

МРНТИ 34.35.33; 34.33.33

<https://doi.org/10.26577/EJE2025832012>

Г.К. Хасенгазиева* , **Н.Ш. Мамилов** , **М.Б. Косайбай** 

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

*e-mail: g96-17@mail.ru

РАЗНООБРАЗИЕ ГИДРОБИОНТОВ ГОРНЫХ РЕК АЛАТАУ С ЕСТЕСТВЕННЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ КЕНСУ (Балкашский бассейн, Центральная Азия)

Биологическое разнообразие горных экосистем формируется в суровых климатических условиях и географической изоляции. По этой причине горные экосистемы являются одним из самых уязвимых компонентов биосфера. От благополучия горных рек зависит состояние крупных водосборных бассейнов. Для оценки благополучия горных рек необходимо установить их естественное разнообразие или разнообразие в условиях минимальной антропогенной нагрузки. С этой целью в 2023-2024 гг. нами была исследована р. Кенсу, расположенная в юго-восточной части Кунгей Алаатау. Сбор и обработка гидрохимических, гидробиологических и ихтиологических проб проведены стандартными методами. Вода в реке характеризуется низкой минерализацией и мутностью, однако выявлено повышение значений pH и содержания нитратов. Фауна донных беспозвоночных состоит из кольчатых червей, водных личинок насекомых и моллюсков и меняется в разные годы. Основу макрозообентоса составили личинки Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Diptera. Ихтиофауна представлена тремя реофильными видами рыб: чешуйчатый осман, голый осман, тибетский голец. Условия обитания благоприятны для питания и воспроизводства данных видов рыб. Несмотря на растущую рекреационную нагрузку, состояние экосистемы р.Кенсу остается в состоянии близком к естественному.

Ключевые слова: горные реки, биоразнообразие, гидрохимия, бентос, ихтиофауна.

G.K. Khassengaziyeva*, N.Sh. Mamilov, M.B. Kosaibai

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: g96-17@mail.ru

The diversity of hydrobionts of the Alatau mountain rivers with a natural hydrological regime on the example of the kens river (Balkash basin, Central Asia)

The biological diversity of mountain ecosystems is formed in harsh climatic conditions and geographical isolation. For this reason, mountain ecosystems are one of the most vulnerable components of the biosphere. The condition of large catchment areas depends on the well-being of mountain rivers. To assess the well-being of mountain rivers, it is necessary to establish their natural diversity or diversity under conditions of minimal anthropogenic load. To this end, in 2023-2024, we explored the Kens River, located in the southeastern part of Kungei Alatau. The collection and processing of hydrochemical, hydrobiological and ichthyological samples were carried out using standard methods. The water in the river is characterized by low mineralization and turbidity, however, an increase in pH and nitrate content has been revealed. The fauna of benthic invertebrates consists of annelids, aquatic insect larvae and mollusks and varies over the years. The basis of the macrozoobenthos was made up of larvae of Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Diptera. The ichthyofauna is represented by three rheophilic fish species: scaly osman, naked Osman, and Tibetan char. The habitat conditions are favorable for the nutrition and reproduction of these fish species. Despite the growing recreational load, the state of the ecosystem of the Kens River remains in a state close to natural.

Key words: mountain rivers, biodiversity, hydrochemistry, benthos, ichthyofaunal.

Г.К. Хасенгазиева*, Н.Ш. Мамилов, М.Б. Косайбай
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. Алматы, Қазақстан
*e-mail: g96-17@mail.ru

**Кенсу өзенінің мысалында табиги гидрологиялық режимі бар
Алатау таулы өзендерінің гидробионттарының алуантурлілігі
(Балқаш бассейні, Орталық Азия)**

Тау экожүйелерінің биологиялық алуантурлілігі күрделі климаттық жағдайларда және географиялық оқшаулануда қалыптасады. Сол себепті тау экожүйелері биосфераның ең осал компоненттерінің бірі болып табылады. Ирі су жинаушы бассейндердің жағдайы тау өзендерінің жағдайна тікелей байланысты. Тау өзендерінің жағдайын бағалау үшін олардың табиги алуантурлілігін немесе минималды антропогендік жүктеме жағдайындағы алуантурлілігін анықтау қажет. Осы маңатта 2023-2024 жылдары Күнгей Алатауының онтустік-шығыс бөлігінде орналасқан Кенсу өзені зерттелді. Гидрохимиялық сынамаларды, гидробиологиялық және ихтиологиялық сынамаларды жинау және өндеге стандартты әдістермен жүргізілді. Кенсу өзеніндегі судың минералдану мен лайлану деңгейі тәмен, бірақ pH пен нитрат құрамының жоғары екені анықталды. Су асты омыртқасыздарының фаунасы жұмыры құрттардан, жәндіктердің личинкаларынан және моллюскалардан тұрады және тұрақты емес, әр жылдары өзгереді. Макрозобентостың негізін Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Diptera личинкалары құрады. Ихтиофауна балықтың үш реофильді түрімен ұсынылған: қабыршақтың көкбас, қабыршақсыз көкбас, Тибет талма балығы. Тіршілік ету ортасы осы балық түрлерінің қоректенуіне және көбеюіне қолайлы болып табылады. Рекреациялық жүктеменің артуына қарамастан Кенсу өзенінің экожүйесінің жағдайы табиғифа жақын қўйде қалады.

Түйін сөздер: тау өзендері, биоразнообразия, гидрохимия, бентос, ихтиофауна.

Введение

Неблагоприятное антропогенное воздействие на биосферу в конце прошлого века приняло глобальный масштаб [1-3]. Изменение климата влечет за собой перестройки в водных и наземных экосистемах, которые угрожают не только существованию многих видов животных и растений, но также здоровью и благосостоянию людей [4]. Одной из главных проблем современности становится дефицит пресной воды [5,6]. В пресноводных экосистемах происходит стремительное сокращение естественного биологического разнообразия [7,8]. Несмотря на удаленность и труднодоступность большинства горных водоемов, они также оказались в угрожаемом состоянии [9-13]. Горные ледники сокращают свою площадь в результате повышения температуры Земли и уменьшения количества осадков [14-16].

Формирование разнообразия горных растений животных происходило в суровых климатических условиях при естественной географической изоляции [17,18]. По этой причине для горной флоры и фауны характерны высокая степень эндемизма и большая чувствительность к изменениям климата, загрязнению, чрезмерному выпасу скота, росту рекреационной нагрузки и другим видам прямого и косвенного воздействия человека [19-22]. Сооружение гидроэлектро-

станций, водохранилищ ирригационного назначения и других видов регулирования горных рек еще более усугубляет проблему выживания гидробионтов и сохранения оказываемых ими экосистемных услуг [23-25]. Проблема сохранения горных водоемов и их биоразнообразия уже более десяти лет остро ощущается во многих странах мира [26-30].

Для Балқашского бассейна, расположенного в центре Азии, проблема сохранения горных рек имеет жизненную важность по нескольким причинам: горные реки и ледники здесь являются единственным источником пресной воды (пополнение подземных вод происходит также за счет поверхностных), в этом бассейне образовалась наибольшая для Республики Казахстан численность населения, на сопредельной территории Китайской Народной Республики численность населения и водопотребление также стремительно растут. От полноты и достоверности полученных данных о состоянии водных экосистем зависит обоснованность научных рекомендаций по устойчивому сохранению и рациональному использованию горных водоемов, являющихся необходимой основой для принятия адекватных управленических решений. В последнее десятилетие внимание казахстанских исследователей было сосредоточено на оценке состояния водоемов города Алматы и его ближайших окрестностей [31-34] и Кольсайских озер [34-

38], как имеющих наибольшее социально-экономическое и эстетическое значение и испытывающих наибольшую антропогенную нагрузку. Биологическому разнообразию других горных водоемов Северного Тянь-Шаня уделяли гораздо меньше внимания. Быстрая урбанизация и вовлечение все больших площадей в зону активной хозяйственной деятельности в Балкашском бассейне диктуют необходимость установления естественного биологического разнообразия и изучения закономерностей функционирования экосистем горных рек для определения их нормального состояния, устойчивости и критических нагрузок.

Для решения первой из перечисленных задач нами было проведено изучение р.Кенсу, расположенной в юго-восточной части Кунгей Алатау. Долина этой реки находится вне охраняемых природных территорий и начала пользоваться популярностью у туристов лишь в последнее десятилетие [39-41]. Верховья реки привлекают внимание туристов своими живописными пейзажами: на большой высоте недалеко друг от друга расположены много моренных озер. Ниже широкая долина использу-

ется местными жителями для выпаса скота. В отличие от большинства других рек на р.Кенсу отсутствуют гидротехнические сооружения, поэтому сохраняется естественный гидрологический режим.

Материалы и методики

Истоки р.Кенсу находятся на высоте выше 3000 мБС на границе с Республикой Кыргызстан, на высоте около 1600 м р.Кенсу впадает в р.Шарын. Общая протяженность реки около 45 км. На берегу реки в среднем течении расположено одноименное село с населением не более 200 человек. Основным видом деятельности является пастбищное скотоводство, поскольку в долине реки имеются большие площади, покрытые сочной растительностью. Визуально следов перевыпаса, деградации растительности и почвы мы не обнаружили. Сбор материала проводили в июле 2023 и июне 2024 г. на среднем участке реки, расположенном примерно в 1 км ниже посёлка. Среднее течение является наиболее representative для изучения разнообразия горных рек.

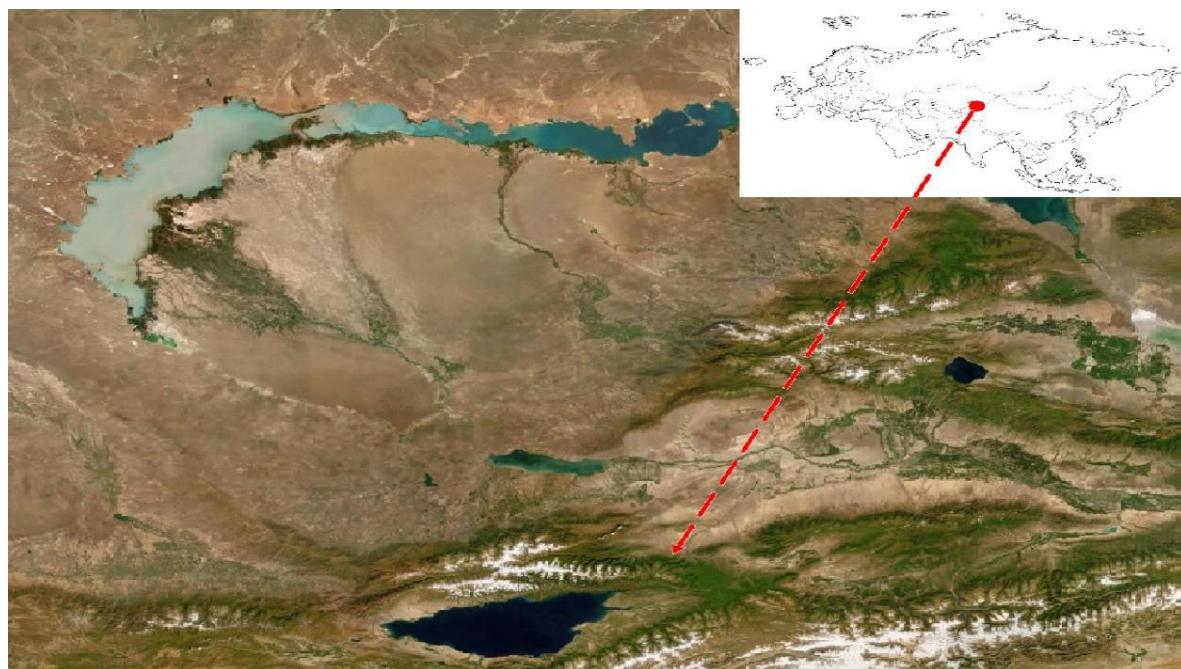


Рисунок 1 – Карта-схема района исследований

Температуру воды, общую минерализацию и pH воды определяли с помощью прибора Combo pH & EC, «Hanna Instruments». Мутность рек является одним из важнейших физических показателей, влияющих на разнообразие и состояние водных животных [42], поэтому её измеряли с помощью прибора турбонефритметра HI 93703. Большое негативное влияние на водных беспозвоночных оказывают ионы аммония, нитриты и нитраты. Растворенные в воде соединения азота могут не только увеличить её кислую реакцию, но также вызывать отдаленные негативные изменения в экосистемах водоемов и служат ранними предупреждениями быстрых и радикальных изменений в будущем [43-45]. Содержание растворенных ионов аммония и нитратов измеряли с помощью приборов “HI 96700. Ammonia LR” и Nitrate portable photometer HI96728 фирмы “Hanna Instruments”.

Для сбора проб макрозообентоса на мелководьях использовались сачки и скребки. Скребком захватывали верхний слой грунта (2–4 см), процеживали через сито из мельничного газа №5 и затем производили разбор осадка вручную с помощью пинцета. Также производили сбор водных беспозвоночных с камней, мх и погруженных в реку веток. Такой способ сбора позволяет учесть все группы макрозообентоса, включая мелких олигохет и личинок комаров. Пробы фиксировались в 4% растворе формальдегида. В лабораторных условиях проводилось определение видового состава и расчет количественных показателей. Для выявления видового состава сообществ макрозообентоса использовались определители [46,47]. В качестве интегральной характеристики разнообразия и выровненности сообществ водных беспозвоночных рассчитывали индекс Шеннона с основанием логарифма 2 [48].

Отлов рыб проведен с помощью рыболовного сачка. После отлова рыб фиксировали в 4% растворе формальдегида, дальнейшую обработку проводили в лаборатории по традиционной схеме [49]. Для обозначения признаков приняты следующие символы: полная длина – TL в мм, стандартная длина (длина тела) – SL (мм), полная масса – Q (г). На основании показателей массы и стандартной длины тела рассчитывали коэффициент упитанности по Фултону – Fulton [50, 51].

Полученные данные обработаны с помощью методов унвариантного статистического анали-

за [52]. Статистические показатели обозначены: min – минимальное значение, max – максимальное значение, M – среднее значение, $\pm s$ – стандартное отклонение. Для оценки достоверности различий между выборками тибетского гольца использован U-критерий Манна-Уитни (Критерий Уилкоксона).

Результаты и обсуждение

Русло реки Кенсу на исследованном участке течет в типичном для горных рек канализированном русле с небольшими изгибами, местами разделяется на 2-3 русла, окружающие небольшие островки, поросшие ивой. Дно каменистое с редкими и небольшими по площади (30-50 m^2) песчаными отмелями. В июне 2024 г. вода в реке была прозрачной, бесцветной, температура 15.8 °C. Мутность небольшая – 2.35 FTU. Общая минерализация очень низкая – около 100 мг/дм³. Вода имела слабощелочную реакцию (8.01-8.03), что не характерно для горных рек. Ионы аммония не выявлены, но обнаружена большая концентрация нитрат-ионов – до 21.71 мг/дм³, значительно превышающая ПДК (9.1 мг/дм³). Основными источниками нитратов в реках являются разлагающиеся органические остатки, минеральные удобрения и трансвоздушный перенос. Поскольку в водосборном бассейне р.Кенсу скопления органических остатков не образуются из-за стремительного течения, выращивание сельскохозяйственных культур (преимущественно картофеля) ведется только на небольших участках вблизи домов в поселке Кенсу, то наиболее вероятным источником повышенного содержания нитратов может быть трансвоздушный перенос из близкорасположенного мегаполиса [43-45, 53]. В городской среде нитраты в большом количестве образуются в результате сложного взаимодействия продуктов сгорания автомобильного горючего с атмосферным воздухом и солнечным светом [53]. Для установления источника нитратов нужны специальные исследования горных рек, расположенных на различном удалении от г.Алматы.

Фауна донных беспозвоночных состоит из небольшого числа таксонов. В таблице 1 представлены результаты нашего исследования в сравнении с данными О.Е.Лопатина [54] для участка р.Иле, расположенного выше Капшагайского водохранилища.

Таблица 1 – Разнообразие зообентоса р. Кенсу

Объекты	Кенсу, 2023 г.		Кенсу, 2024 г.		Р.Иле [54]
	экз./м ²	%	экз./м ²	%	
Vermes-Черви					0
Тип Annelida – Кольчатые черви					
Lumbricina	0	0	0.1	0.52	0
Тип Arthropoda- Членистоногие					
Crustacea-Ракообразные	0	0	0	0	+
Класс Insecta-Насекомые					+
Trichoptera-Ручейники					
<i>Trichoptera sp.</i>	0.5	9.25	0	0	н.д
<i>Microsema sediterum</i>	0	0	2.4	12.69	н.д
<i>Brachycentrus subnubilus</i>	0.6	11.11	4.0	21.16	н.д
Ephemeroptera -Поденки					
<i>Hydropsyche sp.</i>	0	0	0,9	4.76	н.д
<i>Ephemerella ignita</i>	1.3	24.07	0	0	н.д
<i>Ephemerella electrogena</i>	2.7	50.00	1.3	6.87	н.д
<i>Oligoneuriella pallida</i>	0	0	0.1	0.52	н.д
<i>Baetis sp.</i>	0	0	0.4	2.11	н.д
Plecoptera- Веснянки					
<i>Perlodidae sp.</i>	0.2	3.7	0	0	н.д
<i>Perlodidae isoperla</i>	0	0	0.3	1.58	н.д
Diptera – Двукрылые					
<i>Chironomus sp.</i>	0	0	5.9	31.21	н.д
<i>Simullium sp.</i>	0	0	3.5	18.51	н.д
Odanata-Стрекозы					
<i>Coleoptera -Жесткокрылые</i>	0	0	0	0	+
Heteroptera -Клопы					
Mollusca – Моллюски					
Gastropoda – Брюхоногие моллюски	0.1	1.85	0	0	н.д
+ – Таксон обнаружен, н.д – нет данных					

В 2023 году идентифицировано 6 видов беспозвоночных животных, принадлежащих к 2 типам. Наибольше количественные показатели зообентоса принадлежал насекомым (98% численности от всего зообентоса). В составе сообщества явно доминировала подёнка *Ephemerella electrogena*, другим многочисленным видом была подёнка *Ephemerella ignita*. Плотность организмов была невысокой – около 5.4 эк./м². Индекс разнообразия Шеннона составил 1.34. В 2024 году разнообразие бентоса значительно выросло и состояло из 10 видов беспозвоночных животных, относящихся к 2 типам. Плот-

ность организмов в прибрежье составила около 18.9 экз./м². Основу сообщества зообентоса составили насекомые (99% численности от всего зообентоса). В 2024 г. доминирующим видом стал *Chironomus sp.*, *Simullium sp.* и ручейник *Brachycentrus subnubilus*, доминирование было выражено слабее у подёнок и веснянок. Индекс разнообразия Шеннона составил 1.79. В р.Кенсу обнаружены все типы донных беспозвоночных, представленные в р.Иле [54]. Видовой состав крупных таксонов различается из-за особенностей среды обитания в горной реке и равнинном участке р.Иле.

Обнаруженные нами в р. Кенсу подёнки *Baetis* sp., *Ephemerella ignita*, *Oligoneuriella pallida*, ручейник *Brachycentrus subnubilus*, двукрылые *Chironomus* sp., *Simulium* sp., а также ручейники *Trichoptera* sp., *Microsema sediterum*, подёнки *Hydropsyche* sp., *Ephemerella electrogena*, веснянки *Perlodidae* sp., *Perlodidae isoperla* ранее были отмечены Д.А.Смирновой [55] в других горных реках Алатау. Вопреки ожиданиям, сообщество зообентоса р.Кенсу имеет большее сходство с равнинными, а не горными участками рек Большая Алматинка, Малая Алматинка и Каскелен [55]. Выявленные различия в составе фауны беспозвоночных представляют большой интерес как для понимания экологической пластичности перечисленных видов, так и для экологической индикации антропогенных воздействий и заслуживают более подробного изучения в будущем.

Рыбное население р.Кенсу состоит из 3 видов: голого османа *Gymnodiptychus dybowskii*, чешуйчатого османа *Diptychus maculatus* и тибетского гольца *Triplophysa stoliczkae*. Все три вида являются типичными обитателями горных рек бассейна р.Иле [56]. В 2023 г. были взяты для анализов 16 экземпляров и одна годовалая особь голого османа и 9 экземпляров тибетского гольца, в 2024 г. – 1 неполовозрелая особь чешуйчатого османа и 11 тибетских гольцов разного размера. Морфобиологические показатели исследованных рыб представлены в таблице 2 в сравнении с опубликованными для данного региона данными. Морфологическая изменчивость обоих видов османов хорошо изучена [57]. Тибетский голец в Балкашском бассейне остается мало изученным видом, для которого известна лишь большая морфологическая изменчивость [56,58,59].

Таблица 2 – Морфобиологические показатели рыб из р. Кенсу в сравнении с известными для других водоемов Алатау

Вид рыб	Река, год, источник данных	Статистические показатели	Морфобиологические показатели			
			TL, мм	SL, мм	Q, г	Fulton
Голый осман	Кенсу, 2023 г., наши данные, молодь годовик, 1 экз.	Min	22.7	19.4	0.086	1.12
		Max	29.4	23.8	0.206	1.67
		M	23.0	19.1	0.108	1.38
		±SD	4.22	3.31	0.0537	0.251
			71	58	3.36	1.72
	Ассы, 1983 [57]		nd	210	nd	2.17
Чешуйчатый осман	2024 г., наши данные, 1 экз.		108	90	11.97	1.64
	Каркара, 1983 [57]	Max	nd	254.5	nd	1.59
Тибетский голец	2023 г., наши данные	Min	60	50	1.31	1.02
		Max	135	116	16.31	1.29
		M	86.1	72.0	5.5	1.13
		±SD	27.94	24.06	5.459	0.090
	2024 г., наши данные	Min	46	38	0.64	1.08
		Max	99	83	8.22	2.49
		M	69.7	58.9	3.31	1.44
		±SD	17.00	14.65	2.163	0.441
		U	31	32	36	1
	Оз.Нижний Кольсай, 1989 г., [56]	Max	170	143	nd	nd

Представленные в таблице 2 данные показывают, в реке Кенсу популяции всех видов рыб находятся в благоприятных для воспроизведения и питания условиях. Максимальные размеры го-

лого османа, чешуйчатого османа и тибетского гольца из р.Кенсу меньше известных для этих видов из других рек Алатау. Вероятной причиной этого является элегтичность применявш-

гося нами орудия лова: крупным рыбам легче избежать рыболовного сачка, особенно в реках с каменистым дном и стремительным течением.

Заключение

По результатам проведенного исследования вода в р.Кенсу слабо минерализована и обладает большой прозрачностью, что указывает на хорошую сохранность почвы и растительного покрова в водосборном бассейне этой реки. Однако выявлены повышенные значение pH и концентрации нитратов не характерные для горных рек. Возможным источником загрязнения может быть воздушный перенос нитратов из города Алматы. Для установления источника нитратного загрязнения удаленных горных рек нужны дополнительные исследования.

Выявлена бедность видового состава организмов зообентоса. Видовой состав не остается

постоянным в разные годы. В целом разнообразие водных личинок насекомых, представленных на горном участке р.Кенсу, более характерно для равнинных участков других рек Алатау. Выявленные различия в составе фауны беспозвоночных представляют большой интерес как для понимания экологической пластиности перечисленных видов, так и для экологической индикации антропогенных воздействий и заслуживают более подробного изучения в будущем.

Рыбное население представлено тремя видами рыб (голый осман, чешуйчатый осман, тибетский голец), характерными для других горных рек Северного Тянь-Шаня. Условия обитания в р.Кенсу благоприятны для питания и воспроизведения данных видов рыб.

В целом разнообразие водных организмов указывает на большую близость экосистемы р.Кенсу с естественному состоянию.

Литература

1. Savage J. M. Systematics and the biodiversity crisis //BioScience. – 1995. – Т. 45. – №. 10. – С. 673-679.
2. Flitner M., Heins V. Modernity and life politics: conceptualizing the biodiversity crisis //Political Geography. – 2002. – Т. 21. – №. 3. – С. 319-340.
3. Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., & Collen, B. Defaunation in the Anthropocene. Science, 2014. 345(6195), 401-406. DOI: 10.1126/science.1251817
4. Pecl, G. T., Araujo, M. B., Bell, J., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I., Clark, T. D., Colwell, R. K., Danielsen, F., Evengard B., Falconi L., Ferrier S., Frusher S., Garcis R.A., Griffits R., Hobday A.J., Janion-Scheepers C., Jarzyna M.A., Jennings S., Lenoir J., Linnetved H.I., Martin V.Y., McCormack P.C., McDonald J., Mitchell N.J., Mustonen T., J.M.Pandolfi., Pettorelli N., Popova E., Robinson S.A., Scheffers B.R., Shaw J.D., Sorte C.J.E., Srugnell J.M., Sunday J.M., Tuanmu M.-N., Vergés A., Villanueva C., Wernberg T., Wapstra E., Williams S.E. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being// Science, (2017). 355 (6332), 1-9. eaai9214.
5. Jaeger K. L., Olden J. D., Pelland N. A. Climate change poised to threaten hydrologic connectivity and endemic fishes in dryland streams //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – Т. 111. – №. 38. – С. 13894-13899. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1320890111
6. Dudgeon, D. (2019). Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology*, 29(19), R960-R967. https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.002
7. Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T. J., Kidd, K. A., MacCormack, T. J., Olden, J. D., Ormerod, S. J., Smol, J. P., Taylor, W.W., Tockner, K., Vermaire, J. C., Dudgeon, D., & Cooke, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94(3), 849–873. https://doi.org/10.1111/brv.12480.
8. Albert J. S., Destouni G., Duke-Sylvester S. M., Magurran A. E., Oberdorff T., Reis R.E., Winemiller K.O., RippleW. J. (2021). Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *AMBIO*, 50(1), 85–94. https://doi.org/10.1007/s13280-020-01318-8
9. McGregor, G. R., Petts, G. E., Gurnell, A. M., & Milner, A. M. (1995). Sensitivity of alpine stream ecosystems to climate change and human impacts. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5(3), 233-247.
10. Brown L. E., Hannah D. M., Milner A. M. Vulnerability of alpine stream biodiversity to shrinking glaciers and snowpacks // *Global Change Biology*. – 2007. – Т. 13. – №. 5. – С. 958-966.
11. Hotaling, S., Finn, D. S., Joseph Giersch, J., Weisrock, D. W., Jacobsen, D. (2017). Climate change and alpine stream biology: progress, challenges, and opportunities for the future. *Biological Reviews*, 92(4), 2024-2045.
12. Bruno, D., Belmar, O., Maire, A., Morel, A., Dumont, B., & Datry, T. (2019). Structural and functional responses of invertebrate communities to climate change and flow regulation in alpine catchments. *Global Change Biology*, 25(5), 1612-1628.
13. Pastorino, P., Prearo, M. (2020). High-mountain lakes, indicators of global change: Ecological characterization and environmental pressures. *Diversity*, 12(6), 260

14. Pellicciotti, F., Carenzo, M., Bordoy, R., & Stoffel, M. (2014). Changes in glaciers in the Swiss Alps and impact on basin hydrology: Current state of the art and future research. *Science of the Total Environment*, 493, 1152–1170. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.022>.
15. Beniston, M., Farinotti,D., Stoffel, M., Andreassen, L. M., Coppola, E., Eckert, N., Fantini, A., Giacoma, F., Hauck, C., Huss, M. (2018). The European mountain cryosphere: A review of its current state, trends, and future challenges. *The Cryosphere*, 12(2), 759–794. doi.org/10.5194/tc-12-759-2018
16. Brightenti, S., Tolotti, M., Bruno, M. C., Wharton, G., Pusch, M. T., Bertoldi, W. (2019). Ecosystem shifts in Alpine streams under glacier retreat and rock glacier thaw: A review. *Science of the Total Environment*, 675, 542–559.
17. Körner C. 2004 Mountain biodiversity, its causes and function. *Ambio*. 33, 11–17. doi:10.1007/0044-7447-33. sp13.11
18. Rahbek C., Borregaard, M. K., Antonelli, A., Colwell, R. K., Holt, B. G., Nogues-Bravo, D., Christian M. Ø. Rasmussen, Katherine Richardson, Minik T. Rosing ,Robert J. Whittaker, Fjeldså, J.2019 Building mountain biodiversity: geological and evolutionary processes. *Science* 365, 1114–1119. doi:10.1126/science.aax0151
19. Robinson, C. T., Kawecka, B., Füreder, L., & Peter, A. (2010). Biodiversity of flora and fauna in alpine waters. *Alpine waters*, 193-223.
20. Brown, L. E., Dickson, N. E., Carrivick, J. L., & Fuereder, L. (2015). Alpine river ecosystem response to glacial and anthropogenic flow pulses. *Freshwater Science*, 34(4), 1201-1215.
21. Jardim de Queiroz L., Doenz C. J., Altermatt F., Alther R., Borko, Š., Brodersen, J., ... & Seehausen, O. (2022). Climate, immigration and speciation shape terrestrial and aquatic biodiversity in the European Alps. *Proceedings of the Royal Society B*, 289(1980), 20221020.
22. Kownacki A., Szarek-Gwiazda E. The impact of pollution on diversity and density of benthic macroinvertebrates in mountain and upland rivers //Water. – 2022. – Т. 14. – №. 9. – С. 1349.
23. Jacobsen D., Milner A. M., Brown L. E., Dangles, O. (2012). Biodiversity under threat in glacier-fed river systems. *Nature Climate Change*, 2(5), 361-364. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1435>
24. Khamis K., Brown L. E., Hannah D. M., Milner A. M. (2016). Glacier-groundwater stress gradients control alpine river bio diversity. *Ecohydrology*, 9(7), 1263-1275.
25. Brosse, M., Benateau, S., Gaudard, A., Stamm, C., Altermatt, F. (2022). The importance of indirect effects of climate change adaptations on alpine and pre-alpine freshwater systems. *Ecological Solutions and Evidence*, 3(1), e12127.
26. Brown L. E., Hannah D. M., Milner A. M. Vulnerability of alpine stream biodiversity to shrinking glaciers and snowpacks // Global Change Biology. – 2007. – Т. 13. – №. 5. – С. 958-966.
27. Hotaling, S., Finn, D. S., Joseph Giersch, J., Weisrock, D. W., Jacobsen, D. (2017). Climate change and alpine stream biology: progress, challenges, and opportunities for the future. *Biological Reviews*, 92(4), 2024-2045.
28. Bruno, D., Belmar, O., Maire, A., Morel, A., Dumont, B., & Datry, T. (2019). Structural and functional responses of invertebrate communities to climate change and flow regulation in alpine catchments. *Global Change Biology*, 25(5), 1612-1628.
29. Pastorino, P., Prearo, M. (2020). High-mountain lakes, indicators of global change: Ecological characterization and environmental pressures. *Diversity*, 12(6), 260
30. Gillette, D. P., Edds, D. R., Jha, B. R., & Mishra, B. (2022). Thirty years of environmental change reduces local, but not regional, diversity of riverine fish assemblages in a Himalayan biodiversity hotspot. *Biological Conservation*, 265, 109427. doi. org/10.1016/j.biocon.2021.109427.
31. Lovinskaya, A. V., Kolumbayeva, S. Z., Suvorova, M. A., Iliyassova, A. I., Biyasheva, Z. M., & Abilev, S. K. (2019). Complex study of potential toxicity and genotoxicity of water samples from natural sources of the suburban zone of Almaty// Ecological genetics, 17(2), 69-81. doi.org/10.17816/ecogen17269-81.
32. Lovinskaya, A., Kolumbayeva, S., Begimbetova, D., Suvorova, M., Bekmagambetova, N., & Abilev, S. (2021). Toxic and genotoxic activity of river waters of the Kazakhstan. *Acta Ecologica Sinica*, 41(6), 499-511. doi.org/10.1016/j.chnaes.2021.01.011
33. Lovinskaya, A., Kolumbayeva, S., & Suvorova, M. (2022). Screening of natural surface waters of the Almaty region of the Republic of Kazakhstan for toxic and mutagenic activity. *Science of The Total Environment*, 849, 157909. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157909>
34. Aubakirova M., Krupa E., Mazhibayeva Z., Isbekov K., Assylbekova S. The Role of External Factors in the Variability of the Structure of the Zooplankton Community of Small Lakes (South-East Kazakhstan)// Water. – 2021, 13, 962. <https://doi.org/10.3390/w13070962>
35. Крупа Е.Г., Романова С.М., Иментай А.К. Гидрохимическая и токсикологическая характеристика озер государственного национального природного парка «Қөлсай қөлдері» (Кунгей Алатау, юго-восточный Казахстан)// *Nature Conservation Research. Заповедная наука* 2016. 1 (1): 2-10.
36. Крупа Е.Г., Айнабаева Н., Иментай А., Аубакирова М., Романова С.М., Малыбеков А.Б. Оценка экологического состояния Кольсайских озер (Кунгей Алатау, Юго-Восточный Казахстан) по биологическим и гидрохимическим показателям// СОЛТУСТІК ТЯҢЬ-ШАНЬ ТЕРРИТОРИЯСЫНДАҒЫ БИОАЛУАНТУРЛІЛІКТІ САҚТАУДЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ = АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ СЕВЕРНОГО ТЯҢЬ-ШАНЯ. «Қөлсай қөлдері» МҮТП-тің құрылудың 10 жылдығы мен халықаралық қар барысын корғау күніне арналған Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның материалдары. – Саты, 23-24 қазан 2017 жыл – Алматы, 2017. – с.179-182.
37. Баймukanov M.T., Баймukanova Ж.М., Rakymbaeva A.A., Жданко Л.А. Состояние гидробионтов водоемов особо охраняемых природных территорий Республиканского значения Восточно-Казахстанской и Алматинской областей Казахстана (информационно-аналитическое пособие). Ч.3. Государственный национальный природный парк «Кольсай Көлдері» – Алматы, 2017. – с. 110-137.

38. Кожабаева Э.Б., Аблайсанова Г.М., Амирбекова Ф.Т., Пазылбеков М.Ж., Абилов Б.И. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ PARASALMO MYKISS В КОЛЬСАЙСКИХ ОЗЕРАХ// Eurasian Journal of Ecology. 2019. – №2 (59). – С.132-141.
39. www.drive2.ru/b/28601738/....
- 40.www.adrenalincsilence.kz/av....
- 41.www.demal.kz/route/kungey-....
42. Clay, P. A., Muehlbauer, J. D., & Doyle, M. W. (2015). Effect of tributary and braided confluences on aquatic macroinvertebrate communities and geomorphology in an alpine river watershed. *Freshwater Science*, 34(3), 845-856.
43. Vitousek, P.M.; Aber, J.D.; Howarth, R.W.; Likens, G.E.; Matson, P.A.; Schindler, D.W.; Schlesinger, W.H.; Tilman, D.G. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. *Ecological Applications* 1997, 7, pp.737–750.
44. Schlesinger, W.H. On the fate of anthropogenic nitrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2009, 106, pp.203–208
45. Lepori, F.; Keck, F. Effects of atmospheric nitrogen deposition on remote freshwater ecosystems. *AMBIO* 2012, 41, pp.235–246. DOI 10.1007/s13280-012-0250-0
46. Полоскин А., Хантов В. Полевой определитель пресноводных беспозвоночных – М., 2006. – 16 с.
47. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. – 4-е изд., испр. и доп. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 219 с., ил.
48. Magurran A. E. Measuring biological diversity. – Oxford: John Wiley & Sons, 2003. – 256 p
49. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
50. Stevenson, R. D.; Woods Jr, W. A. Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. *Integrative and comparative biology* 2006, 46–6, 1169-1190. <https://doi.org/10.1093/icb/icl052> ;
51. Calderone, E. M.; MacLean, S. A.; Sharack, B. Evaluation of bioelectrical impedance analysis and Fulton's condition factor as nonlethal techniques for estimating short-term responses in postsmolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) to food availability. *Fishery Bulletin*. 2012, 110–2, 257-270
52. McDonald J. H. Handbook of biological statistics. Baltimore, MD: Sparky house publishing. 2009. 313 p.
53. Hundey, E. J., Russell, S. D., Longstaffe, F. J., & Moser, K. A. (2016). Agriculture causes nitrate fertilization of remote alpine lakes. *Nature Communications*, 7(1), 10571. DOI: 10.1038/ncomms10571
54. Сливинский Г. Г., Крупа, Е. Г., Лопатин, О. Е., Мамилов, Н. Ш., & Приходько, Д. Е. ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СОСТОЯНИЕ ВОДНОЙ ФАУНЫ ТРАНСГРАНИЧНОГО РАЙОНА РЕКИ ИЛЕ //Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2010. – Т. 28. – №. 2.
55. Смирнова Д. А. МАКРОЗООБЕНТОС РЕК ИЛЕЙСКОГО АЛАТАУ: СОСТАВ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ //ЭКОЛОГИЯ ВОДНЫХ БЕСПЗВОНОЧНЫХ. – 2010. – С. 298.
56. Митрофанов В.П. *Noemacheilus stoliczkai* (Steindachner) – тибетский голец// Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1989. – Т.4. – С.16-22.
57. Сидорова А.Ф., Тимирханов С.Р. Род *Diptychus* Steindachner, 1866 – Осман// Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1988. – Т.3. – С.84-105.
58. Балабиева Г.К. Морфологическая изменчивость тибетского голца *Triphlophysa stoliczkai* из бассейна озера Балхаш// Биология внутренних вод: Материалы докладов XIII Международной молодежной школы-конференции. – Рыбинск, 2007. – С.13-17.
59. Балабиева Г.К. Морфологическая изменчивость и биология балитовых рыб (*Balitoridae; Cypriniformes; Osteichthyes*), обитающих в Балкашском бассейне. Диссертация... к.б.н.– Алматы: Институт зоологии, 2010. 20 с.

References

1. Savage J. M. Systematics and the biodiversity crisis //BioScience. – 1995. – Т. 45. – №. 10. – С. 673-679.
2. Flitner M., Heins V. Modernity and life politics: conceptualizing the biodiversity crisis //Political Geography. – 2002. – Т. 21. – №. 3. – С. 319-340.
3. Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., & Collen, B. Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 2014. 345(6195), 401-406. DOI: 10.1126/science.1251817
4. Pecl, G. T., Araujo, M. B., Bell, J., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I., Clark, T. D., Colwell, R. K., Danielsen, F., Evengard B., Falconi L., Ferrier S., Frusher S., Garcis R.A., Griffits R., Hobday A.J., Janion-Scheepers C., Jarzyna M.A., Jennings S., Lenoir J., Linnetved H.I., Martin V.Y., McCormack P.C., McDonald J., Mitchell N.J., Mustonen T., J.M.Pandolfi., Pettorelli N., Popova E., Robinson S.A., Scheffers B.R., Shaw J.D., Sorte C.J.E., Srugnell J.M., Sunday J.M., Tuanmu M.-N., Vergés A., Villanueva C., Wernberg T., Wapstra E., Williams S.E. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being// *Science*, (2017). 355 (6332), 1-9. eaai9214.
5. Jaeger K. L., Olden J. D., Pelland N. A. Climate change poised to threaten hydrologic connectivity and endemic fishes in dryland streams //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2014. – Т. 111. – №. 38. – С. 13894-13899. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1320890111
6. Dudgeon, D. (2019). Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology*, 29(19), R960-R967. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.002>
7. Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T. J., Kidd, K. A., MacCormack, T. J., Olden, J. D., Ormerod, S. J., Smol, J. P., Taylor, W.W., Tockner, K., Vermaire, J. C., Dudgeon, D., & Cooke, S. J. (2019). Emerging threats

- and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94(3), 849–873. <https://doi.org/10.1111/brv.12480>.
8. Albert J. S., Destouni G., Duke-Sylvester S. M., Magurran A. E., Oberdorff T., Reis R.E., Winemiller K.O., Ripple W. J. (2021). Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *AMBIO*, 50(1), 85–94. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01318-8>
 9. McGregor, G. R., Petts, G. E., Gurnell, A. M., & Milner, A. M. (1995). Sensitivity of alpine stream ecosystems to climate change and human impacts. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5(3), 233-247.
 10. Brown L. E., Hannah D. M., Milner A. M. Vulnerability of alpine stream biodiversity to shrinking glaciers and snowpacks // *Global Change Biology*. – 2007. – Т. 13. – №. 5. – С. 958-966.
 11. Hotaling, S., Finn, D. S., Joseph Giersch, J., Weisrock, D. W., Jacobsen, D. (2017). Climate change and alpine stream biology: progress, challenges, and opportunities for the future. *Biological Reviews*, 92(4), 2024-2045.
 12. Bruno, D., Belmar, O., Maire, A., Morel, A., Dumont, B., & Datry, T. (2019). Structural and functional responses of invertebrate communities to climate change and flow regulation in alpine catchments. *Global Change Biology*, 25(5), 1612-1628.
 13. Pastorino, P., Prearo, M. (2020). High-mountain lakes, indicators of global change: Ecological characterization and environmental pressures. *Diversity*, 12(6), 260
 14. Pellicciotti, F., Carenzo, M., Bordoy, R., & Stoffel, M. (2014). Changes in glaciers in the Swiss Alps and impact on basin hydrology: Current state of the art and future research. *Science of the Total Environment*, 493, 1152–1170. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.022>.
 15. Beniston, M., Farinotti,D., Stoffel, M., Andreassen, L. M., Coppola, E., Eckert, N., Fantini, A., Giacoma, F., Hauck, C., Huss, M. (2018). The European mountain cryosphere: A review of its current state, trends, and future challenges. *The Cryosphere*, 12(2), 759–794. doi.org/10.5194/tc-12-759-2018
 16. Brightenti, S., Tolotti, M., Bruno, M. C., Wharton, G., Pusch, M. T., Bertoldi, W. (2019). Ecosystem shifts in Alpine streams under glacier retreat and rock glacier thaw: A review. *Science of the Total Environment*, 675, 542-559.
 17. Körner C. 2004 Mountain biodiversity, its causes and function. *Ambio*. 33, 11–17. doi:10.1007/0044-7447-33. sp13.11
 18. Rahbek C., Borregaard, M. K., Antonelli, A., Colwell, R. K., Holt, B. G., Nogues-Bravo, D., Christian M. Ø. Rasmussen, Katherine Richardson, Minik T. Rosing ,Robert J. Whittaker, Fjeldså, J.2019 Building mountain biodiversity: geological and evolutionary processes. *Science* 365, 1114–1119. doi:10.1126/science.aax0151
 19. Robinson, C. T., Kawecka, B., Füreder, L., & Peter, A. (2010). Biodiversity of flora and fauna in alpine waters. *Alpine waters*, 193-223.
 20. Brown, L. E., Dickson, N. E., Carrivick, J. L., & Fuereder, L. (2015). Alpine river ecosystem response to glacial and anthropogenic flow pulses. *Freshwater Science*, 34(4), 1201-1215.
 21. Jardim de Queiroz L., Doenz C. J., Altermatt F., Alther R., Borko, Š., Brodersen, J., ... & Seehausen, O. (2022). Climate, immigration and speciation shape terrestrial and aquatic biodiversity in the European Alps. *Proceedings of the Royal Society B*, 289(1980), 20221020.
 22. Kownacki A., Szarek-Gwiazda E. The impact of pollution on diversity and density of benthic macroinvertebrates in mountain and upland rivers //Water. – 2022. – Т. 14. – №. 9. – С. 1349.
 23. Jacobsen D., Milner A. M., Brown L. E., Dangles, O. (2012). Biodiversity under threat in glacier-fed river systems. *Nature Climate Change*, 2(5), 361-364. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1435>
 24. Khamis K., Brown L. E., Hannah D. M., Milner A. M. (2016). Glacier–groundwater stress gradients control alpine river bio diversity. *Ecohydrology*, 9(7), 1263-1275.
 25. Brosse, M., Benateau, S., Gaudard, A., Stamm, C., Altermatt, F. (2022). The importance of indirect effects of climate change adaptations on alpine and pre-alpine freshwater systems. *Ecological Solutions and Evidence*, 3(1), e12127.
 26. Brown L. E., Hannah D. M., Milner A. M. Vulnerability of alpine stream biodiversity to shrinking glaciers and snowpacks // *Global Change Biology*. – 2007. – Т. 13. – №. 5. – С. 958-966.
 27. Hotaling, S., Finn, D. S., Joseph Giersch, J., Weisrock, D. W., Jacobsen, D. (2017). Climate change and alpine stream biology: progress, challenges, and opportunities for the future. *Biological Reviews*, 92(4), 2024-2045.
 28. Bruno, D., Belmar, O., Maire, A., Morel, A., Dumont, B., & Datry, T. (2019). Structural and functional responses of invertebrate communities to climate change and flow regulation in alpine catchments. *Global Change Biology*, 25(5), 1612-1628.
 29. Pastorino, P., Prearo, M. (2020). High-mountain lakes, indicators of global change: Ecological characterization and environmental pressures. *Diversity*, 12(6), 260
 30. Gillette, D. P., Edds, D. R., Jha, B. R., & Mishra, B. (2022). Thirty years of environmental change reduces local, but not regional, diversity of riverine fish assemblages in a Himalayan biodiversity hotspot. *Biological Conservation*, 265, 109427. doi. org/10.1016/j.biocon.2021.109427.
 31. Lovinskaya, A. V., Kolumbayeva, S. Z., Suvorova, M. A., Iliyassova, A. I., Biyasheva, Z. M., & Abilev, S. K. (2019). Complex study of potential toxicity and genotoxicity of water samples from natural sources of the suburban zone of Almaty// *Ecological genetics*, 17(2), 69-81. doi.org/10.17816/ecogen17269-81.
 32. Lovinskaya, A., Kolumbayeva, S., Begimbetova, D., Suvorova, M., Bekmagambetova, N., & Abilev, S. (2021). Toxic and genotoxic activity of river waters of the Kazakhstan. *Acta Ecologica Sinica*, 41(6), 499-511. doi.org/10.1016/j.chnaes.2021.01.011
 33. Lovinskaya, A., Kolumbayeva, S., & Suvorova, M. (2022). Screening of natural surface waters of the Almaty region of the Republic of Kazakhstan for toxic and mutagenic activity. *Science of The Total Environment*, 849, 157909. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157909>

34. Aubakirova M., Krupa E., Mazhibayeva Z., Isbekov K., Assylbekova S. The Role of External Factors in the Variability of the Structure of the Zooplankton Community of Small Lakes (South-East Kazakhstan)// Water. – 2021, 13, 962. <https://doi.org/10.3390/w13070962>
35. Krupa E.G., Romanova S.M., Imentai A.K. Gidrohimicheskaya i toksicologicheskaya harakteristik ozer gosudarstvennogo nacionarnogo prirodnoogo parka “Kolsai kolderi” (Kungei Alatau, iugo- vostochnoi Kazakhstan) [Hydrochemical and toxicological characteristics of lakes of the Kolsai Kolderi State National Natural Park (Kungei Alatau, southeastern Kazakhstan)]// Nature Conservation Research. Conservation Science 2016. 1 (1): 2-10. (in Russian).
36. Krupa E. G., Ainabayeva N., Imentai A., Aubakirova M., Romanova S. M., Malybekov A. B. Otsenka ecological state of the Kolsaysky Ozer (Kungei Alatau, Yugo-eastern Kazakhstan) on biological and hydrochemical indicators// actual issues of biodiversity conservation in the northern Tien Shan territory = current issues issues of Conservation of Biorasnobrasia Northern Tien Shan. Materials of the International Scientific and practical conference dedicated to the 10th anniversary of the creation of the Kolsai Lakes State Enterprise and the International Day of protection of the snow leopard. – Stage, October 23-24, 2017-Almaty, 2017. – c.179-182. (in Russian).
37. Baymukanov M.T., Baymukanova Zh.M., Rakibaeva A.A., Zhdanko L.A. The state of hydrobionts of reservoirs of specially protected natural territories of republican significance in East Kazakhstan and Almaty regions of Kazakhstan (information and analytical manual). Part 3. State National Natural Park “Kolsai Kolderi” – Almaty, 2017. – pp. 110-137. (in Russian).
38. Kozhabaev V.B., Basangov G.M., Arbekov V.T., Pazylbekov M.Zh., Abilov B.I. THE CONSTANT PRESENCE OF THE PARASALMO MIKIS RAINBOW in Kolsai Lake/ / Eurasian Ecological Journal. 2019. – №2 (59). – Pp.132-141. (in Russian).
39. [www.drive2.ru/b/28601738/....](http://www.drive2.ru/b/28601738/)
- 40.www.adrenalincsilence.kz/av....
- 41.www.demal.kz/route/kungey-....
42. Clay, P. A., Muehlbauer, J. D., & Doyle, M. W. (2015). Effect of tributary and braided confluences on aquatic macroinvertebrate communities and geomorphology in an alpine river watershed. *Freshwater Science*, 34(3), 845-856.
43. Vitousek, P.M.; Aber, J.D.; Howarth, R.W.; Likens, G.E.; Matson, P.A.; Schindler, D.W.; Schlesinger, W.H.; Tilman, D.G. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. *Ecological Applications* 1997, 7, pp.737–750.
44. Schlesinger, W.H. On the fate of anthropogenic nitrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2009, 106, pp.203–208
45. Lepori, F.; Keck, F. Effects of atmospheric nitrogen deposition on remote freshwater ecosystems. *AMBIO* 2012, 41, pp.235–246. DOI 10.1007/s13280-012-0250-0
46. Poloskin A., Khaitov V. Field determinant of freshwater invertebrates – M., 2006. – 16 p. (in Russian).
47. Tchertoprud M.V., Tchertoprud E.S. A brief determinant of invertebrate freshwater in the center of European Russia. – 4th ed., ispr. and add. M.: Association of Scientific Publications of the KMK, 2011. 219 p., ill. (in Russian).
48. Magurran A. E. Measuring biological diversity. – Oxford: John Wiley & Sons, 2003. – 256 p
49. Pravdin I.F. A guide to the study of fish. – M.: Food industry, 1966. – 376 p. (in Russian).
50. Stevenson, R. D.; Woods Jr, W. A. Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. *Integrative and comparative biology* 2006, 46–6, 1169-1190. <https://doi.org/10.1093/icb/icl052> ;
51. Caldarone, E. M.; MacLean, S. A.; Sharack, B. Evaluation of bioelectrical impedance analysis and Fulton’s condition factor as nonlethal techniques for estimating short-term responses in postsmolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) to food availability. *Fishery Bulletin*. 2012, 110– 2, 257-270
52. McDonald J. H. Handbook of biological statistics. Baltimore, MD: Sparky house publishing. 2009. 313 p.
53. Hundey, E. J., Russell, S. D., Longstaffe, F. J., & Moser, K. A. (2016). Agriculture causes nitrate fertilization of remote alpine lakes. *Nature Communications*, 7(1), 10571. DOI: 10.1038/ncomms10571
54. Slivinsky G. G., Krupa, E. G., Lopatin, O. E., Mamilov, N. S., & Prikhodko, D. E. ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS AND CONDITION OF AQUATIC FAUNA OF THE TRANSBOUNDARY ILE RIVER AREA //Bulletin of the Treasury. The series is ecological. – 2010. – vol. 28. – No. 2. (in Russian).
55. Smirnova D. A. MACROZOOBENTHOS OF THE ILEYSKY ALATAU RIVERS: COMPOSITION AND SPATIAL VARIABILITY //ECOLOGY OF AQUATIC INVERTEBRATES. – 2010. – p. 298. (in Russian).
56. Mitrofanov V.P. Noemacheilus stoliczkai (Steindachner) – Tibetan char// Fishes of Kazakhstan. – Alma-Ata: Nauka, 1989. – vol. 4. – pp.16-22. (in Russian).
57. Sidorova A.F., Timirkhanov S.R. Genus *Diptychus* Steindachner, 1866 – Osman// Fishes of Kazakhstan. – Alma-Ata: Nauka, 1988. – Vol. 3. – pp.84-105. (in Russian).
58. Balabieva G.K. Morphological variability of the Tibetan char *Triplophysa stoliczkai* from the basin of Lake Balkhash// Biology of inland waters: Materials of reports of the XIII International Youth School Conference. – Rybinsk, 2007. – pp.13-17. (in Russian).
59. Balabieva G.K. Morphological variability and biology of balitorid fishes (*Balitoridae; Cypriniformes; Osteichthyes*) living in the Balkash basin. Dissertation... PhD– Almaty: Institute of Zoology, 2010. 20 p. (in Russian).

Информация об авторах:

Хасенгазиева Гульнур Куанышовна – КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, PhD, e-mail: g96-17@mail.ru.
Мамилов Надир Шамилевич – КазНУ имени аль-Фараби, к. б. н., доцент, Алматы, Казахстан, e-mail: mamilov@gmail.com.

Косайбай Малика – КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: kosaibai.malika@gmail.com.

Information about authors:

*Khassengaziyeva Gulnur – Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, PhD, e-mail: g96-17@mail.ru
Mamilov Nadir – Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, candidate of biological sciences, associate professor, e-mail: mamilov@gmail.com*

Kosaibai Malika – Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: kosaibai.malika@gmail.com