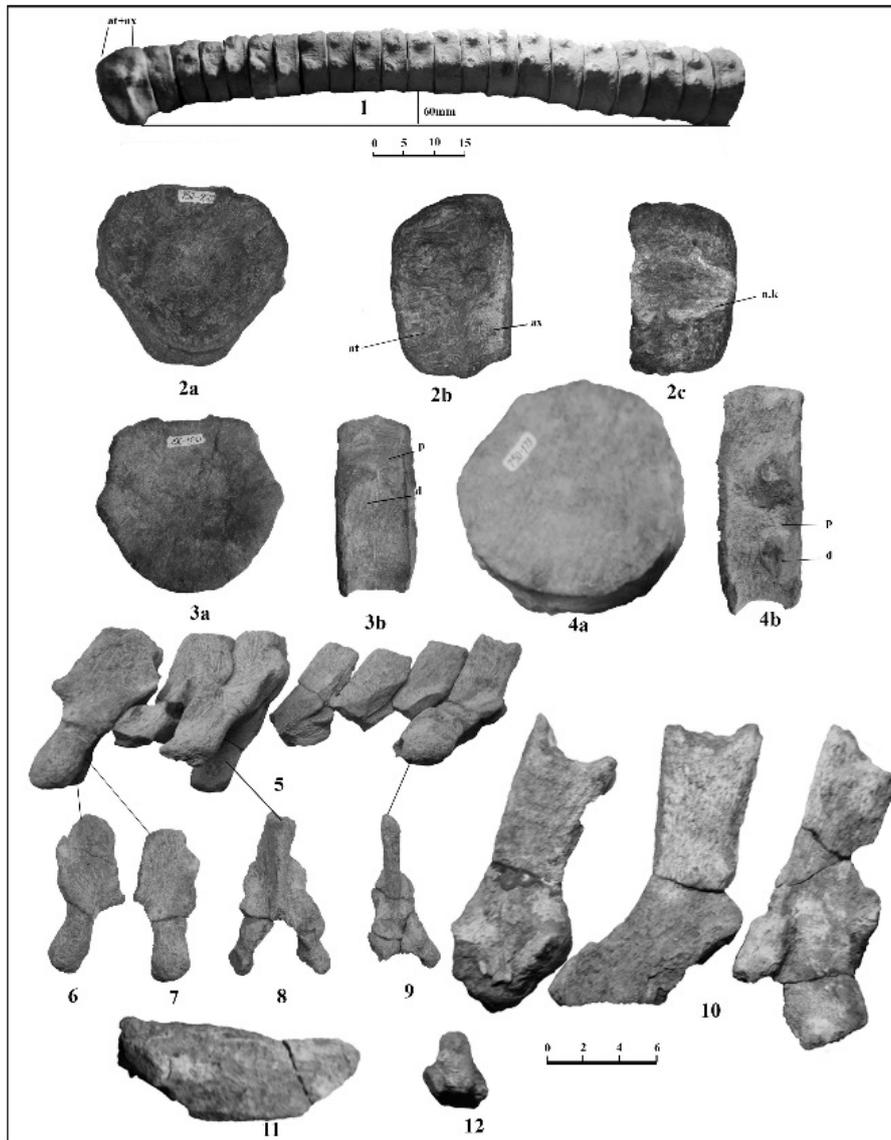
**Рисунок 1** – Основные элементы черепа *Kazakhstanosaurus schuchkinensis* sp. nov., голотип WKSU, № 750: 1 – Главная затылочная кость, тип: 1А – дорсальная, 1Б – латеральная, 1С – передняя; 2 – главная клиновидная кость, тип: 2а – латеральная, 2б – вентральная, 2С – передняя; 3 – латеральная затылочная кость: 3а – латеральная поверхность, 3б – радиальная поверхность; 4 – задняя ушная кость: 4а – вентральная поверхность, 4б – каудальная поверхность; 5 – переднее ухо кость: 5а – латеральная поверхность, 5б – медиальная поверхность; 6 – квадратная кость, вид: 6а – латеральная, 6б – медиальная, 6С – передняя; 7 – стремя: 7а – каудальная поверхность, 7б – латеральная грань с квадратной поверхностью, 7с – медиальный вид; 8 – затылочная кость (слева): Вид с дорсальной стороны



**Рисунок 2** – Основные элементы скуловой кости *Kazakhstanosaurus schuchkinensis* sp. nov., голотип ЗКУ, № 750: 1 – носовая кость: дорсально-боковой вид; 2 – скуловая кость: боковой вид; 3 – окклюзионная кость, вид: 3а – передняя, 3б – боковая; 4 – угловая кость: боковой вид; 5 – подъязычная кость, вид: 5а – сверху, 5б – медиальная; 6 – зуб, вид: 6а – с язычной стороны, 6б – сбоку; 7 – склеротическая пластинка, вид: 7а – сверху, 7б – сбоку; 8 – чешуйчатая кость: 8а – боковая поверхность, 8б – вид сзади

Позвоночный столб Ундорозаврид состоит из крупных амфицельных тел позвонков. Для этой группы характерна длинная шея, включающая до 20 позвонков. Описанные образцы шейных позвонков отличаются амфицельностью передней и задней поверхностей, а также длиной верхней и нижней частей позвонка, что придает шее кривизну. Описанные образцы туловищных позвонков

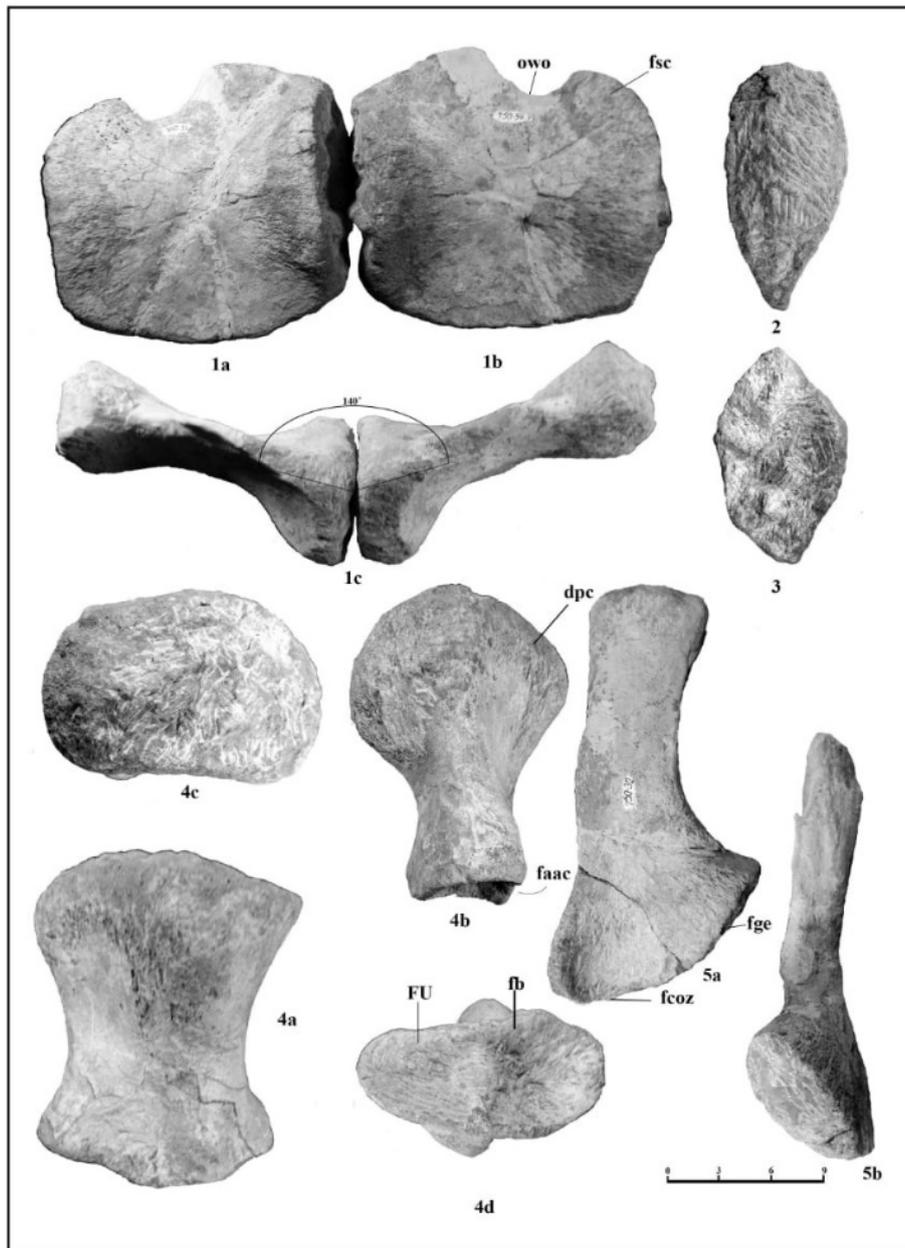
достигают своих максимальных размеров в крестцовой части. От крестцовых позвонков до сгиба позвоночника они сужаются, после сгиба дорсовентрально сжимаются. В семействе *Undorosauridae* впервые были идентифицированы несколько типов ребер: ребра осевого скелета, брюшные ребра (пластрон) и костные нити, соединяющие пластрон и осевой скелет.



**Рисунок 3** – Позвоночный столб *Kazakhstanosaurus shchuchkinensis*, голотип ЗКГУ, порядка 750: 1 – шейка матки (реконструкция); 2 – Атлант+epistropheus: 2a – передняя поверхность, 2б – боковая поверхность, 2с – дорсальная поверхность; 3 – шейный позвонок: 3a – передняя поверхность, 3б – боковая поверхность; 4 – задний позвонок: 4a – передняя поверхность, 4б – боковая поверхность; 5 – шейные невральные дуги: от 1 до 7 – латеральная поверхность; 6, 7 – первые невральные дуги атласа из двух пластин: передние поверхности; 8 – третьи невральные дуги шейного позвонка: передние поверхности; 9 – седьмая нервная дуга шейного позвонка: передняя поверхность; 10 – нервные дуги туловищных позвонков: боковые поверхности; 11 – нервная дуга хвостового позвонка: боковая поверхность; 12 – нервная дуга хвостового позвонка: боковая поверхность

Плечевой пояс Ундорозаврид состоит из круглых вороньих костей с мощным медиальным сочленением, с длинными узкими лопатками. Форма коракоидов плечевого пояса сходна с формой Офтальмозаврид, но плечевой пояс отличается массивностью элементов. В *Kazakhstanosaurus shchuchkinensis sp. nov.* на ме-

диальной суставной лица появляется выпячивание справа клювовидный и депрессии на левом клювовидный. Когда коракоиды соединены вместе, обеспечивается прочность их соединения. У *Kazakhstanosaurus shchuchkinensis sp. nov.* отношение длины коракоида к ширине составляет 1:1, у *U. gorodischensis* и *U. kristiansenae* – 1: 2.



**Рисунок 4** – Грудной отдел *Kazakhstanosaurus shchuchkinensis*, голотип ЗКГУ, порядка 750: 1 – coracoids: 1А – слева от дорсальной стороны, 1Б – справа от дорсальной стороны, 1С – передняя поверхность coracoids; 2 – anterior сторон клювовидный; 3 – медиальная грань клювовидной кости; 4 – плечевая кость (правая): 4а – спинная поверхность, 4Б – передняя поверхность, 4С – проксимальная поверхность, 4Д – дистальная поверхность; 5 – правая лопатка: 5а – вентральная поверхность, 5б – каудальная поверхность

Передняя конечность Ундорозаврид имеет удлиненную плечевую кость с обширным передне-задним расширением проксимального конца, слабый вертел и дельтопекторальный гребень. Особенностью рода *Undorosaurus* является наличие трех граней на дистальном конце. У *Казхстанозавра* имеется короткая

массивная плечевая кость с двумя дистальными гранями и трехдактильным строением конечности, начинают формироваться и слабо развиты дополнительные пальцы 4 и 5, 4 пальца контактируют с боковой поверхностью передней части дистального конца плечевой кости.



Schuchkinensis sp. nov. они крупнее и более развиты, причем *U. gorodischensis* и *U. kristiansenae* проявляют тенденцию к деградации задних конечностей.

### Заклучение и выводы

Описанные остатки позднеюрских пресмыкающихся на территории Республики Казахстан обогащают информацию о строении скелета представителей семейства *Undorosauridae*. Заполнено пустующее до настоящего времени место предков *Undorosauridae*, обитавших в юре, времени подлинного расцвета ихтиозавров, и давших к началу мелового периода формы, которые привели к появлению рода *Platypterygius*.

Однако у *Kazakhstanosaurus* gen. nov. наблюдаются похожие черты строения скелета с ихтиозаврами ранней юры *Temnodontosaurus* Lydekker, 1889, а также с ихтиозаврами *Shonisaurus* позднего триаса.

Автор сердечно признателен руководству Погодаевской средней школы Западно-Казахстанской области за переданные на исследование материалы, краеведу Е.В. Михайлову за помощь в изучении долины р. Таловая, школьникам из Центра детского туризма Красновского сельского округа района Байтерек, принимавших непосредственное участие в полевых исследованиях, палеонтологу В.М. Ефимову, проректору по НР и МС ЗКУ им. М. Утемисова К.М. Ахмеденову за ценные консультации при написании статьи.

### Литература

- 1 Архангельский М.С. О новом представителе ихтиозавров рода *Otschevia* из волжского яруса Ульяновского Поволжья // Палеонтол. журн. 2001. – № 6. – С. 66-71.
- 2 Ефимов В.М. Новый род ихтиозавров из нижнего мела Ульяновского Поволжья // Палеонтол. журн. – 1997. № 4. – С. 77-82.
- 3 Рябинин А.Н. Позвонки динозавра из нижнего мела Прикаспийских степей // Записки Российского минералогического общества Ч. LX, №1. – 1931. – С. 110-113.
- 4 Бажанов В.С. Относительно плиозавра и ихтиозавров из верхней юры Западного Казахстана. Материалы по истории фауны и флоры Казахстана. – Алма-Ата: Академия наук Казахской ССР, 1958. Т 2. – С. 72-76.
- 5 Воропинов В.С. Находки юрских плезиозавров и ихтиозавров в Уральской области // Материалы XXXIV научной конференции Уральского педагогического университета. – Уральск, 1970. – С. 191-192.
- 6 Fischer V., Masure E., Arkhangelsky M.S., Godefroit P. A new Barremian (Early Cretaceous) ichthyosaur from western Russia // J. Vertebr. Paleontol. 2011, vol. 31, no 5, pp. 1010–1025.
- 7 Fischer V., Arkhangelsky M.S., Uspensky G.N. et al. A new Lower Cretaceous ichthyosaur from Russia reveals skull shape conservatism within Ophthalmosaurinae // Geol. Mag. 2013, pp. 60-70. CJO2013. doi:10.1017/S0016756812000994
- 8 Motani R. Evolution of fish-shaped reptiles (Reptilia: Ichthyopterygia) in their physical environments and constraints // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 2005, vol. 33, pp. 395–420.
- 9 Rothschild B.M., Xiaoting Z., Martin L.D. Adaptations for marine habitat and the effect of Triassic and Jurassic predator pressure on development of decompression syndrome in ichthyosaurs // Naturwissenschaften. 2012. Vol. 99, N 6, pp. 443-448.
- 10 Motani R. Warm blooded sea dragons? // Science. 2010. Vol. 328, pp. 1361-1362.
- 11 Patrick S. Druckenmiller, Jørn H. Hurum, Espen M. Knutsen & Hans Arne Nakrem // Two new ophthalmosaurids (Reptilia: Ichthyosauria) from the Agardhfjellet Formation.-Svalbard, Norway. *Norwegian Journal of Geology*, Trondheim 2012. Vol 92, pp. 311-339.
- 12 Delsett LL, Roberts AJ, Druckenmiller PS, Hurum JH (2017) A New Ophthalmosaurid (Ichthyosauria) from Svalbard, Norway, and Evolution of the Ichthyopterygian Pelvic Girdle. P. 1-39. PLoS ONE 12(1): e0169971. doi:10.1371/journal.pone.0169971.
- 13 Roberts AJ, Druckenmiller PS, Sætre GP, Hurum JH (2014) A New Upper Jurassic Ophthalmosaurid Ichthyosaur from the Slotsmøya Member, Agardhfjellet Formation of Central Spitsbergen. PLoS ONE 9(8): e103152. doi:10.1371/journal.pone.0103152.
- 14 Крымгольц Г.Я. Методика сбора и обработки палеонтолого-стратиграфического материала. В помощь геологу-стратиграфу. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1954. – 46 с.
- 15 Ефимов В.М. Новое семейство ихтиозавров *Undorosauridae* fam. nov. из волжского яруса Европейской части России // Палеонтол. журн. – 1999. – № 2. – С. 51-58.

### References

- 1 Arkhangelsky M. S. “O novom predstavitele ikhtiozavrov roda Otschevia iz bolzhskogo yarusa Ul’yanovskogo Povolzh’ya” [About a new representative of the ichthyosaur genus *Otschevia* from the Volga tier of the Ulyanovsk Volga region]. *Paleontological journal* 6 (2001): 66-71.
- 2 Efimov V. M. Novyi rod ikhtiozavrov iz nizhnego mela Ul’yanovskogo Povolzh’ya [A new genus of ichthyosaurs from the Lower Cretaceous of the Ulyanovsk Volga region]. *Paleontological journal* 4 (1997): 77-82.

- 3 Ryabinin A. N. "Pozvonki dinozavra iz nizhnego mela Prikaspiiskikh stepei" [Dinosaur vertebrae from the Lower Cretaceous of the Caspian steppes]. *Zapiski Rossiiskogo mineralogicheskogo obshchestva* 1 (1931): 110-113.
- 4 Bazhanov V. S. "Otnositel'no pliozavra i ikhtiozavrov iz verkhnei ury Zapadnogo Kazakhstana" [Relative to Pliosaurus and ichthyosaurs from the Upper Jurassic of Western Kazakhstan]. *Materialy po istorii fauny i flory Kazakhstana, Akademii nauk KazSSR*, (1958): 72-76.
- 5 Voropinov V.S. "Nahodki yurskikh plezozavrov i ihtiozavrov v Ural'skoj oblasti" [Finds of Jurassic plesiosaurs and ichthyosaurs in the Uralsk region]. *Materialy XXXIV nauchnoj konferencii Ural'skogo pedagogicheskogo universiteta*. (1970): 191-192.
- 6 Fischer V., Masure E., Arkhangelsky M.S., Godefroit P. "A new Barremian (Early Cretaceous) ichthyosaur from western Russia". *Journal of Vertebral Paleontology* 31, (2011): 1010-1025.
- 7 Fischer V., Arkhangelsky M.S., Uspensky G.N. et al. "A new Lower Cretaceous ichthyosaur from Russia reveals skull shape conservatism within Ophthalmosaurinae". *Geological magazine* (2013): 60-70. CJO2013. doi:10.1017/S0016756812000994.
- 8 Motani R. "Evolution of fish-shaped reptiles (Reptilia: Ichthyopterygia) in their physical environments and constraints". *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33, (2005): 395-420.
- 9 Rothschild B.M., Xiaoting Z., Martin L.D. "Adaptations for marine habitat and the effect of Triassic and Jurassic predator pressure on development of decompression syndrome in ichthyosaurs". *Naturwissenschaften*, 99 (2012): 443-448.
- 10 Motani R. "Warm blooded sea dragons?". *Science*, 328 (2010): 1361-1362.
- 11 Patrick S. Druckenmiller, Jørn H. Hurum, Espen M. Knutsen & Hans Arne Nakrem "Two new ophthalmosaurids (Reptilia: Ichthyosauria) from the Agardhfjellet Formation.-Svalbard, Norway". *Norwegian Journal of Geology*, Trondheim, 92 (2012): 311-339.
- 12 Delsett LL, Roberts AJ, Druckenmiller PS, Hurum JH "A New Ophthalmosaurid (Ichthyosauria) from Svalbard, Norway, and Evolution of the Ichthyopterygian Pelvic Girdle". *PLoS ONE* 12(1) (2017): 1-39. e0169971. doi:10.1371/journal.pone.0169971.
- 13 Roberts AJ, Druckenmiller PS, Sætre GP, Hurum JH "A New Upper Jurassic Ophthalmosaurid Ichthyosaur from the Slottsmøya Member, Agardhfjellet Formation of Central Spitsbergen". *PLoS ONE* 9(8) (2014): 1-24. e103152. doi:10.1371/journal.pone.0103152.
- 14 Krymgolts G.Ya. "Metodika sbora i obrabotki paleontologo-stratigraficheskogo materiala. V pomoshch' geologu-stratigrafu" [Methods of collecting and processing paleontological and stratigraphic material. To help the stratigraphic geologist]. *Izd-vo Leningradskogo universiteta* (1954).
- 15 Efimov V. M. "Novoe semeistvo ikhtiozavrov Undorosauridae fam. nov. iz volzhskogo yarusa Evropeiskoi chasti Rossii" [A new family of ichthyosaurs, Undorosauridae fam. nov. from the Volga tier of the European part of Russia]. *Paleontological journal*, 2 (1999): 51-58.

**A.D. Toleno<sup>1\*</sup>, A.A. Ivashchenko<sup>2</sup>, I.I. Moysi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>RGP on REM «Central laboratory for biocontrol, certification and preclinical testing» KN MES RK, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>RGP on REM “Institute of Zoology” KN MES RK, Kazakhstan, Almaty

<sup>3</sup>Kherson State University, Ukraine, Kherson

\*e-mail: ayagoz.danyarkyzy@mail.ru

## PLANT COMMUNITIES WITH THE PARTICIPATION OF *TULIPA TARDA* STAPF IN KAZAKHSTAN: FLORISTIC COMPOSITION AND ANALYSIS

The article presents the results of studies on distribution, ecological preferences and floristic composition of communities with the participation of the rare northern Tian-Shan endemic *Tulipa tarda* Stapf. As a result of the analysis of our own materials, data from herbaria, literature and some Internet sources, a point map of the distribution of the species in Kazakhstan was compiled. Based on the descriptions of 13 geobotanical plots, the altitudinal distribution range of the species (1100-1900 m above sea level) was determined, and relative indifference of the species to the steepness and exposure of slopes, as well as its confinement to multicomponent plant communities, mainly of the steppe and semi-steppe type, were established. According to our results combined with two descriptions from the adjacent territory of Kyrgyzstan, the flora of communities with the participation of *T. tarda* comprises 199 species of higher plants from 140 genera and 45 families. The 16 most species rich families (from Asteraceae to Crassulaceae) comprise 78% of the entire flora of the surveyed communities. The floristic core of the communities consists of only 13 species, most of which are steppe and petro-lithophilic ecological elements. The communities with the participation of *Tulipa tarda* include eight species listed in the Red Book of Kazakhstan, which stresses the need for special protection of not only of the species under study, but also of all plant communities with its participation.

**Key words:** *Tulipa tarda* Stapf, plant community, floristic composition, endemic, Red Book, ecological element.

А.Д. Төлөнова<sup>1\*</sup>, А.А. Иващенко<sup>2</sup>, И.И. Мойсиенко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>«Биологиялық бақылау, сертификаттау және клиника алдындағы зерттеулер орталық зертханасы» ШЖҚ РМК, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>«Зоология Институты» ШЖҚ РМК, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>3</sup>Херсон Мемлекеттік Университеті, Украина, Херсон қ.

\*e-mail: ayagoz.danyarkyzy@mail.ru

### Қазақстандағы *Tulipa tarda* Stapf қатысатын өсімдіктер қауымдастығы: флоралық құрамы және талдау

Мақалада сирек кездесетін солтүстік Тянь-шань эндемигі *Tulipa tarda* Stapf қауымдастығының флоралық құрамы, экологиялық сәйкестігі және таралуы бойынша нәтижелер келтіріледі. Жеке материалдарымызды, гербарий мәліметтерін, әдебиет және интернет көздерін өңдеу нәтижесінде түрдің таралуының нүктелік картасы жасалды. 13 геоботаникалық сынақ алаңдарының сипаттамаларының мәліметтері бойынша түрдің өсуінің биіктік интервалы (1100-1900 м теңіз деңгейінен жоғары) анықталды, оның беткейлердің көлбеуіне және экспозициясына салыстырмалы түрде бейімсіздігі, сондай-ақ көбінесе дала және дала типіндегі көп компонентті өсімдіктер қауымдастықтарына жататындығы анықталды. Авторлардың зерттеу нәтижелері бойынша Қырғызстанның іргелес аумағынан екі сипаттаманы толықтыра отырып, *T. tarda* қатысуымен қауымдастықтардың жалпы флоралық құрамы 140 туыс және 45 тұқымдастан жоғары өсімдіктердің 199 түрі құрайды. 16 жетекші тұқымдас құрамына (Asteraceae-ден Crassulaceae-ге дейін) зерттелген қауымдастықтардың барлық флоралық құрамының 78% кіреді. Қауымдастықтардың флоралық ядросы небәрі 13 түрді құрайды, олардың көпшілігі дала және петро-литофильді экологиялық элементтер болып табылады. *Tulipa tarda* қатысатын қауымдастықтардың құрамында Қазақстанның Қызыл кітабына (2014) енгізілген тағы 8 түрі бар. Бұл зерттелетін түрді ғана емес, сонымен бірге оның қатысуымен барлық өсімдік қауымдастықтарын ерекше қорғау қажеттілігін растайды.

**Түйін сөздер:** *Tulipa tarda* Stapf, өсімдік қауымдастығы, флоралық құрам, эндемик, Қызыл кітап, экологиялық элемент.

А.Д. Толенова<sup>1\*</sup>, А.А. Иващенко<sup>2</sup>, И.И. Мойсиенко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>РГП на ПХВ «Центральная лаборатория биоконтроля, сертификации и доклинических испытаний» КН МОН РК, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>РГП на ПХВ «Институт зоологии» КН МОН РК, Казахстан, г. Алматы

<sup>3</sup>Херсонский Государственный Университет, Украина, г. Херсон

\*e-mail: ayagoz.danyarkyzy@mail.ru

### Растительные сообщества с участием *Tulipa tarda* Stapf в Казахстане: флористический состав и анализ

В статье приводятся результаты исследований по распространению, экологической приуроченности и флористическому составу сообществ с участием редкого, северотяньшанского эндемика *Tulipa tarda* Stapf. В результате обработки собственных материалов, данных гербариев, литературных и некоторых интернет-источников, составлена точечная карта распространения вида в Казахстане. По данным описаний 13 пробных геоботанических площадок определен высотный интервал произрастания вида (1100–1900 м над уровнем моря), установлена относительная индифферентность его к крутизне и экспозиции склонов, а также приуроченность к многокомпонентным растительным сообществам преимущественно степного и остепненного типа. Общий флористический состав сообществ с участием *T. tarda*, по результатам исследований авторов, с дополнениями двух описаний с прилегающей территории Кыргызстана, включает 199 видов высших растений из 140 родов и 45 семейств. В состав 16 ведущих семейств (от Asteraceae до Crassulaceae) входит 78% от всего флористического состава обследованных сообществ. Флористическое ядро сообществ составляет всего 13 видов, большинство из которых являются степными и петро-литофильными экологическими элементами. В составе сообществ с участием *Tulipa tarda* имеется еще 8 видов, занесенных в Красную книгу Казахстана (2014), что подтверждает необходимость особой охраны не только исследуемого вида, но и всех растительных сообществ с его участием.

**Ключевые слова:** *Tulipa tarda* Stapf, растительное сообщество, флористический состав, эндемик, Красная книга, экологический элемент.

### Introduction

The vast territory of Kazakhstan and a wide variety of natural conditions including three natural plains and several elevation belts of mountain ranges create the wealth and in many respects the uniqueness of the vegetation cover of this country. A significant proportion of floristic elements represented by almost six thousand species has various useful properties and has long been used by humans as food, fodder, medicinal, technical and ornamental plants [1-3]. The latter are not only a valuable feature of natural landscapes which makes them particularly attractive; it is also an object of ecological tourism which has become especially popular in our country in recent decades [4, 5]. Ornamental plants also have practical importance, because they are used in landscape architecture and also as a source of valuable genetic material for the development of new cultivars and races. Among such plants, one of the leading places is occupied by representatives of bulbous ephemeroïds. They are especially valued because of early flowering, frost resistance, ease of reproduction and wide possibilities of use, from flower beds, borders and rock gardens to landscape installation projects, etc.

Within this group of plants, representatives of the genus *Tulipa* L. are most popular and famous

[6]. South Kazakhstan and the adjoining regions of the mountainous Central Asia are the center of origin of tulips, from where they distributed throughout the territory of the Ancient Mediterranean [7]. Both wild species of this genus and man-made cultivars, which have been in cultivation for more than five hundred years [8] and still are a focus of gardening activities in Western Europe, the CIS, Turkey, and Japan, have been a focus of research by scientists from various countries [9-18]. Still, there are many white spots in the taxonomy, distribution, and biology of wild tulips.

Even the species diversity of the genus within Kazakhstan turned out to have been insufficiently studied. Recently the number of species has increased from 32 [19, 1] to 42 due to new discoveries of the already known and descriptions of new species for science: *Tulipa lemmersi* Peterse et J. Groot, *T. berkariensis* Ruksans, *T. ivasczenkoae* Epiktetov et Belyalov, *T. auliecolica* Perezhogin, *T. turgaica* Perezhogin, and *T. kolbintsevii* Zonn [20-24].

Being highly decorative early flowering species, wild tulips and their populations are under strong anthropogenic pressure, especially in the vicinity of large cities. Therefore, most of Kazakh wild species need special protection. The Red Book of Kazakhstan [25] lists 18 species for the conservation of which the development of special measures

is required. The latter should be based on the results of a detailed study of the species distribution, abundance, density and age spectrum of its populations, as well as the identification of the most vulnerable populations in areas of habitat disturbance and increased anthropogenic pressure.

However, to date most of these 18 species have been insufficiently studied. In the literature, there are data mostly on several large-flowered species [26-28]. It is of interest that even such a narrow endemic as *Tulipa tarda*, the natural distribution range of which is limited to a small area in the Northern Tien-Shan within Kazakhstan and Kyrgyzstan [29], has been studied mainly in cultivation [30, 9, 7, 31-33].

It should be emphasized that this species is popular in cultivation almost all over the world. Thus, in the reference book on the introduction of rare and endangered plants of the USSR [34], of 59 species of wild tulips it ranks along with one of the most popular *Tulipa greigii* Regel (cultivated in 21 cities) and is second only to *Tulipa schrenkii* Regel (grown in 26 cities). The latter has a vast distribution range from the Black Sea region to Western Siberia and has been cultivated in Europe since 1554, and in Turkey, since earlier times [8]. *T. tarda*, by contrast, has been cultivated only since 1905 [35]. At the same time, the rate of reproduction (including vegetative reproduction), and early and abundant flowering brought popularity and worldwide recognition to *T. tarda*; it is now an indispensable element of most botanical gardens of the CIS countries, Europe, North America and private collections [36-40].

In this regard, it was *T. tarda* that was chosen by us as a study object. Our research addressed the distribution of the species within Kazakhstan, its ecological and phytocenotic preferences, floristic composition of communities with its participation, as well as the numbers and state of its natural populations in Kazakhstan.

In this article, we present the results of the first stage of our research, taking into account the analysis of the available herbarium and literature data.

## Materials and methods

To verify the natural distribution range of *T. tarda*, in addition to the review of the available literature, we used data from herbariums of the Institute of Botany and Phytointroduction (Almaty), the Botanical Institute named after I. V.L. Komarov RAS (St. Petersburg), the Moscow State University, some digital European repositories available on the

Internet, as well as Plantarium.ru reports [38-40]. In total, 29 herbarium sheets (about 50 samples) and 21 photographs were studied, mainly of cultivars from various locations in Russia (from St. Petersburg to Vladivostok), Ukraine (Kiev), Kyrgyzstan (Bishkek) and Germany (Dusseldorf). Only two images from natural populations were available: those taken in the valley of the river Kastek (Kazakhstan) and the basin of the river Kichi-Kemin (Kyrgyzstan). We recorded the *Tulipa tarda* populations at 17 locations on the northern slope of the Zailiyskiy Alatau, from the valley of the river Karakastek to Karakunuz valley (near the border with Kyrgyzstan). All these data became the basis for a point map of the species distribution range in Kazakhstan (Figure 1). In four gorges (Kastek, Karakastek, Zhamanty and Chubarbaytal), we examined the populations of this species and described 13 geobotanical sites. The descriptions were carried out according to generally accepted methods [41].

For each species, the height and phenophase were recorded. Species abundance was recorded according to the Drude scale [42], in which the following grades were adopted:

- soc (socialis) – “abundant”, the above-ground parts of plants are close together; other species are very rare, with only single individuals observed;
- cop<sub>3</sub> (copiosus) – “numerous”, plants form the background;
- cop<sub>1</sub> – “quite numerous”, plants are found occasionally, they are scattered;
- sp (sparsus) – “sparse”, plants are very rare.
- sol (solitarius) – “solitary”, only a few specimens can be observed in the surveyed area;
- un (unicum) – “single plant”.

To clarify taxonomic affiliation of certain species, a herbarium was collected. Species identification was carried out according to relevant summaries and keys [19, 43]. The nomenclature of species and families is given according to the summary by S.A. Abdulina [1].

## Results

*Tulipa tarda* Stapf, of the family Liliaceae, belongs to the section Biflores AD Hall ex Zonn. et Veldk., subgenus Eriostemones (Boiss.) Ramsd., according to the latest classification of the genus [21, 44] This species was described by O. Stapf in 1935. The place of growth of type specimens was indicated vaguely: “probably Turkestan”. Perhaps Stapf described cultivated plants. In Western Europe, the species was known since 1905 under the name *T. dasystemon* hort., that is, the hairy-stalked “garden”

tulip. *T. tarda* is a herbaceous perennial with a bulb enveloped in black-brown, leathery, completely non-pubescent outer covering (tunic). The stem is very short, glabrous, with 3-7 very close, almost whorled, lanceolate, bright green leaves with purple edging along the margin. Usually the flower is solitary, but sometimes there are 2 – 3 – 5 flowers, and in cultivation the number can be up to 10-18. Sepals are up to 3-4 cm long, white, with a large yellow spot, sharp at the base; the outer sepals are greenish-violet along the back. In sunny weather, the flowers open wide in the form of a flat star up to 6 cm in diameter. Filaments are yellow at the base with dense hairy rings; anthers are yellow, with gray edging. The fruit is a rounded capsule up to 3.8 cm long and 1-1.8 cm wide, with a tip elongated into a spout; the number of viable seeds is 120. Seed reproduction, as well as intensive vegetative reproduction are due to stolons and axillary bulbs. Plants bloom from mid-April to mid-May, and bear fruit in June [19, 45].

Some authors [44, 46] do not recognize the independence of *T. tarda* describing it as a synonym of the Iranian endemic *T. urumiensis* Stapf. However, in the latest nomenclature summary [47] both are recognised as distinct species; moreover, due to a disjunction of ranges and certain morphologi-

cal differences, we also consider them to be distinct species. According to the results of studies of introduction of both species in Russia, Belarus and Switzerland [9-11], *T. urumiensis* differs from *T. tarda* not only in the exclusively yellow color of the flowers, but also in its smaller size (up to 8 cm, not 15-26 cm), the length of the lower leaf (up to 10-12.8 cm, not 20-26 cm), and flower height (up to 5 cm, not 3-4); it also has fewer leaves (2-4, not 3-7) and flowers (1-2 and not 1-6 (13)) and a lower coefficient of vegetative propagation (2.1 versus 2.9). In addition, these descriptions indicate that the anthers in *T. urumiensis* are yellow, while in *T. tarda* they are bordered along their entire length by a clear dark gray stripe. The latter trait is characteristic of all the individuals we have examined, both in natural populations and in cultivation.

According to the habitat type, *T. tarda* is a northern Tien-Shan endemic that grows in the western part of the Zailiyskiy Alatau ridge and adjacent regions of northern Kyrgyzstan (the valley of the Chu and Chon-Kemin rivers with the adjacent northern slopes of the Kyrgyz ridge and Kungey Alatau) [19, 48].

Thus, the main part of its distribution range is located in Kazakhstan (Figure 1).

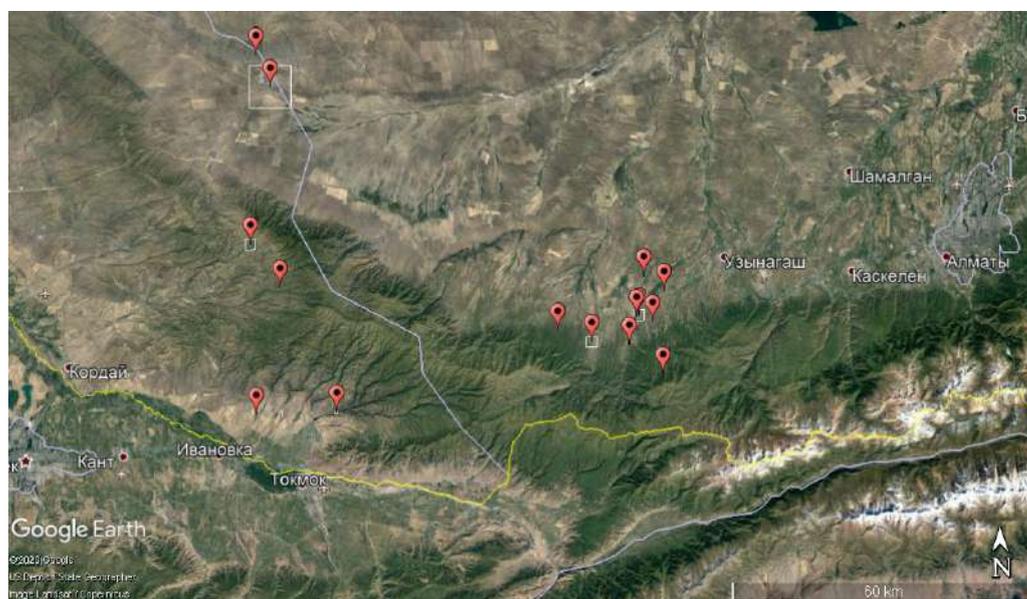


Figure 1 – Distribution area of *Tulipa tarda* Stapf in Kazakhstan

In relation to the ecological preferences of *T. tarda*, according to our descriptions, the following has been established. This species grows in the lower and middle mountain belts, that is in the steppe and shrub and forest-meadow belts according

to Baitulin *et al.* [49], in the range of 1100-1900 m above sea level. It is found mainly on gravelly and rocky slopes, often on rocks. The steepness of the plots varies substantially; from gentle, almost level sections of the foothills to steep, 60-70°. In relation

to the exposure of the slopes, *T. tarda* does not show any particular preferences. It can be found on the southern and northern, eastern and western, as well as on the slopes of intermediate exposure, mostly on north-western and south-eastern slopes.

On the sites studied by us, the plant communities with the participation of *T. tarda* were predominantly multicomponent, of the steppe, semi-steppe, or meadow-steppe type, often with shrubs. They can be classified as grass and herb or herb and grass, sometimes with the dominance of sedges (*Carex praecox*, *C. turkestanica*), herbaceous plants (*Iris alberti*, *Sedum hybrida*, *S. ewersii*), and in rare cases, of *Andropogon ischaemum*.

Using the data from 13 descriptions made by us in the western part of the Zailiyskiy Alatau ridge and in the valleys of four rivers (Karakastek, eight sites; Kastek, two sites; Zhamanty, one site; and Chubarbaital, two sites), as well as the data of Isakov [50] from the valley of the river Chon-Kemin on the territory of Kyrgyzstan, we compiled a list of plants recorded in plant communities with the participation of *T. tarda*. The list is presented in Table 1, in which the five listed sites are indicated under the following numbers: 1) the valley of the river Karakastek; 2) the valley of the river Castek; 3) the valley of the river Zhamanty; 4) the valley of the river Chubarbaital; 5) the valley of the river Chon – Kemin.

**Table 1** – Floristic composition of plant communities with the participation of *T. tarda*

Family, species	Number of descriptions and abundance of species				
	1	2	3	4	5
Aceraceae					
<i>Acer semenovii</i> Regel et Herd.	-	-	-	1 sol	-
Berberidaceae					
<i>Berberis sphaerocarpa</i> Kar. et Kir.	-	-	-	-	2 sol
Celastraceae					
<i>Euonymus semenovii</i> Regel et Herd.	3 sol	1 sol	1 sol	-	-
Caprifoliaceae					
<i>Lonicera altmannii</i> Regel et Schmalh.	1 un	-	-	-	-
<i>L. microphylla</i> Willd. ex Roem. et. Schult.	1 un	2 sol	-	-	-
Cupressaceae					
<i>Juniperus sabina</i> L.	-	-	-	-	1 sol
Ephedraceae					
<i>Ephedra equisetina</i> Bunge	2 un	2 un	-	1 un	-
<i>E. intermedia</i> Schrenk et C. A. Mey.	-	1 sol	-	-	2 sol
Fabaceae					
<i>Caragana kirghisorum</i> Pojark.	-	-	-	-	2 sol
Polygonaceae					
<i>Atraphaxis pyrifolia</i> Bunge	1 sol	1 un	-	2 un	-
<i>A. spinosa</i> L.	-	-	-	-	1 sol
<i>A. virgata</i> (Regel) Krasn.	-	1 sol	-	2 sol	-
Ranunculaceae					
<i>Atragene sibirica</i> L.	1 un	-	-	-	-
<i>Clematis songarica</i> Bunge	-	-	-	-	2 un – sol
Rhamnaceae					
<i>Rhamnus cathartica</i> L.	1 un	-	-	1 un	-
Rosaceae					
<i>Cerasus tianshanica</i> Pojark.	-	2 sol	-	2 sol	-

Continuation of table 1

Family, species	Number of descriptions and abundance of species				
	1	2	3	4	5
<i>Cotoneaster multiflora</i> Bunge	3 un	-	1 un	-	-
<i>C. suavis</i> Pojark.	-	-	-	-	2 un – sol
<i>Rosa platyacantha</i> Schrenk	3 sol-sp	1 sp	1 sp	2 sp	2 sol
<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	2 sol	1 sol	-	2 sp	2 cop <sub>2</sub>
<i>S. lasiocarpa</i> Kar. et Kir.	2 un	-	-	-	-
Herbs					
Aspleniaceae					
<i>Ceterach officinarum</i> DC.	1 un	-	-	-	-
Athyriaceae					
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	4 sol	-	-	1 sol	-
Poaceae					
<i>Agropyron cristatum</i> (L.) Beauv.	-	-	-	-	1 cop <sub>2</sub>
<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski	1 sol	1 cop <sub>1</sub>	-	-	2 sol
<i>Botriochloa ischaemum</i> (L.) Keng	1 cop <sub>2</sub>	1 sp	-	-	1 sol
<i>Bromus oxyodon</i> Schrenk	1 sp	1 sol	-	-	2 sp
<i>Dactylis glomerata</i> L.	2 un-sol	-	-	-	-
<i>Elytrigia geniculata</i> (Trip.) Nevski	-	1 sp	-	-	2 sol
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	1 un	-	-	-	-
<i>F. valesiaca</i> Gaud.	5 sol	1 sp	-	-	1 sp
<i>Helictotrichon hookeri</i> (Scribn.) Hern.	1 sol	-	-	-	-
<i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers.	-	-	-	-	2 sol
<i>Leymus flexilis</i> (Nevski) Tzvel.	-	-	-	-	2 sol
<i>Milium effusum</i> L.	1 un	-	-	-	-
<i>Phleum phleoides</i> (L.) Karst.	1 un	-	-	-	-
<i>Piptatherum songaricum</i> (Trin. et Rupr.) Roshev. ex E. Nikit.	-	-	-	1 sol	2 sol
<i>Poa angustifolia</i> L.	3 sp-cop <sub>1</sub>	-	-	-	-
<i>P. bulbosa</i> L.	-	1 sp	-	-	1 sol
<i>P. nemoralis</i> L.	2 sol-sp	-	-	-	-
<i>P. relaxa</i> Ovcz.	4 sol-sp	-	-	-	1 sol
<i>Stipa caucasica</i> Schmalh.	-	-	-	-	1 sol
<i>S. capillata</i> L.	-	-	-	-	2 sol
Cyperaceae					
<i>Carex praecox</i> Schreb.	2 sp	-	-	-	-
<i>C. turkestanica</i> Regel.	1 sp	1 sp	1 sp	2 sp-cop <sub>1</sub>	2 sol
Asphodeliaceae					
<i>Eremurus cristatus</i> Vved.	-	1sp-sol	1 sol	1 sol	2 sol
Liliaceae					
<i>Gagea bulbifera</i> (Pall.) Roem. et Schult.	-	1 sol	-	-	-
<i>G. filiformis</i> (Ledeb.) Kunth	3 sol	1 sol	1 sol	-	-
<i>G. tenera</i> Pascher	-	1 sol	-	1 sol	-
<i>G. turkestanica</i> Pascher	1 sol	-	-	-	-

Family, species	Number of descriptions and abundance of species				
	1	2	3	4	5
<i>Tulipa alberti</i> Regel	-	-	-	1 cop <sub>1</sub>	-
<i>T. greigii</i> Regel	-	-	-	1 sp-cop <sub>1</sub>	-
<i>T. kolpakovouskiana</i> Regel	-	-	-	-	1 sol
<i>T. ostrouskiana</i> Regel	1 sol	1 sol	-	2 sol	-
<i>T. tarda</i> Stapf	sol-cop <sub>1</sub>	sp-cop <sub>1</sub>	sp	sp-cop <sub>1</sub>	sol-sp
Alliaceae					
<i>Allium caesium</i> Schrenk	1 sol	-	-	-	1 sol
<i>A. galanthum</i> Kar. et Kir.	-	-	-	-	1 sol
<i>A. pallasii</i> Murr.	-	1 sol	-	-	-
<i>A. petraeum</i> Kar. et Kir.	1 un	-	-	-	-
<i>A. setifolium</i> Schrenk	1 cop <sub>1</sub>	-	-	-	-
Ixioliriaceae					
<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Herb.	- 2	2 sp	1 sp	-	-
Iridaceae					
<i>Crocus alatavicus</i> Regel et Semen.	-	1 sol	-	-	-
<i>Iris alberti</i> Regel	3 sol-cop <sub>2</sub>	1 sp	-	-	-
Urticaceae					
<i>Urtica dioica</i> L.	1 un	-	-	-	-
Polygonaceae					
<i>Polygonum alpinum</i> All.	2 un-sol	-	-	-	-
<i>P. nitens</i> (Fisch. et C.A. Mey.) V.Petrov ex Kom.	1 un	-	-	-	-
<i>Rheum cordatum</i> Losinsk.	-	-	-	-	1 sp
<i>R. wittrockii</i> Lundstr.	2 sol	-	-	-	-
<i>Rumex tianshanicus</i> Losinsk.	-	1 sol	-	-	-
Chenopodiaceae					
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	-	-	-	2 sol	1 sol
Caryophyllaceae					
<i>Arenaria leptoclada</i> Guss.	1 sp	-	-	-	-
<i>Cerastium bungeanum</i> Vved.	1 sol	-	-	-	-
<i>C. davuricum</i> Fisch. ex Spreng.	1 sol	-	-	-	-
<i>C. tianshanicum</i> Schischk.	1 sol	-	-	-	-
<i>Dianthus kuschakewiczii</i> Regel et Schmalh.	2 sol	-	-	-	1 sol
<i>Silene brahuica</i> Boiss.	-	1 sol	-	-	-
<i>S. venosa</i> (Gilib.) Aschers.	1 un	-	-	-	-
<i>S. kuschakewiczii</i> Regel et Schmalh.	1 sp	-	-	1 sol	-
<i>Stellaria graminea</i> L.	1 sp	-	-	-	-
Paeoniaceae					
<i>Paeonia intermedia</i> C.A. Mey.	1 sp	-	-	-	-
Ranunculaceae					
<i>Aconitum leucostomum</i> Worosch.	1 sol	-	-	-	-
<i>Aquilegia atrovinosa</i> M.Pop.ex Gamajun.	1 un	-	-	-	-

Continuation of table 1

Family, species	Number of descriptions and abundance of species				
	1	2	3	4	5
<i>Ceratocephalus testiculatus</i> (Crantz) Bess.	-	1 sp	-	-	-
<i>Delphinium iliense</i> Huth	3 sol	-	-	-	-
<i>Ranunculus polyanthemus</i> L.	1 sol	-	-	-	-
<i>Thalictrum isopyroides</i> C.A. Mey.	-	1 sol	-	-	-
<i>Th. minus</i> L.	3 sol	-	1 sol	1 sol	-
Papaveraceae					
<i>Glaucium fumbrilligerum</i> Boiss.	-	-	-	-	2 sol
<i>Papaver litwinowii</i> Fedde ex Boiss.	-	1 sol	-	-	2 sol
Fumariceae					
<i>Corydalis glaucescens</i> Regel	1 sol	-	-	1 sol	-
<i>Fumaria vaillantii</i> Loisel.	-	-	-	-	2 sol
Brassicaceae					
<i>Alyssum desertorum</i> Stapf	1 sol	-	-	-	2 sol
<i>Crambe kotschyana</i> Boiss.	-	-	-	-	2 cop <sub>1-2</sub>
<i>Draba subamplexicaulis</i> C.A.Mey.	2 sol	-	-	-	-
<i>Erysimum diffusum</i> Ehrh.	1 sol	2 sol	1 sol	-	-
<i>Neuroloma subsiliquosum</i> (M.Pop.) Botsch.	1 sol	-	-	1 sol	1 sol
<i>Sisymbrium brassiciforme</i> C. A. Mey.	1 un	-	-	1 sol	2 sol
<i>Thlaspi perfoliatum</i> L.	2 sol	-	-	-	-
Crassulaceae					
<i>Pseudosedum longidentatum</i> Boriss.	1 sol	-	-	1 sol	-
<i>Rosularia turkestanica</i> (Regel et C.Winkl.) Berger	1 sol	2 sol	-	-	-
<i>Sedum alberti</i> L.	-	-	-	1 sp	-
<i>S. ewersii</i> Ledeb.	4 sp	-	1 sp	-	-
<i>S.hybridum</i> L.	5 sol -cop <sub>1</sub>	-	1 sp	-	-
Saxifragaceae					
<i>Saxifraga sibirica</i> L.	1 sol	-	-	-	-
Rosaceae					
<i>Alchemilla tianschanica</i> Juz.	2 sol	-	-	-	-
<i>Geum urbanum</i> L.	2 un	-	-	-	-
<i>Potentilla multifida</i> L.	-	-	-	-	1 sol
<i>P.orientalis</i> L.	1 sp	-	-	1 sol	1 sol
<i>P.transcaspia</i> Th.Wolf.	2 un	1 un	-	-	-
<i>P.virgata</i> Lehm.	2 sol	1 sol	-	-	-
Fabaceae					
<i>Astragalus alpinus</i> L.	1 sol	-	-	-	-
<i>A. fedtschenkoanus</i> Lipsky	-	-	-	1 sol	-
<i>A. keminensis</i> Isakov	-	-	-	-	1 sol
<i>A.schmalhauseni</i> Bunge	-	-	-	-	1 sol
<i>Cicer songaricum</i> Steph.ex DC.	-	-	-	-	1 sol
<i>Medicago falcata</i> L.	1 un	-	-	-	2 sol

Family, species	Number of descriptions and abundance of species				
	1	2	3	4	5
<i>M. lupulina</i> L.	1 sol	-	-	-	-
<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	1 sol	-	-	-	-
<i>Oxytropis macrocarpa</i> Kar. et Kir.	-	-	-	-	2 sol
<i>Trifolium repens</i> L.	1 sol	-	-	-	-
<i>Vicia cracca</i> L.	2 sol	-	-	-	-
<i>V. subvillosa</i> (Ledeb.) Boiss.	-	-	-	1 sp	-
Geraniaceae					
<i>Geranium collinum</i> Steph. ex Willd.	4sp	-	-	-	-
<i>G. transversale</i> (Kar. et Kir.) Vved.	-	-	1 sol	1 sol	-
Polygalaceae					
<i>Polygala hybrida</i> DC.	2 sol	-	-	-	-
Euphorbiaceae					
<i>Euphorbia jaxartica</i> Prokh.	-	-	-	-	1 sol
<i>E. pachyrrhiza</i> Kar. et Kir.	1 sol	2 sol	-	-	-
Balsaminaceae					
<i>Impatiens parviflora</i> DC.	1 sol	-	-	-	-
Malvaceae					
<i>Alcea nudiflora</i> (Lindl.) Boiss.	-	1 un	-	-	-
Hypericaceae					
<i>Hypericum hirsutum</i> L.	1 un	-	-	-	-
<i>H. perforatum</i> L.	1 sol	1 sol	1 sol	-	-
<i>H. scabrum</i> L.	-	-	-	-	1 sol
Violaceae					
<i>Viola acutifolia</i> (Kar. et Kir.) W. Beck.	3 sol -sp	-	-	-	-
<i>V. occulta</i> Lehm.	-	1 sol	-	-	-
<i>V. rupestris</i> F.W. Schmidt	1 un	-	-	-	-
<i>V. suavis</i> M. Bieb.	1 sol	-	-	-	-
<i>Viola</i> sp.	2 sol	-	-	-	-
Apiaceae					
<i>Aegopodium tadschikorum</i> Schischk.	3 sol	-	-	-	-
<i>Bupleurum aureum</i> Fisch.	1 sol	-	-	-	-
<i>B. tianschanicum</i> Freyn	-	1 sol	-	-	-
<i>Ferula akitschkensis</i> B. Fedtsch. ex K.- Pol.	3 un	-	-	-	-
<i>F. ovina</i> (Boiss.) Boiss.	1 un	2 sol	-	1 sol	-
<i>F. samarkandica</i> Korov.	-	1 sol	-	-	1 sol
<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	1 un	-	-	-	-
<i>Hymenolyma trichophyllum</i> (Schrenk) Korov.	-	1 sol	-	-	1 sol
<i>Bunium setaceum</i> (Schrenk) H. Wolff	3 sol	-	-	-	-
<i>Seseli schrenkianum</i> (C. A. Mey. ex Schischk. M. Pimen. et Sdobnina	5 sp-sol	-	-	-	-

Continuation of table 1

Family, species	Number of descriptions and abundance of species				
	1	2	3	4	5
<i>Vicatia atosanguinea</i> (Kar.et Kir.) P. K. Mukher- ee et M. Pimen.	3 sp -sol	-	-	-	-
Primulaceae					
<i>Primula kaufmanniana</i> Regel	3 sp -sol	-	-	-	-
Gentianaceae					
<i>Gentiana tianschanica</i> Rupr.	1 sol	-	-	-	-
Boraginaceae					
<i>Lappula sinaica</i> (DC.) Aschers ex Schweinf.	-	-	-	-	2 sol
<i>Lithospermum arvense</i> L.	1 sp	-	-	-	-
<i>L. officinalis</i> L.	1 un	-	-	-	-
<i>L. tenuiflorum</i> L.fil.	1 sp	-	-	-	-
<i>Myosotis caespitosa</i> K.F.Schultz	1 un	-	-	-	-
<i>Onosma irritans</i> M. Pop. ex Pavl.	-	1 sol	-	-	-
Lamiaceae					
<i>Betonica foliosa</i> Rupr.	3 sol -sp	-	-	-	-
<i>Dracocephalum integrifolium</i> Bunge	1 sol	-	-	-	-
<i>Lagocholus platycalyx</i> Schrenk ex Fisch.et C.A.Mey.	-	-	-	-	2 sol
<i>Lallemantia royleana</i> (Benth.) Benth.	-	-	-	-	2 sol
<i>Leonurus turkestanicus</i> V. Krecz. et Kuprian.	1 un	-	-	-	2 sol
<i>Nepeta pannonica</i> L.	-	-	-	-	1 sol
<i>Origanum vulgare</i> L.	3 sol-sp	-	-	-	-
<i>Phomoides pratensis</i> (Kar.et Kir.) Adyl., R. Kam. et Machmedov	2 un	-	-	-	-
<i>Ph. speciosa</i> (Rupr.) Adyl., R. Kam. et Machmedov	1 sol	1 sol	1 sol	1 sol	1 sol
<i>Ziziphora bungeana</i> Juz.	-	1 sp	-	-	-
Scrophulariaceae					
<i>Dodartia orientalis</i> L.	1 sp	-	-	1 sol	-
<i>Euphrasia pectinata</i> Ten.	-	-	-	-	1 sol
<i>Linaria transiliensis</i> Kuprian.	-	-	-	-	1 sol
<i>Pedicularis alberti</i> Regel	2 sol	-	-	-	-
<i>Scrophularia heicheriiflora</i> Schrenk	-	-	-	1 sol	-
<i>Verbascum songoricum</i> Schrenk ex Fisch. et C. A. Mey.	-	1 un	-	-	2 sol
<i>Veronica cardiocarpa</i> (Kar. et Kir.) Valpers	-	-	1 sp	-	-
<i>V. spuria</i> L.	2 sol	-	-	-	-
Rubiaceae					
<i>Galium aparine</i> L.	-	1 cop <sub>1</sub>	1 sp	-	-
<i>G. turkestanicum</i> Pobed.	2 sol	-	-	-	-
<i>Galium</i> sp.	1 sol	-	-	-	-

Family, species	Number of descriptions and abundance of species				
	1	2	3	4	5
Valerianaceae					
<i>Patrinia intermedia</i> (Horn.) Roem. et Schult.	1 sol	1 un	1 sol	1 sol	-
<i>Valeriana chionophila</i> M. Pop. et Kult.	-	-	-	1 sol	-
<i>Valerianella plagiostephana</i> Fisch. et C. A. Mey.	-	-	-	-	1 sol
Campanulaceae					
<i>Campanula glomerata</i> L.	3 sol -sp	-	-	-	-
Asteraceae					
<i>Achillea millefolium</i> L.	3sp-cop <sub>1</sub>	1 sp	-	-	-
<i>Allredia acantholepis</i> Kar. et Kir.	1 sol	-	-	-	-
<i>Artemisia absinthium</i> L.	3 un-sol	-	-	-	-
<i>A. dracunculus</i> L.	3 sol -sp	1 sol	-	2 sol	-
<i>A. santolinifolia</i> (Turcz. ex Pamp.) Krasch.	3 sol	1 sol	-	-	-
<i>A. sublessingiana</i> Krasch. ex Poljak.	-	2 sol	-	-	-
<i>A. tianschanica</i> Krasch. ex Poljak.	-	-	-	-	2 sp
<i>A. vulgaris</i> L.	2 sol	-	-	1 sol	-
<i>Aster canescens</i> (Nees) Fisjun	1 sol	-	-	-	-
<i>Centaurea ruthenica</i> Lam.	-	-	-	-	2 sol-sp
<i>Cichorium intybus</i> L.	-	1 sol	-	-	-
<i>Cirsium semenovii</i> Regel	1 un	-	-	-	-
<i>Galatella coriacea</i> Novopokr.	1 sol	-	-	-	-
<i>Ligularia alpigena</i> Pojark.	1 sol	-	-	-	-
<i>L. thomsonii</i> (Clarke) Pojark.	2 sol	-	-	-	-
<i>Picris nuristanica</i> Bornm.	1 un	-	-	-	-
<i>Rhinactinidia limoniifolia</i> (Less.) Novopokr. et Pojark.	1 sol	-	-	-	-
<i>Serratula alata</i> C. A. Mey.	-	1 sol	-	-	-
<i>Steptorhamphus crassicaulis</i> (Trautv.) Kirp.	1 sol	1 un	-	-	-
<i>Taraxacum officinale</i> L.	4 un-sol	-	-	-	-
<i>Tragopogon dubius</i> Scop.	-	-	-	-	1 sol

**Note:** Abbreviations in the table indicate the degree of abundance of species according to Drude, deciphered in the section Materials and methods of research, and the numbers before the abbreviation indicate the number of descriptions.

Thus, the flora of plant communities with the participation of *T. tarda* comprises 199 species from 140 genera and 45 families, 17 of which are represented by only one species (Table 1). There is almost the same number (16) of the most species rich families (with 5 to 21 species). In total, the latter comprise 157 species, i.e. 78% of the flora of the surveyed communities with the participation of *T. tarda*. In descending order of the number of species,

these families are: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Rosaceae, Apiaceae, Lamiaceae, Ranunculaceae, Caryophyllaceae, Liliaceae, Scrophulariaceae, Polygonaceae, Brassicaceae, Boraginaceae, Alliaceae, Violaceae, and Crassae. This arrangement is in many ways similar to that of the top ten species rich families of the entire flora of the Zailiyskiy Alatau [49], with the exception of Brassicaceae and Chenopodiaceae. On our list, the former occupies the

12th place instead of the fourth on the list of flora of the entire ridge. The family Chenopodiaceae is represented by only one species, while in the entire flora of the ridge there are 68 species of Chenopodiaceae. In the communities with the participation of *T. tarda*, the top ten families were Apiaceae and Liliaceae (11 and nine species, respectively). This can be explained by the greater dryness and rockiness of the habitats of the species studied.

Among the life forms represented in the described communities, herbaceous plants, in particular perennials, predominate (about 90%); the share of annuals and biennials is only 13%. Shrubs are represented by 20 species (about 10%); of the trees, only *Acer semenovii* was recorded. We presented the general floristic composition of communities with the participation of *T. tarda* within the entire natural distribution range of the species, taking into account data from Kyrgyzstan [50]. It should be emphasized that 34 species recorded by K. Isakov were not present in our descriptions. However, almost all of them, with the exception of the endemic of Kyrgyzstan *Astragalus kemenensis*, are known to grow in Kazakhstan; therefore, they can be found in other locations that have not yet been examined by us.

Comparing the obtained data with the results of our studies on other species, it should be emphasized that in terms of floristic richness (199 species), communities with the participation of *T. tarda* occupy an intermediate position in comparison with other species of Kazakh tulips; that is between the rich communities (with the participation of *T. greigii* and *T. altaica*, and 320 and 246 accompanying species, respectively) and poor communities (with the participation of local endemics *T. ivaschenkoae* and *T. lemmersii*, and 46 and 59 accompanying species, respectively) [51].

The floristic core of the plant communities with the participation of *T. tarda* consists of 13 species recorded in 40% or more descriptions: *Rosa platyacantha*, *Spiraea hypericifolia*, *Ephedra equisetina*, *Festuca valesiaca*, *Sedum hybridum*, *S. ewersii*, *Artemisia dracuncululus*, *Euonymus semenovii*, *Atraphaxis pyrifolia*, *Cystopteris fragilis*, *Tulipa ostromskiana*, *Thalictrum minus*, and *Taraxacum officinale*. According to their ecological preferences, most of the species listed above are steppe or petro-lithophytic elements.

The importance of preserving communities with the participation of the Red Book listed species *T.*

*tarda* is enhanced by the fact that they include eight more species of the same category: *T. alberti*, *T. greigii*, *T. koplakovskiana*, *T. ostromskiana*, *Crocus altavicus*, *Iris alberti*, *Rheum wittrockii*, *Valeriana chinophila*.

### Conclusion

*T. tarda* is a narrow endemic of the Northern Tien-Shan listed in the Red Book of Kazakhstan [25]; it occurs sporadically and forms isolated populations in the western part of the Zailiyskiy Alatau ridge, from the Uzun-Kargaly gorge to Karakunuz valley. As a result of the analysis of the descriptions of 13 geobotanical sites, ecological and phytocenotic preferences of *T. tarda* and the floristic composition of communities with its participation have been established. The altitudinal distribution range of this species comprises two mountain zones, steppe and shrub – forest-meadow, within the range of 1100-1900 m above sea level. The preferred habitats of the species are confined to slopes of various exposures and steepness, from gentle to almost steep, on gravel and rocky slopes. The vegetation cover ranges from sparse, with a total projective cover of 30% or more on rocks, to dense (85-95%). The plant communities with the participation of *T. tarda* are predominantly multicomponent, of the steppe, semi-steppe, or meadow-steppe type, most often with the presence of shrubs. In total, these communities comprise 199 species from 140 genera and 45 families. The most species rich (from 5 to 21 species) are 16 families, which comprise 78% of the entire flora.

In terms of life forms, herbaceous plants predominate (about 90%); there are 20 species of shrubs and only one tree species (*Acer semenovii*). The floristic core of the communities with the participation of *T. tarda* is represented by five shrubs and eight herbaceous perennials, most of which, like the species studied, belong to the steppe and petro-lithophilic ecological elements. *T. tarda* is a rare species listed in the Red Book of Kazakhstan. Therefore it deserves special protection, alongside with the communities with its participation. The importance of conservation and protection of these communities is enhanced by the presence of eight other Red Book listed species: *T. alberti*, *T. greigii*, *T. kolpakowskiana*, *T. ostromskiana*, *Iris alberti*, *Crocus alatavicus*, *Rheum wittrockii*, and *Valeriana chinophila*.

## References

- 1 Abdullina, S. *Spisok sosudistyykh rastenii Kazakhstana [List of vascular plants of Kazakhstan]*. Almaty, 1999 ISBN: 978-9-965-01189-4.
- 2 *Natsional'naya strategiya i plan deistvii po sokhraneniui i sbalansirovannomu ispol'zovaniui biologicheskogo raznoobraziia Respubliki Kazakhstan* [National strategy and action plan for the conservation and balanced use of biological diversity of the Republic of Kazakhstan]. Kokshetau, 1999. ISBN: 9965-9008-7-6.
- 3 Ivaschenko, A.A., L.M. Grudzinskaya, N.G. Gemedzhieva, J.A. Teixeira da Silva, N.A. Ryabushkina. *Genetic Resources of Kazakhstan Flora: Experience, Basic Targets and Methods for Conservation of Flowering Plants*. Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology, Global Science Books, UK. 2006.
- 4 Jonasson, J. "Tulip spring." *Alpine Garden Society*, 67, no 3 (1999): 265-274.
- 5 Wildenbeest, G. "Botanische rijkdom in Kazakhstan." *Markt Visie* № 86. (2000): 12-13.
- 6 Danilina, N. *Tiul'pany [Tulips]*. M., 1982. ISBN: 978-5-271-45908-5.
- 7 Botschantzeva Z. *Tulips: taxonomy, morphology, cytology, phytogeography and physiology*. CRC Press, 1982. ISBN: 90-6191-029-3.
- 8 Pavord, A. *The Tulip*. London, 1999. ISBN: 978-0-747-54296-4.
- 9 Silina, Z. *Rod Tulipa L. – Tiul'pan [Genus Tulipa L. – Tulipa]*. Decorative herbaceous plants for open ground of the USSR. L., 1977.
- 10 Stork, A. *Tulipes sauvages et cultivees*. Geneve, 1984. ISBN: 978-2-827-70313-5.
- 11 Kudryavtsev, V. *Tiul'pany: Spravochnoe posobie* [The Tulips: a reference guide]. Minsk: Polymya, 1987. ISBN: 978-5-98272-081-8.
- 12 Kaiser, W. D., Vetter, R.R.. *Bluten aus Zwiebeln und Knollen*. Leipzig: Radebeul Neumann Verlag, 1988. ISBN: 978-3-74020-032-9.
- 13 Bonar, A. *Tulips A. Guide to cultivation*. London: Pavilion Books Limited, 1993. ISBN: 978-1-85793-052-8.
- 14 Sharipov, A., U.Piratov. *Tiul'pany [Tulips]*. Tashkent, 1997. ISBN: 589890-111-6.
- 15 Baytop, T. *Istanbul lalase*. Ankara, 1992. ISBN: 978-9-75171-020-8.
- 16 Urashima, O, K. Miracami, K. Tsutsui, M. Nezu, Y. Hirata, J. Kawata, M. Kunishige, M. Amano, M. Kanamori, F. Imai, Y. Umada, K. Okazaki, T. Imai, T. Tsuji, M. Kizu, M. Koizumi. *Breeding Process and Characteristics of Lily – flowered Tulip Cultivar*. Yume no Murasaki Bull. of the Toyama Agricultural Research Center, 2003.
- 17 Lieser, L. "La Tulipe." *Hommes Plantes* №50 (2004).
- 18 Alyokhin, A.A., N.N. Alyokhina, T.G. Orlova. "Sokhranenie kazakhskikh tiul'panov za predelami ikh areala [Preservation of Kazakh tulips beyond their range]." *Modern trends in the study of the flora of Kazakhstan and its protection*. (Baitenov readings – 3). International Scientific Conference, Almaty. (2014): 3. 978-601-280-529-1.
- 19 *Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]*. Alma-Ata, 1956-1966. ISBN: 978-5-44585-986-4.
- 20 Ruksans, J. *Buried Treasures*. Portland, Oregon, 2007. ISBN: 978-0-88192-818-1.
- 21 Zonneveld, B.J.M. "The systematic value of nuclear genome size for "all" species of Tulipa L. (Liliaceae)." *Plant Systematics and Evolution*. 281 (2009): 217-245. DOI: 10.1007/s00606-009-0203-7.
- 22 Zonneveld, J.M, J.J. de Groot. "Tulipa kolbintsevii Zonn., a new species from Eastern Kazakhstan." *Plant Syst. Evol.* (2013). DOI: 10. 1007/s00606-012-0635-3.
- 23 Perezhogin, Y.V. *Novye vidy tiul'panov iz Severnogo Kazakhstana* [The new species of tulips from Northern Kazakhstan]. (2013).
- 24 Epiktetov, V.G, O.V. Belyalov. *Novyi vid Tulipa L. (Liliaceae) iz Kazakhstana* [The new species of Tulipa L. (Liliaceae) from Kazakhstan]. (2013).
- 25 *Red book of Kazakhstan*. T.2. Part 1. Plants. Astana. (2014). ISBN: 978-601-80334-76.
- 26 Belousova, L.S, A.A. Ivashchenko. *Tolerantnost' nekotorykh redkikh vidov tiul'panov k antropogennym vozdeistviyam* [Tolerance of some rare species of tulips to anthropogenic impacts]. (1992).
- 27 Kotukhov, YuA, A.N. Danilova, O.A. Anufrieva. "Tiul'pan raznolepepkovy (Tulipa heteropetala Ledeb.) v Vostochnom Kazakhstane [Multi-petalled tulip (Tulipa heteropetala Ledeb.) in East Kazakhstan]." *Research of the plant world of Kazakhstan*. Baitenov readings – 2: Tr. III International Conference. dedicated to the memory of outstanding botanists of Kazakhstan, Almaty. (2006): 206.
- 28 Amalova, A, M. Kurmanbayeva, E. Turuspekov, A. Ivashchenko, K.Abidkulova. "Ontogeneticheskaia struktura tsenopopuliatsii Tulipa ostrovskiana Regel v Zailiiskom Alatau [Ontogenetic structure of the Tulipa ostrovskiana Regel coenopopulations in the Ili Alatau]." *The Bulletin of KazNU., Ser. Environmental*. (2018).
- 29 Ivaschenko, A.A., O.V. Belyalov. *Kazakhstan is the birthplace of tulips*. Almaty, 2019. ISBN: 978-601-331-512-6.
- 30 Shpak, R.L. *Tiul'pany Kirgizii i opyt ikh kul'tury* [Tulips of Kyrgyzstan and the experience of their culture]. Frunze, 1962.
- 31 *Rasteniia prirodnoi flory Kazakhstana v introduktsii*: Spravochnik Almaty [Plants in the natural flora of Kazakhstan in introduction: Handbook Almaty], 1990. ISBN: 5-628-00-460.
- 32 Maslanka, M., B. Prokopiuk. *Bulb organogenesis of Tulipa tarda in vitro cultures in relation to light environment*. Acta agriculturae Scandinavica, Section B., 2019. DOI: 10.1080/09064710.2019.1583361.
- 33 Maslanka, M., A. Szewchyk. "Droplet-vitrification cryopreservation of Tulipa tarda Stapf apical meristems." *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. (2020). DOI: 10.1007/s11240-020-01910-6.

- 34 *Redkie i ischezaiushchie vidy prirodnoi flory SSSR, kul'tiviruemye v botanicheskikh sadakh i drugikh introduktsionnykh tsentrah strany* [Rare and endangered species of the natural flora of the USSR, cultivated in botanical gardens and other introduction centers of the country]. Moscow, 1983.
- 35 Poletiko, O.M., A.P. Mishenkova. *Dekorativnye travianistye rasteniia otkrytogo grunta. Spravochnik po nomenklature rodov i vidov* [Decorative herbaceous plants of open ground. Handbook of nomenclature of genera and species]. (1967).
- 36 Wilford, R. *Tulips, Species and Hybrids for the Gardener*. Portland, 2006. ISBN: 978-088-192-763-4.
- 37 Holubec, V., D. Horak. *The Tian Shan and its Flowers*. Prague, 2018. ISBN: 9788027036172.
- 38 <https://plant.depo.msu.ru/open/public/search?searchBy=any&queryString=tulipa%20tarda>
- 39 <https://www.plantarium.ru/page/image/id/448609.html>
- 40 <https://www.plantarium.ru/page/image/id/167157.html>
- 41 *Field geobotany*. T. 1-5. M.-L. Science, 1959-1976.
- 42 Drude, O. *Die Okologie der Pflanzen*. Braunschweig: F. Viewig und Sohn, 1913.
- 43 *Opredelitel' Srednei Azii. Kriticheskii konspekt flory* [The determinant of Central Asia. Critical abstract of flora. Tt. 1-10. Tashkent], 1968-1993. ISBN: 5-648-01-604.
- 44 Christenhusz, M.J., M.R. Govaerts, J.C. David Hall T., K. Borland, P.S. Roberts, A. Tuomisto, S. Buerki. *Chase M.W., Fay M.F Tiptoe through the tulips – cultural history, molecular phylogenetics and classification of Tulipa (Liliaceae)*. Bot. Journ. Linn. Soc., 2013. DOI: 10.1111/boj. 12061.
- 45 Ivaschenko, A.A. *Tulips and other bulbs plants of Kazakhstan*. Almaty, 2005.
- 46 Everett, D. *The genus tulipa tulips of the world. Kew.* (2013). ISBN: 978-1842464816
- 47 *The Plant List*. Version 1.1. Published on the Internet. URL: <http://www.theplantlist.org/>. (2013).
- 48 Lazkov, G.A, B.A. Sultanova. *Kadastr flory Kyrgyzstana: sosudistye rasteniia* [Cadastre of flora of Kyrgyzstan: vascular plants]. Bishkek, 2014. ISBN: 978-9967-11-427-2.
- 49 Baitulin, I.O, N.P. Ogar, S.G. Nesterova, Z.A. Inelova. *Flora Ileiskogo Alatau* [Flora of the Ile Alatau]. Almaty, 2017. ISBN: 978-601-042906-2.
- 50 Isakov, K. *Rastitel'nost' bassejna rek Chon-Kemin* [The vegetation of the basin of the river Chon – Kemin]. Frunze, 1959.
- 51 Ivashchenko, A.A. “Ekologo-fitocenoticheskie osobennosti dikorastushih tjul'panov Kazahstana [Ecological and phytocenotic features of wild tulips of Kazakhstan].” *Bulletin of KazNU. Ser. Environmental protection*. № 3 (42). (2014).

---

## МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

<b>1-бөлім</b> <b>Қоршаған ортаны қорғау және</b> <b>қоршаған ортаға антропогендік</b> <b>факторлардың әсері</b>	<b>Section 1</b> <b>Environmental impact of</b> <b>anthropogenic factors and</b> <b>environmental protectiony</b>	<b>Раздел 1</b> <b>Воздействие на окружающую</b> <b>среду антропогенных факторов и</b> <b>защита окружающей среды</b>
<i>Абдиева Г.Ж., Уалиева П.С., Жұбанова А.А., Мәлік А.М., Акимбеков Н.Ш.</i> Өртүрлі табиғи субстраттардан жоғары мақсатты белсенділікке ие ашитқы дақылдарын бөліп алу..... 4		
<b>2-бөлім</b> <b>Қоршаған орта</b> <b>ластаушыларының биотаға</b> <b>және тұрғындар денсаулығына</b> <b>әсерін бағалау</b>	<b>Section 2</b> <b>Assessment of</b> <b>environmental pollution</b> <b>on biota and</b> <b>health</b>	<b>Раздел 2</b> <b>Оценка действия</b> <b>загрязнителей окружающей среды</b> <b>на биоту и</b> <b>здоровье населения</b>
<i>Karazhanova A.B., Kerimbek N.M., Lovinskaya A.V., Kolumbayeva S.Zh., Abilev S.K.</i> Genotoxicity of Esentai and Ulken Almaty rivers water on animal test-systems ..... 18		
<i>Байкенова Г.Е., Барановская Н.В., Берсимбаев Р.И., Какабаев А.А., Тулиндинова Г.К., Токтаганова Г.Б.</i> Элементный состав солевых отложений питьевых вод Северного Казахстана (на примере Акмолинской и Северо-Казахстанской областей)..... 29		
<b>3-бөлім</b> <b>Биологиялық</b> <b>алуантүрлілікті сақтаудың</b> <b>өзекті мәселелері</b>	<b>Section 3</b> <b>Actual problems</b> <b>of biodiversity</b> <b>conservation</b>	<b>Раздел 3</b> <b>Актуальные проблемы</b> <b>сохранения биологического</b> <b>разнообразия</b>
<i>Мамилов Н.Ш., Конысбаев Т.Г., Макамбетов С.Ж.</i> Динамика морфобиологических показателей леща Abramis brama (Cyprinidae; Cypriniformes; Actinopterygii) в Капшагайском водохранилище (Балхашский бассейн)..... 40		
<i>Якупова Д.Б.</i> Новая находка мезозойского ихтиозавра на западе Казахстана ..... 51		
<i>Tolenova A.D., Ivaschenko A.A., Moysiyyenko I.I.</i> Plant communities with the participation of Tulipa tarda Stapf. in Kazakhstan: floristic composition and analysis..... 61		