

КазНУ имени аль-Фараби

УДК 597.2/.5

На правах рукописи

ШАРАХМЕТОВ САЯТ ЕРМУХАНБЕТОВИЧ

Сообщества рыб и состояние их популяций в Алакольском бассейне

8D08401-Рыбное хозяйство и промышленное рыболовство

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Отечественный научный консультант:
к.б.н., ассоциированный
профессор Мамилов Н.Ш.

Зарубежный научный консультант:
к.б.н., ведущий научный сотрудник
Лёвин Б.А.

Республика Казахстан
Алматы, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	9
1.1 Формирование сообществ рыб в пресноводных водоемах.....	9
1.1.1 Биотические факторы, влияющие на структуру сообщества рыб	10
1.1.2 Абиотические факторы, влияющие на структуру сообщества рыб.....	11
1.1.3 Антропогенные факторы, влияющие на структуру сообщества рыб.....	12
1.2 Краткая физико-географическая характеристика и гидрологический режим водоемов Алакольского бассейна	13
1.2.1 Основные озера Алакольского бассейна.....	15
1.2.2 Реки южного склона хребта Тарбагатай.....	18
1.2.3 Малые реки хребта Барлык.....	20
1.2.4 Реки Жетысуского (Джунгарского) Алатау	20
1.3 Проблема чужеродных видов рыб	22
1.4 Применение молекулярно-генетического анализа для идентификации видов рыб.....	25
1.5 Исходные сведения о разнообразии и промысле рыб в Алакольском бассейне	27
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	34
2.1 Материалы исследования.....	34
2.2 Методы исследования	36
2.2.1 Методы исследования ихтиофауны	36
2.2.2 Методы оценки видового разнообразия и степени сходства сообщества рыб.....	36
2.2.3 Методы проведения биологического и морфологического анализа	37
2.2.4 Методы исследования генетического разнообразия рыб	38
2.2.4.1 Методы выделения ДНК у рыб	38
2.2.4.2 Методы обработки данных молекулярных анализов.....	40
2.2.5 Методы картирования местности.....	40
2.2.6 Методы обработки статистических данных.....	40
3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	42
3.1 Характеристика состояния среды обитания рыб.....	42
3.1.1 Река Шынжылы.....	42
3.1.2 Река Тентек.....	43
3.1.3 Малые реки: Жаманты, Ыргайты и Токты	43
3.1.4 Река Шагантогай	43
3.1.5 Реки южного макросклона хребта Тарбагатай	43
3.1.6 Мелководья оз. Алаколь	44
3.1.7 Мелководья оз. Жаланашколь	46
3.1.8 Мелководья оз. Сасыкколь на примере «Урочище Ерту»	46
3.2 Видовой состав и состояние ихтиофауны Алакольского бассейна.....	47
3.2.1 Разнообразие ихтиофауны рек Жетысуского Алатау	47
3.2.1.1 Сообщества рыб реки Шынжылы.....	47
3.2.1.2 Сообщества рыб реки Тентек	57

3.2.1.3	Сообщества рыб малых рек Жаманты, Ырғайты и Токты	63
3.1.2	Состояние рек хребта Барлык.....	65
3.1.3	Разнообразие ихтиофауны рек южного макросклона хребта Тарбагатай	66
3.1.4	Сообщества рыб мелководий озер Алакольского бассейна	73
3.1.4.1	Сообщества рыб мелководий оз. Алаколь	73
3.1.4.2	Сообщества рыб мелководий оз. Жаланашколь.....	74
3.1.4.3	Сообщества рыб мелководий оз. Сасыкколь на примере «Урочище Ерту».....	75
3.3	Многолетняя динамика разнообразия ихтиофауны Алакольского бассейна	75
3.4	Биологическая и морфологическая характеристика отдельных видов рыб Алакольского бассейна	84
3.4.1	Гольц осман <i>Gymnodiptychus dybowskii</i>	84
3.4.2	Балхашский гольян <i>Rhynchocypris poljakowii</i>	87
3.4.3	Балхашский окунь <i>Perca schrenkii</i>	89
3.4.4	Голец Северцова <i>Triplophysa sewerzowi</i>	91
3.4.5	Пятнистый губач <i>Triplophysa trauchi</i>	94
3.4.6	Пескарь <i>Gobio</i> sp.....	96
3.5	Генетическое (и таксономическое) разнообразие аборигенных видов рыб Алакольского бассейна	98
3.5.1	Филогенетический анализ и сеть гаплотипов балхашского окуня <i>Perca schrenki</i> по данным анализа митохондриального гена COI	98
3.5.2	Филогенетический анализ и сеть гаплотипов голого османа <i>Gymnodiptychus dybowskii</i> по данным анализа митохондриального гена COI	100
3.5.3	Филогенетический анализ рода гольцов <i>Triplophysa</i> из Балхаш-Алакольского бассейна по данным анализа митохондриального гена COI	103
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	109
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	132
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	135
	ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	142

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

оз.	озеро
р.	река
вдхр.	водохранилище
КНР	Китайская Народная Республика
с.	село
га	гектар
мБС	метры Балтийской системы
et al.	и другие
мтДНК	митохондриальная ДНК
мкл	микролитр
пос.	поселок
S	общее число видов в сообществе (видовое богатство)
D	индекс разнообразия Симпсона
E	равномерность распределения по Симпсону
H	индекс Шеннона
J	равномерность распределения по Шеннону
экз.	экземпляров
n	количество исследованных экземпляров
L	полная длина рыбы, мм
l	стандартная длина, или длина тела рыбы, мм
Q	полная масса рыбы, г
q	масса рыбы без внутренностей, г
Fulton	коэффициент упитанности по Фультону
Clark	коэффициент упитанности по Кларк
min	минимальное значение показателя
max	максимальное значение показателя
FTU	показатель мутности
NH ₄ ⁺	ион аммония
NO ₃ ⁻	ион нитрата
ρ	минерализация
M	среднее значение показателя
m	ошибка среднего
SD	стандартное отклонение
CV	коэффициент вариации
PCA	(principal component analysis) анализ главных компонент
CCA	(canonical correspondence analysis) канонический анализ соответствия
COI	фрагмент мтДНК цитохром-с-оксидазы

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика работы. В диссертационной работе изучены сообщества рыб и состояние их популяций, динамика ихтиофауны, морфологические особенности и генетическое разнообразие аборигенных видов рыб Алакольского бассейна.

Актуальность темы. Ихтиофауна является важнейшей частью экосистемы водоемов. Видовой состав и популяционные характеристики рыбного сообщества являются надежным индикатором состояния водоема в целом. В последние десятилетия мониторинговые исследования водных экосистем приобрели важное значение в связи с усилением воздействия на окружающую среду.

Рациональное использование рыбных ресурсов не может быть осуществлено без детального исследования экологических особенностей гидробионтов. Рыбохозяйственное значение водоемов определяется разнообразием и современным состоянием популяций рыб. В связи с этим комплексное изучение рыбных сообществ водоемов Алакольского бассейна приобретает важное значение. В условиях постоянно возрастающего антропогенного воздействия на водоемы необходимо располагать достоверной информацией о состоянии населяющих их организмов. Это позволяет определять направления изменений, своевременно осуществлять мероприятия по предотвращению ущерба природной среде и получать необходимую рыбную продукцию. Этим продиктована необходимость в изучении материалов по экологии рыб и определении причин, способных выявить изменения в видовом составе и численности их сообществ.

Изучения состава и распределения рыбных сообществ в разнотипных по своим характеристикам водоемах Алакольского бассейна имеет научный и практический интерес.

Цель исследования. Изучить разнообразие сообществ рыб и дать оценку состояния их популяций в условиях Алакольского бассейна.

Задачи исследования. В соответствии с целью работы были сформулированы следующие задачи:

1. Изучить видовой состав ихтиофауны Алакольского бассейна и оценить состояние среды обитания рыб;
2. Изучить многолетнюю динамику разнообразия ихтиофауны Алакольского бассейна;
3. Изучить изменчивость биологических и морфологических показателей некоторых видов рыб Алакольского бассейна;
4. Исследовать генетическое (и таксономическое) разнообразие аборигенных видов рыб Алакольского бассейна.

Объекты исследования. Сообщества рыб в Алакольском бассейне: реки Жетысуского Алатау (Шынжылы, Тентек, Жаманты, Ыргайты и Токты), реки хребта Барлык (Шагантогай и Тасты), реки южного склона хребта Тарбагатай

(Каракол, Уржар, Катынсу и Емель), мельководья озер Алаколь, Сасыкколь и Жаланашколь.

Методы исследования. В ходе работы были использованы ихтиологические, морфометрические, статистические, молекулярно-генетические и картографические методы.

Научная новизна диссертационной работы. Впервые определены видовой состав, встречаемость, показатели разнообразия и сходства сообществ рыб в Алакольском бассейне.

Впервые в результате комплексного ихтиологического исследования в реке Емель обнаружен пескарь *Gobio* sp., который является новым чужеродным видом для Алакольского бассейна.

Впервые изучены многолетняя динамика разнообразия ихтиофауны и межвидовое сходство распределения рыб, а также возможные взаимосвязи между абиотическими факторами (минерализация, мутность, температура, рН, содержание аммония и нитратов) и численностью видов в 47 локалитетах Алакольского бассейна.

Впервые с помощью многомерной статистики изучены сравнительные биологические и морфологические показатели популяций отдельных видов рыб Алакольского бассейна.

Впервые определена нуклеотидная последовательность мтДНК-маркера *COI* аборигенных видов (балхашский окунь, голый осман, пятнистый губач, одноцветный губач, тибетский голец и голец Северцова) рыб Балкаш-Алакольского бассейна.

Впервые выполнены филогенетические анализы и построены сети гаплотипов аборигенных видов рыб Балкаш-Алакольского бассейна по данным анализа ДНК-штрихкодирования с использованием митохондриального гена *COI*.

Теоретическое значение работы. На морфологическом и генетическом уровнях изучены процессы микроэволюции в популяциях шести аборигенных и одного нового для бассейна чужеродного вида рыб. Показано, что высокая морфологическая изменчивость изолированных популяций в большей мере определяется условиями среды обитания, чем генотипическими различиями.

Практическое значение работы. Изучение таксономического состава и систематики рыб Алакольского бассейна позволило выявить динамику разнообразия и современное состояние популяций аборигенных видов. Полученные данные позволят избежать потерь уникальных видов и излишних экономических затрат на сохранение временных форм. Сопоставление внешних функциональных характеристик рыб в связи с их средой обитания позволяет проводить раннюю диагностику изменений в водных экосистемах. Интегральная оценка состояния водных экосистем и населяющих популяций рыб позволяет ранжировать проблемы их сохранения для принятия наиболее адекватных социально-экономических решений по сохранению и рациональному использованию имеющегося разнообразия рыб и избежать

значительных экономических затрат в связи с потерей экологической устойчивости в бассейне Алакольских озер.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Увеличение антропогенной нагрузки и изменения климата привели к значительным изменениям абиотических параметров среды обитания (уровень воды, мутность, температура, минерализация, содержание биогенных элементов) в большинстве исследованных водоемов Алакольского бассейна.

2. В настоящее время ихтиофауна Алакольского бассейна состоит из 11 аборигенных и 14 чужеродных видов рыб. Таким образом, Алакольский бассейн остался последним крупным убежищем для эндемичных видов рыб Балкаш-Алакольской ихтиогеографической провинции. В многолетнем аспекте отмечена фрагментация ареалов аборигенных видов и гомогенизация состава ихтиофауны во многих водоемах бассейна.

3. В многолетнем аспекте произошло уменьшение размерно-весовых показателей 5 аборигенных видов рыб, изменчивость большинства морфометрических показателей осталась в известных пределах.

4. Результаты молекулярно-генетических исследований не выявили таксономических различий между популяциями голого османа, балхашского окуня, гольца Северцова, одноцветного и пятнистого губача из Балкашского и Алакольского бассейнов.

Личный вклад автора. Автор непосредственно участвовал в сборе полевых материалов, проведении биологических и морфометрических анализов рыб, выполнении молекулярно-генетического и биоинформационного анализов, составлении карт и статистической обработке полученных данных. Также автор проанализировал, обобщил и представил полученные результаты, сформулировал выводы. Текст диссертации написан по плану, согласованному с научными руководителями. Доля личного участия автора в совместных публикациях пропорциональна числу соавторов.

Апробация работы. Результаты исследований и основные положения диссертации были доложены и представлены на различных международных научных конференциях: Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Фараби Элемі» (Алматы, Казахстан, 2020, 2021, 2022 г.), IX Международная научно-практическая конференция «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии» (Иркутск, Россия, 2020 г.), Международная научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, посвященной 155 - летию РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, Россия, 2020 г.), The 5th Symposium on EuroAsian Biodiversity (Muğla, Turkey & Almaty, Kazakhstan, 2021), Sixth International Symposium «Invasion of Alien Species in Holarctic. Borok-VI» (Borok, Russia, 2021), Всероссийская научная конференция посвященная 65-летию Института Биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН «Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции» (Борок, Россия, 2021 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 научных трудов, в том числе 9 тезисов в материалах Международных научно-практических

конференций, 4 статьи в научных журналах «Вестник КазНУ» в биологической и экологической серии, входящих в список ККСОН РК и 1 статья в журнале «Diversity» входящем в базу данных Scopus и Web of Sciences.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 3 основных глав, заключения и списка источников литературы из 315 наименований. Объем работы составляет 131 страниц и включает 47 таблиц, 25 рисунков и 3 приложения.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Формирование сообществ рыб в пресноводных водоемах

Экологические сообщества в настоящее время рассматриваются как динамичные образования, члены которых различаются в пространстве и времени [1]. Сообщество состоит из совместно обитающих видов со сходным географическим распределением, но большинство видов не находятся в обязательных ассоциациях друг с другом, потому что популяции видов имеют тенденцию меняться в зависимости от окружающей среды [2]. Биологические сообщества лучше анализировать с точки зрения динамики сообщества и функциональности организации из-за трудности разграничения сообществ как четко определенных единиц [3].

Различные исследования показали, что сообщества рыб часто состоят из дискретных и неслучайных видов [4, 5], характеристики сообществ в значительной степени определяются сочетанием абиотических и биотических факторов [6, 7].

В зависимости от цели исследования сообщества рыб можно описывать или классифицировать по-разному [8]. В своей работе Эшеле А.А. и другие [9], предложили классифицировать рыбные сообщества на основе экологического и численного преобладания определенного вида или группы видов, имеющих экономическую ценность. Данный подход был удобен для управления ресурсами в то время. С использованием этого подхода был назначен анализ сообщества речных рыб. Другие авторы утверждают, что подход к анализу сообществ заключается в разделении видов на отдельные группы, то есть по признакам общих видов, обычно основанных на питании или воспроизводстве [10]. Другой подход к классификации сообщества рыб – использование многомерных статистических методов, которые обеспечивают объективный подход к выявлению закономерностей в составе сообщества и их взаимосвязи с условиями окружающей среды [11].

Структура сообщества рыб зависит от биотических взаимодействий и абиотических факторов [8, 12]. Готелли и Ульрих [13] подчеркивают тот факт, что структура сообщества является результатом одновременного воздействия множества факторов, таких как экологические градиенты, конкуренция, хищничество и содействие, которые могут иметь кумулятивные или противоположные эффекты. Там, где происходит последнее, не может возникнуть четкой закономерности.

Сообщества рыб в значительной степени (иногда предсказуемо) реагируют почти на все виды антропогенных нарушений, включая эвтрофикацию, подкисление, химическое загрязнение, регулирование стока, изменение и фрагментацию окружающей среды обитания, эксплуатацию человеком и вселение чужеродных видов [14].

Анализ совместной встречаемости видов стал обычной практикой в экологических исследованиях, целью которых является понимание детерминированных (конкретных) или стохастических (случайных)

закономерностей, лежащих в основе структуры сообщества, и факторов окружающей среды, которые определяют эти закономерности [13].

Сообщества рыб определяются эффектами, действующими в региональном и локальном масштабе, где абиотические факторы ограничивают широту распространения видов, а биотические факторы определяют выживание видов в системе [15].

Для того чтобы, лучше понять влияние биотических, абиотических и антропогенных факторов на структуру сообщества рыб, рассмотрим их отдельно с соответствующими примерами.

1.1.1 Биотические факторы, влияющие на структуру сообщества рыб

Отношения в системе хищник-жертва являются одним из главных факторов, определяющих экологические закономерности в сообществах пресноводных рыб. Разделение ресурсов между рыбами также предполагает, что конкуренция может играть важную роль в местной организации сообществ [8]. Гилпин и Даймонд в своих исследованиях подтвердили, что во многих тропических водных экосистемах хищники также являются основным двигателем структуры сообщества, влияя на видовой состав, численность и биомассу популяций рыб [16]. Экспериментальные исследования показывают, что сложность среды обитания снижает эффективность хищников, обеспечивая убежище для жертвы, то есть мелкой рыбы [17]. Чрезмерное воздействие хищников может вызвать побочные эффекты по всей трофической цепи с ограничениями на продуктивность, а нисходящий контроль пищевой цепи потенциально может привести к серьезным изменениям биомассы нижних трофических уровней в озерных экосистемах [18].

Когда жертва меняет свое место обитание и поиск пищи, чтобы избежать нападения хищников, она может испытывать соответствующие изменения в жизненном цикле и снижении приспособленности. Следовательно, в этих сообществах происходят замедление роста малоразмерных рыб, и в течение более длительного времени они остаются уязвимыми для хищников. Если особи созревают при меньшем размере тела, то соответственно снижается плодовитость, которая может быть компенсирована сокращением срока между появлением новых генераций, а также особи могут испытывать повышенную смертность в период экологического стресса [8, 19].

Помимо хищников, сильное воздействие на экосистемы оказывает появление чужеродных видов, обладающих достаточным уровнем приспособляемости для успешной конкуренции за экологические ниши с аборигенными видами рыб. Во многих литературных источниках, связанных с разделением ресурсов между рыбами, предполагается, что конкуренция может играть важнейшую роль местной организации сообществ [20].

Конкуренция за кормовые ресурсы и среду обитания между аборигенными и чужеродными рыбами может привести к снижению роста, выживаемости и репродуктивного потенциала аборигенных популяций. Если чужеродный вид рыб успешно заселяет среду обитания и использует ресурсы, которые в противном случае использовались бы местной рыбой, то со временем

характеристики местных популяций могут измениться. Эта проблема внутри- и межвидовой конкуренции за корм и пространство может быть особенно проблематичной в случае зарыбления ограниченных акваторий неестественно высоким количеством рыб [21].

Большинство исследований основано на полевых наблюдениях, и многие предполагают, что сегрегация ниш, а не конкурентное исключение является преобладающим результатом конкурентных взаимодействий [8, 22]. Эти факторы оказывают сопоставимое воздействие на рыбные сообщества как в озерных, так и в речных системах.

1.1.2 Абиотические факторы, влияющие на структуру сообщества рыб

Абиотические воздействия в озерах и реках весьма различны в определении состава рыбного населения. В озерах воздействие многих факторов организовано вертикально вследствие вертикальной зональности водоема (литораль, пелагиаль и т.п.), в то время как в водотоков факторы среды изменяются в большей степени в горизонтальном направлении [23]. Абиотические факторы, такие как электропроводность и водородный показатель (рН), являются важными факторами для характеристики местообитаний сообщества рыб. В целом абиотические компоненты можно разделить на физические и химические факторы [23].

Физические факторы: Особенности среды обитания влияют на распределение видов в разных пространственных масштабах [24]. Например, на распределение видов рыб в пределах водотока влияет климат в региональном масштабе, градиент русла в локальном масштабе и размер частиц субстрата в масштабе локального местообитания. Другие важные факторы, такие как извилистость русла, крутизна берегов, прибрежная растительность и изменчивость потока, также влияют на среду обитания рыбы в реке. Кроме того, среда обитания в реке должна быть подходящей для определенного вида [8, 25, 26].

Давно признано, что температура ограничивает ареал видов как в широком географическом масштабе, так и в более мелких масштабах в пределах отдельных озер или рек [27]. Высокие температуры могут вызывать высокие физиологические потребности и стресс, а также снижать уровень насыщения воды кислородом. Таким образом, сочетание повышенной метаболической потребности и снижения доступности кислорода может оказаться ограничивающим или летальным [8]. Низкие температуры также могут ограничивать распространение видов и влиять на состав сообщества [8].

Геоморфология, субстрат донных отложений и макрофиты, все это влияет на скорость течения. Некоторые исследования показывают минимальное воздействие на взрослых рыб в сообществах рыб даже после крупных наводнений [28]. Увеличение стока приводит к расширению местообитаний и рефугиумов в реках, а также повышает кормовую базу, делая ее доступной для промысловых видов рыб, хотя это может привести к вытеснению некоторых видов из их местообитаний.

Глубина водотоков отрицательно коррелирует с вероятностью замерзания зимой и недостатком кислорода, а также с высокими температурами воды в летние периоды [17]. Мелководные водотоки и водоемы с более значительными крайностями в диапазоне условий, более изменчивы, что делает среду обитания таких экосистем более уязвимой для видов. Глубина, скорость течения температура воды и характер субстрата также являются наиболее важными характеристиками для нереста рыб.

Химические факторы: Химический состав воды в водоемах сильно варьирует в зависимости от сезона, времени суток, места и глубины [27]. Основными химическими факторами, влияющими на состав сообществ озерных и речных рыб, являются уровни растворенного кислорода. Крупным хищным видам обычно требуется более высокий уровень кислорода. В то же время многие малоразмерные виды обладают поведенческими и физиологическими адаптациями, которые позволяют им выживать даже при низком уровне кислорода [29].

Повышение температуры воды в реке вызывает стресс у водных организмов из-за снижения концентрации растворенного кислорода в воде, нарушения синхронизации тепловых сигналов, запускающих стадии развития, или вызывая тепловой шок и гибель. Удаление прибрежной растительности и создание каналов для водотоков может нарушить температурный режим воды в реке, способствуя нарушению условий обитаний или вызывая гибель водных организмов [8, 30].

1.1.3 Антропогенные факторы, влияющие на структуру сообщества рыб

Согласно Даджену [31], существует четыре основные категории антропогенных угроз для рыб: 1) регулирование стока воды, 2) загрязнение, 3) изменение водоема и 4) чрезмерный вылов. Это все приводит к потере целостности водотоков, к низкому уровню биоразнообразия и снижению продуктивности экологических сообществ.

Сельское хозяйство, лесозаготовка, городское развитие оказывают широкомасштабное воздействие на водную экосистемы, особенно на биоту. В целом, отмечается, что ускоренное накопление отложений в водных экосистемах приводит к уменьшению качества воды и сокращению биоразнообразия [32].

Сельское хозяйство оказывает существенное негативное влияние на сообщества рыб [33, 34]. Всем рыбам для воспроизводства требуется субстрат, а повышенное отложение, связанное с сельскохозяйственными методами, снижает выживаемость икры и личинок рыб [8, 32].

Изменения гидрологического режима реки за счет создания плотин или отводов русел также приводят к изменениям в местном сообществе рыб, влияя на воспроизводство, способность адаптироваться к новым условиям и даже к сокращению или исчезновению видов, менее способных к адаптации [22].

Взвешенные мелкодисперсные частицы могут забивать жаберные лепестки, что приводит к увеличению восприимчивости рыб к болезням и

вызывать гибель рыб в случаях асфиксии [35]. Когда в жабрах накапливается осадок, рыба в ответ чаще открывает и закрывает жаберные крышки, пытаясь удалить ил путем омывания жабр потоком воды. При длительном раздражении образуется слизь, которая может препятствовать газообмену и, следовательно, мешать дыханию, в конечном итоге рыба может фактически погибнуть из-за физического повреждения жабр и асфиксии [36].

Рыболовство существенно влияет как на структуру и состав рыбного сообщества, так и на трофические сети. Хищные рыбы являются основными коммерческими видами рыб и сокращение численности этих видов в водоеме, как правило, отражает степень эксплуатации рыбных ресурсов [22, 37].

Показано [38, 39, 40, 41], что последствия чрезмерного лова сравнимы с последствиями интенсивного промышленного загрязнения. В результате интенсивной промысловой эксплуатации водоема в течение многих лет сокращается число возрастных групп, изменяются размерно-весовые показатели рыб, наблюдается ранее созревание при крайне малых для вида размерах и т.д.

1.2 Краткая физико-географическая характеристика и гидрологический режим водоемов Алакольского бассейна

Территориально Алакольская впадина расположена в глубине Евразийского континента. Алакольский бассейн в геологическом отношении связан и входит в состав Балкаш-Алакольской котловины, и представляет собой уникальный природный комплекс озерных групп и речных систем [42, 43, 44]. Он занимает (46-48⁰ с.ш. и 80-82⁰ в.д.) обширную территорию юго-восточного Казахстана (70%) и прилегающих к нему северо-западных районов Китая [45]. Алакольский бассейн с трех сторон окружен горными системами, ограниченными на севере хребтом Тарбагатай, на юго-западе Жетысу (Джунгарский) Алатау, а на юго-востоке - предгорьями хребтов Барлык и Майлы [46, 47].

Алакольская впадина похожа по конфигурации на неправильный, вытянутой по форме многоугольник [46]. Она граничит на юго-востоке с Джунгарскими воротами, а на северо-западе с Балхашской впадиной на расстоянии 300 км. Ширина Алакольской впадины на равнинной части с юго-востока на северо-запад увеличивается с 10 км до 100 км. В средней части расстояние от Жетысуского Алатау до хребта Тарбагатай составляет 150 км [46].

Согласно работе О.Ж. Сарсембеновой и др. (2016), на территории Алакольской впадины в юго-восточном Казахстане насчитывается 526 озер, из них 513 с зеркальной площадью более 1 км² [48].

В течение XIX и XX вв. Алакольская впадина и ее озера неоднократно исследовались географами, геологами, топографами, ботаниками, ихтиологами и гидробиологами. В физико-географическом отношении, особо стоит отметить исследования А. Голубева [49], В.В. Сапожникова [50], В.А. Обручева [51], Б.К. Терлецкого [52], Э.А. Сваричевской [53], К.В. Курдюкова [54], А.В. Попова

[47], Т.М. Трифоновой [55], В.М. Болдырева [56], Е.А. Казанской [57], Р.Д. Курдина [58], В.И. Коровина [59], П.П. Филонца [60] и др.

В самом центре Алакольской впадины расположены четыре крупных озера: Алаколь, Сасыкколь, Кошкарколь и Жаланашколь. Эти озера между собой соединены многочисленными небольшими озерцами и болотами, образующими обширную систему водно-болотных угодий с зарослями тростника [61].

Озерная система Алакольского бассейна расположена на стыке двух административных областей. На северо-востоке она охватывает Восточно-Казахстанскую (Уржарский район), а на юге Жетысускую область (Алакольский район) [62].

Ряд авторов [63, 64], занимающихся геологическими и туристическо-рекреационными исследованиями Алакольского бассейна, орографически делят его на горную (44%) и равнинную (56%) территорию. Равнинная часть Алакольского бассейна понижается по направлению к озерным системам от 800 м над уровнем моря в предгорьях до 347 м у озера Алаколь [47]. Климат равнинной части Алакольского бассейна резко континентальный. Зима здесь продолжительная и малоснежная, в отдельные годы морозы достигают 48-51 гр. С. Летом становится очень жарко с высокими дневными температурами до 40-42 гр. С. Своеобразие географического положения и резко континентальный климат, в свою очередь, повлияли на формирование здесь в основном пустынно-полупустынных природных условий [63].

Атмосферные осадки на рассматриваемой территории распределяются неравномерно. Среднее годовое количество осадков на разных участках Алакольского бассейна варьируется в пределах 165-521 мм [46].

Ветровой режим Алакольского бассейна чрезвычайно сложен и своеобразен; в разных частях бассейна он резко отличается. В Алакольском бассейне Джунгарские ворота с давних пор являются самым ветровым местом в Центральной Азии. Преобладающие направления ветра - с северо-запада (Сайхан), юго-востока (Евгей) и северо-востока (Тарбагатай). С этих направлений ветер дует попеременно в течение года в противоположных направлениях через узкий горный проход Джунгарских ворот. Среднегодовая скорость ветра здесь составляет 6,5 м/с, в том числе юго-восточного направления – 10,5 м/с. Наибольшая среднемесячная скорость наблюдается в январе (11,6 м/с), а наименьшая в июне (3,0 м/с). Сила ветра «Евгей» достигает до 50-70 м/с. Средняя повторяемость ветра «Евгей» в год составляет 340 раз, а «Сайхан» 296 раз [46, 65, 66].

По данным Т.М. Трифоновой (1965) [67] продолжительность фенологических сезонов на равнинной части Алакольской впадины была следующей: весенний период – 25 марта – 15 мая (52 дня), летний период – 16 мая – 30 сентября (138 дней), осенний период – 1 октября – 15 ноября (45 дней), зимний период – 16 ноября – 24 марта (130 дней).

Озера Алакольского бассейна с системой придаточных водоемов занимают площадь 68700 км². Основная часть (48600 км²) находится на

территории Казахстана, а остальная часть - в приграничном районе КНР (рис. 1). В западной части бассейна находится оз. Сасыкколь (736 км²), дальше в сторону юго-востока лежат озера Кошкарколь (120 км²), Алаколь (2650 км²) и Жаланашколь (38 км²). Водно-болотные угодья с тростниковыми зарослями и мелкими озерами занимают около 1100 км² [68]. Таким образом, на четыре вышеупомянутые озера приходится 95% общей площади водного зеркала и более 99% водных ресурсов всех озер. Основными притоками Алакольского бассейна являются реки Тентек, Шынжылы, Уржар, Катынсу, Емель, Ырғайты и Жаманты.

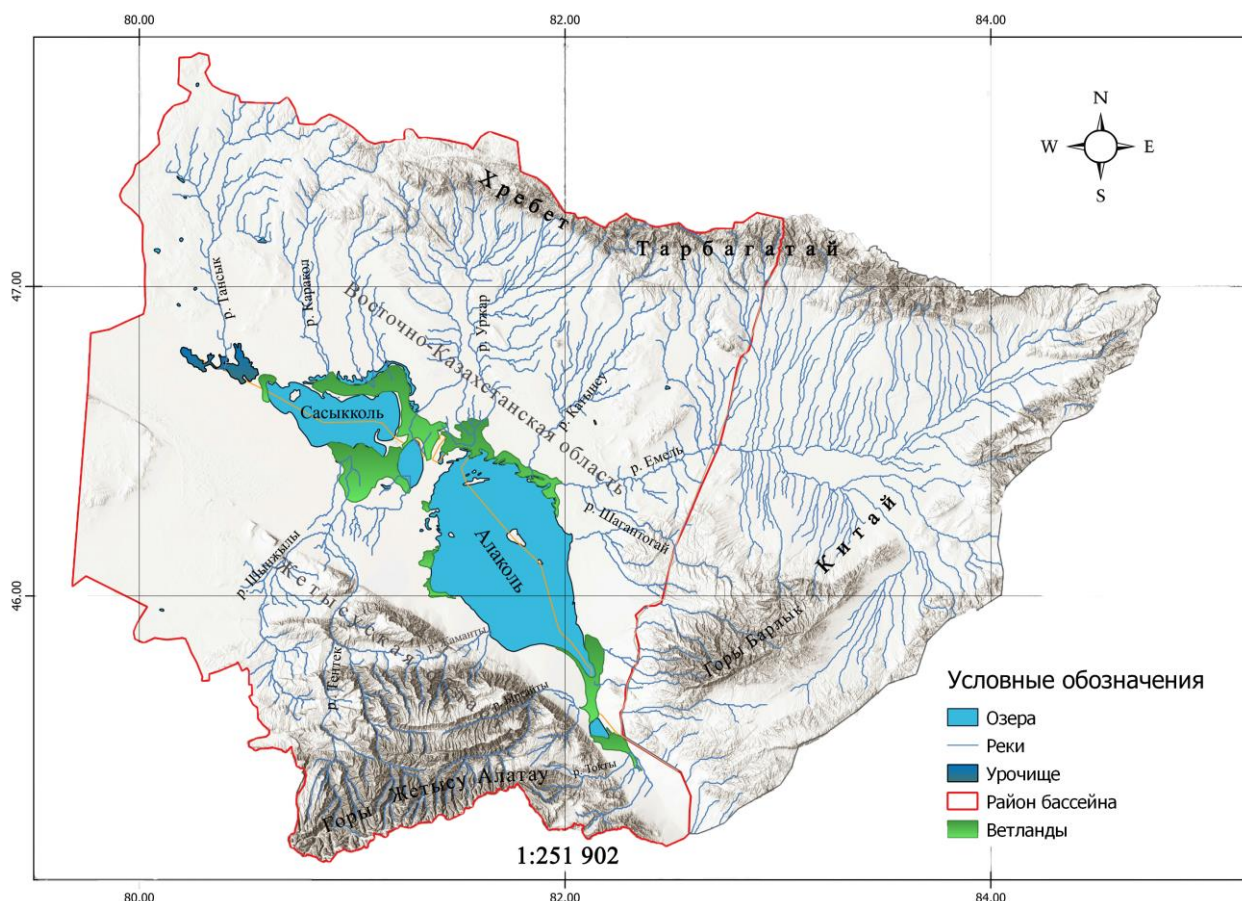


Рисунок 1 - Физико-географическая карта Алакольского бассейна (отрисована по литературным данным) [62]

Поверхностные воды Алакольского бассейна представлены сетью постоянно действующих рек, их многочисленных притоков с временными водотоками, а также озерными системами.

1.2.1 Основные озера Алакольского бассейна

Озеро Алаколь - самое крупное озеро, занимает более низкую впадину в системе. При среднемноголетнем уровне воды 347,3 м над уровнем моря его зеркальная площадь составляет 2650 км² (с островами 2696 км²), а объем воды 58,56 млрд. м³. Озеро бессточное, имеет неправильную грушевидную форму и вытянуто с северо-запада на юго-восток. Длина озера - 104 км, ширина - 52 км,

длина береговой линии - 384 км, наибольшая глубина - 54 м, а средняя - 22,1 м. Площадь водосбора озера составляет 47859 км². Из-за многочисленных островов, кос и отмелей, озеро имеет сложный рельеф дна [46, 60, 69].

В центральной части озера, ближе к его северо-восточным берегам, расположены три острова: Улкен Аралтобе, Средний и Киши Аралтобе. Самый глубокий участок оз. Алаколь находится к юго-западу от о. Киши Аралтобе. В этих местах глубина достигает 50-54 м. Все острова сложены палеозойскими породами и имеют крутые, а на юго-западе - обрывистые берега.

Береговая линия озера непостоянная, сильно изрезанная [5, 70]. Имеются многочисленные полуострова, мысы, косы (Жарбулакская, Кондыаралкум), заливы (Кенесбай, Бел-Кудык, Уржарский, Зеленский, Жолдыюзек, Киши Алаколь) и бухты [46, 60, 71].

В озеро Алаколь впадает более 15 притоков, из которых шесть являются основными реками. С южного склона хребта Тарбагатай на северную и северо-восточную часть озера Алаколь впадают реки Уржар (50%), Катынсу (8,8%) и Емель (27,4%). На юге и юго-востоке с отрогов Жетысуского Алатау по направлению к озеру Алаколь впадают реки Жаманоткель (5%), Ырғайты и Жаманты (8,8%) [46, 60].

По составу вода в озере хлоридно-натриевая и сульфатно-натриевая. Величина рН в течение года колеблется от 7,2 до 9,1. Прозрачность воды увеличивается от 0,6 м в мелководной северо-западной части озера до 6 м и более в центральной [60, 71, 72].

Озеро Сасыкколь - второе по величине озеро Алакольской впадины. Оно расположено на границе Алматинской и Восточно-Казахстанской областей в низкой северо-западной части Алакольского бассейна, на высоте 350,5 м. При такой высоте его зеркальная площадь составляет 736 км², а с островами 747 км². Объем воды 2,43 млрд. м³. Само озеро проточное и протягивается с запада на восток. Длина озера составляет 49,6 км, ширина до 19,8 км, в среднем 14,8 км, протяжённость извилистой береговой линии 182 км [46, 60].

Глубина от берега нарастает постепенно от 0,5 м до 4-5 м, наибольшие глубины находится в восточной части. Дно ровное, с небольшим уклоном с запада на восток. Прибрежная часть озера невысокая, заболоченная, заросшая тростником. На юго-востоке в озеро вдаётся полуостров Аралтобе с двумя глубоководными заливами - Борген и Жартас. На северо-западной стороне озера находится о. Кишкене Аралтобе площадью 11 км², длиной 5 км и шириной 2,8 км [73].

В озеро Сасыкколь впадают три притока: на юго-востоке – р. Тентек, на севере – р. Каракол, на западе – р. Ай. В маловодные годы основной сток рек Каракол и Ай расходуется на испарение и не достигают озера. Река Тентек обеспечивает почти 95% поверхностного стока [65, 73].

Согласно исследованию Филонца П.П. [73] по химическому составу озеро Сасыкколь относится к гидрокарбонатному классу. Прозрачность воды 0,2-2,6 м, рН 7,3-8,6. Минерализация воды в течение годы колеблется от 0,27 до 2,16 г/л по акватории, так и равномерно распределяется по глубине озера.

По данным Джи Бай и других исследователей (2011) в период 1975-2007 гг. площадь оз. Сасыкколь была мало изменялась [74].

Озеро Кошкарколь - расположено между озерами Сасыкколь и Алаколь, от которых оно отделено перешейками шириной 4,5 км и 5,5 км. Озеро проточное и имеет форму эллипса, вытянутого с севера на юг. Площадь озера при высоте 349,8 м составляет 120 км², объем воды 488,3 млн. м³ (длина – 18,3 км, ширина – 9,6 км, максимальная глубина – 5,8 м, средняя – 4,1 м). Глубина к юго-западу постепенно увеличивается. Дно относительно плоское. Берега озера, за исключением восточной части, заболочены и покрыты сплошными зарослями тростника.

Озеро Кошкарколь не имеет собственных притоков. Оно пополняется с запада в основном за счет оз. Сасыкколь, путем фильтрации через береговой вал и надводный сток, а также по р. Жинишкесу, сток которой направлен в сторону оз. Кошкарколь.

В период низкого уровня оз. Сасыкколь поверхностный приток прекращается. Незначительный сезонный приток в весенне-летний период со стороны юго-запада обеспечивает рукав Сухая речка. Сток из оз. Кошкарколь осуществляется через проток Уялы на восток в р. Уялы и далее в р. Уржар.

По гидрохимическому составу озеро Кошкарколь относится к гидрокарбонатному классу. Среди катионов преобладает натрий. Прозрачность воды на акватории колеблется от 0,2 до 1 м. Значение рН 7,3-8,6 [60, 73].

Озеро Жаланашколь - самое маленькое в цепи озер Алаколя. Оно расположено к югу от озера Алаколь и находится на высоте 372,5 м, имеет овальную форму и простирается с юго-востока на северо-запад. Площадь водной поверхности озера составляет 35,7 км². Длина озера – 9 км, ширина – 5,8 км, наибольшая глубина -3,25 м, средняя 2,6 м.

Глубины озера имеет небольшой уклон на север. Наибольшая глубина отмечена в северо-западной части озера. Дно озера слегка волнистое. Береговая линия выровненная. Берега преимущественно низкие, затопленные, местами заболоченные, заросшие камышом.

Озеро Жаланашколь не имеет прямых речных притоков. Оно восполняется за счет подземного стока, незначительного стока талых и дождевых вод. Когда озеро наполняется, вода перетекает по прибрежному валу к северо-западному берегу в проток Жаманоткель [46, 60, 73]. Однако в некоторых источниках отмечается, что в озеро Жаланашколь впадают такие реки, как Ыргайты, Токты и Шыксалы [63].

По химическому составу вода оз. Жаланашколь носит преимущественно сульфатно-гидрокарбонатно-натриевый характер, рН колеблется от 7,6 до 8,6. Прозрачность воды увеличивается варьирует от 0,2 до 1,2 м [60, 75].

В Алакольском бассейне реки образуются в основном в пределах горных обрамлений впадины (Тарбагатайский хребет, Барлыкские и Жетысуские горы) и текут в сторону Алакольских озер. Густота гидрографической сети и их водность в основном связаны с топографией и климатическими условиями

данной местности. В зависимости от этих факторов бассейн озера Алаколь делятся на две группы - горные и равнинные [76, с.52].

1.2.2 Реки южного склона хребта Тарбагатай

В направлении северной стороны к оз. Алаколь стекают крупные реки - такие как р.Уржар, р. Катынсу и р. Емель. В сторону озера Сасыкколь текут реки Тансык, Ай и Каракол, но эти реки не достигают озера.

Для рек южного склона хребта Тарбагатай характерно в основном снеговое питание. Дождевое и грунтовое питание играют второстепенную роль. Довольно характерно деление водосборной площади рек на горную и равнинную части. Дожди, выпадающие в летне-осеннюю межень, очень мало меняют положение меженных уровней. Зимняя межень несколько ниже летней и относительно стабильна. Самые низкие годовые уровни обычно наблюдаются перед началом наводнений, чаще всего в феврале [77, с.42].

Река Тансык начинается с западного массива хребта Тарбагатай и теряет постепенно свои воды на обширных равнинных территориях между озерами Балкаш и Сасыкколь, в районе невысоких гор Калдар, изобилующих небольшими солеными озерами [77].

В литературе [78, с.555] указывается, что ее длина реки составляет 95 км, а водосборная площадь 2550 км². Широкое русло реки имеет обрывистый берег. Питание река в основном дождевое и подземное. Основные рукава реки: Шаумен (Байатасай), Каракатын, Жыланды и Сайкаркамыс. Кроме того, здесь протекает 77 малых рек и родников общей протяженностью 186 км. Среднегодовой расход воды составляет 0,38 м³/с.

Река Ай находится в Аягосском районе Восточно-Казахстанской области. Она берет свое начало с горы Акшаули хребта Тарбагатай. Длина реки 152 км, площадь водосбора 3090 км². Река Ай, протекая с гор на равнину, постепенно теряет воду за счет высыхания и испарения и обычно не достигает 30-40 км до оз. Сасыкколь. Связь реки с озером может произойти только в особенно полноводные годы.

Минерализация воды в реке колеблется от 0,57 до 2,00 г/л. По химическому составу минералов вода относится к кальциевой группе гидрокарбонатного класса. В пойме реки растут густые луга, используемые в качестве пастбищ [77].

Река Каракол берет свое начало от горных отрогов Аксаули и Тулкили хребта Тарбагатай и впадает с востока возле села Сагат в оз. Сасыкколь. Длина реки составляет 184 км, водосбор притока 1940 км². Каракол, более многоводная, чем Ай и Тансык, приносит свои воды в озеро лишь в наиболее многоводные годы, в период весеннего половодья. Каракол питается за счет грунтовых вод и дождевых осадков. Среднегодовой расход воды Каракол возле с. Таскескен составляет 4,15 м³/с. Ниже с. Таскескен ее русло расширяется. После с. Каракол появляется пойма до 8-10 км ширины, а в устье пойма превращается в непроходимое болото. В летний период воды этой реки почти целиком разбираются на орошение [77, 78].

Река Уржар - одна из трех основных рек, впадающая с севера в оз. Алаколь. Протекает по территории Уржарского района Восточно-Казахстанской области. Она образуется в южной части горного хребта Тарбагатай, между вершинами Маралчеку и Тастау, где сливаются два горных ключа. Протяжённость реки Уржар составляет 206 км, площадь водосбора равна 5280 км². С правой стороны реки сливаются р. Каначка и Егинсу, а с левой стороны р. Шошкалы, р. Карагайлы и р. Кусак. Многолетний средний расход воды ниже (0,7 км) русла р. Сарыбулак - 19,1 м³/с [78].

Река имеет смешанное питание: снегово-ледниковое и грунтовое. Основными притоками являются реки Шошкалы, Егинсу, Каначка и Кусак. Река Уржар имеет огромную придаточную систему [78]. Кроме массы средних и мелких озёр во время паводков под водой оказываются большие пойменные пространства с небольшими глубинами, хорошо прогреваемые, заросшие молодой луговой растительностью.

Дельта реки Уржар считается наиболее загрязненной в регионе, так как вдоль реки расположены населенные пункты и районный центр г. Уржар, который используют речную воду в основном для орошения посевов сельскохозяйственных культур. Оттуда уже поступает огромное количество опасных загрязняющих веществ, что, в свою очередь, приводит к высокой концентрации поллютантов.

Река Катынсу протекает по территории Уржарского района Восточно-Казахстанской области. Берет начало в горах Тастау и Жалаулы хребта Тарбагатай и ниже с. Коктал впадает в оз. Алаколь. Протяжённость реки составляет 155 км, площадь водосбора 1650 км². Русло реки в среднем и нижнем течении широкое (0,5–0,6 км), берега крутые, высотой 1-3 м. Питание реки преимущественно снеговое (40-50%) и дождевое (10-12%), оно дополняется грунтовыми водами. Русло в основном мелководное. Среднегодовой расход воды возле с. Кызылжудыз - 4,67 м³/с. От р. Катынсу отходит 8 ирригационных каналов [78].

Основные притоки Катынсу – р. Коктерек, р. Маканши и р. Суыкбулак. Река проходит по супесчаным, песчаным, реже суглинистым грунтам [79].

Река Емель является единственной трансграничной рекой Алакольского бассейна. Истоки реки находятся на территории КНР. Берет начало из источников Уркашар на склонах восточной части горы Тарбагатай (в Китае) и впадает в северо-восточную часть оз. Алаколь. Общая протяженность реки составляет 254 км, на территорию Республики Казахстан остается небольшой равнинно-предгорный участок с устьевым пространством длиной в 91 км. Площадь водосбора 21,6 тыс. км², годовой расход воды колеблется 4-11,4 м³/с. Питание реки - снеговое и подземное [78].

На китайской стороне, в 20 км от границы, течение р. Емель регулируется плотиной, образующей водохранилище, которое используется под искусственное выращивание товарного карпа и растительоядных рыб.

1.2.3 Малые реки хребта Барлык

Многочисленные малые реки, стекающие с хребта Барлык, после выхода из гор быстро теряют воду в конусах наносов, не донося их до оз. Алаколь 10-20 км. Однако следует отметить, что именно вдоль восточного побережья озера чаще всего наблюдаются выходы вторичных вод, которые обязаны своим происхождением этим рекам. Воды рек, стекающих с хребта Барлык слабо минерализованы [77].

Река Тасты протекает по территории Уржарского района, Восточно-Казахстанской области. Длина 77 км, площадь водосбора 402 км². Река начинается на северо-западном склоне хребта Барлык (на территории Китая) и впадает в оз. Алаколь. Берег реки крутой. Река Таста в основном пополняется дождевыми и грунтовыми водами. В сентябре ее средний расход воды равен 2,40 м³/с. В устье реки расположено с. Жарбулак [78].

Река Шуршит протекает по территории Синьцзян-Уйгурский автономного района Китая и Уржарского района, Восточно-Казахстанской области. Длина реки составляет 57 км. Река берет свое начало на территории Китая на западных склонах хребта Барлык и не доходя 4 км до с. Узынагаш (Уржарский район) теряет свою воду. Вода р. Шуршит возвращается на поверхность у оз. Алаколя в виде множества родников и ручьев. Верхнее течение русло реки ущелистое, середина обрывистая и нижнее течение не имеет четкого характера. Река Шуршит преимущественно питается дождевой водой. Многолетний средний расход воды возле границы составляет 0,10 м³/с [78].

Река Шагантогай протекает через границы Синьцзян-Уйгурский автономного района (КНР) и Уржарского района, Восточно-Казахстанской области. Истоки реки находятся на территории Китая. Берет начало из источников на северо-западных склонах хребта Барлык, а в Казахстане с восточной стороны впадает в р. Емель на 23 км выше ее устья.

Длина реки достигает до 104 км, площадь водосбора 693 км². Река наполняется за счет дождевых и грунтовых вод. В апреле-мае река разливается, а осенью приходит в обычное состояние. Минерализация воды в период половодья колеблется 150-300 мг/л, в осенний период изменится от 400 до 600 мг/л. Многолетний средний расход воды возле с. Карабулак составляет 1,41 м³/с [78].

1.2.4 Реки Жетысуского (Джунгарского) Алатау

С отрогов Жетысуского Алатау в Алакольскую впадину текут следующие наиболее крупные реки: Токты, Оленты, Ырғайты, Жаманты и Тентек со своим крупным левобережным притоком Шынжалы. Токты и Оленты – наименее водоносные, теряют свои воды почти сразу же после выхода из гор. Река Ырғайты доносит воды до болот, расположенных между озерами Алаколь и Жаланашколь, и только р. Жаманты напрямую впадает в озеро Алаколь. Этому способствуют благоприятные орографические особенности: в бассейне реки зона рассеивания стока имеет очень слабое развитие [77].

Реки Жетысуского Алатау в отличие от рек, впадающих в северную часть Алакольских озер, не имеют достаточно протяженные участки русел, проходящих по равнинной части. Минерализация рек Жетысуского Алатау варьирует в пределах 0,6-2 мг/дм³.

Река Тентек является одной из крупных рек Алакольского бассейна. Протекает по территории Алакольского района Алматинской области. Она начинается от слияния трёх рек с единым названием – Тентек: (в порядке с запада на восток) Женишке, Орта-Тентек, и Шет-Тентек). Берет свое начало с ледников (Кокетау и Сарыбуйрек) на северном склоне Жетысуского Алатау. Основными притоками являются р. Шынжылы, р. Шымбулак, р. Аршалы, р. Агыныкатты и др. С левого берега в районе г. Ушарал река принимает приток р. Шынжылы, далее впадает в юго-восточную часть озера Сасыкколь, образуя обширную дельту с болотом и заросшим тростником, площадью более 17 тыс. га. Дельтовый участок реки находится на территории Алакольского государственного природного заповедника. Протяжённость реки около 200 км. Площадь водосбора 5390 км². Ее среднегодовой расход воды возле с. Ынталы составляет 47,1 м³/с. В мае сток реки увеличивается до 114 м³, в июне несколько уменьшается и достигает 96 м³.

Река протекает мимо сёл Шымбулак, Кожар и Сапак. Восемью километрами ниже села Сапак происходит слияние русел Орта-Тентек и Тентек. Далее река называется Тентек и протекает в глубоком ущелье в горах Шубынды и Кызылтогай. На реке построен Ушаральский гидроузел, распределяющий воды реки по оросительным каналам [78].

Река Шынжылы – левобережный приток реки Тентек, принадлежащий Алакольскому бассейну. В многоводные годы длина ее достигает до 110 км. Площадь водосбора составляет 1510 км². Река берет начало из ледников и снегов на северных склонах гор Коктобе Жетысуского Алатау и впадает с левой стороны в р. Тентек в 5 км ниже г. Ушарал.

В верхнем и среднем течении русло Шынжылы узкое, во многих местах прорезает горные породы, образуя крутые обрывы (5-12 м). Пойма четко формируется только в нижней части реки, и ширина в этих местах колеблется от 50 до 120 м, русло становится более извилистым. Река протекает через села Жыланды, Карлыгаш, Ушкаин, Майлыбулак, Екпенды, Акжар и Кабанбай. Питание реки смешанное: из тающих ледников и снега, с осадками и подземными водами. С восточной стороны, где расположены поселки Майылшат, Теректи и Талдыбулак поступают родники. Максимальный уровень наблюдаются в весенне-летний период. Вода в реке пресная гидрокарбонатная кальциевая с минерализацией 0,2 г/дм³. Вниз по течению минерализация ее увеличивается до 0,5-0,8 г/дм³. Средний многолетний расход воды в устье составляет 2,70 м³/с. Воду реки используют для обеспечения населенных пунктов питьевой водой. Также вдоль реки построены два оросительного канала [78].

Река Ыргайты образована слиянием рек Коксуат и Тастау, берущих начало на северном склоне, на восточной оконечности хребта Жетысуского

Алатау на высотах до 3700 м. Общая протяженность реки от истока Тастау до впадения в оз. Алаколь составляет примерно 100 км, а от истока Коксуат 72 км. Длина от слияния притоков до оз. Алаколь около 32 км. Берега обрывистые высотой 12-15 м. Течение сильное и в летний период становится половодьем. Многолетний средний расход воды в устье составляет 8,38 м³/с.

Река течет в глубоком узком ущелье, в северо-восточном направлении, а в низовьях русловая часть расширяется на 200-500 м. После слияния река называется Ыргайты и протекает примерно 9 км в глубоком, живописном каньоне, далее выходит на равнину, где через 23 км впадает в залив Киши Алаколь. Дельта реки сильно заболочена. Питание реки смешанное: ледниковое, снеговое, дождевое и подземное [80].

Река Жаманты берет начало в северо-восточных склонах гор Жабьк и Кунгей (на высотах 2800 м) хребта Жетысуского Алатау и впадает в южную часть оз. Алаколь у с. Коктума. Река состоит из двух ручьев: Карабулак и Кызылтал. Длина реки 51 км, площадь водосбора 652 км². Средний годовой расход воды возле с. Ушбулак – 6,6 м³/с [78].

1.3 Проблема чужеродных видов рыб

Проблема биологических инвазий чужеродных видов рыб стала актуальной со второй половины XX века. В основном хозяйственная деятельность человека, направленная на обогащение ихтиофауны и получение дополнительных рыбных продуктов привела к массовому росту и расширению ареалов этих видов, а вместе с ними и других, случайных вселенцев [81, 82, 83, 84, 85]. Негативное воздействие чужеродных видов рыб стало очевидным только через некоторое время после того, как они были интродуцированы и натурализовались.

Глобальная база данных о распределении пресноводных рыб в 3119 водосборных бассейнах показывает, что в случае 8128 межбассейновых интродукций 745 чужеродных вида сформировали устойчиво существующие популяции [86]. По данным ФАО 2019 г. наибольшая доля установленных чужеродных видов рыб встречается в регионах с умеренным климатом в Европе, Северной и Южной Америке [87].

Исследования, посвященные интродукции рыбы и оценке положительных результатов и отрицательных последствий такой деятельности достигают порядка тысяч как в глобальном, так и в региональном масштабе [88, 89, 90, 91, 92, 93, 94]. К ним также относятся работы отечественных ихтиологов [95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105], которые по результатам ежегодного мониторинга выясняют проблемы проникновения чужеродных видов в различных крупных рыбохозяйственных бассейнах Казахстана, оценивают современное состояние их популяций и предлагают рекомендации по предотвращению дальнейшего распространения.

Первые и наиболее важные последствия интродукции чужеродных видов рыб проявляются в угнетении популяций местных аборигенных видов рыб. Они даже могут повысить риск исчезновения эндемичных и аборигенных видов,

повлиять на генетический состав местных популяций, изменить таксономическое и функциональное разнообразие затронутых сообществ и трофических сетей, а также изменить продуктивность экосистем, круговорот питательных веществ и загрязняющих веществ, а также нарушение гидрологических режимов [106, 107].

Эндемичные виды довольно часто малочисленны и особенно подвержены риску исчезновения в результате конкуренции или под давлением хищных интродуцированных видов.

Проблему биологической инвазии с точки зрения их воздействия на аборигенные виды Ю.Ю. Дгебуадзе (2002) рассматривает по 4 категориям (рис. 2). Такие формы воздействия приводят к последствиям в виде изменения видового состава, популяционной структуры и функций экосистем [108].

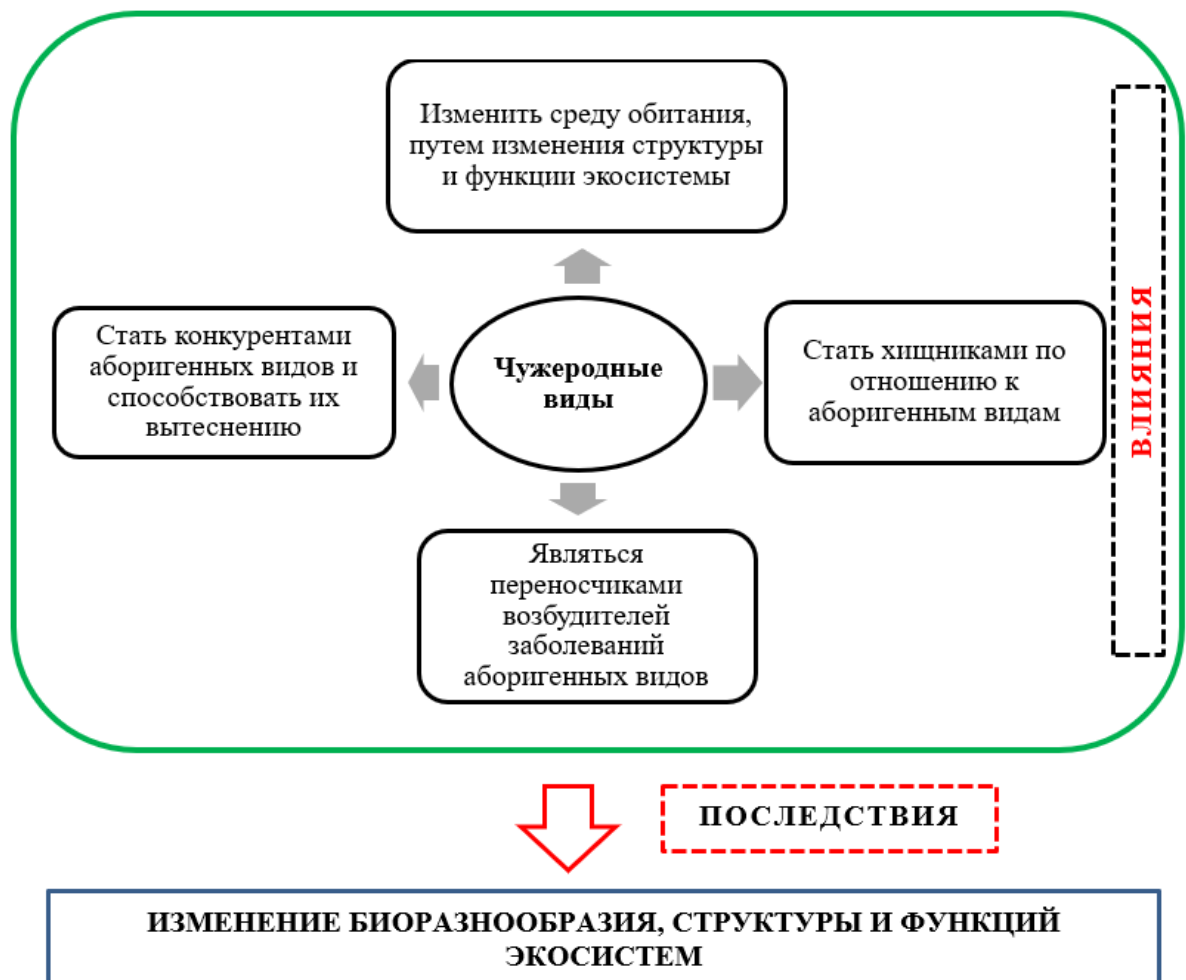


Рисунок 2 - Схема влияния чужеродных видов рыб на аборигенную ихтиофауну (составлена на основе материала Дгебуадзе Ю.Ю.) [108]

Предотвращение будущих биологических инвазий - очень важная и неотложная задача. Однако, некоторые авторы утверждают, что полностью контролировать или остановить экспансию чужеродных видов невозможно [109, 110].

С другой стороны, можно сказать, что сохранение аборигенных видов в будущем зависит от умения управлять чужеродными видами. Для получения новых знаний по управлению инвазиями необходим тщательный мониторинг состояния чужеродных видов [111].

Для предотвращения дальнейшей утраты биологического разнообразия в результате влияния чужеродных видов чрезвычайно важно международное сотрудничество, прежде всего на глобальном уровне. Правительства и общественность практически во всех странах теперь осознают важность и масштабы воздействия чужеродных видов на биоразнообразие. В Конвенции о биологическом разнообразии (Рио-де-Жанейро, 1992), в статье 8 (h), написано дословно, что Договаривающиеся стороны, насколько это возможно, и в зависимости от обстоятельств, предотвращает интродукцию чужеродных видов, которые угрожают экосистемам, местам обитания или видам, контролируют или уничтожают такие чужеродные виды [112].

С каждым годом укрепляется тенденция увеличения численности чужеродных видов. При огромном пространстве водных экосистем, а также с учетом трансграничности некоторых водоемов, зачастую трудно добиться желаемого результата по контролю инвазий. В связи с этим была создана Глобальная база данных (www.iucngisd.org) по инвазивным видам [113]. Данная база разработана и управляется несколькими организациями - такими как, Группа специалистов по чужеродным видам (ISSG), Комиссия по выживанию видов (SSC) и Международный союз охраны природы (IUCN). Кроме того, в настоящее время существуют дополнительные комплексные счета в континентальном, региональном или национальном масштабе для конкретных и/или инвазивных чужеродных видов. Из общедоступных интернет-сайтов по проблеме чужеродных видов следует отметить следующие порталы: Глобальный регистр интродуцированных и инвазивных чужеродных видов (www.griis.org), Проект проведения инвентаризаций чужеродных видов для Европы (DAISIE), отчеты USGS о чужеродных видах, Европейская сеть по инвазивным чужеродным видам NOBANIS (Северная и Центральная Европа) и NEMESIS (<https://invasions.si.edu/nemesis>), Справочник по инвазивным видам (CABI) и т.д. [113]. Также ученые из некоторых стран уже начали издавать «Черную книгу», в которой описывается список наиболее влиятельных чужеродных видов для той или иной территории.

Проблема чужеродных видов рыб можно описать по аспектам синэкологии, которые включают конкуренцию, пищевые сети, хищник-жертва, паразит-хозяин, каскадный эффект и не прямые взаимодействия. Среди них хищничество и заражение паразитами является весьма проблематичными. Плановая акклиматизация производилась без соблюдения соответствующих ветеринарно-санитарных правил. Чужеродные паразиты попадают в новые регионы на разных стадиях развития и в новой экосистеме могут осваивать новых рыб-хозяев из числа аборигенных видов.

В период 1940-х годов в Балхаш-Алакольском бассейне у 9 видов рыб было отмечено 23 вида паразитов, а в 1977 году у 30 видов рыб обнаружено 123

разновидности паразитов [114]. В оз. Алаколь у балхашского окуня в период 1940-2000 гг. число паразитов выросло с 8 до 15 видов паразитов. Увеличение паразитарного пресса всегда вызывает опасение. Неоднократно было показано, что чужеродные виды рыб являются не только возбудителями многих паразитарных инвазий, но также способствуют их трансмиссивности среди аборигенных видов рыб [115].

В нашей стране имеется несколько крупных трансграничных водотоков, которые являются основным коридором проникновения чужеродных видов. Малоценные чужеродные виды рыб зачастую очень пластичны к условиям окружающей среды и в условиях пониженной водообеспеченности они способны вытеснять ценные промысловые виды, что существенно снижает рыбопродуктивность водоемов [116].

Можно отметить, что важным элементом природоохранной политики является не только определение путей вселения и отдаленных экологических последствий, вызываемых интродукцией, но и разработка эффективных стратегий для контроля над вселенцами. На сегодняшний день существуют традиционные, перспективные и генетические методы борьбы с чужеродными видами рыб [117, 118].

1.4 Применение молекулярно-генетического анализа для идентификации видов рыб

Известно, что многие запутанные вопросы таксономии рыб, внутривидовой изменчивости и структуры вида не могут быть решены с использованием традиционных морфологических методов и индикаторных признаков [119, 120, 121]. Точная оценка видового разнообразия остается серьезной проблемой для систематической ихтиологии [121].

Развитие молекулярных методов помогло активизировать исследования систематики рыб [122]. За последние 30 лет были предприняты попытки различать популяции рыб с помощью специальных молекулярных маркеров. Анализ результатов первых исследований с использованием маркеров митохондриальной ДНК (мтДНК) показал, что это хороший инструмент для решения задач филогении и филогеографии рыб [123].

Особенность мтДНК связана с ее матрилинеальностью, то есть наследованием по материнской линии, и отсутствием рекомбинации. Накопление мутаций в молекуле мтДНК происходит в 5-10 раз быстрее, чем в ядерном геноме, что позволяет использовать маркеры мтДНК не только для решения вопросов филогении, но и для анализа внутривидовой структуры [124].

Несмотря на успешное вовлечение молекулярно-генетических методов в таксономию рыб, иногда обнаруживается несоответствие молекулярно-генетических данных с морфологическими данными.

На сегодняшний день среди различных молекулярно-генетических подходов для молекулярной идентификации рыб на уровне видов используются ДНК-штрихкодирование (DNA barcoding) на основе митохондриальной ДНК (mtDNA). Последовательность мтДНК генов, таких

как первая субъединица цитохром *c* оксидазы (COI), цитохром *b* (cytb) и 16S рРНК (16S), были одними из наиболее используемых генетических маркеров для идентификации видов рыб [122, 127, 128]. Позже, при разработке унифицирующей системы для изучения разнообразия животных в качестве универсального маркера был выбран фрагмент гена COI, который является весьма консервативным для каждого вида и имеют короткие последовательности длиной около 650 пар оснований [128, 129]. Этот генетический маркер доказал свою аналитическую мощь и служит штрих-кодом ДНК для идентификации близкородственных видов, а также высших таксонов во многих типах животных [130, 131].

В 2005 г. основана международная библиотека штрих-кодов маркера COI мтДНК видов рыб (FISH-BOL) [134]. Цель этой библиотеки заключается в том, чтобы обеспечить идентификацию видов рыб путем сравнения последовательности запросов с базой данных эталонных образцов в системе Barcode of Life Data Systems (BOLD) [135]. Согласно данным FISH-BOL получены последовательности маркера COI почти для 25 % всех известных в настоящее время видов рыб. Большую часть из них составляют самые ценные промысловые виды [139].

Дополнительные исследования показали, что молекулярно-генетическая идентификация на основе «штрих-кодов COI» может быть использована для решения вопросов биобезопасности, аутентификации пищевых продуктов [141], расследования незаконного рыболовства [142], обнаружения потенциальных новых видов и для описания новых видов [143].

Изучение таксономического состава и систематики пресноводных рыб имеют большое практическое значение, поскольку нехватка таких данных приводит к провалу мероприятий по сохранению биоразнообразия [144, 145, 146]. Полученные знания позволят избежать потери уникальных видов и, напротив, излишних экономических затрат на сохранение временных форм, не являющихся видовыми.

Для благополучия человека важно сохранение здоровья и устойчивости экосистем, которое выражается в специфических характеристиках видов и функциях, которые они выполняют. Было показано, что недостаток данных даже по одному виду мелкой непромысловой рыбы привел к драматическим изменениям в экосистеме [147].

Внешний облик и особенности жизни рыб как гидробионтов зависят от условий окружающей среды гораздо больше, чем у наземных животных. Поэтому современным подходом к оценке благополучия пресноводных экосистем является изучение внешних функциональных характеристик рыб в связи с их средой обитания. Это новая и перспективная область биоэкологии, в которой лишь недавно началось накопление данных, которые позволят уполномоченным органам принимать наиболее рациональные решения [144, 146, 148].

1.5 Исходные сведения о разнообразии и промысле рыб в Алакольском бассейне

Первые сведения о видовом составе ихтиофауны Балхашского и Алакольского бассейнов были получены А.И. Шренком в 1840 г. [149].

Коллекционные материалы, собранные в период 1841-1905 гг. исследователями П. Романовым (1840-1844), А.П. Федченко (1868-1871), О. Финшем и А. Бремом (1876), И.С. Поляковым (1877), А.А. Кушакевичем (1881) и В.В. Сапожниковым (1902-1904) во время их путешествий по Казахстану и Средней Азии сыграли важную роль в первоначальном описании ихтиофауны Алакольского бассейна [46, 150, 151].

Позже рыбы, собранные А.П. Федченко, А.И. Шренком и И.С. Поляковым, были обработаны профессором К.Ф. Кесслером и опубликованы в работе «Ихтиологическая фауна Туркестана» (1872). В свое время эта работа была первой подробной сводкой о рыбах данного региона. Через два года он опубликовал еще одну работу под названием «Путешествие в Туркестан А.П. Федченко. Рыбы» (1874), где описал 11 аборигенных видов рыб Балхаш-Алакольского бассейна [152, 153].

В 1885 г. в книге «Живописная Россия» в разделе «В окрестностях Сасыкколя» Поляков И.С. приводит сведения по ихтиофауне данного региона. В частности, им дана сравнительная морфологическая характеристика маринки и балхашского окуня Сасыкколя, описано их хозяйственное значение. Также им отмечено, что в бассейне Сасыкколь, как и во многих других озерах, водятся османы, а в устьях рек Тентек и Шынжылы, впадающих в оз. Сасыкколь, вместе с ними встречаются своеобразные формы гольянов и усатых гольцов [154, с. 419].

Фактические ихтиологические материалы и обзорные исследования водоемов этого региона приведены и уточнены в трудах А.М. Никольского (1885), Л.С. Берга (1905) и В. Мейснера (1916) [155, 156, 157]. В другой своей работе А.М. Никольский [158] более подробно останавливается на проблеме развития промысла, так как в экономическом значении рыбный ресурс Балхашского бассейна в то время оценивался как незначительный. Никольским впервые предложено обогащения промысловых видов рыб бассейна за счет вселения таких видов как сазан и карась.

В начале XX века ихтиофауна Алакольского бассейна целенаправленно не изучалась [46]. В период 1939-1945 гг. Н.Г. Некрашевич провел детальные исследования ихтиофауны Алакольских озер [159]. В 1946 году в результате сбора и обработки ихтиологического материала им защищена кандидатская диссертация на тему «Рыбы Алакольских озер (систематика, биология, промысел». Эта работа, в свою очередь, послужила основанием для включения Алакольских озер в сферу рыбной промышленности [159].

В период 1930-1990 гг. все планомерные рыбохозяйственные изыскания Алакольского бассейна в основном являлись оценкой состояния запасов промысловых видов рыб и их кормовой базы [46].

По ихтиогеографическому районированию Алакольский бассейн входит в Балхашскому округу, Балхашской провинции, Нагорно-Азиатской подобласти [149, с. 34]. Данный округ по определенным сходным ихтиофаунистическим комплексам охватывает 3 четко выраженных участков:

- 1) Балхаш-Алакольский участок (Алаколь, Сасыкколь, Кошкарколь и Жаланашколь);
- 2) Тентек-Илейский участок (среднее и нижнее течение рек, впадающих в озера);
- 3) Джунгаро-Заилейский участок (горные реки Жетысуского Алатау).

В свое время Л.С. Берг (1949) отмечал, что для Балхашской зоогеографической провинции, Нагорно-Азиатская подобласть (Алакольский бассейн), изначально характеризовавшаяся сходным составом ихтиофауны, отличается высокой степенью эндемизма и низким числом обитающих здесь видов. По его данным в Алакольском бассейне были обнаружены только пять из 12 балхашских видов - балхашская маринка, голый осман, одноцветный губач, пятнистый губач и балхашский окунь [160]. В 1954 г. в ходе экспедиционных исследований Института зоологии КазССР в Алакольской системе озер были обнаружены еще два вида: балхашский голянь и голец Северцова [46]. В 1961 г. Н.П. Серов перечисляет восемь аборигенных видов рыб для Алакольского бассейна. Им впервые указан тибетский голец, а также подтверждена находка гольца Северцова. Оба вида обнаружены в реках Тентек и Кусак [46]. В середине 1960-х годов Н.Г. Некрашевич привел новый вид для данного бассейна – речную маринку. Позже А.С. Стрельниковым и А.А. Баимбетовым было показано, что это илийская маринка. В 1967 г. А.П. Чабан впервые включил в список видов чешуйчатого османа, возможно, ошибочно, поскольку впоследствии этот вид в Алакольском бассейне не был обнаружен. Тем не менее, на основе этой работы некоторые авторы включают в список чешуйчатого османа [46, 161, 162].

Аборигенный видовой состав ихтиофауны Алакольского бассейна по разным обстоятельствам (изменяющаяся систематика, неверная видовая идентификация и др.) в разные периоды исследований варьировал от шести до десяти видов. На основании анализа ранее опубликованных данных в 5-м томе книги «Рыбы Казахстана» по состоянию на 1990 г. для Алакольского бассейна указано десять аборигенных видов [163].

По результатам многолетних экспедиционных исследований В.Р. Соколовского и С.Р. Тимирханова [164] в период с 1993 по 2000 гг. отмечены восемь аборигенных видов рыб.

Видовой список аборигенной ихтиофауны согласно монографии «Экология и ихтиофауна Алакольской системы озер», вышедшей в 2007 году [46], включает девять аборигенных видов:

- 1 *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) - обыкновенный голянь
- 2 *Schizothorax argentatus* (Kessler, 1874) – балхашская маринка
- 3 *Gymnodiptychus dybowskii* (Kessler, 1874 - голый осман
- 4 *Triplophysa trauchii* (Kessler, 1874) - пятнистый губач

- 5 *Triplophysa stoliczkai* (Steindachner, 1866)- тибетский голец
- 6 *Triplophysa dorsalis* (Kessler, 1872) - серый голец
- 7 *Barbatula labiata* (Kessler, 1874) – одноцветный губач
- 8 *Nemacheilus sewerzowi* (G. Nikolsky, 1938) - голец Северцова
- 9 *Perca schrenkii* (Kessler, 1874) – балхашский окунь [46].

Отечественные ихтиологи Елшибекова с соавторами (2015) [151], указывают число аборигенных рыб до 12 видов. В их списке имеются три вида голянов: обыкновенный *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758), семиреченский *Phoxinus brachyurus* (Berg, 1912), ранее считавшийся подвидом обыкновенного, и балхашский *Rhynchocypris poljakowii* (Kessler, 1879), ранее относившийся к роду *Phoxinus*.

До начала акклиматизационных мероприятий ихтиофауна озёр Алакольской системы состояла из аборигенных видов, среди них промысловое значение всегда имели только два вида – балхашский окунь и балхашская маринка [46]. Однако, после увеличения популяций интродуцированных видов (сазан и судак), популяция балхашской маринки резко сократилась и уже в конце 1970-х годов вышла из промысла в озерах Алакольской системы [153, 165].

В период 1930-1990 гг. в Алакольском бассейне проводилась интенсивная акклиматизация промысловых видов рыб. После таких мероприятий видовой состав ихтиофауны претерпел значительные изменения, появились новые, не свойственные данному бассейну виды рыб. Некоторые акклиматизанты в результате освоения разных водоемов бассейна, постепенно расширили свои ареалы и стали одними из доминирующих видов в ихтиофауне.

По литературным данным [151, 166, 167, 168, 169, 170], в результате вселения новых видов рыб в водоемы Алакольского бассейна список видов рыб увеличился с девяти до 20, а основу стали составлять чужеродные виды, относящиеся, в основном, к понтическому пресноводному и китайскому равнинному фаунистическим комплексам (таблица 1).

В начальный период формирования ихтиофауны в период акклиматизационных работ на озерах Алакольской системы большое значение имело успешное зарыбление сазана (*Cyprinus carpio*), вывозимого из рек и озер Балхашского бассейна в три этапа в 1932-1933 гг. в количестве около одной тысячи взрослых особей [46, 151]. Зарыбление сазаном произошло в двух точках: первая партия выпущена в р. Уржар возле с. Камыскала, а вторая в р. Шынжылы недалеко от места ее впадения в р. Тентек. После акклиматизации сазан начал активно распространяться по водоемам системы и стал основным промысловым видом. Численность сазана в озерах быстро росла. Рыболовная статистика показывает, что с 1939 по 1944 гг. вылов вырос с 19 до 574 т. В период с 1945 по 1980 гг. уловы сазана составляли более 1000 т ежегодно. Максимальный улов сазана в озерах Алакольской системы был отмечен в 1968-1970 гг., когда уловы достигли 3,6-3,8 тыс. т [166].

В последующие годы численность популяции сазана существенно снизилась. Этому способствовали разные факторы - высокий уровень

промысла, нарушение естественного воспроизводства, эпизоотия краснухи, а также, вероятно, конкуренция со стороны леща и карася за места нерестилища и пищевые ресурсы. [46]. В течение 10 лет с 1976 по 1985 гг. уловы снизились с 1752 т до 111 т. В 1989 году общий вылов сазана составлял всего 13 тонн. К 2004 г. численность популяции сазана сначала в оз. Кошкарколь, а затем по всей системе озер, снизилась до критических пределов. С целью сохранения популяции сазана в озерах Алакольской системы в 2007 г. был введен запрет промысла [161, 171].

Повышение уровня воды в 2010 г. и длительный запрет на вылов сазана в озерах Алакольской системы способствовали увеличению доли младшевозрастных особей в структуре популяции сазана [151, 172, 173]. К настоящему времени популяция сазана в озерах Алаколь и Сасыкколь восстановилась и достигла промысловой численности; с 2016 г. предлагается для вылова в пределах 100 тонн и более [172].

Почти через 20 лет после интродукции сазана в 1951 г. в Алакольском бассейне была предпринята попытка акклиматизации стерляди (*Acipenser ruthenus*) из р. Едил (Волга) в р. Тентек. Выпущенные особи не прижились. Причина неудачи заключалась в отсутствии условий для нормального обитания этого вида в речных системах Алакольского бассейна [46, 151].

В 1953 г. в Алакольский бассейн вселяли линя (*Tinca tinca*) из оз. Жайсан, но также безуспешно. Согласно литературным данным, неудача зарыбления связана с неблагоприятным температурным режимом для этого вида. Линь является обитателем средних широт, в естественном ареале южнее реки Нура линь не встречается [46, 151, 174].

После неудачных попыток интродукции стерляди и линя, проведена успешная акклиматизация судака *Sander lucioperca*. Первая партия судака была выпущена в оз. Алаколь в районе п. Коктума из р. Жайык (Жайык-Каспийский бассейн) в 1963 г., а вторая - в р. Тентек из оз. Бийликоль (Шу-Таласский бассейн) в 1968 г [175, 176]. Уже к 1970 г. судак распространился по всем озерам Алакольской системы, кроме оз. Жаланашколь, и вошел в промысел на оз. Алаколь. В то время его уловы составляли около 300 тонн в год [177]. Максимальный улов судака в озерах Алакольской системы был отмечен в 1980 г. (1400 т). Из них 862 т было выловлено из оз. Сасыкколь [178].

Вселение судака привело к катастрофическому изменению ихтиофауны, поскольку основу питания судака первоначально составляли аборигенные виды - балхашский окунь (до 90%) и пятнистый губач (10%). К 1984 г. в озерах Сасыкколь и Кошкарколь практически исчезли аборигенные виды, в том числе балхашская маринка [179, 180], и судак перешел на питание видами-вселенцами

На протяжении 20 лет в период с 1968 по 1988 гг. в систему Алакольских озер из Казахской прудовой акклиматизационной станции (КазПАС), которая находилась на окраине Алматы, неоднократно вселяли молодь белого амура *Stenopharyngodon idella* и белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix*. Цель акклиматизации была рассчитана на утилизацию низших и высших

растений в озерах и получение за счет этого дополнительной рыбной продукции [168, 181]. После акклиматизации до 2004 года оба вида были обнаружены в небольшом количестве в оз. Сасыкколь и Кошкарколь и опресненной части оз. Алаколь [61, 166].

Ввиду отсутствия нерестилищ белый амур и толстолобик не смогли сформировать промысловые стада и постепенно были выловлены. В некоторых публикациях отмечаются единичные младшевозрастные особи этих видов в восточной части оз. Алаколь [182, 183]. Однако, в дальнейших исследованиях такие находки не подтвердились.

Амурский чебачок *Pseudorasbora parva* впервые обнаружен в 1970 г. в дельте р. Тентек. Его появление в ихтиофауне связано с интродукцией белого амура в 1968-1969 гг [169]. В настоящее время амурский чебачок является постоянным компонентом мелководий Алакольских озер и его придаточной, а также речной систем [170].

Целью акклиматизации серебряного карася *Carassius gibelio* в Алакольские озера было освоение кормовых ресурсов заморных и зарослевых участков придаточных систем Алакольского бассейна и получение дополнительной рыбной продукции [184, 185]. В 1973 г. 4100 производителей серебряного карася *Carassius gibelio* из оз. Жайсан вселили в озера Сасыкколь и Кошкарколь. В 1975 г. серебряный карась отмечен в этих озерах в уловах. За короткое время карась распространился по всей системе, от русла до предгорий Алакольского бассейна. Этому также способствовала перевозка карася местными жителями для зарыбления прудов и стариц [169]. Карась является многочисленным промысловым объектом, популяция которого увеличивается во всех водоемах Алакольского бассейна.

Следующая попытка интродукции связана с западно-камчатской проходной микижей *Oncorhynchus mykiss*. В 1976 г. 4 тыс. экземпляров сеголеток были выпущены в реки Емель и Тентек [187]. Однако, в научно-исследовательских работах 1980-1983 гг. и в последующих микижа в бассейне Алакольских озер ни разу не отмечалась [151, 188].

С середины 1970-х гг. в Алакольских озерах уровень воды постепенно понижался, к 1986 г. уровень снизился на 2,4 м. Это привело к значительному снижению численности сазана, так как сократились его нерестилища [151, 185]. Уловы сазана сократились более чем в 10 раз [46]. В непредсказуемых гидрологических условиях для решения проблемы стабилизации промысла ихтиологи рекомендовали акклиматизировать леща *Abramis brama*. Интродукция леща производилась разными возрастными группами в количестве 4000 шт. в мае 1988 и 1989 гг. из Бухтарминского вдхр. в северо-западную часть оз. Алаколь [46, 151]. В соответствие с биологическим обоснованием, интродукция леща производилось в маловодный период и предполагалось, что он останется только в оз. Алаколь. Однако позже, в связи с восстановлением водной связи между озерами, лещ проник в Кошкарколь и Сасыкколь. Последующие годы он самостоятельно расселился по акватории озер, за исключением оз. Жаланашколь и дельтовых участков рек [46, 189].

Численность быстро выросла, уже в 1990 г. местные рыбаки выловили 54 т, а в 1994 г. его промысел был разрешен официально [46]. С тех пор во все сезоны года по численности [190] и по уловам лещ занимает первое место в озерах Алакольской системы.

Таким образом, акклиматизация новых видов рыб полностью изменила состав и промысловую ихтиофауну Алакольского бассейна. Интродукция судака привела к наиболее негативному воздействию на аборигенную ихтиофауну. После натурализации судака в озерах Кошкарколь и Сасыкколь практически уничтожены популяция аборигенных видов (балхашская маринка, балхашский окунь, пятнистый губач), а также снижалась численность промысловых видов, в том числе сазана, в десятки раз [182, 192].

Сибирская плотва *Rutilus lacustris* попала в Алакольский бассейн случайно, при акклиматизации леща в 1987-1988 гг. из Бухтарминского вдхр. Впервые она была поймана в исследовательских уловах весной 1993 г. в оз. Кызылуенка, которое находится между озерами Алаколь и Кошкарколь. Современный ареал плотвы в пределах Алакольского бассейна охватывает восточную часть оз. Сасыкколь и дельту реки Тентек, оз. Кошкарколь и акваторию северной части оз. Алаколь и заросшие биотопы нижнего течения р. Уржар. Численность плотвы в озерах невелика. В достаточно большом количестве вылавливается в оз. Кошкарколь и Сасыкколь [46, 151, 191, 192].

Амурский бычок *Rhinogobius similis* в Алакольском бассейне впервые отмечен в 1994 г. на северо-восточном и восточном побережьях оз. Кошкарколь, а также в среднем течении р. Уржар и в устье р. Уялы. В 1996 и 1998 гг. он был обнаружен в желудках судака, в заливе Кара-Тентек оз. Сасыкколь и в устьевом пространстве р. Уржар [46, 169, 194]. Позже, в 2000 г. амурский бычок в большом количестве был обнаружен среди молоди рыб в заливе Жолдыозек, восточной части оз. Алаколь [195]. В период исследований 1993-2002 гг. амурский бычок отмечался в разных участках рек Уржар, Катынсу и Емель [183, 196, 197].

Элеотрис *Micropercops cinctus* впервые отмечен в Алакольском бассейне в 1994 г. в среднем течении р. Уржар [194]. Затем в 1996 г. обнаружен в заливе Жолдыозек. В 1997 г. элеотрис отмечен в устьях рек Уржар, Катынсу и Емель [197]. В реке Емель встречался в улове до государственной границы с Китаем. В 2000 г. при обследовании залива Жолдыозек был многочислен. В период 1999-2001 гг. отмечался в восточной части дельты р. Тентек, а в 2004 г. - на мелководье оз. Кошкарколь [46, 198]. Более поздних сведений о его распространение крайне мало [199]. В наших полевых экспедициях 2020-2021 гг. элеотрис отмечен в среднем течении р. Емель, в устье р. Жаманты и на урочище Ерту. В сообществе рыб он был малочислен.

Медака *Oryzias latipes* впервые отмечена в 1996 г. одновременно на нескольких участках Алакольского бассейна - мелководье северной части оз. Кошкарколь, верховья и устье р. Уялы и залив Жолдыозек (восточная часть оз. Алаколь) [46, 169]. В 1997 г. медака найдена в дельте рек и мелководий северной и восточной частях оз. Алаколь [170, 198], а также в дельте р.

Тентекоз и оз. Сасыкколь [183, 200, 201]. В настоящее время медака встречается в среднем течении р. Емель [199], а также во многих озерах и руслах дельты р. Тентек и в устье р. Жаманты. Численность медаки в этих местах невелика.

Амурский лжепескарь (речная абботина) *Abbottina rivularis* впервые найден в 1997 г. в заливе Жолдыозек в восточной части оз. Алаколь и в верхнем течении р. Емель в районе государственной границы с Китаем [46]. В связи с увеличением численности этого вида в данном районе в 2000 г., сказалося его распространение до ближайшей реки, а в 2002 г. он уже встречался в рыбном сообществе в р. Катынсу [169, 197]. В 2018 г. амурский лжепескарь найден в нижнем и среднем течении р. Емель. Его численность в среднем течении реки составляла около 30% от общего улова [199]. В других водоемах Алакольского водоема вид пока не зарегистрирован.

Востробрюшка *Hemiculter leucisculus* впервые обнаружена летом в 2000 г. в единственном экземпляре в полупереваренном виде в желудке судака из залива Жолдыозек. Впоследствии в водоемах бассейна вид ни разу не отмечался [169, 198].

Белый амурский лещ *Parabramis pekinensis* - инвазийный вид, впервые обнаруженный в р. Емель в 2006-2007 гг. Н.Ш. Мамиловым [202]. В уловах 2020-2021 гг. в р. Емель поймано 3 экз. молоди белого амурского леща, почти одинаковой длины тела - L 51-54 мм, 142-43 мм, и весом Q 1,24-1,46 г.

Лефуа или восьмеусый голец *Lefua costata* впервые отмечен в среднем течении р. Емель в июне 2015 г. в количестве 2 экз. При проведении биологического анализа особей (самка длиной 6,0 см и самец 5,8 см), установлено, что у обоих особей гонады были сформированными. Было сделано предположение, что возможно воспроизводство и натурализация этого вида в р. Емель [203]. Осенью 2016 г. в заливе Жолдыозек был отловлен еще 1 экз. самца лефуа длиной 14 см и весом 65 г [199].

Анализ литературных данных показывает, что в результате вселения чужеродных видов рыб в Алакольский бассейн здесь происходило формирование совершенно новых межвидовых взаимоотношений [180, 182, 192, 204]. Вероятность вселения непромысловых чужеродных видов рыб - таких как амурский чебачок, востробрюшка, амурский бычок, медака, элеотрис, абботина, белый амурский лещ и лефуа – велика из-за трансграничного переноса их с территории КНР по р. Емель. На стороне Китая эта река является социально и экологически значимым водным путем [205] и используется для комплексного освоения, включая разведение промысловых видов рыб в прудовом хозяйстве.

Процесс формирования ихтиофауны Алакольского бассейна нельзя считать завершенным в связи с тем, что в результате целенаправленных акклиматизационных работ и случайных вселений происходит саморасселение рыб из других водоемов.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Материалы исследования

Диссертационная работа основана на собственных материалах, собранных в ходе полевых экспедиционных исследований в летние периоды 2020-2021 гг., и данных промысловых уловов, а также фондовых материалах 2015-2017 гг. лаборатории зоологии кафедры биоразнообразия и биоресурсов, факультета биологии и биотехнологии КазНУ имени Аль-Фараби.

Всего отловлено и учтено 3357 экз. рыб. Было обследовано 26 локальностей (рис. 3) из них 18 в реках и восемь в озерах (мелководья). Атрибутивная информация по обследованным локальностям представлена в приложении А, таблица 1.

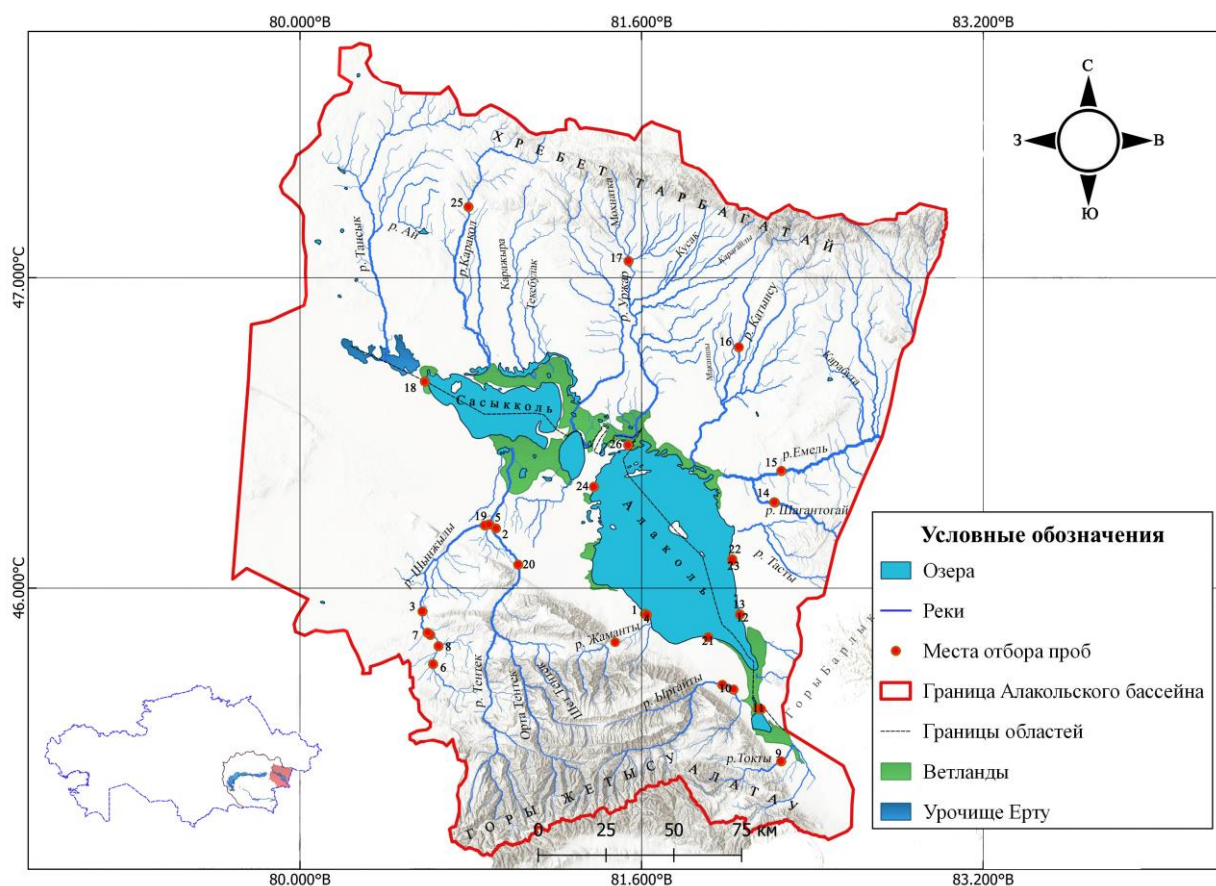


Рисунок 3 - Карта мест сбора материала в Алакольском бассейне.
Цифрами обозначены локальности: 1-26

Отловленных рыб фиксировали в 4% растворе формальдегида. Для генетического материала отобрали представителей аборигенных видов рыб (балхашский окунь, голый осман, пятнистый губач, одноцветный губач и голец Северцова), их фиксировали в заранее подготовленный флакон в 96% этиловом спирте. Общий список и количество исследованных рыб представлены в таблице 1.

Таблица 1- Количество изученных рыб в Алакольском бассейне в период 2015-2017 и 2020-2021 гг.

№	Вид	Количество рыб
Cyprinidae		
1	<i>Abbottina rivularis</i> (Basilewsky, 1855)	64
2	<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758)	48
3	<i>Carassius gibelio</i> (Linnaeus, 1758)	44
4	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	17
5	<i>Gobio</i> sp.	31
6	* <i>Gymnodiptychus dybowski</i> (Kessler, 1874)	672
7	<i>Parabramis pekinensis</i> (Basilewsky 1855)	3
8	* <i>Phoxinus brachyurus</i> (Berg, 1912)	44
9	* <i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	118
10	<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	176
11	<i>Rhodeus ocellatus</i> (Kner, 1866)	1
12	* <i>Rhynchocypris poljakowii</i> (Kessler, 1879)	378
13	<i>Rutilus lacustris</i> (Pallas, 1814)	21
14	* <i>Schizothorax argentatus</i> Kessler, 1874	291
Nemacheilidae		
15	* <i>Triplophysa labiata</i> (Kessler, 1874)	184
16	* <i>Triplophysa sewerzowi</i> (Nikolskii, 1938)	100
17	* <i>Triplophysa stoliczkai</i> (Steindachner, 1866)	135
18	* <i>Triplophysa strauchi</i> (Kessler, 1874)	466
Предполагаемые гибриды <i>Triplophysa</i>		
	Hybrid (<i>Triplophysa stoliczkai</i> + <i>Triplophysa strauchi</i>)	5
	Hybrid (<i>Triplophysa dorsalis</i> + <i>Triplophysa stoliczkai</i>)	2
Adrianichthyidae		
19	<i>Oryzias latipes</i> (Temminck et Schlegel, 1846)	8
Eleotrididae		
20	<i>Micropercops cinctus</i> (Dabry de Thiersant, 1872)	9
Gobiidae		
21	<i>Rhinogobius similis</i> Gill 1859	5
Percidae		
22	* <i>Perca schrenkii</i> (Kessler, 1874)	535
Примечание: «*» – аборигенные виды		

Первичную идентификацию видов производили визуально по индикаторному признаку на месте улова, затем в лабораторных условиях видовую принадлежность уточняли, после чего фиксированный материал подвергался дальнейшей обработке.

При работе использовали общепринятые методики биологического и морфологического анализа рыб [206, 207, 208]. Для идентификации спорных или морфологически сходных видов рыб, использовали различные определители и справочники [209, 210, 211, 212, 213]. Научные названия видов рыб унифицированы по часто обновляемым электронным базам данных FishBase [214] и каталогу Эшмейера [215]. Интерактивная визуализация таксонов построена с помощью сайта Lifemap [216].

Основные физико-химические параметры воды изучали на всех станциях с использованием приборов для полевого и лабораторного анализа воды фирмы «Hanna Instruments». Отбор проб воды производили в пластиковую посуду объемом 0,5 л с глубин 30-40 см. Температуру, минерализацию и pH воды определяли по показаниям прибора Combo pH & EC. Мутность – по показаниям турбонефриметра HI 93703, концентрацию нитратов (NO_3^-) – HI 96728, а аммония (NH_4^+) – HI 96700. Использовали справочные материалы по гидрохимии [217].

2.2 Методы исследования

2.2.1 Методы исследования ихтиофауны

Для более полного изучения ихтиофауны на станциях сбора материала использовали разные орудия лова [218, 219]:

- 1) мальковый бредень длиной 10 м с размером ячеи 3 мм;
- 2) мальковая волокуша длиной 6 м, без мотни, размер ячеи 6 мм;
- 3) сачки со стороной 0,5-1 м, длиной мотни 1-1,5 м, размером ячеи 3-6 мм;
- 4) накидная сетка диаметром 2,5-3 м, размер ячеи 5-10 мм;
- 5) сети ставные с шагом ячеи от 20 до 60 мм. Сети длиной 20-25 м, высотой 2-3 м. Ставные сети ставили в вечернее время на 12 часов.

При отлове бреднем в реках или в мелководьях озер старались охватить все биотопы. Каждый год облавливали одни и те же участки площадью от 200 до 300 м².

Для описания относительной численности видов в водоеме или реке пользовались расчетами В.Г. Терещенко и С.Н. Надирова (1996) [220] в модификации О.Н. Артаева и А.Б. Ручина (2017) [221]. При анализе числового материала использовали следующие показатели: суммарная численность в улове – общая численность отловленных экземпляров вида в данной группе рек или озер. Полученные числа интерпретировали следующим образом:

- редкий вид – доля в уловах <0,1%;
- малочисленный – 0,1-1%;
- обычный – 1-5%;
- многочисленный – 5-10%;
- доминант – 10-50%;
- супердоминант – 50-100% [220, 221].

2.2.2 Методы оценки видового разнообразия и степени сходства сообщества рыб

Для оценки видового разнообразия исследованных станций использовали распространённые индексы – Шеннона и Симпсона [222]. Были рассчитаны следующие показатели: S – общее число видов рыб в сообществе (видовое богатство), D – индекс разнообразия Симпсона, E – равномерность распределения по Симпсону, H – индекс разнообразия Шеннона, J – равномерность распределения по Шеннону.

У каждого индекса есть своя особенность. Индекс Симпсона очень чувствителен к присутствию в выборке обильных видов, но слабо зависит от видового разнообразия, а для индекса Шеннона число видов является более важным фактором при небольшом числе видов, то есть он наиболее чувствителен к редким видам [222].

Для оценки степени сходства сообществ рыб из разных рек Алакольского бассейна использовали коэффициенты Сёренсена [222, 223].

$$K = \frac{2 * c}{a + b}$$

здесь a и b – число видов, обнаруженных в каждом из двух сравниваемых рек, c – число общих для них видов.

Для того, чтобы построить кластерный анализ (дендрограмма) по видовому сходству, сначала на основании формулы рассчитывали индексы для сравниваемых рек и составляли матричную таблицу, значения которых колебались от 0 до 1. Затем готовую матрицу использовали в качестве варианта кластеризации.

Расчет индекса разнообразия сообществ рыб и построение кластерного анализа выполнены с помощью статистической программы PAST 4.07 [224]. Алгоритм построения дендрограммы производили невзвешанным парногрупповым методом (UPGMA).

2.2.3 Методы проведения биологического и морфологического анализа

Биологический и морфологический анализ рыб проводили согласно по установленным схемам в ихтиологии [206, 225]. Исследовали следующие морфометрические признаки: антедорсальное расстояние (aD), постдорсальное расстояние (pD), расстояние от конца рыла до анального плавника (aA), расстояние от конца рыла до брюшного плавника (aV), расстояние от конца рыла до грудного плавника (aP), расстояние между грудными и брюшными плавниками ($P-V$), расстояние между брюшными и анальным плавниками ($V-A$), длина хвостового стебля (lca), наибольшая высота тела (H), наименьшая высота тела (h), длина головы (c), длина рыла (ao), диаметр глаза горизонтальный (o), заглазничное расстояние (op), длина нижней челюсти (lmd), длина верхней челюсти (lmx), ширина верхней челюсти ($h mx$), высота головы на уровне глаза ($h c/o$), высота головы у затылка (hc), межглазничное расстояние (io), длина спинного плавника (ID), высота спинного плавника (hD), длина анального плавника (lA), высота анального плавника (hA), длина грудных плавников (lP), длина брюшных плавников (lV), длина верхней лопасти хвоста (lCs), длина средних лучей хвоста (lCm), длина нижней лопасти хвоста (lCi), количество чешуй в боковой линии, вокруг хвостового стебля, над боковой линией и под ней – соответственно ($l.l.$, $l.l.ca$, sup , $into$); число неветвистых лучей в спинном плавнике (Du , число ветвистых лучей в спинном плавнике (Db), в анальном плавнике – соответственно (Au) и (Ab), общее число лучей в грудных и брюшных плавниках – соответственно (P) и (V), число

жаберных тычинок – Sp.br., позвонков (Vert.). У представителей расщепобрюхих карповых (голово османа) считали число чешуйных карманов в расщепе – П. Дополнительно у балиторовых рыб изучали следующие признаки: ws – ширина головы; barbel 1, barbel 2, barbel 3 – длина соответственно первого, второго и третьего усиков от переднего края рыла к краю рта; front – длина свода черепа; hfront – ширина лобных костей; leth, heth – длина и ширина этмоида соответственно; htc - ширина черепа у затылка.

2.2.4 Методы исследования генетического разнообразия рыб

2.2.4.1 Методы выделения ДНК у рыб

Для выделения ДНК использовали грудные, брюшные или хвостовые плавники, фиксированные в 96% этаноле. ДНК выделяли солевым методом [226]. Протокол выделения ДНК солевым методом представлен на рисунке 4.

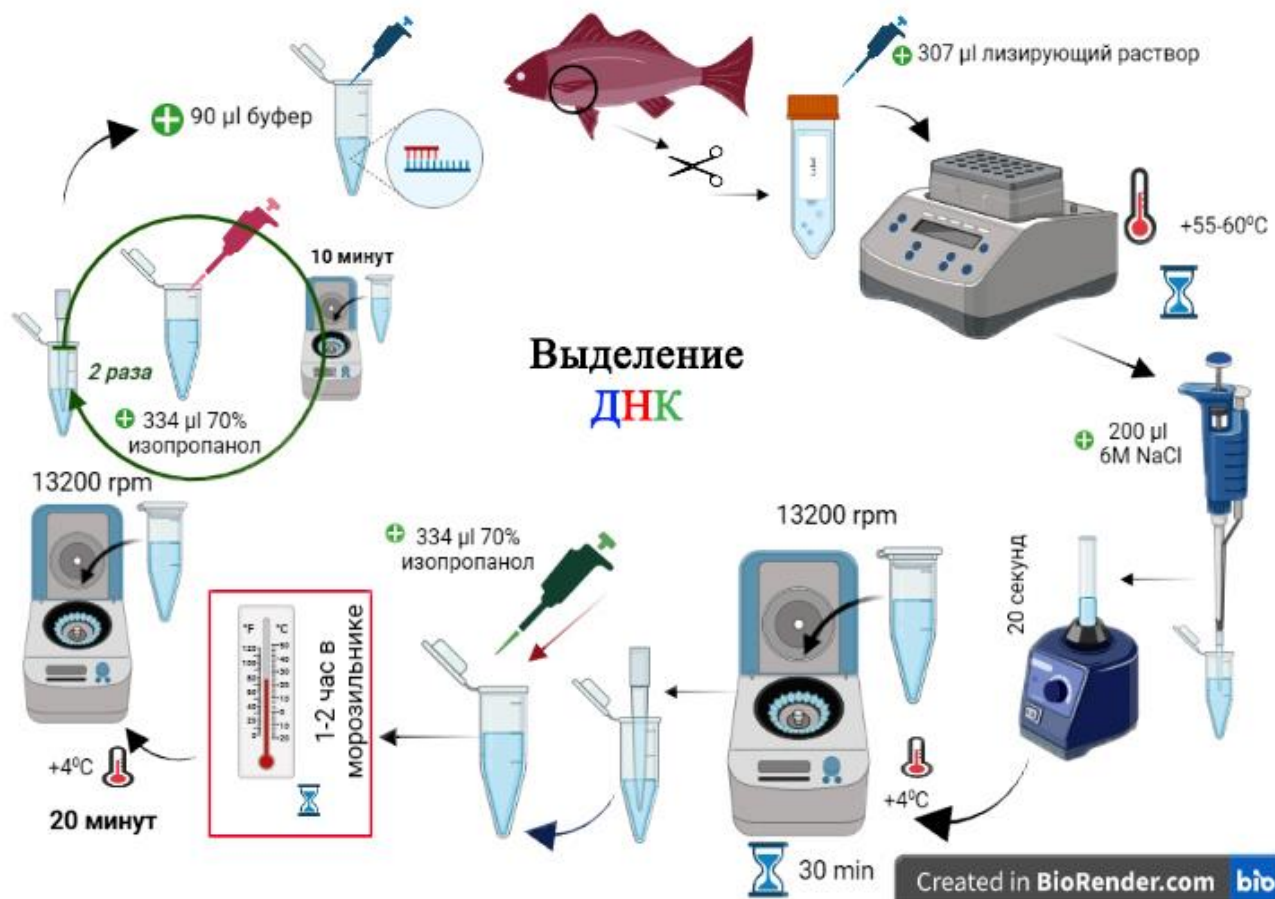


Рисунок 4 – Схема выделения ДНК из тканей рыб солевым методом (создана автором с помощью сайта BioRender.com) [227]

Все процедуры выполнялись строго в соответствии с инструкцией, разработанной в лаборатории экологии рыб Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН:

1. В каждую пробирку с тканью добавляли по 307 мкл лизирующего раствора, состоящего из солевого буфера для лизиса, 20% додецилсульфат

натрия, Pril 1:10 и Протеиназа К. Далее все пробирки ставили на несколько часов в термостат при температуре +55-60°C.

2. После завершения лизирования в каждую пробирку добавляли по 200 мкл 6М NaCl и ставили на 20 сек на вортекс, затем около 10 минут оставляли, после чего центрифугировали 30 минут, 13200 об/м, +4°C.

3. Затем пипеткой отбирали супернатант не касаясь и не взмучивая дна пробирки и переливали его в другую, заранее подготовленную пробирку.

4. К выделенному супернатанту добавляли 334 мкл изопропанола, перемешивали на вортексе 5 секунд и ставили на час в морозильник при температуре -20 °C на преципитацию (осаждение).

5. Далее пробирки центрифугировали 20 мин при 13200 об/м. Следом за этим, отбирали изопропанол, не касаясь дна. Добавляли 334 мкл 70% этанола и при температуре +4°C ставили на центрифугирование ровно на 10 минут. Отбирали весь спирт пипеткой, не касаясь дна. Вся процедура повторялась еще 1 раз с добавлением этанола, центрифугированием и отбором спирта.

6. Поставили в термостат при 57°C, чтобы следы спирта высохнули.

7. Затем в пробирки добавляли по 90 мкл буфера для хранения ДНК и ставили в холодильник на сутки, а затем в морозильник на -20°C для постоянного хранения и дальнейшего использования.

В качестве универсального маркера был выбран баркодовый фрагмент гена цитохром-с-оксидазы (COI). По предложенной методике Ивановой и других, (2007) [228] двухцепочечную ДНК амплифицировали с использованием специфичных для рыб M13-концевых праймеров – COCTFR, включающий следующие 4 праймера FishF2_t1 (5' -TGT AAA ACG ACG GCC AGT CGA CTA ATC ATA AAG ATA TCG GCA C-3'), FishR2_t1 (5' - CAG GAA ACA GCT ATG ACA CTT CAG GGT GAC CGA AGA ATC AGA A-3'), VF2_t1 (5' -TGT AAA ACG ACG GCC AGT CAA CCA ACC ACA AAG ACA TTG GCA C-3'), FR1d_t1 (5' -CAG GAA ACA GCT ATG ACA CCT CAG GGT GTC CGA ARA AYC ARA A-3').

ПЦР проводили в реакционной смеси общим объемом 16,25 мкл по каждому стрипу, содержащем 1 мкл матричной ДНК, 1,5 мкл Turbo Taq буфера, 0,6 мкл dNTP, 0,1 мкл каждого прямого и обратного праймеров COCTFR, 0,25 мкл HS Taq полимеразы и 12,5 мкл деионизованной воды.

Термические условия ПЦР на режиме TCHDWMM состояли на начальном этапе при 95°C (4 мин), затем 10 циклов при 95°C (35 с), 55°C (1 мин 30 с), 72°C (1 мин 30 с) и 25 циклов при температурном режиме 95°C (35 с), 52°C (1 мин 30 с), 72°C (1 мин 30 с) с финальной элонгацией 72°C (10 мин). ПЦР- продукты визуализировали с помощью электрофореза с использованием 1,5% агарозного геля, а затем очищали смесью этанола и ацетата аммония. Амплифицировали 650-680 п.н. гена COI. Последовательности нуклеотидов были секвенированы на автоматическом ДНК секвенаторе Applied Biosystems 3500 с прямым и обратным секвенированием.

Все работы, от выделения ДНК до секвенирования проводили в лаборатории экологии рыб Института биологии внутренних вод имени И.Д. Папанина, РАН (Россия).

2.2.4.2 Методы обработки данных молекулярных анализов

Гомологичные участки нуклеотидных последовательностей, полученные на секвенаторе (ABI format chromatogram file), проверены в программе FinchTV 1.4.0 [229]. Далее последовательности были выравнены в программе MEGA7 [230]. Для изучения внутривидовых и межвидовых генетических отношений рыб к собственным последовательностям добавили нуклеотидные последовательности других близкородственных видов из международной базы данных NCBI в формате FASTA [233]. Затем на основе сетов выровненных данных был сделан филогенетический анализ методами Maximum-Likelihood (ML) [231] и Neighbour Joining (NJ) [232].

Нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие, среднее количество нуклеотидных различий анализировали с помощью программы DnaSPv.6 [234], Сети гаплотипов строили в программе PopART v.1.7 [235] по алгоритму Median Joining [236].

2.2.5 Методы картирования местности

Карты и схемы озер, рек и притоков, а также места отбора проб созданы с помощью программы QGIS 3.22 [237]. Для этого использовались различные современные стандартные веб-базовые карты. Гидрографические shp-файлы рек были взяты из открытого доступа сайта ESRI [238]. Территория Алакольского бассейна отрисована по литературным данным [62, 77].

Пространственный анализ распределения основных промысловых рыб и химического состава воды в озерах Алакольской системы выполнен в QGIS 3.22 с использованием встроенного модуля интерполяции. Для этого была составлена атрибутивная информация в Excel с указанием координат. Затем, на основе этих данных был создан векторный слой и проведена интерполяция методом обратно-степенных расстояний (IDW).

Для визуализации видового состава рыб и их количественных соотношений на исследуемых участках применяли круговую диаграмму и гистограммы.

2.2.6 Методы обработки статистических данных

Статистическую обработку данных проводили согласно методическим рекомендациям Г.Ф. Лакина [239] и W.H. Press et al. [240] с помощью компьютерной программы Excel.

Чтобы избежать влияния размеров рыб на результаты анализа все морфометрические признаки были коррелированы [242] согласно формуле.

$$M_s = M_o \times (L_s : L_o)^b$$

где M_s - стандартизованная величина признака;

M_o - измеренная величина признака в мм;

L_s - среднее значение длины всех рыб во всех выборках, включенных в анализ;

L_o - длина экземпляра;

b - оценивается для каждого признака отдельно как коэффициент регрессии $\lg M_o$ от $\lg L_o$ для всех особей во всех выборках, однако позволяя постоянному слагаемому (Intercept) отличаться между выборками.

Популяционное разнообразие оценивали с помощью методов многомерного статистического анализа. Анализ главных компонент (principal component analysis, PCA) выполнен с помощью программ PAST 4.07 и RStudio [224, 243].

Для выяснения отношений между сообществами рыб и переменными окружающей среды использовали метод канонического анализа соответствия [244] (canonical correspondence analysis, CCA). Этот анализ был рассчитан и визуализирован с использованием статистического программного обеспечения XLStat 2021 [245].

Для дополнительного анализа данных и построения графиков также применяли программу Origin PRO-2018 [246].

3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Характеристика состояния среды обитания рыб

В летнее время в 2015-2017 и 2020-2021 гг. для определения состояния местообитаний рыб в разных водоемах Алакольского бассейна, были взяты абиотические показатели воды. Исследованы реки Жетысуского Алатау (верхнее, среднее и нижнее течение р. Шынжылы, нижнее течение рек Тентек и Жаманты, среднее течение рек Ыргайты и Токты), Малые реки хребта Барлык (среднее течение р. Шагантогай) и реки южного макросклона хребта Тарбагатай (среднее течение рек Каракол, Уржар, Катынсу и Емель), мелководья озер Алаколь, Сасыкколь и Жаланашколь. Абиотические характеристики воды включали следующие показатели: цвет, температура, мутность, рН, минерализация, концентрация аммония и нитратов. Данные по географическим координатам исследованных станций рек и озер представлены в приложении А, таблица 1, а фотографии приведены в приложении В.

3.1.1 Река Шынжылы

Анализ проб воды, отобранных в летнее время в 2020-2021 гг. на верхнем, среднем и нижнем участках р. Шынжылы показал, невысокую степень минерализации от 267 до 430 мг/дм³. За два года наблюдения минерализация рек вниз по течению уменьшалась. Видимо, это было связано добавлением множества родников, которые имеют выход в русловую часть реки Шынжылы. Во всех участках значения рН находились в пределах слабощелочной реакции от 7,91 до 8,45. Остальные абиотические показатели среды обитания рыб в период проведения исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Абиотические показатели воды р. Шынжылы

Место отбора проб	Дата	Цвет	t, °C	Мутность, FTU	рН	Минерализация, мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³
2020								
Верхний участок	16.07.2020	светло-желтая	21.7	57	8.38	384	0	3.88
Средний участок	16.07.2020	светло-желтая	25.2	47.57	8.36	360	0	4.24
Нижний участок	19.07.2020	светло-коричневая	29.2	1.99	8.45	267	0	4.61
2021								
Верхний участок	19.07.2021	бесцветная, прозрачная	20.2	2.65	8.37	430	0	0
Средний участок	19.07.2021	бесцветная, прозрачная	20.8	2.35	8.37	380	0	13.29
Нижний участок	22.07.2021	прозрачная	23.1	2.43	7.91	310	0	0

3.1.2 Река Тентек

В 2020-2021 гг. в июле значения рН воды в нижнем течении р. Тентек были слабощелочными. Аммоний в воде не обнаружен (таблица 3).

Таблица 3 – Абиотические показатели воды в нижнем течении р. Тентек

Дата	Цвет	t, °C	Мутность, FTU	pH	Минерализация, мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³
16.07.2020	светло-желтая	23,7	-	8,57	880	0	-
19.07.2021	прозрачная	22,2	7,01	8,27	150	0	5,316

3.1.3 Малые реки: Жаманты, Ырғайты и Токты

По состоянию на 17.07.2020 года минерализация воды малых рек была в пределах 84-130 мг/дм³. Концентрация нитрата варьировала от 0,12 до 2,91 мг/дм³ (ниже ПДК РХ). Значения гидрохимических показателей были выше в р. Токты (таблица 4).

Таблица 4 – Абиотические показатели воды малых рек Жетысуского Алатау

Место отбора проб	Цвет	t, °C	Мутность, FTU	pH	Минерализация, мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³
р. Жаманты	светло-желтая	17,6	3,34	8,04	100	0	0,1214
р. Ырғайты	мутно-зеленая	19,4	8,76	8,24	84	0	1,821
р. Токты	светло-коричневая	25,5	7,05	8,36	130	0	2,9136

3.1.4 Река Шагантогай

В июле 2020 г. температура воды р. Шагантогай достигла до 33,6 °C. Это связано с мелководьем, так как колебания температуры воды близка к перепаду температуры воздуха. Глубина реки составляла 10-15 см, ширина 1-1,5 м, дно было каменистым с существенным зарастанием зеленых водорослей (Приложение Б, рис.8). При визуальном наблюдении вода имела мутно-желтый цвет. Значение рН составило 9,14 (выше ПДК РХ). Минерализация была на уровне 362 мг/дм³.

3.1.5 Реки южного макросклона хребта Тарбагатай

Полученные нами результаты позволили установить различия физико-химических показателей в исследованных реках. Минерализация воды варьировала от 160 до 660 мг/дм³. Относительно большая минерализация была в р. Емель. Величины рН различались незначительно - от 7,58 до 7,95. По содержанию взвешенных частиц реки существенно различаются: прозрачная вода была в р. Каракол, слегка замутненная – в реках Катынсу и Уржар, а мутная – в р. Емель, значение мутности составило 17,55. Из азотных соединений уровень нитратов варьировал – от 0 до 5,759 мг/дм³. Нитраты были обнаружены только в реках Каракол и Уржар, их содержания не превышает ПДК. Ни в одной из исследованных рек Тарбагатая не было обнаружено концентрации аммония в воде (таблица 5).

Таблица 5 – Абиотические показатели рек южного макросклона хребта Тарбагатай, июль 2021 г.

Место отбора проб	Координаты	Дата и время	t, °C	Мутность, FTU	pH	Минерализация, мг/дм ³	NH ⁴⁺ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³
р. Каракол	47.2253 80.7892	22.07.2021 08:40	21,3	1,36	7,84	222	0	1,772
р. Уржар	47.0530 81.5386	21.07.2021 17:48	22,3	9,93	7,81	190	0	5,759
р. Катынсу	46.7775 82.0549	21.07.2021 16:00	27,8	6,56	7,58	160	0	0
р. Емель	46.3796 82.2544	21.07.2021 14:10	30,1	17,55	7,95	660	0	0

При визуальном наблюдении цвет воды в реках во время отбора проб был от светло-голубого до желтовато-зеленого и коричневого.

3.1.6 Мелководья оз. Алаколь

Согласно нашим исследованиям, минерализация воды на мелководьях оз. Алаколь за период 2015-2021 гг. колебалась в интервале от 2000 до 6345 мг/дм³, а за пределами озера, где имеются заливы и сформированные лиманы, она составила 110-160 мг/дм³. По данным 2021 г. содержание кислорода в устье р. Жаманты и у побережья пос. Акши колебалось от 11,28 до 12,53 мг/дм³. В целом, уровень растворенного кислорода в этих местах достаточно высокий для благоприятного функционирования водных экосистем.

Абиотические показатели среды обитания рыб в период проведения исследований представлены в таблице 6. В сравнении с данными периода до начала интенсивного рекреационного освоения оз. Алаколь (конец 1990-х годов), представленными Н.А. Амиргалиевым [46], существенных различий в значениях pH не выявлено: вода озера всегда характеризовалась как слабощелочная. По данным тех же авторов [247], общая минерализация испытывает сильные колебания в зависимости от количества осадков и испарения – от 5000 до 7000 мг/дм³ и выше. В период наших исследований минерализация оказалась намного меньше: наибольшая минерализации (4440 мг/дм³) была отмечен у берега пос. Кабанбай.

В 2020 и 2021 годах ионы аммония (рис. 5) и нитрата (рис. 6) в различных концентрациях обнаружены в разных районах оз. Алаколь, особенно в побережьях рекреационной зоны. По сравнению с данными предыдущих наблюдений [46], концентрация аммония находится на уровне 2004 г., а содержание нитратов заметно возросло.

Таблица 6 – Абиотические показатели воды в мелководьях оз. Алаколь в 2015-2021 гг.

Место отбора проб	Дата	Цвет	t, °C	Мутность, FTU	pH	Минерализация, мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³
Чёрная коса	15.07.2015	зелено-голубая	25.3	22.52	7.82	6345	-	-
Чёрная коса	01.07.2016	светло желто-зеленая	24.6	9.62	8.11	6231	-	-
Чёрная коса	15.07.2017	зелено-голубая	21.3	27.3	7.61	6145	-	-
п. Акши	17.07.2020	мутно-зеленая	23.2	11.06	8.93	2000	0.0741	3.885
Вост. часть (болото)	18.07.2020	мутно-зеленая	-	1.33	-	-	0.0906	3.763
п. Камыскала	23.07.2020	мутно-зеленая	27.1	10.60	8.84	2000	0.3542	2.549
п. Акши (залив)	19.07.2021	прозрачная	18.6	9.33	8.10	110	0	0.886
п. Акши	19.07.2021	желтовато-зеленая	23.3	25.20	8.53	3074	0.5220	0.443
юго-восточный берег	20.07.2021	зеленовато-голубая	25.2	3.87	8.38	4028	0.0121	0.443
Юго-вост. берег, лиман	20.07.2021	прозрачная	30.7	20.25	9.31	120	0	2.658
п. Кабанбай, лиман-камыш	21.07.2021	прозрачная	28.8	1.93	7.76	160	0	0
п. Кабанбай	21.07.2021	мутно-зеленая	24.4	28.5	8.36	4440	0.1456	3.101
Заячья губа	22.07.2021	светло-зеленовато-голубая	25.6	50	8.44	4053	0.1578	2.215

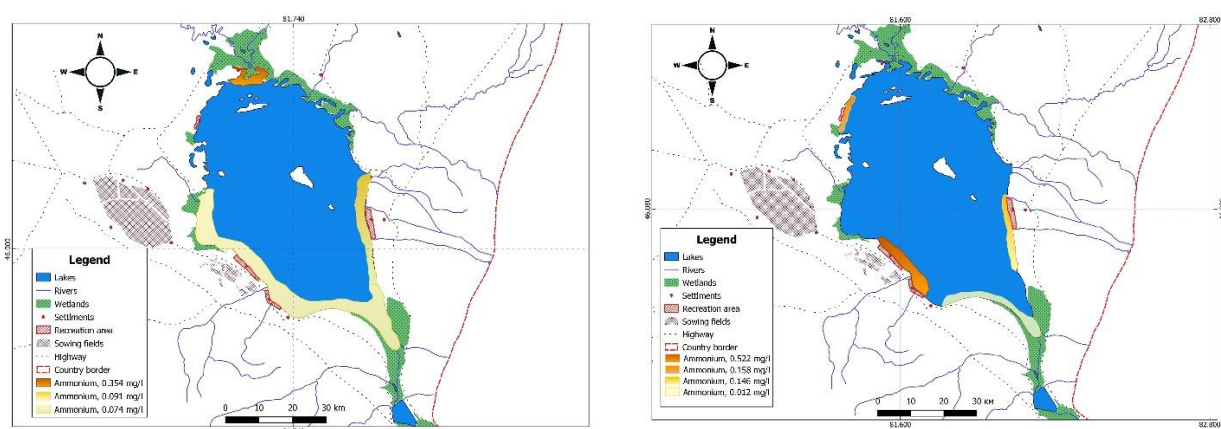


Рисунок 5 - Распределение ионов аммония в оз. Алаколь в 2020 г. (слева) и 2021 г. (справа)

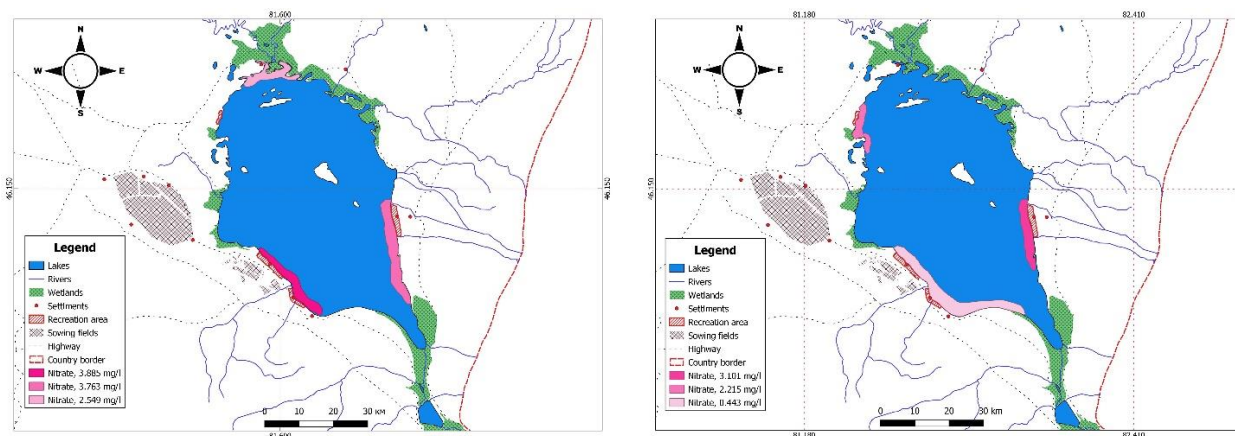


Рисунок 6 - Распределение ионов нитрат в оз. Алаколь в 2020 г. (слева) и 2021 г. (справа)

3.1.7 Мелководья оз. Жаланашколь

В 2021-2021 годах минерализация воды оз. Жаланашколь претерпела значительные колебания, снизившись за год с 1308 до 1054 мг/дм³. Величина рН составила 8,54-8,95. Азотные соединения обнаружены в пределах: аммоний 0-0,486, нитраты – 4,430 - 4,987 мг/дм³ (таблица 7).

Таблица 7 – Абиотические показатели воды в мелководьях оз. Жаланашколь.

Место отбора проб	Дата	Цвет	t, оС	Мутность, FTU	рН	Минерализация, мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³
Северный берег	17.07.2020	мутно-зеленая	24	4.90	8.95	1308	0	4.977
Северный берег	19.07.2021	зелено-голубая	25.6	16.55	8.54	1054	0.0486	4.430

3.1.8 Мелководья оз. Сасыкколь на примере «Урочище Ерту»

За два года наблюдений минерализация воды изменилась с 483 до 1005 мг/дм³, а концентрация аммония 0-0,4613 мг/дм³, нитратов 1,331-1,942 мг/дм³ (таблица 8).

Таблица 8 – Абиотические показатели воды в мелководья оз. Сасыкколь.

Место отбора проб	Дата	Цвет	t, °С	Мутность, FTU	рН	Минерализация, мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³
Урочище Ерту	19.07.2020	светло-коричневая	27.7	4.85	9.26	483	0	1.942
Урочище Ерту	22.07.2021	желто-зеленая	24.5	11.39	8.49	1005	0.4613	1.331

3.2 Видовой состав и состояние ихтиофауны Алакольского бассейна

До акклиматизационных работ ихтиофауна Алакольских озер была представлена только 11 аборигенными видами рыб. В результате вселения новых видов в бассейн Алакольских озер видовое разнообразие его ихтиофауны увеличилось. В целом в бассейне было отмечено 32 вида рыб. Однако, некоторые плановые акклиматизированные виды не прижились, а другие виды встречались только единично. В связи с дополненными научными данными в настоящий момент в Алакольском бассейне насчитывается 25 видов рыб, относящихся к 20 родам, 6 семействам (Cyprinidae, Nemacheilidae, Percidae, Gobiidae, Adrianichthyidae, Eleotrididae) и 3 отрядам (Cypriniformes, Perciformes, Beloniformes). Ниже приводится подробное описание ихтиофауны по суббассейнам.

3.2.1 Разнообразие ихтиофауны рек Жетысуского Алатау

3.2.1.1 Сообщества рыб реки Шынжылы

В период наших исследований 2015-2021 гг. в р. Шынжылы число видов варьировало от трех до девяти, все виды не встречались одновременно. Всего было зарегистрировано 10 видов рыб из семейств Cyprinidae и Nemacheilidae.

Согласно литературным данным, в р. Шынжылы отмечены 11 видов, представляющих три семейства [248]. Сравнение современного видового состава рыб р. Шынжылы с данными С.Р. Тимирханова и Р.М. Аветисяна [248], выявило существенные изменения. В частности, отмеченных авторами [248] аборигенных видов - серый голец, зайсанский гольян и балхашский окунь - в наших уловах не отмечено. Из чужеродных видов, отмеченный авторами [248] серебряный карась также не обнаружен, но вместо него отмечена сибирская плотва.

Сообщество рыб р. Шынжылы, в основном, состояло из аборигенных видов. Сведения о встречаемости рыб в этой реке за разные годы представлены в таблице 9.

В 2015 г. в р. Шынжылы ниже пос. Кабанбай отмечены только четыре вида аборигенных рыб: тибетский голец, пятнистый губач, голый осман и балхашская маринка. В составе ихтиофауны по численности доминировал голый осман - 52,8%, субдоминантом являлась балхашская маринка, ее доля в улове составила 28,9%. Соотношение тибетского гольца в уловах не превышало 3%.

В 2016 г. на том же участке в уловах отмечены восемь видов рыб. Из аборигенных видов добавились балхашский гольян и голец Северцова, а из чужеродных - лещ. В улове по частоте встречаемости голый осман также доминировал с 40% долей, а группу субдоминантов составили балхашская маринка, тибетский голец и пятнистый губач, составившие 20,9%, 19,1% и 13,6%, соответственно. Доля балхашского гольяна и гольца Северцова была незначительной. В улове лещ и амурский чебачок попадались единично.

В 2017 г. обнаружено три вида аборигенных рыб: голый осман, пятнистый губач и тибетский голец. По численности доминировал пятнистый губач (44%), молодь голого османа (32%) и тибетского гольца (24%).

Таблица 9 – Встречаемость различных видов рыб р. Шынжылы по годам.

№	Вид	Статус	1997-2002*	Наши данные по годам				
				2015	2016	2017	2020	2021
Семейство Cyprinidae - карповые								
1	<i>Phoxinus sedelnikowi</i> (Berg, 1908) - зайсанский голянь	А	+	-	-	-	-	-
2	<i>Rhynchocypris poljakowii</i> (Kessler, 1879) - балхашский голянь	А	-	-	+	-	+	+
3	<i>Schizothorax argentatus</i> Kessler, 1874 – балхашская маринка	А	+	+	+	-	+	+
4	<i>Gymnodiptychus dybowskii</i> (Kessler, 1874) - голый осман	А	+	+	+	+	+	+
5	<i>Carassius gibelio</i> (Linnaeus, 1758) – серебряный карась	Ч	+	-	-	-	-	-
6	<i>Abramis brama</i> (Berg, 1949) – лещ	Ч	-	-	+	-	-	-
7	<i>Rutilus lacustris</i> (Pallas, 1814) – сибирская плотва	Ч	-	-	-	-	-	+
8	<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck et Schlegel, 1846) – амурский чебачок	Ч	+	-	+	-	+	+
Семейство Nemacheilidae – голецовые								
8	<i>Triplophysa strauchii</i> (Kessler, 1874) - пятнистый губач	А	+	+	+	+	+	+
9	<i>Tryplophysa stoliczkai</i> (Steindachner, 1866) - тибетский голец	А	+	+	+	+	+	+
10	<i>Triplophysa dorsalis</i> (Kessler, 1872)- серый голец	А	+	-	-	-	-	-
11	<i>Triplophysa labiata</i> (Kessler, 1874) - одноцветный губач	А	+	-	-	-	+	+
12	<i>Triplophysa sewerzowii</i> (G. Nikolsky, 1938) - голец Северцова	А	+	-	+	-	+	+
Семейство Percidae - окуневые								
13	<i>Perca schrenkii</i> Kessler, 1874 - балхашский окунь	А	+	-	-	-	-	-
Количество видов рыб			11	4	8	3	8	9
Примечание: * - по данным Тимирханова и Аветисян (2004) [248], «А» – аборигенный вид, «Ч» – чужеродный вид, «+» – вид встречается в уловах, «-» – вид отсутствует в уловах.								

В 2020-2021 гг. в летний период обнаружено девять видов. В сообществе доминировали балхашская маринка, голый осман, балхашский голянь и пятнистый губач. Распределение рыб р. Шынжылы за период 2015-2017 и 2020-2021 гг. указано в таблице 10.

Таблица 10 - Изменения видового состава рыб в р. Шынжылы.

Вид	Доля видов (в %) в уловах по годам				
	2015	2016	2017	2020	2021
Балхашская маринка	28,9	20,9	0	23,8	23,5
Голый осман	52,8	40	32,0	30,3	27,1
Балхашский голяян	0	1,8	0	18,4	5,7
Пятнистый губач	15,5	13,6	44,0	19,7	31,2
Тибетский голец	2,8	19,1	24,0	1,9	0,8
Одноцветный губач	0	0	0	1,6	6,9
Голоц Северцева	0	2,7	0	3,5	0,8
Амурский чебачок	0	0,9	0	0,8	2,0
Лещ	0	0,9	0	0	0
Плотва	0	0	0	0	1,6
Количество рыб, n	142	110	25	370	247

По сходству дендрограммы в различные годы видовой состав ихтиофауны р. Шынжылы был разделен на 2 основные группы (рис. 7). Условно первая группа по своему составу делится еще на 2 подгруппы. Здесь видно, что состав ихтиофауны в 2002 г. сильно отличается от такового в более поздний период. Это связано с выпадением некоторых аборигенных видов рыб, отмеченных в период 1997-2007 гг. Видовой состав рыб в 2020 и 2021 гг. был сходным, а индекс Серенсена (0,941) близок к 1. В 2015 и 2017 гг. в р. Шынжылы в уловах встречаются только три и четыре вида аборигенных рыб, соответственно. Это повлияло на их размещение во второй группе.

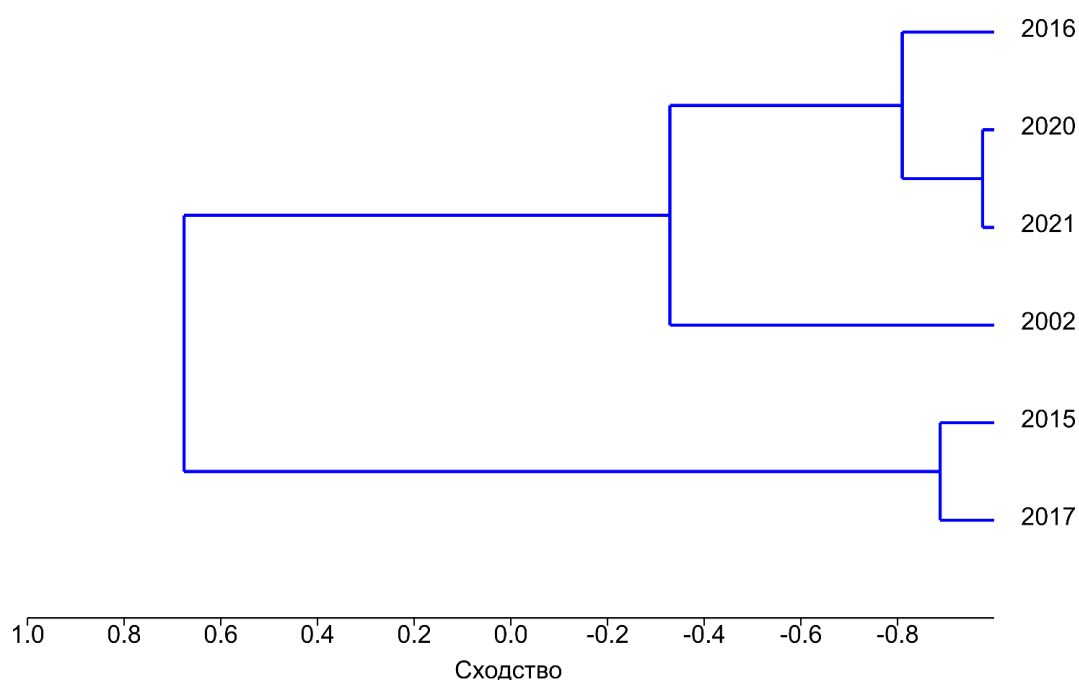


Рисунок 7 – Кластерный анализ сходства состава ихтиофауны р. Шынжылы (по индексу Серенсена).

В 2020 г. было исследовано четыре участка р. Шынжылы. В целом, распределение видового состава рыб по участкам реки несколько различается (рис. 8), на каждом участке встречается пять и шесть видов.

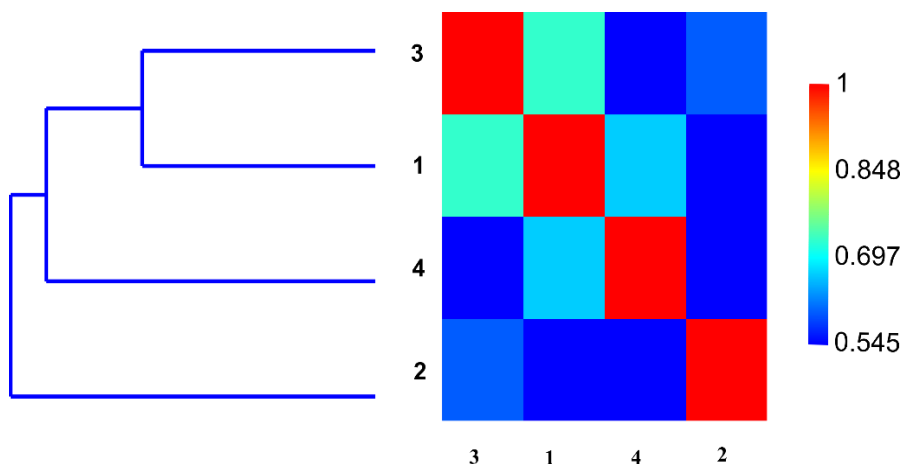


Рисунок 8 – Сходства состава сообщества рыб разных участков р. Шынжылы в 2020 г. (по индексу Серенсена).

Участок №1 расположен ниже пос. Екпенди (высота 714 м). Глубина воды составляла около 0,3-0,4 м, дно каменисто-песчаное. На этом участке было отловлено 51 экземпляр рыб, относящихся к 5 видам: балхашский голянь, голый осман, пятнистый губач, голец Северцова и амурский чебачок. По численности доминировали пятнистый губач (43,1%) и балхашский голянь (33,3%). Численность гольца Северцова в улове составила 17,6%. Голый осман и амурский чебачок в данном участке реки попадались единично.

Участок №2 расположен ниже пос. Акжар (670 м). Ширина составляла около 4-5 м, глубина – 0,3-0,5 м. Дно песчано-галечниковое. В уловах отмечены только аборигенные виды: голый осман, балхашская маринка, балхашский голянь, пятнистый губач и тибетский голец. Количество выловленных рыб составило 121 экз. Отмечено доминирование голого османа: его доля составила 70,2. Субдоминантом был пятнистый губач (15,7%). На данном участке балхашский голянь встречался единично.

Участок №3 расположен у дороги на расстоянии 9 км ниже от населенного пункта Кабанбай (567 м) в направлении г. Ушарал. Этот участок имеет каменистое дно, глубина варьирует от 0,3 до 1,0 м. Здесь поймано 44 экз. рыб. Видовой состав представлен пятью видами рыб: балхашская маринка, голый осман, пятнистый губач, тибетский голец и голец Северцова. Голый осман доминировал (59,1%). Численность балхашской маринки была примерно в 3 раза меньше. Пятнистый губач и тибетский голец составили по 6,8% для каждого вида, а голец Северцова – 4,5%.

Участок №4 расположен примерно в 1,5 км. ниже автодорожного моста (397 м) не доезжая пос. Жанама. Глубина 0,2-0,4 м, дно песчано-галечниковое. В 2020 г. с 200 м² было выловлено 154 экземпляров рыб. Сообщество рыб на данном участке реки представлено шестью видами: балхашская маринка,

балхашский голян, пятнистый губач, одноцветный губач, голец Северцова и амурский чебачок. Голый осман в нижнем течении реки не обнаружен. Доминировали молодь балхашской маринки (42,9%) и голяны (32,5%). В субдоминантовой группе оказался пятнистый губач (18,8%). Доля одноцветного губача в улове составил 3,9%, гольца Северцова 1,3%, а амурского чебачка - 0,6%. Изменения структуры и разнообразия сообществ рыб представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Видовой состав и распределение рыб по участкам р. Шынжылы в 2020 г.

Вид	Доля видов (в %) по участкам			
	1 участок	2 участок	3 участок	4 участок
Балхашская маринка	0	9,9	22,7	42,9
Голый осман	2,0	70,2	59,1	0
Балхашский голян	33,3	0,8	0	32,5
Пятнистый губач	43,1	15,7	6,8	18,8
Тибетский голец	0	3,3	6,8	0
Одноцветный губач	0	0	0	3,9
Гонец Северцова	17,6	0	4,5	1,3
Амурский чебачок	3,9	0	0	0,6
Количество рыб, n	51	121	44	154

В 2020-2021 годах показатели видового богатства и индекса разнообразия в р. Шынжылы увеличился, а индекс выравненности снизился (таблица 12).

Таблица 12 – Показатели разнообразия сообщества рыб в р. Шынжылы в 2015-2021 гг.

Показатели	Годы				
	2015	2016	2017	2020	2021
Отловлено рыб (n)	142	98	25	370	247
Видовое богатство (S)	4	8	3	8	9
Аборигенные виды	4	6	3	7	7
Индекс разнообразия Симпсона (D)	2,58	3,59	2,83	4,49	4,23
Равномерность распределения по Симпсону (E)	0,65	0,45	0,94	0,56	0,60
Индекс разнообразия Шеннон (H, log2)	1,57	2,19	1,54	2,26	1,69
Равномерность распределения по Шеннон (J, log2)	0,78	0,73	0,97	0,75	0,87

Ниже приводим краткую аннотацию обнаруженных видов рыб.

Аборигены. Отряд карпообразные Cypriniformes, семейство карповые Cyprinidae:

Балхашская маринка *Schizothorax argentatus* встречается повсеместно, кроме самого верхнего течения. Ее соотношение в уловах постоянно меняется. В уловах 2015-2016 гг. ее численность уступила только голому осману, но в 2017 г. маринку не обнаружили. В 2020-2021 г. наибольшая численность

балхашской маринки была в нижней части реки. Биологические показатели маринки в разные годы р. Шынжылы приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Биологические показатели балхашской маринки из р. Шынжылы.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2015 (n=41)					
L, мм	39	54	46,4	3,59	7,73
l, мм	29,5	40	35,4	2,78	7,85
Q, г	0,42	1,68	0,96	0,23	23,73
Fulton	1,56	2,64	2,14	0,22	10,38
2016 (n=11)					
L, мм	21	119,8	50,8	34,44	67,80
l, мм	17,4	99,4	41,1	28,52	69,39
Q, г	0,06	17,27	3,32	5,45	163,95
Fulton	1,14	2,93	1,93	0,42	21,99
2020 (n=22)					
L, мм	30	82	43,6	10,79	24,74
l, мм	24	66	35,3	9,16	25,97
Q, г	0,1	4,32	0,88	0,86	97,38
Fulton	0,64	2,05	1,68	0,28	16,57
2021(n=57)					
L, мм	27	49	38,2	5,41	14,18
l, мм	20,6	39	30,2	4,39	14,54
Q, г	0,2	1,21	0,59	0,26	43,60
Fulton	1,48	2,63	2,02	0,24	11,82

Голоый осман *Gymnoditychus dybowskii* - типичный представитель нагорно-азиатской фауны в горных водоемах Казахстана. В верхнем и среднем течении р. Шынжылы является одним из массовых видов. По нашим данным, в нижнем течении он не встречается. Возможно, это связано с его экологическими особенностями. Молодь и взрослые особи голого османа предпочитают участки с быстрым течением и холодной водой. Максимальный размер особей в выборках различается по годам: если в период 2015-2017 гг. тотальная длина рыб достигала 110-143 мм, то 2020-2021 гг. она не превышала 95 мм (таблица 14).

Таблица 14 – Биологические показатели голого османа из р. Шынжылы.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2016 (n=75)					
L, мм	29	110	54,8	17,84	32,54
l, мм	21	88	41,9	14,60	34,87
Q, г	0,22	11,79	2,07	2,26	109,15
Fulton	1,20	2,84	2,12	0,29	13,65

продолжение таблицы 14

Показатель	min	max	M	±s	CV
2016 (n=44)					
L, мм	17,7	141,3	66,53	28,83	43,33
l, мм	14,8	117,4	53,97	23,50	43,53
Q, г	0,03	27,51	4,23	4,45	105,05
Fulton	0,56	2,39	1,75	0,26	14,82
2017 (n=8)					
L, мм	114	139	124,3	9,09	7,31
l, мм	89,4	109,6	98,2	7,13	7,26
Q, г	13,96	27,01	19,26	4,51	23,42
Fulton	1,91	2,11	2,00	0,07	3,75
2020 (n=65)					
L, мм	30	95	45,5	14,34	31,53
l, мм	26	76	37,2	11,43	30,67
Q, г	0,19	7,46	1,10	1,33	120,81
Fulton	0,92	1,96	1,57	0,18	11,62
2021 (n=47)					
L, мм	23,7	70,5	35,9	7,92	22,03
l, мм	19,0	56,5	28,8	6,40	22,24
Q, г	0,10	2,93	0,47	0,47	99,73
Fulton	1,28	2,05	1,69	0,19	11,06

Балхашский гольян *Rhynchocypris poljakowii* отмечен в верхнем и нижнем течении, где был многочисленным. По сравнению с 2016 г его численность значительно увеличилась. Излюбленными местами обитания балхашского гольяна являются русловая часть притоков, устланных галькой или крупнозернистым песком, и редко – отмели с замедленным течением, слегка заросшие подводной растительностью. В 2021 г. особи имели абсолютную длину до 51 мм. Показатели длины и веса по участкам достоверно не различаются. Биологические показатели балхашского гольяна за 2020-2021 годы р. Шынжылы приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Биологические показатели балхашского гольяна из р. Шынжылы.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2020 (n=37)					
L, мм	25	42	31,8	4,71	14,79
l, мм	21	34	26,0	3,69	14,20
Q, г	0,15	0,89	0,41	0,22	54,58
Fulton	1,62	2,74	2,12	0,34	15,88
2021 (n=14)					
L, мм	23	51	28,9	6,88	23,78
l, мм	19	44	24,1	6,20	25,71
Q, г	0,12	1,63	0,29	0,39	136,48
Fulton	1,19	1,95	1,58	0,24	14,85

Зайсанский гольян *Phoxinus sedelnikowi* в р. Шынжылы был отмечен только в 1997 г. [248]. Тогда его доля в ценозе не превышала 2%. Нами не отмечен и, по всей видимости, является достаточно редким видом в р. Шынжылы.

Семейство гольцовые Nemacheilidae:

Тибетский голец *Tryplophysa stoliczkai* встречается в верхнем и среднем течении реки. По данным 2020 г., встречался только в среднем течении. За период наших исследований его численность менялась. Излюбленными местами обитания тибетского гольца являются мелководные каменисто-галечниковые и песчаные участки реки. Максимальный размер выловленных рыб по годам был следующим: 2015 г. L=88,5 мм, l=71,5 мм; 2016 г. L=94 мм, l=79 мм; 2017 г. L=75 мм, l=62 мм; 2020 г. L=83 мм, l=71 мм.

Пятнистый губач *Triplophysa strauchii* - взрослые особи и молодь обнаружены на всем протяжении течения р. Шынжылы, что говорит о достаточно благоприятных условиях воспроизводства для данного вида. Наиболее многочислен на верхнем участке, но ниже по течению численность также остается высокой. Наблюдается увеличение размеров особей в выборках от 2015 к 2020 гг: в 2015 г. L=85,5 мм, l=70 мм; в 2016 г. - L=94 мм, l=78 мм; в 2017 г. L=114 мм, l=96 мм; 2020 г. L=101 мм, l=86 мм (таблица 16). Сравнение по участкам также показало, что особи, обитающие в верхнем течении, были крупнее, чем в нижней части реки.

Таблица 16 – Биологические показатели пятнистого губача из р. Шынжылы.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2015(n=13)					
L, мм	35	85,5	51,3	14,88	28,99
l, мм	28	70	41,7	12,34	29,61
Q, г	0,33	4,85	1,34	1,38	102,49
Fulton	1,35	1,62	1,48	0,09	6,06
2016 (n=15)					
L, мм	37,2	94	67,1	17,07	25,42
l, мм	31	78	56	14,03	25,05
Q, г	0,43	6,93	2,85	2,15	75,25
Fulton	1,15	1,50	1,36	0,11	8,17
2017 (n=11)					
L, мм	37,5	114	73,4	25,83	35,21
l, мм	31,8	96,2	62,3	22,21	35,65
Q, г	0,48	13,05	4,50	4,12	91,63
Fulton	1,24	1,49	1,39	0,09	6,57
2020 (n=74)					
L, мм	24	101	53,0	19,94	37,61
l, мм	19	86	44,7	16,99	38,03
Q, г	0,09	8,17	1,79	2,00	111,88
Fulton	1,19	1,69	1,42	0,12	8,47

продолжение таблицы 16

Показатель	min	max	M	±s	CV
2021 (n=43)					
L, мм	28	66	37,6	8,32	22,13
l, мм	23	54,5	31,6	6,95	22,00
Q, г	0,18	2,20	0,52	0,40	76,06
Fulton	1,22	1,82	1,46	0,14	9,41

Одноцветный губач *Triplophysa labiata* - редкий вид в р. Шынжылы. В период 2015-2017 гг. в наших уловах он не встречался. В 2020 в летний период только в нижней части реки было выловлено шесть экземпляров. В 2021 году в верхнем течении пойман один экз., а в нижнем течении отмечены 16 экземпляров (таблица 17).

Таблица 17 – Биологические показатели тибетского гольца из р. Шынжылы.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2020 (n=6)					
L, мм	50	67	55,1	6,29	11,42
l, мм	42	56,5	46,1	5,47	11,87
Q, г	0,97	2,18	1,24	0,47	37,60
Fulton	1,08	1,46	1,23	0,13	10,84
2021 (n=17)					
L, мм	50	76	56,2	7,57	13,47
l, мм	42	64,5	47,2	6,52	13,80
Q, г	0,84	2,60	1,31	0,53	40,15
Fulton	0,97	1,46	1,21	0,12	10,00

Голец Северцова *Triplophysa sewerzowii* относится к аборигенной ихтиофауне и является эндемиком Балхашского бассейна. В 2016 г. ниже пос. Кабанбай этот вид встречался в незначительном количестве (2,7%). В июле 2020 г. его численность намного увеличилась, и вид стал встречаться в большинстве исследованных участков реки. На верхнем участке его численность в ценозе составила 17,6%. Вниз по реке его численность уменьшалась до 1,3%. Биологические показатели гольца Северцова за 2020-2021 гг. приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Биологические показатели гольца Северцова из р. Шынжылы.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2020 (n=11)					
L, мм	22	47	32	7,68	24,00
l, мм	19	38	26,89	6,09	22,66
Q, г	0,1	0,84	0,34	0,24	69,32
Fulton	1,46	1,69	1,56	0,08	5,08

продолжение таблицы 18

Показатель	min	max	M	±s	CV
2021 (n=2)					
L, мм	36,6	39	37,8	1,70	4,49
l, мм	30,6	32	31,3	0,99	3,16
Q, г	0,45	0,51	0,48	0,04	8,84
Fulton	1,56	1,57	1,56	0,01	0,64

Серый голец *Triplophysa dorsalis* отмечен в составе ихтиофауны только в 1997 г. Исследования, проведенные в р. Шынжылы с разницей более 15 лет, показывают, что в последние пять лет данный вид в уловах ни разу не встречался [248].

Отряд окунеобразные Perciformes, семейство окуневые Percidae:

Балхашский окунь *Perca schrenkii* также, как и серый голец, в незначительном количестве попадался в уловах 1997 г., а в период нашего исследования уже не встречался. Балхашский окунь, в основном, встречается в приустьевом пространстве и озерах дельты р. Тентек. В 1997 году в ихтиоценозах этих мест в летний период он являлся одним из доминирующих видов [249]. Предположительно, он проник в р. Шынжылы через р. Тентек, но из-за сезонных изменений и не подходящего гидрологического режима не смог стать постоянным обитателем ихтиоценоза в этой реке.

Чужеродные рыбы р. Шынжылы представлены четырьмя видами из семейства карповых: серебряный карась, лещ, сибирская плотва и амурский чебачок.

Серебряный карась *Carassius gibelio* был обнаружен в 1997 г. тогда на равнинном участке его численность составляла до 8%, а в зарослевом участке р. Шынжылы расположенном ниже пос. Кабанбай, его доля составляла 29,3% от общего числа рыб [248]. Однако, в период наших исследований он ни разу не встречался.

Лещ *Abramis brama* впервые обнаружен нами в 2016 г., когда был пойман единственный экземпляр (ниже пос. Кабанбай), после чего в уловах не регистрировался. Биологические параметры пойманного леща были следующими: L-124, l-98,5 и Q-17,82 г.

Сибирская плотва *Rutilus lacustris* впервые отмечена нами, летом в 2021 г. в нижнем течении реки. Пойманы четыре экз. молоди. Наиболее вероятное объяснение появления плотвы в ее проникновении через р. Тентек, поскольку место лова было недалеко от впадения р. Шынжылы. Дельта р. Тентек является основным местообитанием плотвы. Абсолютная длина выловленных выборок составила 35-43 мм, вес 0,42-0,68 г, соответственно.

Амурский чебачок *Pseudorasbora parva* – является случайным компонентом р. Шынжылы. В наших уловах встречался единично в верхней и нижней части реки. В 1997-2002 гг. на станциях замедленным течением характеризовался высокой численностью (до 22,3% в уловах) [248].

Согласно результатам предыдущего исследования 1997-2002 гг. [248] наблюдалась тенденция к снижению численности аборигенных видов и увеличению численности акклиматизантов. По результатам наших исследований установлено, что разнообразие и численность акклиматизантов намного уменьшились, некоторые из них в уловах не встречались. Вероятно, это связано с изменением режима хозяйствования, в результате чего аборигенные виды, постепенно увеличив численность, смогли вытеснить чужеродных рыб из р. Шынжылы.

Установлено, что в 2015-2017 и 2020-2021 гг. состав ихтиофауны р. Шынжылы испытывал резкие изменения. В настоящее время ихтиофауна состоит из 10 видов рыб, относящихся к 2 семействам отряда карпообразных. Видовой состав рыб, в основном, представлен аборигенными видами. Наиболее многочисленными были голый осман, балхашская маринка и пятнистый губач [249]. Не были обнаружены ранее указанные для этой реки аборигенные виды - серый голец, зайсанский голянь, балхашский окунь, а также чужеродный вид - серебряный карась. Таким образом, р. Шынжылы в значительной степени может рассматриваться в качестве резервата аборигенной ихтиофауны и важным местом воспроизводства балхашской маринки и голого османа. Однако изменяющиеся антропогенная нагрузка и погодные условия приводят к значительным колебаниям в составе ихтиофауны в различные годы.

3.2.1.2 Сообщества рыб реки Тентек

В 2015-2021 годах исследованы три участка р. Тентек: 1) правый приток, со стороны г. Ушарал, 2) нижнее течение, где впадает р. Шынжылы и 3) нижний бьеф плотины, около пос. Ынтылы. В этих местах разнообразие и численность рыб менялись по годам. По нашим наблюдениям ихтиофауна р. Тентек состояла из 12 видов, относящихся к трем семействам:

Семейство Cyprinidae - карповые

1. *Schizothorax argentatus* – балхашская маринка;
2. *Gymnodiptychus dybowskii* – голый осман;
3. *Rhynchocypris poljakowii* – балхашский голянь;
4. *Rutilus lacustris* – сибирская плотва;
5. *Carassius gibelio* – серебряный карась;
6. *Abramis brama* – лещ;
7. *Pseudorasbora parva* – амурский чебачок.

Семейство Nemacheilidae – голецовые

8. *Triplophysa strauchii* – пятнистый губач;
9. *Triplophysa labiata* – одноцветный губач;
10. *Triplophysa stoliczkai* – тибетский голец;
11. *Triplophysa sewerzowii* – голец Северцова;

Семейство Adrianichthyidae – адрианихтиевые

12. *Oryzias latipes* – медака.

В 2015 и 2017 гг. на правом притоке р. Тентек, которую местные называют Карабулак отмечено наибольшее разнообразие - отмечены девять видов рыб: голый осман, балхашский голянь, серебряный карась, лещ, амурский чебачок, пятнистый губач, тибетский голец, одноцветный губач и голец Северцова. По состоянию на 2015 г. в сообществе преобладали балхашский голянь и одноцветный губач с процентной долей 42% и 38%, соответственно.

В 2017 г. в нижнем течении р. Тентек отмечены лишь три вида рыб (голый осман, голец Северцова и медака), а в последующие годы все они были заменены другими видами. В исследованиях 2020-2021 гг. видовой состав был одинаковым и включал четыре вида - такие как балхашская маринка, балхашский голянь, сибирская плотва и пятнистый губач. Численность сибирской плотвы была незначительной по сравнению с другими видами (таблица 19).

Таблица 19 – Видовой состав и распределение рыб в нижнем течении р. Тентек, за период 2017 и 2020-2021 гг.

Вид	Доля видов (в %) в уловах по годам		
	2017	2020	2021
Балхашская маринка	0	39,6	17,1
Голый осман	30,0	0	0
Балхашский голянь	0	16,5	70,0
Плотва	0	12,1	8,6
Пятнистый губач	0	31,9	4,3
Гонец Северцова	10,0	0	0
Медака	60,0	0	0
Количество рыб, n	10	91	70

В 2021 г. в нижнем бьефе плотины в районе пос. Ынтылы в улове встречались только голый осман (n=21) и пятнистый губач (n=3).

По сравнению с опубликованными работами [248, 250] видовой состав ихтиофауны р. Тентек частично изменился (таблица 20).

Таблица 20 – Встречаемость различных видов рыб р. Тентек по годам.

№	Вид	Статус	2004*	2014*	2015-2021
Семейство Cyprinidae - карповые					
1	<i>Schizothorax argentatus</i> – балхашская маринка	А	+	+	+
2	<i>Gymnodiptychus dybowskii</i> - голый осман	А	+	+	+
3	<i>Phoxinus brachyurus</i> – семиречинский голянь	А	+	-	-
4	<i>Rhynchocypris poljakowii</i> – балхашский голянь	А	-	+	+
5	<i>Abramis brama</i> – лещ	Ч	+	-	+
6	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758) - сазан	Ч	+	-	-

продолжение таблицы 20

№	Вид	Статус	2004*	2014*	2015-2021
7	<i>Carassius gibelio</i> - серебряный карась	Ч	+	-	+
8	<i>Rutilus lacustris</i> – сибирская плотва	Ч	-	-	+
9	<i>Pseudorasbora parva</i> – амурский чебачок	Ч	+	+	+
Семейство Nemacheilidae –гольцовые					
10	<i>Triplophysa strauchii</i> - пятнистый губач	А	+	+	+
11	<i>Triplophysa stoliczkai</i> - тибетский голец	А	+	-	+
12	<i>Triplophysa labiata</i> - одноцветный губач	А	-	+	+
13	<i>Triplophysa sewerzowii</i> - голец Северцова	А	-	+	+
Семейство Percidae - окуневые					
14	<i>Perca schrenkii</i> - балхашский окунь	А	+	-	-
15	<i>Sander lucioperca</i> - судак	Ч	+	+	-
Семейство Odontobutidae -					
16	<i>Micropercops swinhonis</i> - элеотрис	Ч	-	+	-
Семейство Adrianichthyidae – адрианихтиевые					
17	<i>Oryzias latipes</i> - медака	Ч	+	-	+
Количество видов рыб			12	9	12
Примечание: * - по данным Тимирханова и Аветисян (2004) [248], Аубакировой и Лопатина (2014) [250], «А» – аборигенный вид, «Ч» – чужеродный вид, «+» – вид встречается в уловах, «-» – вид отсутствует в уловах.					

Согласно кластерному анализу за все исследованные годы видовой состав ихтиофауны р. Тентек разделился на несколько групп (рис. 9). На рисунке 9 показано, что в 2017 и 2020-2021 годах состав ихтиофауны нижнего течения реки Тентек размещен во внешней группе.

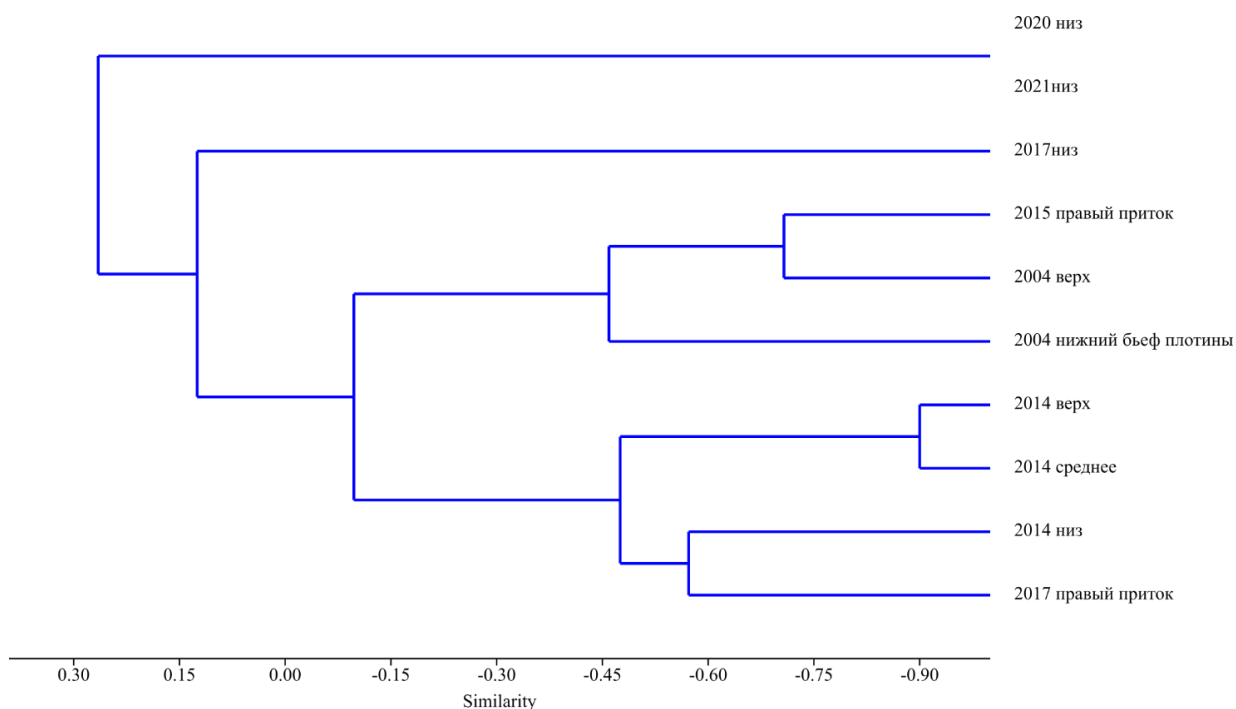


Рисунок 9 – Кластерный анализ сходства состава ихтиофауны р. Тентек (по индексу Серенсена).

В период наших исследований в составе ихтиофауны р. Тентек среди аборигенных видов обнаружены балхашский окунь и семиреченский голяк, а из чужеродных, наоборот, не встречались лещ, судак и элеотрис.

Ирригационная плотина является непреодолимым барьером для рыб, поднимающихся вверх по р. Тентек. По данным Тимирханова и Аветисяна [248], установлено, что видовой состав ихтиофауны выше плотины включает четыре вида: голый осман, пятнистый губач, тибетский голец и серебряный карась. В статье Аубакировой и Лопатина (2014) в верхнем и среднем течении приведены пять видов: голый осман, балхашская маринка, пятнистый губач, одноцветный губач и амурский чебачок [250]. Показатели разнообразия сообщества рыб в низовьях вдвое выше, чем в среднем и верхнем течении. По результатам работ вышеуказанных авторов можно предположить, что выше плотины обитает семь видов рыб.

Наибольший индекс разнообразия и равномерности распределения сообщества рыб наблюдался в 2020 г. в низовьях р. Тентек. Здесь в сообществе преобладали молоди балхашской маринки и пятнистого губача. Показатели разнообразия по Симпсону и Шеннону р. Тентек за исследованные годы представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Показатели разнообразия сообщества рыб из р. Тентек.

Показатели	Годы			
	2015	2017	2020	2021
Отловлено рыб (n)	274	10	91	70
Видовое богатство (S)	7	3	4	4
Аборигенные виды	5	2	3	3
Индекс разнообразия Симпсона (D)	2.93	2.17	3.34	1.89
Равномерность распределения по Симпсону (E)	0.42	0.72	0.83	0.47
Индекс разнообразия Шеннон (H, log ₂)	1.82	1.30	1.85	1.29
Равномерность распределения по Шеннон (J, log ₂)	0.65	0.82	0.93	0.65

Ниже приводится краткая аннотация отмеченных видов рыб.

Балхашская маринка *Schizothorax argentatus* в наших уловах встречалась только в нижнем течении р. Тентек. Ее доля в 2020-2021 гг. снизилась с 39,6 до 17,1%. Биологические показатели маринки р. Тентек приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Биологические показатели балхашской маринки из р. Тентек.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2020 (n=35)					
L, мм	30	52	40,11	5,90	14,72
l, мм	24	43	32,66	4,65	14,23
Q, г	0,21	1,13	0,63	0,26	41,51
Fulton	1,28	2,11	1,72	0,18	10,72

продолжение таблицы 22

Показатель	min	max	M	±s	CV
2021 (n=14)					
L, мм	27,80	39	33,32	3,49	10,46
l, мм	22,60	31	26,31	2,80	10,63
Q, г	0,20	0,61	0,37	0,12	33,04
Fulton	1,64	2,25	1,97	0,19	9,44

Голый осман *Gymnodiptychus dybowskii* - наибольшая численность зафиксирована в нижнем бьефе плотины пос. Ынтылы. В уловах представлен молодыми особями до 67 мм абсолютной длины и средней массой 2,88 г (таблица 23).

Таблица 23 – Биологические показатели голого османа из р. Тентек.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2021(n=21)					
L, мм	18	67	27,38	10,23	37,36
l, мм	15,50	53	22,37	7,81	34,92
Q, г	0,05	2,88	0,30	0,60	199,89
Fulton	1,34	2,00	1,71	0,18	10,26

Балхашский голянь *Rhynchocypris poljakowii* отмечен только в нижнем течении р. Тентек и был многочисленным. Размерно-весовые показатели голяня в 2020-2021 гг. исследования были сходными (таблица 24).

Таблица 24 – Биологические показатели балхашского голяня из р. Тентек.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2020 (n=16)					
L, мм	25	35	30	2,88	9,58
l, мм	21	30	25,69	2,57	10,02
Q, г	0,10	0,50	0,31	0,13	42,41
Fulton	0,94	2,69	1,70	0,44	26,00
2020 (n=25)					
L, мм	23	34	27,76	2,83	10,20
l, мм	19	29	23,51	2,45	10,41
Q, г	0,11	0,50	0,23	0,09	40,13
Fulton	1,38	2,05	1,65	0,17	10,44

Тибетский голец *Tryplophysa stoliczkai* – пойман в правом притоке р. Тентек в количестве 6 экз. Доля в улове составила 2,19%. Максимальный размер составил L=90 мм, l=73 мм, вес Q - 5,11 г (таблица 25).

Таблица 25 – Биологические показатели тибетского гольца (n=6) из р. Тентек.

Показатель	min	max	M	±s	CV
L, мм	49	90	78,17	14,69	18,79
l, мм	41	73	64,00	11,52	18,01
Q, г	0,99	5,11	4,12	1,55	37,74
Fulton	1,31	1,55	1,47	0,09	5,85

Пятнистый губач *Triplophysa strauchii* в бассейне р. Тентек встречается повсеместно. Чаще встречается в нижнем течении, где биотопы с илистым дном. Размеры и вес особей в правом притоке р. Тентек были крупнее, чем в низовьях (таблица 26).

Таблица 26 – Биологические показатели пятнистого губача из р. Тентек.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2015 (n=35) правый приток					
L, мм	38	81	49,56	10,18	20,55
l, мм	31	67	41,00	8,48	20,69
Q, г	0,4	3,87	1,04	0,69	67,06
Fulton	1,11	1,98	1,38	0,18	12,77
2020 (n=29) нижнее течение					
L, мм	22	54	36,14	8,89	24,59
l, мм	19	45	30,79	7,70	25,00
Q, г	0,07	1,14	0,41	0,28	69,04
Fulton	1,02	1,82	1,21	0,16	13,37

Одноцветный губач *Triplophysa labiata* – согласно нашим исследованиям, обнаружен в правом притоке р. Тентек в 2015 и 2017 гг., где его численность составляла 37,63% и 60%, соответственно. Биологические показатели одноцветного губача из р. Тентек приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Биологические показатели одноцветного губача из р. Тентек.

Показатель	min	max	M	±s	CV
2015 (n=105) правый приток					
L, мм	37	136	63,49	10,38	16,34
l, мм	39,5	115	52,91	8,60	16,26
Q, г	0,67	17,52	1,92	1,64	85,65
Fulton	0,82	1,62	1,20	0,13	10,78
2017 (n=21) нижнее течение					
L, мм	45	59,50	53,82	3,92	7,29
l, мм	37,50	52,00	45,85	3,42	7,47
Q, г	0,85	1,75	1,30	0,26	20,36
Fulton	1,11	1,61	1,34	0,16	11,87

Голец Северцова *Triplophysa sewerzowii* - малочисленный вид в р. Тентек. За весь период исследования поймано четыре особи со средней абсолютной длиной 53,5 мм и средним весом 1,36 г.

Количество чужеродных видов (серебряный карась, сибирская плотва, амурский чебачок и медака), обнаруженных за период наших исследований в р. Тентек, было незначительным. Их биологические показатели приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Биологические показатели чужеродных видов рыб из р. Тентек.

Вид	L, мм		Q, г		Fulton
	min- max	M±s	min- max	M±s	
Серебряный карась (n=1), 2015 г.	47	-	1,49	-	3,19
Амурский чебачок (n=3), 2015 г.	38-51	43,3±6,80	0,54-1,23	0,82±0,27	1,84
Медака (n=6), 2017 г.	27-35	29,3±2,94	0,18-0,44	0,27±0,10	1,83
Сибирская плотва, (n=11), 2020 г.	34-49	43,5±4,20	0,38-0,92	0,71±0,17	1,57

Состав ихтиофауны нижнего бьефа плотины р. Тентек, по данным сборов 2015-2017 и 2020-2021 гг. состоял из 12 видов, относящихся к трем семействам. На исследованных участках число видов варьировало от трех до девяти видов рыб. Наибольшее разнообразие отмечено в правом притоке р. Тентек. В трех участках рек наблюдалось преобладание аборигенных видов, однако их численность в различные годы сильно варьирует. Вероятно, ихтиофауна включает большее число видов, учитывая вероятность миграций рыб из дельтового участка р. Тентек [200, 248]. Тем не менее, выше плотины состав ихтиофауны остается прежним, поскольку барьер не позволяет рыбе подниматься.

3.2.1.3 Сообщества рыб малых рек Жаманты, Ыргайты и Токты

Видовой состав рыбного населения в приустьевой зоне р. Жаманты по сравнению с реками Ыргайты и Токты был более разнообразным. За период исследований 2016-2017 и 2020-2021 гг. в устье реки Жаманты отмечено наличие 10 видов рыб, относящихся к четырем семействам. Число видов по годам варьировало от трех-пяти до семи.

Семейство Cyprinidae - карповые

1. *Rhynchocypris poljakowii* – балхашский гольян;
2. *Phoxinus brachyurus* – семиречинский гольян;
3. *Carassius gibelio* – серебряный карась;
4. *Rhodeus ocellatus* – глазчатый горчак;
5. *Pseudorasbora parva* – амурский чебачок.

Семейство Nemacheilidae – гольцовые

6. *Triplophysa strauchii* – пятнистый губач;
7. *Triplophysa labiata* – одноцветный губач;
8. *Triplophysa sewerzowii* - голец Северцова;

Семейство Percidae - окуневые

9. *Perca schrenkii* – балхашский окунь.

Семейство Adrianichthyidae – адрианихтиевые

10. *Oryzias latipes* – медака.

Согласно предыдущим исследованиям, ихтиофауна р. Жаманты [248] была представлена тремя видами рыб: пятнистым губачом, тибетским гольцом и голым османом. Последние два не отмечены в наших уловах. В летнее время, вода используется для орошения, и русло реки не всегда доходит до озера. устье р. Жаманты балхашский окунь, серебряный карась, амурский чебачок и пятнистый губач были основными компонентами рыбного сообщества. Среди них по численности за все годы наблюдений преобладал балхашский окунь (60-90%) [251]. Преобладание балхашского окуня в уловах характерно и для оз. Алаколь. Горчак, балхашский гольян, и медака в уловах встречались единично. При нестабильном видовом богатстве р. Жаманты происходило неустойчивое пространственное изменение показателей сообщества рыб (таблица 29).

Таблица 29 – Показатели разнообразия сообщества рыб в р. Жаманты.

Показатели	Годы				
	2015	2016	2017	2020	2021
Отловлено рыб (n)	136	95	23	125	30
Видовое богатство (S)	6	7	3	5	4
Аборигенные виды	4	4	2	1	2
Индекс разнообразия Симпсона (D)	3.09	2.87	1.43	1.66	2.07
Равномерность распределения по Симпсону (E)	0.51	0.41	0.48	0.33	0.52
Индекс разнообразия Шеннон (H, log2)	1.91	1.99	0.81	1.08	1.44
Равномерность распределения по Шеннон (J, log2)	0.74	0.71	0.51	0.47	0.72

Долгое время полагали, что голец Северцова является эндемиком Балхашского бассейна – в частности, бассейна р. Или [252]. Однако 15 лет назад этот вид был обнаружен в бассейне Алакольских озёр [248]. В устье р. Жаманты нами отловлены 20 особей этого вида в 2015-2017 гг.

Семиреченский гольян также является одним из эндемиков Семиречья и, возможно, р. Чу [253]. В последние десятилетия численность и ареал этого вида заметно сократились в связи с нарушением основных мест обитания (чистые реки с пойменными родниками). Нами отловлены 16 особей этого вида в устье р. Жаманты в 2015 г. В последующие годы семиреченский гольян здесь не обнаружен. В исследованной выборке рыбы имели длину тела 23-36 мм, в среднем 26 мм; массу тела 0,27-1,06 г, в среднем $0,58 \pm 0,204$ г; упитанность по Фультону – от 1,92 до 2,56, в среднем $2,31 \pm 0,190$.

Семиреченский гольян и голец Северцова являются мелкими рыбами с коротким жизненным циклом, поэтому значительные колебания их численности в отдельные годы является нормальным явлением.

Зачастую чужеродные короткоцикловые виды рыб получают преимущество в нарушенных местообитаниях. На исследованных нами мелководьях отмечены три вида чужеродных рыб: амурский чебачок, медака и горчак.

В 2020 г. в ихтиофауне рек Ыргайты и Токты присутствовал только голый осман *Gymnodiptychus dybowskii*. При визуальных наблюдениях более чем у 70% голых османов, выловленных из р. Ыргайты и у 20 % из р. Токты, выявлены скелетные деформации, в частности искривление (сколиоз) позвоночника. Приблизительно у 10% особей в р. Токты имеются постдипластомозные паразиты, в обе стороны тела в виде черных пятен [249].

В предыдущих сборах ихтиофауна р. Ыргайты представлена голым османом, серым гольцом, пятнистым и одноцветным губачами [248]. Сведения по ихтиофауне р. Токты приведены нами впервые.

В таблице 30 даны значения размерно-весовых характеристик и упитанности видов рыб в исследованных реках Жетысуского Алатау за отдельные годы (таблица 30).

Таблица 30 – Биологические показатели рыб в малых реках Жетысуского Алатау.

Вид	L, мм		Q, г		Fulton
	min-max	M±s	min-max	M±s	
устье р. Жаманты					
Семиреченский гольян (n=16), 2015	28,5-45	36,4±4,5	0,3-1,1	0,6±0,2	2,3
Балхашский окунь (n=44), 2020	29-69	36,9±6,45	0,19-3,62	0,52±0,50	1,56
Серебряный карась (n=25), 2021 г.	24-91	43,2±13,89	0,19-14,55	1,87±2,83	3,06
Амурский чебачок (n=4), 2021 г.	17-27,5	23,1±4,70	0,08-0,23	0,16±0,07	2,20
Балхашский гольян (n=1), 2020 г.	38	-	0,45	-	1,14
Глазчатый горчак (n=1), 2016 г.	31	-	0,52	-	3,21
Пятнистый губач (n=10), 2016 г.	22,2-80,6	33,7±17,52	0,10-14,86	1,70±4,63	1,84
Одноцветный губач (n=10), 2016 г.	23,9-36,4	29,2±3,83	0,12-0,37	0,21±0,07	1,27
Голец Северцова (n=14), 2016 г.	19,5-39,2	26,7±6,63	0,09-0,57	0,21±0,16	1,48
Медака (n=1), 2020 г.	23	-	0,12	-	1,50
р. Ыргайты					
Голый осман (n=43), 2020 г.	19-49	30,2±6,12	0,03-1,05	0,28±0,19	1,51
р. Жаманты					
Голый осман (n=57), 2020 г.	28-78	42,25±8,66	0,19-4,8	0,82±0,66	1,68

Сообщества рыб малых рек наиболее лабильны и могут значительно изменяться как в пространстве, так и во времени, в частности, под воздействием антропогенных факторов, среди которых наиболее значимыми для ихтиофауны этих рек является сельское хозяйство.

3.1.2 Состояние рек хребта Барлык

Из-за высокой температуры воды в р. Шагантогай за период наблюдений не обнаружено ни одного вида рыб. В то же время еще недавно, в 1997-2002 гг., ихтиофауна р. Шагантогай состояла из аборигенных видов – балхашской маринки, голого османа, пятнистого и одноцветный губачей [197].

За 2020-2021 годы наблюдения реки Тасты I, II и III были пересохшими. Судя по следам, сток реки отсутствует уже несколько лет.

3.1.3 Разнообразие ихтиофауны рек южного макросклона хребта Тарбагатай

Опубликованных данных по ихтиофауне этих рек мало. Основная причина этого – отсутствие рыбохозяйственного значения и высокая трудоемкость сбора репрезентативных материалов. Первые ихтиологические исследования по рекам Тарбагатай были проведены в период с 1993 по 2002 гг [79, 183, 194, 196]. Наиболее подробные описания ихтиофауны рек Каракол, Уржар, Катынсу и Емель, приводятся в работе С. Тимирханова и Р. Аветисяна, с включением данных за прошлые годы [197]. Современные данные по ихтиофауне и отдельным видам рыб доступны только для р. Емель [199, 203].

В видовом составе рыб рек южного склона хребта Тарбагатай на основании литературных данных [197] следовало ожидать девять видов в р. Каракол, 17 - в р. Уржар и 18 - в р. Катынсу. На разных участках р. Емель в предыдущие годы исследований разнообразие варьировало от 11 до 17 видов [197, 199, 203]. Всего в исследованных реках ранее было обнаружено 23 вида рыб, принадлежащих к 6 семействам (таблица 31).

Видовое разнообразие варьировало от реки к реке, но такие аборигенные виды рыб как балхашская маринка *Schizothorax argentatus*, голый осман *Gymnodiptychus dybowskii*, пятнистый губач *Triplophysa strauchii*, одноцветный губач *Triplophysa labiata*, тибетский голец *Triplophysa stoliczkae* и голец Северцова *Triplophysa sewerzowii* были представлены в большинстве водоемов.

Таблица 31 – Встречаемость рыб в реках хребта Тарбагатай в период 1993-2018 гг. (составлена автором по литературным данным, [197, 199, 203])

№	Вид	Статус	Каракол, 1993	Уржар, 2000-2001	Катынсу, 2002	Емель, 1997-2002	Емель, 2015	Емель, 2018
Семейство Cyprinidae - карповые								
1	<i>Phoxinus sedelnikowi</i> – зайсанский голянь	А	+	-	-	-	-	-
2	<i>Phoxinus brachyurus</i> - семиречинский голянь	А	-	+	+	-	+	-
3	<i>Phoxinus phoxinus</i> - обыкновенный голянь	А	-	-	-	+	-	+
4	<i>Schizothorax argentatus</i> – балхашская маринка	А	+	+	+	+	-	+
5	<i>Gymnodiptychus dybowskii</i> - голый осман	А	+	+	+	+	+	+
6	<i>Carassius gibelio</i> - серебряный карась	Ч	+	+	+	+	+	+
7	<i>Cyprinus carpio</i> - сазан	Ч	+	+	+	+	+	+
8	<i>Abramis brama</i> - лещ	Ч	-	+	+	+	-	+
9	<i>Pseudorasbora parva</i> - амурский чебачок	Ч	+	+	+	+	-	+
10	<i>Abbottina rivularis</i> – речная абботина	Ч	-	-	+	+	+	+
11	<i>Stenopharyngodon idella</i> - белый амур	Ч	-	+	-	-	-	-
12	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> - белый толстолобик	Ч	-	+	-	-	-	-

продолжение таблицы 31

№	Вид	Статус	Каракол, 1993	Уржар, 2000-2001	Катынсу, 2002	Емель, 1997-2002	Емель, 2015	Емель, 2018
Семейство Nemacheilidae – гольцовые								
13	<i>Triplophysa trauchii</i> - пятнистый губач	А	+	+	+	+	+	+
14	<i>Triplophysa stoliczkai</i> - тибетский голец	А	+	+	+	+	+	-
15	<i>Triplophysa dorsalis</i> - серый голец	А	-	-	+	-	+	+
16	<i>Triplophysa labiata</i> - одноцветный губач	А	+	+	+	+	-	+
17	<i>Triplophysa sewerzowii</i> - голец Северцова	А	-	+	+	-	-	+
18	<i>Lefua costata</i> (Kessler, 1876) - лефуа	Ч	-	-	-	-	+	+
Семейство Percidae - окуневые								
19	<i>Perca schrenkii</i> - балхашский окунь	А	-	+	+	+	-	+
20	<i>Sander lucioperca</i> - обыкновенный судак	Ч	-	+	+	+	-	+
Семейство Gobiidae - бычковые								
21	<i>Rhinogobius similis</i> - амурский бычок	Ч	-	+	+	+	+	-
Семейство Eleotrididae - Головешковые								
22	<i>Micropercops cinctus</i> - китайский элеотрис	Ч	-	+	+	+	-	+
Семейство Adrianichthyidae – адрианихтиевые								
23	<i>Oryzias latipes</i> - медака	Ч	-	-	+	+	+	+
Количество видов рыб			9	17	18	16	11	17
Примечание: «А» – аборигенный вид, «Ч» – чужеродный вид, «+» – вид встречается в уловах, «-» – вид отсутствует в уловах.								

В период наших исследований 2020-2021 гг. в ихтиофауне этих рек было обнаружено от трех до девяти видов рыб (таблица 32). Всего отмечено 15 видов рыб, относящихся к трем семействам (Cyprinidae, Nemacheilidae, Gobiidae), при заметном доминировании представителей отряда карпообразных. За два года наблюдений состав ихтиофауны и частота встречаемости отдельных видов рыб по рекам менялись [254]. Ниже приведен состав ихтиофауны по каждой реке.

Таблица 32 - Видовой состав и распределение рыб по рекам южного склона хребта Гарбагатай, 2020-2021 гг.

Виды	р. Каракол	р. Уржар		р. Катынсу		р. Емель	
	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Аборигенные виды, доля в %							
Балхашская маринка	-	26,67	23,88	4,04	18,75	-	-
Голый осман	1,78	60,0	25,37	22,22	66,97	-	-
Балхашский гольян	-	-	-	48,48	2,68	-	-
Обыкновенный гольян	69,82	-	-	-	-	-	-
Пятнистый губач	12,43	12,22	50,75	20,20	8,03	-	-
Тибетский голец	5,92	-	-	3,03	-	-	-
Одноцветный губач	0,59	-	-	2,02	-	-	0,85
Голец Северцова	-	1,11	-	-	3,57	10,53	0,85

продолжение таблицы 32

Виды	р. Каракол		р. Уржар		р. Катынсу		р. Емель	
	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	
Чужеродные виды, доля в %								
Амурский чебачок	9,47	-	-	-	-	52,63	24,79	
Серебряный карась	-	-	-	-	-	2,11	2,56	
Сазан	-	-	-	-	-	2,11	11,97	
Речная абботина	-	-	-	-	-	29,46	30,77	
Амурский бычок	-	-	-	-	-	1,05	0,85	
Белый амурский лещ	-	-	-	-	-	2,11	0,85	
Пескарь <i>Gobio sp.</i>	-	-	-	-	-	-	26,5	
Количество рыб, n	169	90	67	99	112	95	117	

Река Каракол. По сравнению с данными 1993 г. [197] в ихтиофауне отсутствовали балхашская маринка, сазан и серебряный карась. В конце прошлого века балхашская маринка и голый осман были наиболее часто встречающимися видами в р. Каракол. Наши обловы р. Каракол у с. Таскескен (546 м) в июле 2021 г. показали наличие шести видов рыб, относящихся к двум семействам. Также, в уловах были обнаружены предположительно гибридные формы одноцветного и тибетского гольцов. Доминантным видом, составляющий основу рыбного населения, был голяк обыкновенный (*Phoxinus cf. phoxinus*) с долей в улове до 70%.

При обследовании местности, обнаружено перегораживание русла реки временными земляными плотинами для нужд орошения. Такая гидрологическая ситуация приводит к нарушению сезонных нерестовых миграций некоторых видов - например сазана и карася. Из-за таких преград, они не могут подняться вверх по реке и остаются на лиманах.

Река Уржар. По сравнению с 2000-2001 гг. [197] видовой состав ихтиофауны р. Уржар претерпел серьезные изменения. Из 17 видов, отмечавшихся ранее, нами обнаружены только четыре вида рыб: балхашская маринка, голый осман, пятнистый губач и голец Северцова.

В июле 2020 и 2021 гг. на одном и том же участке реки (431 м над уровнем моря) видовой состав рыб состоял только из аборигенных видов: голый осман, балхашская маринка, пятнистый губач и голец Северцова [254]. Численность этих видов по годам колебалась: в 2020 г. доминировал голый осман (около 60%), а в 2021 г. его сменил пятнистый губач (50,8%).

Река Катынсу. По нашим данным видовой состав ихтиофауны р. Катынсу с 2002 г. [197] резко сократился с 18 до семи видов. Характерно, что нами отмечены только аборигенные виды, кроме балхашского окуня. Все остальные виды, отмечавшиеся ранее, были чужеродными (сазан, серебряный карась, лещ, абботина, амурский чебачок, судак, элеотрис, амурский бычок и медака) и в наших уловах отсутствовали.

Результаты исследования в 2020-2021 гг. в р. Катынсу (467 м) показали, что на данном участке реки по численности доминировал голый осман, доля

которого в 2021 г. доходила до 67%. Балхашский голянь и пятнистый губач составили группу субдоминантов.

Река Емель. За период 1997-2021 гг. в р. Емель отмечены 25 видов рыб. В разные годы исследования состав ихтиофауны значительно менялся. Однако тенденция изменения фауны противоположная таковой в р. Катынсу. Если сравнить литературные данные 1997-2002, 2015 и 2018 гг., [197, 199, 203] с нашими данными за 2020-2021 гг., то большинство аборигенных видов (балхашская маринка, голый осман, голяны, пятнистый губач, тибетский голец, серый голец и балхашский окунь) исчезли в уловах. В то же время в 2015 г. в реке Емель появился новый чужеродный вид – восьмиусый голец *Lefua costata*, впервые отмеченный для водоемов Казахстана [203].

По данным сборов в июле 2020 и 2021 гг. в среднем течении р. Емель (367 м) ихтиофауна состояла из девяти видов, относящихся к трем семействам. Из них два (одноцветный губач и голец Северцова) являются представителями аборигенной фауны, два вида (карась и сазан) – акклиматизантами, остальные пять видов – случайными вселенцами. Среди них был обнаружен чужеродный вид - белый амурский лещ *Parabramis pekinensis*. Данный вид в р. Емель впервые был отмечен в 2006-2007 гг. Н.Ш. Мамиловым [255]. В ходе наших исследований 2021 г в р. Емель был найден вид, который ранее не отмечался в Алакольском бассейне - пескарь *Gobio* sp.

В р. Емель в 2020-2021 гг. по составу ихтиофауны преобладали чужеродные виды. В частности, в 2020 г. доля амурского чебачка в реке составляла 52,63%, хотя на следующий год его доля снизилась почти в 2 раза. Можно предположить, что это связано с появлением нового чужеродного вида - пескаря, доля которого в уловах составила до трети. Численность речной абботины за два года наблюдения оставалась стабильной - на уровне около 30% (рис. 10).

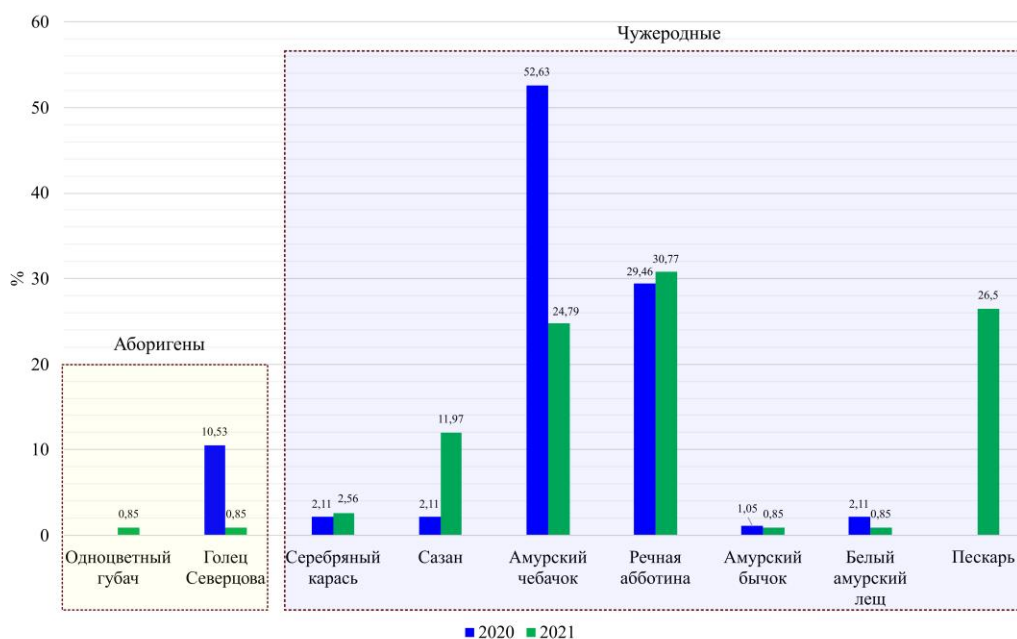


Рисунок 10 - Видовой состав и распределение рыб в р. Емель в 2020-2021 гг.

Показатели разнообразия и равномерность распределения сообщества рыб по Симпсону и Шеннону исследованных рек южного склона хребта Тарбагатай представлены в таблице 33. По данным 2021 г., показатели индекса видового разнообразия в р. Емель были выше, чем в других реках, а равномерность распределения, наоборот, оказалась выше в р. Уржар.

Таблица 33 – Показатели разнообразия сообщества рыб рек Тарбагатай по состоянию на 2021 г.

Показатели	Реки			
	Каракол	Уржар	Катынсу	Емель
Выборка (n)	169	67	112	117
Видовое богатство (S)	6	3	5	9
Аборигенные виды	5	3	5	2
Индекс разнообразия Симпсона (D)	2,08	2,64	2,03	4,86
Равномерность распределения по Симпсону (E)	0,35	0,88	0,41	0,54
Индекс разнообразия Шеннон (H, log2)	1,56	1,49	1,44	2,52
Равномерность распределения по Шеннон (J, log2)	0,60	0,94	0,62	0,79

Благодаря кластерному анализу на основе литературных данных [197, 199, 203] за период 1993-2002 гг., 2015 г., 2018 г., и результатов собственной работы за 2020-2021 гг. состав ихтиофауны рек Тарбагатай разделялся на 2 группы и каждая из них на подгруппы (рис. 9). Река Емель отличается большим разнообразием и доминированием чужеродных видов и выделяется в отдельную группу как по данным 1997-2002 гг. [197], 2015 г. [203], так и по результатам наших исследований. Результаты последних лет показали, что в реках Каракол, Уржар и Катынсу отсутствует большинство чужеродных видов [254], что также повлияло на их выделение в отдельную группу (рис. 11).

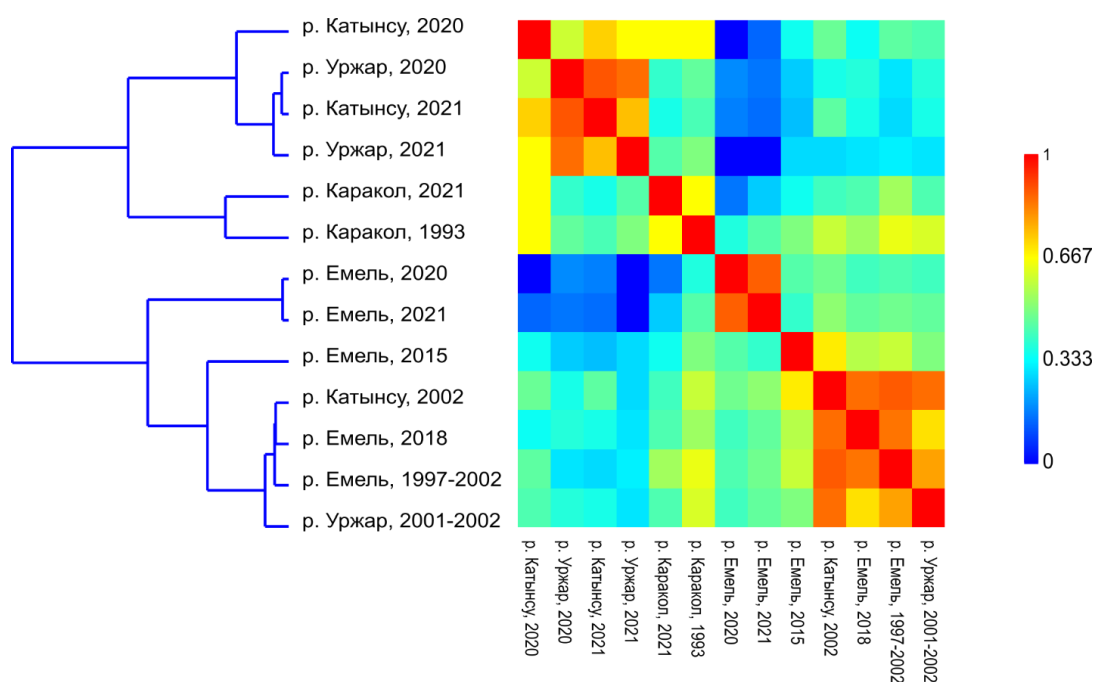


Рисунок 11 – Кластерный анализ сходства состава ихтиофауны рек южного склона хребта Тарбагатай (по индексу Серенсена).

Ниже приводится краткая аннотация популяций видов рыб из рек Тарбагатая.

Аборигенные виды.

Отряд карпообразные Cypriniformes, семейство карповые Cyprinidae.

Балхашская маринка *Schizothorax argentatus* – отмечена в реках Уржар и Катынсу, где не входила в состав доминантов. Абсолютная длина молоди варьировала в пределах L 32-53 мм, вес - Q 0,33-1,78 г. Размерно-весовые параметры молоди маринки из р. Уржар были выше, чем таковые в р. Катынсу. Отсутствие маринки в уловах в р. Каракол и р. Емель, ранее присутствовавший в этих реках, по-видимому, связан с локальным изменением гидрологического режима и увеличением численности других видов рыб. Согласно устному сообщению местных рыболовов, в низовьях этих рек маринка еще встречаются. Согласно ранее опубликованной работе [197] возрастной ряд маринки в р. Каракол (1993 г.) варьировал от 2+ до 9+ с максимальной длиной 50 см и весом 1030 г.

Голый осман *Gymnodiptychus dybowskii* встречался во всех исследованных реках, за исключением р. Емель. В 2018 г. в р. Емель он был отмечен лишь в верхнем течении (410 и 439 м) с высокой частотой в уловах (25-33%). Это можно объяснить реофильностью голого османа, который предпочитает участки рек с быстрым течением и холодной водой [256]. В наших сборах молодь из р. Уржар имела крупные размеры - средняя абсолютная длина - 111 мм и средний вес - 13,8 г. Биологические показатели голого османа из рек Уржар и Катынсу сходны с таковыми согласно литературным данным [12, 14].

Балхашский голянь *Rhynchocypris poljakowii* – обнаружен только в р. Катынсу. За период 2020-2021 гг. летних наблюдений его численность резко снизилась с 48 до 3 % от общего улова. Размерно-весовые показатели выловленных особей были следующими: L 27-72 мм, l 23-60 мм, Q 0,22-5,04 г.

В ранее опубликованных работах [197] голянь рек Тарбагатая приводятся под разным названием и систематическим положением. Например, в р. Каракол в составе ихтиофауны он был определен как зайсанский голянь, а в реках Катынсу и Уржар отмечен как семиречинский голянь, в то же время в р. Емель - как обыкновенный голянь. При сложной и запутанной систематике голяньев, идентификация видов надежнее производить с применением молекулярно-генетических исследований.

Обыкновенный голянь *Phoxinus phoxinus* в уловах 2020-2021 гг. отмечен только в р. Каракол с высокой численностью. Абсолютная длина особей колебалась в пределах L 25-75 мм, а Q вес - 0,16-4,12 г. В статье Данько и Сансызбаева [199], опубликованной в 2018 г., приводятся данные о наличии голяня в верхнем и среднем течении р. Емель.

Семейство голяцовые Nemacheilidae:

Пятнистый губач *Triplophysa strauchii* в наших сборах представлен во всех реках, кроме р. Емель. Размерно-весовые показатели исследованных выборок пятнистого губача рек Уржар и Каракол превосходили таковые у

губача р. Катынсу (L 32-60 мм, l 29-51 мм, Q 0,39-1,56 г, F 1,18-2,03). Так, максимальные значения биологических показателей губача из р. Каракол были следующими: L=85 мм, l=71 мм, Q=5,47 г, F=1,71. При этом упитанность по Фультону оказалась больше, чем ранее было известно для этого бассейна [257].

Тибетский голец *Triplophysa stoliczkai*. Вид был зарегистрирован в составе ихтиофауны во всех реках Тарбагатай в период 1993-2001 гг. Однако, в наших уловах он был обнаружен в двух реках - Катынсу и Каракол, его доля не превышала 6%. Максимальная величина выловленных особей составляла L-88 мм, а вес - 5,74 г.

Одноцветный губач *Triplophysa labiata* – малочисленный вид. Обычно единичен, за исключением р. Уржар. Длина и масса самого крупного экземпляра составила L=81 мм, l=68 мм, Q=2,93 г, F=0,93.

Голец Северцова *Triplophysa sewerzowii* встречался в незначительном количестве в р. Катынсу и р. Емель. Размеры крупных особей достигали L 49 мм абсолютной длины и 1 г массы тела.

Чужеродные виды

В период 2020-2021 гг. наших исследований чужеродные рыбы в реках южного склона хребта Тарбагатай были представлены семью видами [254, 258] из семейства карповых (амурский чебачок, серебряный карась, сазан, речная абботина, белый амурский лещ и пескарь) и бычковых (амурский бычок).

Амурский чебачок *Pseudorasbora parva* раньше был постоянным компонентом ихтиофауны рек Тарбагатай, но результаты исследований последних двух лет показали его наличие лишь в реках Каракол и Емель. В р. Емель характеризуется высокой численностью (25-53%). По размерно-весовым показателям выборки из р. Каракол сравнительно были крупными.

Серебряный карась *Carassius gibelio* отмечен только в р. Емель, в уловах встречалась молодь абсолютной длиной от 25 до 86 мм и весом 0,25-10,90 г.

Сазан *Cyprinus carpio* отмечен в р. Емель. В 2021 г. его доля в уловах заметно выросла с 2,11 до 11,97%. Размерно-весовые характеристики молоди сазана: L 36-64 мм, l 28-52 мм и Q 0,76-3,74 г. Размерные показатели молоди сазана из р. Емель находятся в известных для водоемов юго-востока Казахстана пределах варьирования [259].

Белый амурский лещ *Parabramis pekinensis*. В наших уловах 2020-2021 гг. в р. Емель поймано три экз. молоди (приложение Б, рис. 6): L 51-54 мм, l 42-43 мм и Q 1,24-1,46 г.

Речная абботина *Abbottina rivularis* отмечена только в р. Емель, где была многочисленной. Абсолютная длина особей колебалась от 24 до 64 мм. Наибольшие длина и масса абботины из р. Емель меньше максимального размера, известного для Балхашского бассейна [260] и естественного ареала [261]. Все биологические параметры абботины соответствовали таковым Балхашского бассейна [260].

Пескарь *Gobio* sp. - впервые отмечен нами в Алакольском бассейне. Предварительно был определен как сибирский пескарь *Gobio* cf. *sibiricus*.

Однако, систематическое положение пескаря Алакольского бассейна нуждается в дополнительной ревизии. В 2021 г. пойман 31 экз., их доля в ихтиоценозе составила 26,5%. Основные биологические параметры были следующими: L 37-98 мм, l 29-82 мм и Q 0,46-7,64 г, среднее значение индекса Фультонна - 1,50.

Амурский бычок *Rhinogobius similis* обнаружен нами только в р. Емель в единичном экземпляре, биологические показатели которого: L-45 мм, l-38 мм и Q-1,21 г.

Состав ихтиофауны рек и ручьев зависит от многочисленных абиотических факторов. Нарушение естественно-исторического состояния структуры ихтиоценозов вызывается такими факторами как изменение климата, проникновение в водные экосистемы новых видов рыб, расселение околоводных птиц и зверей, изменение гидрологического и гидрохимического режимов, регулирование русел рек, забор воды с целью орошения и т. д. [262, 263].

Исследованные реки южного макросклона хребта Тарбагатай не являются крупными. Сельскохозяйственная деятельность в их бассейнах в настоящее время ведется во многом без учета экологических требований: не определен минимальный объем воды для поддержания естественного биологического разнообразия гидробионтов, отсутствуют рыбозащитные сооружения при отборе воды на орошение, в поймах рек имеются незаконные свалки бытового мусора, навоза, погибший домашний скот, строительные остатки. Значительное влияние на размер речного стока оказывают климатические условия - маловодный 2020 и засушливый 2021 годы. В целом это привело к значительному обеднению разнообразия ихтиофауны в реках южного склона хребта Тарбагатай.

Видовой состав ихтиофауны рек Каракол, Уржар, Катынсу и Емель в 2020-2021 гг. насчитывал от четырех до девяти видов. Всего отмечены 15 видов рыб, относящихся к трем семействам, при этом основа списка – представители отряда карпообразных. Река Емель населена преимущественно чужеродными видами рыб, в остальных реках аборигенные виды представляют основу местных ихтиоценозов. Исследованные реки различаются как по составу ихтиофауны экологической структуре сообществ, так и по размерно-весовым показателям доминирующих видов.

3.1.4 Сообщества рыб мелководий озера Алакольского бассейна

3.1.4.1 Сообщества рыб мелководий оз. Алаколь

Выявленный состав рыбного населения оказался намного беднее ожидаемого по ранее опубликованным спискам [46]. В период 2015-2017 и 2020-2021 годах исключительно на мелководьях озера Алаколь обнаружено пять видов рыб: балхашский окунь (93%), пятнистый губач (5%), голец Северцова (1%), тибетский голец (0,5%) и сазан (0,5%). Сообщества рыб в приустьевой зоне р. Жаманты были более разнообразными и включали все вышеупомянутые виды. На мелководьях, где обследованы юго-западная

(Заячья губа), южная (Черная коса) и восточная части оз. Алаколь, все годы наблюдений единственным видом рыб был балхашский окунь.

Видовой состав рыб отличается на изолированных мелководьях у побережья озера Алаколь. В 2020 г. в восточной части оз. Алаколь, где находились пресноводные лиманы, обнаружен только семиреченский голянь в количестве 28 экз. В отшнурованном заливе близ пос. Кабанбай обнаружено пять видов рыб: балхашский окунь (50%), элеотрис (8%), серебряный карась (3%), амурский чебачок (36%) и медака (3%). В лимане юго-восточной части у побережья оз. Алаколь, который, по-видимому, образовался в результате отвода р. Жаманты, видовой состав был близким по составу, но с другим распределением доли видов в улове: наиболее многочисленны – голец Северцова (45%) и амурский чебачок (31%), элеотрис (9%), балхашский окунь (7%) и серебряный карась (7%) имели заметно меньшую долю в улове. Стоит отметить, что это одно из немногих мест обнаружения гольца Северцова, и единственное, где он имел высокую долю в улове.

3.1.4.2 Сообщества рыб мелководий оз. Жаланашколь

Сообщества рыб на мелководьях оз. Жаланашколь представлены пятью видами: балхашский окунь, балхашская маринка, амурский чебачок, пятнистый губач и единичном экземпляре голец Северцова. Доля балхашского окуня в уловах оставалась стабильной (рис.12).

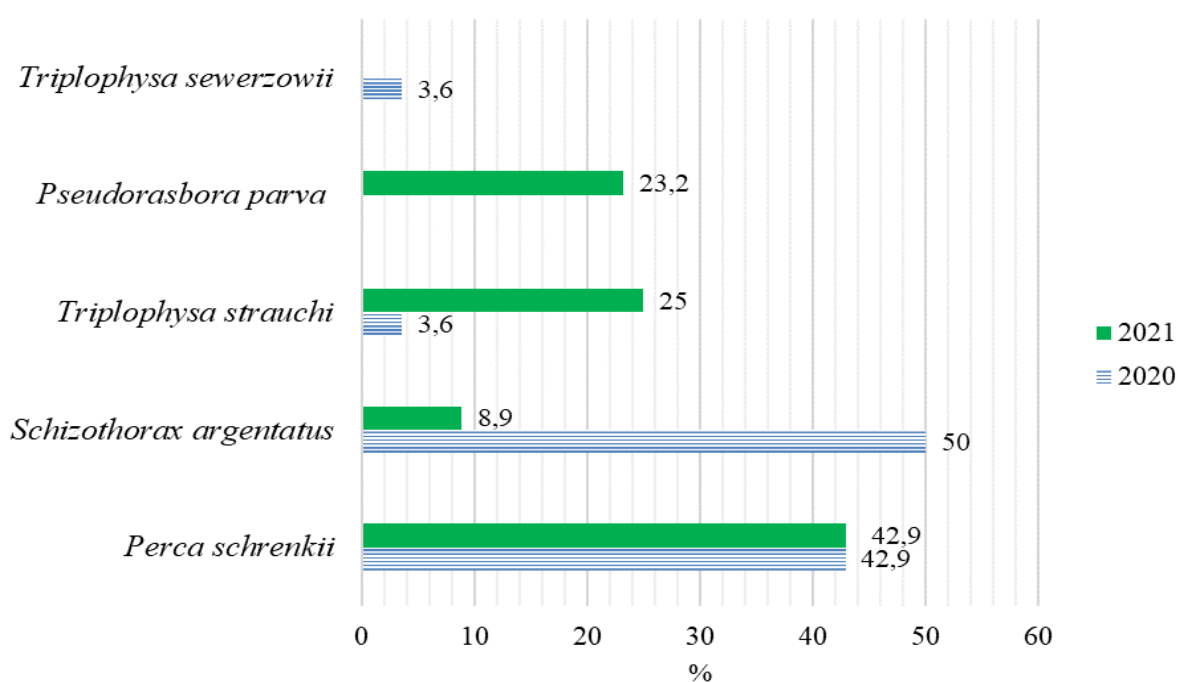


Рисунок 12 - Видовой состав и распределение рыб в оз. Жаланашколь.

Видовой состав уловов различается даже в два смежных года. По сравнению с данными Р.М. Аветисяна (2004) [264] в уловах не отмечены сазан и карась. Согласно данным Р.М. Аветисяна [264] во всех биотопах и во все

годы исследований балхашский окунь был абсолютным доминантом в оз. Жаланашколь [264].

Ниже приведены данные о размерно-весовых характеристиках видов рыб в оз. Жаланашколь (таблица 34).

Таблица 34 – Биологические показатели рыб оз. Жаланашколь.

Вид	L, мм		Q, г		Fulton
	min- max	M±s	min- max	M±s	
Балхашский окунь (n=24), 2021 г.	45-131	85,9±29,9	1,01-24,1	8,73±6,43	1,83
Балхашская маринка (n=5), 2021 г.	17-51	39±13,06	0,03-1,36	0,79±0,51	1,80
Пятнистый губач (n=14), 2021 г.	38-57	49,6±6,92	0,42-1,45	0,92±0,38	1,31
Амурский чебачок (n=13), 2021 г.	21-46	35,08±7,84	0,07-1,04	0,51±0,32	1,85
Голец Северцова (n=1), 2020 г.	37	37	0,36	0,36	1,32

3.1.4.3 Сообщества рыб мелководий оз. Сасыкколь на примере «Урочище Ерту»

За два года наблюдений в водоеме отмечены два вида – балхашский окунь (n=11) и элеотрис (n=1). Несмотря на расположение в непосредственной близости от озера Сасыкколь, влияние озера на этот водоем, по-видимому, минимально. По опросным данным, в отдельные годы в жаберные сети попадались серебряный карась, лещ и судак.

3.3 Многолетняя динамика разнообразия ихтиофауны Алакольского бассейна

Современный состав ихтиофауны в сравнении с данными предыдущих лет представлен в таблице 35. Полученные нами результаты показали, что все аборигенные виды сохраняются в бассейне Алакольских озер [265].

Ни в одном из исследованных мест не были встречены все аборигенные виды одновременно. Наиболее распространены и довольно многочисленны пятнистый губач, голый осман и балхашская маринка. Семиреченский голянь, обыкновенный голянь и серый голец встречались только по одному разу. Обыкновенный голянь был обнаружен только в реке Каракол, в небольшом количестве, а семиречинский голянь и серый голец отмечены лишь в разные годы исследования и каждый в разные локальности. Также в реках Тентек и Катынсу были обнаружены голяцы, сочетающие в себе признаки серого и тибетского, одноцветного и тибетского голяцов (предположительно определены как гибридные формы). Из чужеродных видов судак был представлен только в промысловых уловах и уловах рыбаков-любителей. На исследованных нами участках скоплений молоди судака не выявлено.

В многоводные годы обыкновенный лещ в р. Тентек проникал далеко вверх по течению и отмечался на участках с быстрым течением, характерным для голого османа, одноцветного губача и тибетского голяца.

Таблица 35 –Разнообразие рыб Алакольского бассейна меняется с течением времени

№ п/п	Латинское название	Русское название	Сокращенное обозначение	До 1960 [161, 266]	1960-2014 [46, 151, 170]	Наши данные 2015-2017, 2020-2021	
						Количество локалитетов	Количество отловленных рыб
Аборигенные виды:							
1	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	Обыкновенный голянь	<i>Php</i>	+	+	1	118
2	<i>Phoxinus brachiurus</i> Berg, 1912	Семиречинский голянь	<i>Phb</i>	0	+	1	44
3	<i>Rhynchocypris poljakowii</i> (Kessler, 1879)	Балхашский голянь	<i>Pol</i>	0	+	13	282
4	<i>Schizothorax argentatus</i> Kessler, 1874	Балхашская маринка	<i>Sha</i>	+	+	17	344
5	<i>Gymnodiptychus dybowski</i> (Kessler, 1874)	Голый осман	<i>Gyd</i>	+	+	24	806
6	<i>Triplophysa strauchii</i> (Kessler, 1872)	Пятнистый губач	<i>Trs</i>	+	+	28	489
7	<i>Triplophysa stoliczkai</i> (Steindachner, 1866)	Тибетский голец	<i>Tst</i>	+	+	15	157
8	<i>Triplophysa dorsalis</i> (Kessler, 1872)	Серый голец	<i>Tdo</i>	+	+	2	131
9	<i>Triplophysa labiata</i> (Kessler, 1874)	Одноцветный губач	<i>Trl</i>	+	+	12	278
10	<i>Triplophysa sewerzowi</i> (G.Nikolsky, 1938)	Гонец Северцова	<i>Tse</i>	+	+	18	90
	<i>Triplophysa dorsalis</i> x <i>Triplophysa stoliczkai</i>	(гибрид)	<i>Hy1</i>	0	0	3	7
	<i>Triplophysa labiata</i> x <i>Triplophysa stoliczkai</i>	(гибрид)	<i>Hy2</i>	0	0	1	3
11	<i>Perca schrenkii</i> Kessler, 1874	Балхашский окунь	<i>Per</i>	+	+	16	448
Чужеродные виды:							
12	<i>Acipenser ruthenus</i> Linnaeus, 1758	Стерлядь		+	0	0	0

продолжение таблицы 35

	Латинское название	Русское название	Сокращенное обозначение	До 1960 [161, 266]	1960-2014 [46, 151, 170]	Наши данные 2015-2017, 2020-2021	
						Количество	Количество отловленных рыб
13	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	Сазан	<i>Cyp</i>	+	+	3	17
14	<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758)	Лещ	<i>Abr</i>	0	+	4	48
15	<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758)	Линь		+	0	0	0
16	<i>Stenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844)	Белый амур		0	+	0	0
17	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844)	Белый толстолобик		0	+ до 2000	0	0
18	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i> (Richardson, 1845)	Пестрый толстолобик		0	+ до 2000	0	0
19	<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck et Schlegel, 1846)	Амурский чебачок	<i>Pse</i>	0	+	16	176
20	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1872)	Серебряный карась	<i>Cag</i>	0	+	10	46
21	<i>Rhodeus ocellatus</i> (Kner, 1866)	Горчак	<i>Rho</i>	0	0	1	1
22	<i>Rutilus lacustris</i> (Pallas, 1814)	Плотва	<i>Rut</i>	0	+	3	21
23	<i>Parabramis pekinensis</i> (Basilewsky, 1855)	Белый амурский лещ	<i>Pab</i>	0	0	2	3
24	<i>Hemiculter leuisculus</i> (Basilewsky, 1855)	Вострабрюшка		0	+	0	0
25	<i>Abbottina rivularis</i> (Basilewsky, 1855)	Абботина	<i>Abb</i>	0	+	2	64
26	<i>Gobio</i> sp.	Сибирский пескарь	<i>Gcy</i>	0	0	1	31
27	<i>Lefua costata</i> (Kessler, 1876)	Восьмиусый голец		0	+	0	0
28	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Радужная форель		0	+	0	0
29	<i>Orizias latipes</i> (Temminck et Schlegel, 1846)/ <i>Orizias sinensis</i> Chen, Uwa et Chu, 1989	Медака	<i>Ors</i>	0	+	5	21
30	* <i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	Судак		0	+	+	+
31	<i>Micropercops cinctus</i> (Dabry de Thiersant, 1872)	Элеотрис	<i>Mci</i>	0	+	3	9
32	<i>Rhinogobius similis</i> Gill 1859	Амурский бычок	<i>Rhs</i>	0	+	2	2
	* Обнаружен только в промысловых уловах						

На рисунке 13 показаны группировки по местам встречаемости различных аборигенных и чужеродных видов. Совместное обитание балхашского окуня и пятнистого губача является естественным и соответствует данным многолетних наблюдений [151, 161, 170, 266]. Все остальные группы объединяют местные и чужеродные виды.

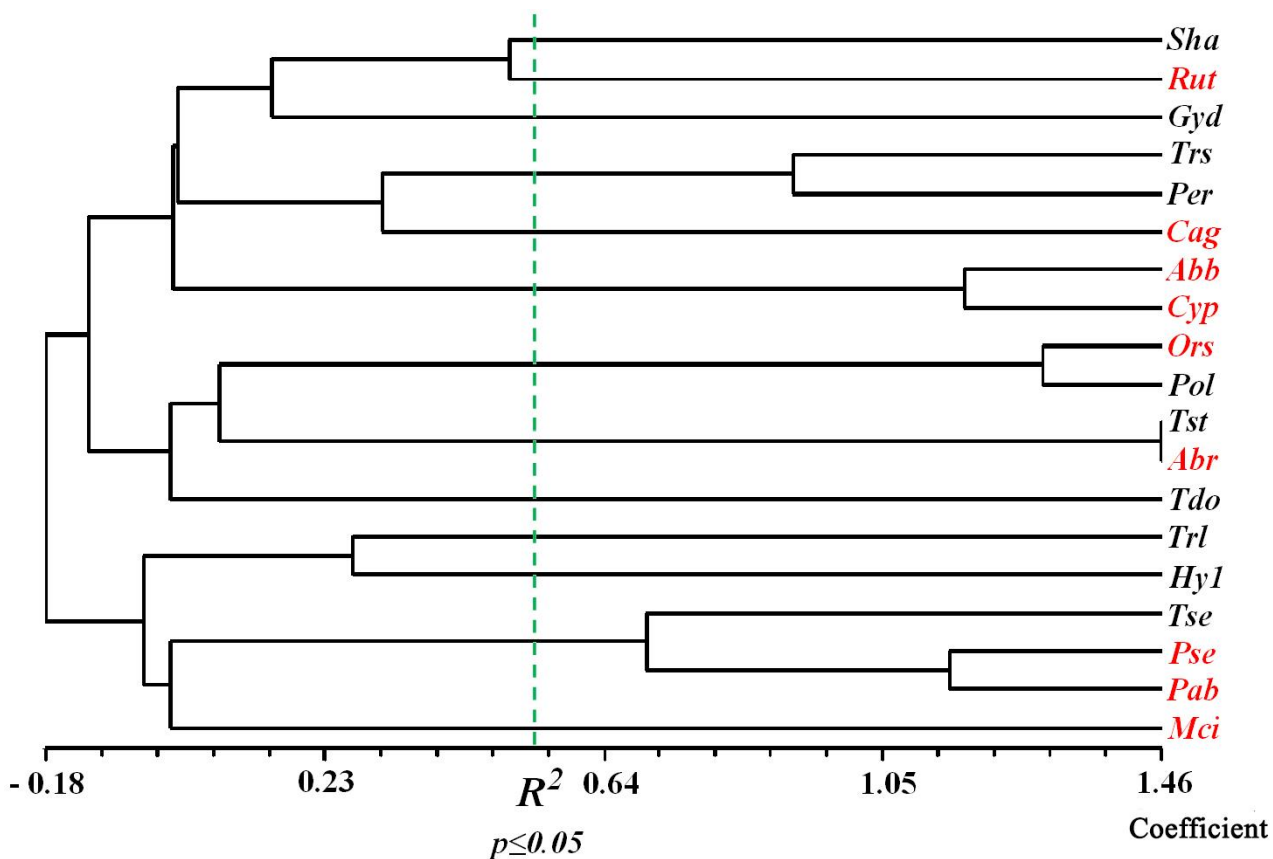


Рисунок 13 - Дендрограмма сходства межвидового распределения рыб (UPGMA, инварианты исключены). Названия аборигенных видов показаны черным цветом; интродуцированные виды - красным. Зеленая линия показывает границу достоверной положительной корреляции попарных сравнений (Trs × Per, Abb × Cyp и т.д.).

Расположение выборок из разных рек в пространстве главных компонент представлено на рисунке 14. По видовому составу рыб наиболее различаются выборки разных лет из нижнего участка р. Тентек и ее притока, а также выборки из р. Емель 2020 г. и разных лиманов оз. Алаколь.

Наибольшая нагрузка на первую главную компоненту приходится на аборигенные виды - гольца Северцова, гибридов гольцов серого и тибетского, а также на чужеродные виды - пескаря, белого амурского леща и медаку. Тибетский голец задает значительную отрицательную нагрузку на 1 и 2 главные компоненты (таблица 36). Таким образом, не обнаружены закономерности в отношении нативности/чужеродности или экологии вида.

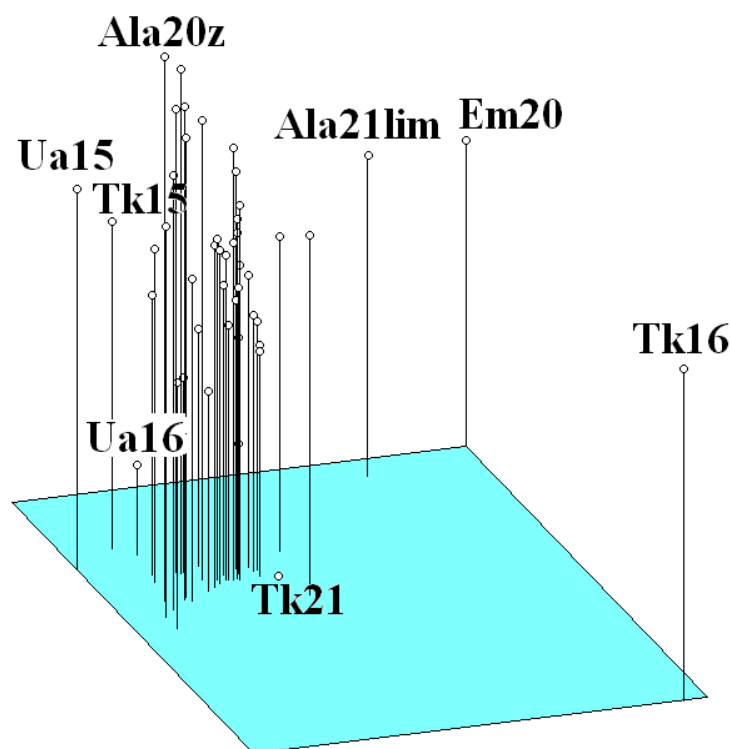


Рисунок 14 – Положение выборок из разных рек в пространстве главных компонент. Обозначения приведены для наиболее уклоняющихся выборок: Ала20z - оз. Алаколь, лиманы, 2020 г.; Ала21lim – оз. Алаколь, близ пос. Кабанбай, заболоченное место, 2021 г.; Em20 - р.Емель 2020; Ua15 и Ua16 - правый приток р. Тентек в 2015 и 2016 гг.; Tk15, Tk16 и Tk21 — р. Тентек, нижний бьеф плотины 2015, 2016 и 2021 гг.

Таблица 36 – Нагрузки главных компонент на разные виды рыб.

Виды рыб	Сокращение	Главные компоненты		
		1	2	3
Аборигенные:				
<i>Schizothorax argentatus</i>	<i>Sha</i>	0.0071	0.0843	0.2987
<i>Gymnodiptychus dybowskii</i>	<i>Gyd</i>	-0.0401	-0.0272	0.2695
<i>Rhynchocypris poljakowii</i>	<i>Pol</i>	-0.0556	-0.0436	-0.4802
<i>Triplophysa labiata</i>	<i>Trl</i>	0.1469	0.1648	0.1446
<i>Triplophysa dorsalis</i>	<i>Tdo</i>	0.0019	-0.0068	-0.1023
<i>Triplophysa sewerzowii</i>	<i>Tse</i>	0.3078	-0.2884	0.0728
<i>Triplophysa stoliczkai</i>	<i>Tst</i>	-0.4990	-0.3940	0.1230
<i>Triplophysa strauchii</i>	<i>Trs</i>	-0.0317	0.0741	0.3327
<i>Triplophysa dorsalis</i> x <i>Triplophysa stoliczkai</i>	<i>Hyl</i>	0.4522	0.3757	-0.1560
<i>Perca schrenkii</i>	<i>Per</i>	-0.0880	0.1030	0.1109
<i>Phoxinus phoxinus</i>	<i>Php</i>	неизменный		
<i>Phoxinus brachiurus</i>	<i>Phb</i>	неизменный		
<i>Triplophysa labiata</i> x <i>Triplophysa stoliczkai</i>	<i>Hy2</i>	неизменный		

продолжение таблицы 36

Виды рыб	Сокращение	Главные компоненты		
		1	2	3
Чужеродные:				
<i>Carassius gibelio</i>	<i>Cag</i>	-0.0522	0.0577	0.0628
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyp</i>	-0.2241	0.2905	-0.0796
<i>Pseudorasbora parva</i>	<i>Pse</i>	0.2222	-0.3077	-0.0742
<i>Abbottina rivularis</i>	<i>Abb</i>	-0.3097	0.3986	-0.0575
<i>Abramis brama orientalis</i>	<i>Abr</i>	-0.3495	-0.2516	-0.1354
<i>Rutilus lacustris</i>	<i>Rut</i>	0.0086	0.0208	0.2356
<i>Parabramis pekinensis</i>	<i>Pab</i>	0.3097	-0.3986	0.0575
<i>Orizias latipes</i>	<i>Ors</i>	-0.0144	-0.0569	-0.5579
<i>Micropercops cinctus</i>	<i>Mci</i>	0.0120	-0.0152	-0.0309
<i>Gobio</i> sp.	<i>Gcy</i>	неизменный		
<i>Rhodeus ocellatus</i>	<i>Rho</i>	неизменный		
<i>Rhinogobius similis</i>	<i>Rhs</i>	неизменный		

Канонический анализ соответствия (ССА) использовали для изучения возможных взаимосвязей между шестью переменными окружающей среды (минерализация, мутность, температура, рН, содержание аммония и нитратов) и численностью рыб в 47 локальностях. Собственные значения (лямбда) составляли 0,466, 0,381, 0,197 и 0,116 для первой (горизонтальной), второй (вертикальной), третьей и четвертой осей, соответственно. Первые две оси объясняют 68,1% дисперсии, а все канонические оси в совокупности объясняют 93,4% дисперсии. Данные сайтов/объектов были линейно связаны с данными сайтов/переменных по результатам теста перестановок (500 перестановок, $F = 1,291$, $P = 0,030$).

Первые оси отражают распределение видов и места отбора проб, а также максимальную наблюдаемую температуру воды. По второй оси изменчивости места отбора проб располагаются по возрастанию минерализации и концентрации ионов аммония. Результаты ССА выявили три модели распределения рыб в соответствии с измеренными переменными окружающей среды (рис. 15). Балхашский окунь выжил в озере с более соленой водой. Многие чужеродные виды рыб, такие как амурский чебачок, пескарь, сазан, абботина, белый амурский лещ, а также аборигенные семиречинский голянь и голец Северцова, предпочитают теплую воду с низкой минерализацией. Другие аборигенные и чужеродные виды держатся в довольно прохладной воде.

Палеогеографические и палеоэкологические процессы изолировали Балхашский бассейн от других водных систем не менее 10000 лет назад. По этой причине аборигенная ихтиофауна состоит из нескольких видов и характеризуется высокой степенью эндемизма [149]. Голый осман *Gymnodiptychus dybowskii*, обыкновенный голянь *Phoxinus phoxinus*, пятнистый губач *Triplophysa strauchii*, тибетский голец *Triplophysa stoliczkai* и серый голец *Triplophysa dorsalis* являются широко распространенными аборигенными видами рыб [265, 267]. Другие виды, такие как балхашская маринка

Schizothorax argentatus, одноцветный губач *Triplophysa labiata*, голец Северцова *Triplophysa sewerzowi*, балхашский окунь *Perca schrenkii*, семиреченский голянь *Phoxinus brachyurus* и балхашский голянь *Rhynchocypris poljakowii* являются эндемиками бассейна. Возможно, последние два из них являются региональными эндемиками, так как согласно Бергу (1949) [268] семиреченский голянь был отмечен в бассейне р. Чу, а балхашский голянь в бассейне оз. Иссыккуль.

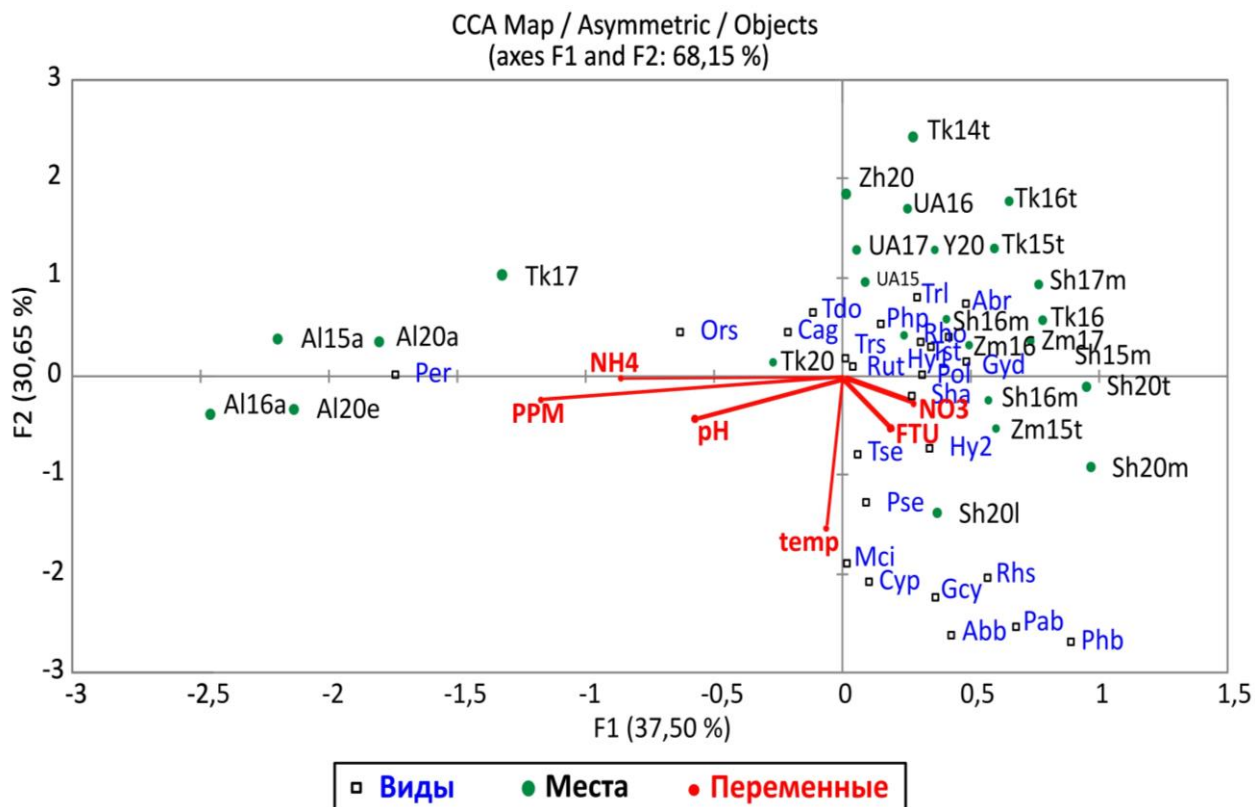


Рисунок 15 – График ССА видов (объектов), местонахождений и переменных среды водоемов Алакольского бассейна: первая ось по горизонтали, вторая ось по вертикали. Сокращения участков приведены в приложении, видов - в таблице 34. Сокращения стрелок окружающей среды: PPM - минерализация воды, pH - значение pH, temp - максимальная наблюдаемая температура воды (°C), FTU - мутность воды (мутность по формазину), концентрации аммиака и нитратов NH_4^+ и NO_3^- соответственно.

Система Алакольских озер расположена на востоке Балхашской котловины. Примерно 600 лет назад в результате изменений климата Алакольская система отделилась от Балхаша.

Ранее промысловыми видами в Алакольских озерах являлись балхашская маринка, балхашский окунь и пятнистый губач. Максимальный улов балхашской маринки превышал 300 т в год, а балхашского окуня - более 1000 т в год [46, 151]. Несмотря на высокие вкусовые качества аборигенных промысловых видов рыб, было принято решение пополнить промысловый состав чужеродными видами, имеющих коммерческую ценность. В 1950-1980-е

годы в Балхаш-Алакольский бассейн было интродуцировано более 26 видов рыб из бассейнов Каспия, Арала, Камчатки, Китая и Северной Америки [265]. В результате в оз. Балхаш и всех его крупных притоках исчезли аборигенные виды рыб [168, 269, 270].

Наши результаты показали, что все аборигенные виды еще существуют в водоемах бассейна Алакольских озер [265], но многие виды существенно сократили ареал [149, 170, 266]. Ранее для рек Балхашского бассейна была установлена естественная смена разнообразия рыб от истоков к устью [271]. Верхнюю зону с быстрым течением занимали голый осман и тибетский голец. В средней зоне к ним добавлялся одноцветный губач, затем пятнистый губач, балхашский гольян, балхашская маринка и балхашский окунь. В нижней зоне доля голого османа, тибетского гольца и одноцветного губача уменьшалась, но появлялись семиреченский гольян, серый голец и голец Северцова. В озерах основными видами рыб были балхашский окунь, балхашская маринка и пятнистый губач.

В период 2015-2021 гг. в оз. Алаколь в промысловых уловах обнаружены карась, сазан, лещ, плотва, пятнистый губач, балхашский окунь и судак. Доля каждого вида в промысловых уловах сильно меняется по годам, но доля балхашского окуня остается значительной. В летних уловах рыбаков-любителей отмечены все те же виды за исключением пятнистого губача [272].

Современные популяции аборигенных видов - балхашской маринки *Schizothorax argentatus*, семиречинского гольяна *Phoxinus brachyurus*, одноцветного губача *Triplophysa labiata* и гольца Северцова *Triplophysa sewerzowi* в уязвимом положении, они занесены в Красную книгу Международного союза охраны природы (МСОП, категория VU - vulnerable) [273, 274, 275, 276].

В настоящее время естественный сток всех рек, за исключением реки Ыргайты, нарушен в результате водозабора и строительства дамб. Этот тип воздействия человека на разнообразие и состояние водных организмов чрезвычайно сложен и является одним из наиболее распространенных способов вмешательства в естественные пресноводные экологические процессы во всем мире. Регулирование течения приводит к значительным абиотическим изменениям в речных экосистемах в виде изменения температуры, мутности, скорости течения и режимов стока/уровня [277, 278, 279, 280, 281]. В бассейне Алакольских озер это также привело к нарушению условий обитания. Уменьшилось количество рек, населенных серым гольцом, одноцветным губачом, обыкновенным и семиречинским гольяном.

Река Емель является единственной трансграничной рекой, которая берет свое начало на территории Китайской Народной Республики, где сооружено большое водохранилище и ведутся интенсивные рыбоводные работы, включая вселение новых видов рыб. В отличие от других исследованных рек чужеродные виды здесь доминируют по разнообразию и численности [258, 265]. В 2015 г. здесь был обнаружен восьмиусый голец *Lefua costata*, а в 2021 г.

– пескарь *Gobio* sp. Из аборигенных видов в р. Емель сохранились только голец Северцова и тибетский голец.

Около 20 лет назад в среднем и нижнем течении рек Шагантогай и Жаманты обитали только аборигенные виды рыб [197]. В прошлом году участки обеих рек летом были высохшими.

Чужеродные виды рыб расселились по всем озерам и рекам Алакольского бассейна. Проблема замещения аборигенной ихтиофауны чужеродными видами является одной из наиболее острых [283, 284]. Несмотря на ранее проведенные масштабные работы по интродукции новых видов и трансграничный перенос по р. Емель местные виды рыб остаются доминирующими не только в реках, но и озерах Алаколь и Жаланашколь. Однако ареал их распространения сокращается. Поэтому ни в одном из исследованных водоемов мы не обнаружили полного состава аборигенных видов рыб, описанного в предыдущих публикациях [46, 161, 149, 170, 266]. Балхашский окунь исчез из рек, а пятнистый губач (озерный губач) не встречался в промысловых уловах в озере Алаколь последние два года.

Нами выявлен рост концентрации азота в озере Алаколь и в разных его притоках. Статистически достоверной корреляции между распределением каждого вида и концентрацией азота обнаружено не было. В удаленные водные экосистемы азот поступает с сельскохозяйственных угодий за счет удобрений, азот-фиксирующих культур, животноводства, сточных вод и атмосферных выпадений за счет сжигания ископаемого топлива [285, 286]. Соединения азота могут привести к эвтрофикации и закислению пресной воды и иметь далеко идущие последствия для пресноводных экосистем, и поэтому могут быть ранним сигналом тревоги о быстрых и радикальных изменениях в будущем [285, 287].

Изменение среды обитания приводит к сходству рыбных сообществ с точки зрения видового состава, что называется гомогенизацией ихтиофауны в пресноводных водоемах по всему миру [283]. На данном этапе происходит гомогенизация ихтиофауны Алакольской котловины за счет исчезновения местных видов. Редкие местные виды, как показано в таблице 34, все еще присутствуют в ихтиоценозе благодаря наличию подходящих местообитаний [288]. В Алакольском бассейне обыкновенный голянь отмечен только в реке Каракол, семиречинский голянь - в заболоченной местности у восточного побережья озера Алаколь, серый голец - в р. Тентек и устье р. Жаманты, одноцветный губач в р. Тентек и ее притоке. Голец Северцова на некоторых заболоченных участках вокруг оз. Алаколь был многочисленным в 2016 и 2021 годах. Территория Алакольского заповедника охватывает только устья рек Тентек и Уржар и часть оз. Жаланашколь. Это препятствует регулированию естественного потока воды. В последнее десятилетие в бассейне Алакольских озер стали интенсивно развиваться рекреационные зоны и сельскохозяйственные угодья. Этому способствует и завершение строительства скоростной магистрали.

Мы выбрали набор измеримых и широко распространенных показателей негативного воздействия человека на местные популяции рыб. Из них только повышение температуры воды в р. Емель явно благоприпятствовало существованию многих чужеродных видов. Вместе с тем, выявлено сокращение ареалов, а также изменение мест обитания многих аборигенных видов. В целом наши результаты подтверждают недавнее исследование Гринвилл с соавт. [289] о том, что конкретные комбинации угроз плохо предсказывают риск исчезновения на региональном уровне, а эффективная охрана требует более значительных инвестиций, чтобы определить, как угрозы и различные факторы стресса экосистем действуют сообща в местных масштабах.

Современное состояние водных экосистем вызывает большую тревогу в связи с ростом населения в этом регионе, плохим управлением водными и рыбными ресурсами, незаконным промыслом [290, 291, 292]. Поэтому будущее местных видов рыб нам представляется в пессимистичном сценарии.

3.4 Биологическая и морфологическая характеристика отдельных видов рыб Алакольского бассейна

3.4.1 Голый осман *Gymnoditychus dybowskii*

В книге «Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер» приведены подробное описание внешних признаков голого османа [46]. Нами исследованы морфо-биологические показатели голого османа по выборкам из участков 3-х рек: Шынжылы, Уржар и Катынсу. Данные приведены в таблице 37. В наших сборах особи из р. Уржар были крупными. По сравнению с данными «Рыбы Казахстана» счетные признаки исследованных особей отличались в разных диапазонах. Голый осман из рек Алакольского бассейна по типу очешуенности относится к группе с длинным расщепом. Число чешуй в расщепе варьировало от 16 до 21, в среднем составляло 18-19 чешуй. Число лучей А у представителей р. Шынжылы (АП-5) на 1 было меньше, а число Р наоборот было больше, чем в других реках. Число позвонков в целом колебалось 45-48, в р. Катынсу в среднем было 47, а в других двух реках 45.

Применение метода многомерного статистического (РСА) анализа позволило определить различия между сравниваемыми популяциями голого османа по пластическим признакам (рис. 16).

Таблица 37 – Морфо-биологические показатели голого османа из рек Алакольского бассейна (по нашим данным).

Признаки	р. Шынжылы, n=26		р. Уржар, n=20		р. Катынсу, n=19	
	min-max	M±m	min-max	M±m	min-max	M±m
L, mm	33-94	54.7±14.96	63-122	86.1±8.48	40-86	54.4±10.41
l, mm	27-76	44.4±12.01	52-100	70.4±7.18	32.5-70	44.1±8.37
Q, г	0.2-8.9	1.9±1.69	1.8-18.1	6±1.96	0.5-5.1	1.6±0.98
q, г	0.2-5.5	1.3±1.08	1.5-13.1	4.7±1.42	0.4-3.9	1.2±0.75
Fulton	1-5.1	1.5±0.32	1.3-1.8	1.6±0.1	1.3-1.9	1.6±0.1
Clark	0.7-1.4	1±0.15	1.1-1.5	1.3±0.07	1.1-1.5	1.3±0.09

продолжение таблицы 37

Признаки	р. Шынжылы, n=26		р. Уржар, n=20		р. Катынсу, n=19	
	min-max	M±m	min-max	M±m	min-max	M±m
в % от I						
aD	46.7-52.9	49.5±1.16	48.1-51.4	49.8±0.79	47.2-80	51.6±2.99
pD	34.9-44.1	41.2±1.58	39.1-45.2	41.2±1.07	39.8-45.9	43±1.3
aP	17.5-30	26.3±1.53	24.7-27.6	26.2±0.65	24.9-43.1	28.2±2.09
aV	50-59.3	54±1.37	53.1-57	54.6±0.73	50-56.1	52.7±1.85
aA	67.6-74.1	71.8±1.32	71.5-75.4	72.9±0.79	57.1-73.2	69.3±1.81
P-V	20-34.9	27.7±1.76	19.4-32.9	28.4±1.82	24.4-30.2	27.7±1.65
V-A	14.7-23.3	17.9±1.2	17.2-21	19±0.96	16.7-21.5	18.3±1.1
Ica	14.8-23.3	18±1.39	15.4-21	17.7±1.29	16.7-21.6	19.2±0.83
ID	9.1-17.1	12.6±1.14	10.3-14.9	13±0.84	11.4-13.4	12.3±0.46
hD	14.5-23.3	19.9±1.56	16.4-21.7	19.2±1.11	18.5-23.8	21.4±1.1
IA	8.3-11.8	9.9±0.86	7.7-11.6	9.6±0.79	9-11.1	9.8±0.42
hA	13.9-19.7	17±1.28	14-21	18±1.3	5.4-20	17±1.65
IP	13.9-20.6	17.1±1.06	15-20	17.6±0.96	15.4-21.1	18.3±1.01
IV	11.1-15.8	13.8±0.63	11.5-18.3	14.4±0.91	12.3-16.4	14.7±0.86
Cs	18.9-26.6	22.8±2.46	17.3-26.2	20.9±1.67	18.6-25	22.9±1.13
Ci	20.6-26.6	23.6±2.3	18.1-25	21.1±1.49	20-25.6	23.1±1.12
Cm	11.8-21.9	15.5±1.87	10-20	12.6±1.57	6-16.2	10.3±2.09
H	18-33.3	21±1.52	18.3-20.3	19.3±0.57	16.3-20.7	18.6±1.14
hca	7.9-10.9	9.6±0.69	8.7-11.4	10.1±0.48	8.6-10.5	9.8±0.34
h	5.3-8.8	7.5±0.67	4.7-8.3	7.3±0.43	6.8-8.7	7.8±0.47
lc	24.6-29.6	27.1±1.09	18.1-28.3	25.2±1.73	24.6-29.5	27.7±1.01
в % от Ic						
ao	19-33.3	26.6±2.93	25-46.2	31.7±2.66	22.7-31.3	27.4±1.98
o	25-33.3	28.8±2.06	17.3-30.8	22±2.44	21.7-28.6	24.9±1.63
op	33.3-62.5	51.8±3.59	47.1-70.4	52.9±3.74	44.4-52.4	48.1±2.29
hop	40-56.7	48.3±3.91	39.3-61.5	46.5±4.31	41.7-50	46.6±2.45
hco	43.8-56.3	50±1.62	46.2-69.2	51.7±4.22	41.7-55.6	48±2.5
hc	60-70.6	65.3±3.08	56.3-92.6	67.1±5.85	39.1-94.1	57.3±8.83
lmx	25-40	30.3±2.09	20.6-40.7	29.3±2.79	23.5-35	30.8±2.25
lmd	20-31.3	24.2±2.68	17.5-30.8	21.7±2.62	20.6-33.3	26.1±2.48
io	28.6-37.5	32.1±2.04	31.3-46.2	36±2.97	26.1-37.5	30.6±2.09
Счетные признаки						
II.на расщепе	19-21	19±0.27	18-20	19±0.27	16-18	18±0.21
D	I 8-9	I 9±0.14	I 9-10	I 9±0.18	I 9-10	I 9±0.1
A	II 5-5	II 5±0	I-II 6-7	чаще I 6±0.09	I-II 6-7	чаще I 6±0.1
P	I 17-21	I 19±0.61	I 16-18	I 17±0.45	I 14-17	I 15±0.78
V	I 8-12	I 9±0.44	I 7-9	I 9±0.59	I 8-8	I 8±0
sp.br.	11-14	13±0.5	10-12	11±0.67	12-13	12±0.47
Vert.	45-48	45±0.92	46-48	47±0.63	45-48	45±0.66

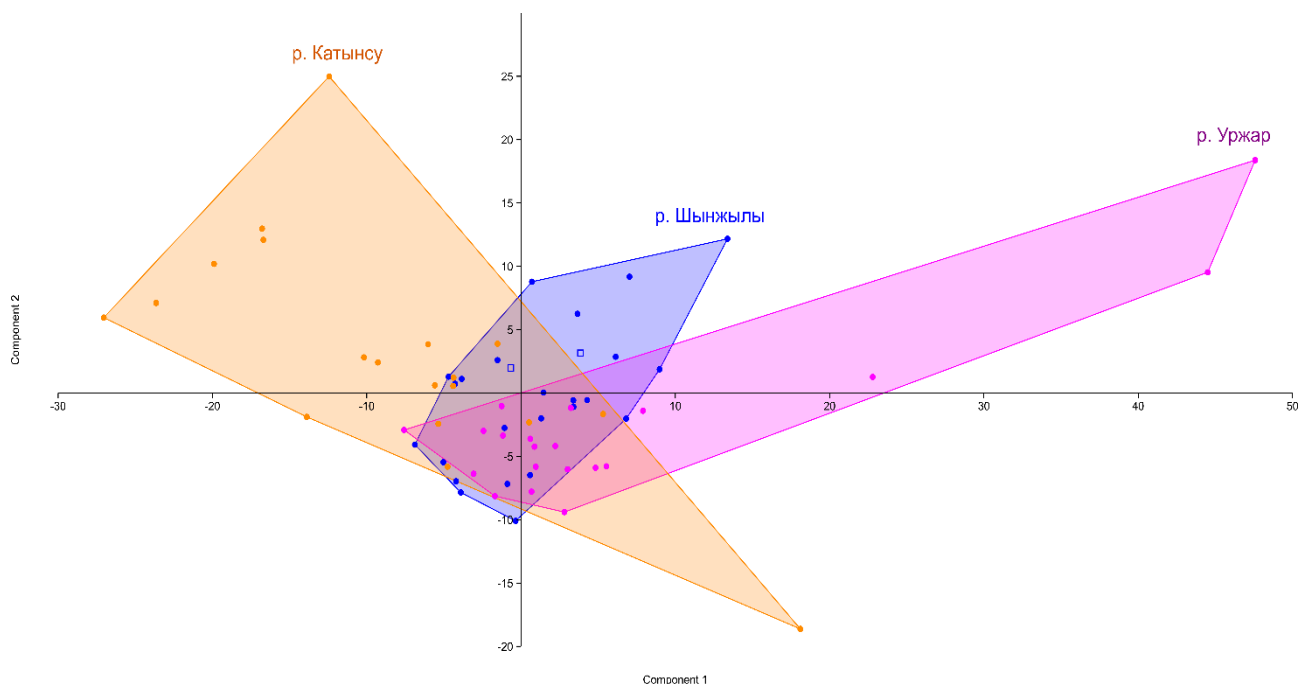


Рисунок 16 – Анализ главных компонент по совокупности пластических признаков голого османа из рек Алакольского бассейна.

Согласно результатам анализа главных компонент, популяции голого османа из трех рек близки друг к другу по совокупности пластических признаков. Однако для первой, второй и третьей компоненты наблюдаются небольшие изменения по некоторым признакам головы (таблица 38).

Таблица 38 – Нагрузки главных компонент на пластические признаки голого османа.

Признаки	Главные компоненты		
	1	2	3
aD	-0.050343	0.26225	0.023569
pD	-0.037749	0.060764	0.056186
aP	-0.045273	0.20036	0.034546
aV	0.020845	-0.026177	-0.018942
aA	0.078969	-0.092085	-0.040683
PV	0.018674	-0.12068	-0.059859
VA	0.031536	-0.031976	-0.049833
Ica	-0.039758	0.081834	0.028992
ID	0.0044128	-0.023298	-0.051451
hD	-0.055962	0.060197	0.05389
IA	-0.0018709	0.0025017	0.0013238
hA	0.03129	-0.087038	-0.04125
IP	-0.0062337	0.014905	-0.037931
IV	-0.0083705	-0.027985	-0.046166
Cs	-0.036317	0.077004	0.139

продолжение таблицы 38

Признаки	Главные компоненты		
	1	2	3
Ci	-0.055452	0.021182	0.26181
Cm	0.065807	0.0086348	0.32271
H	0.007838	-0.068145	0.12749
hca	0.0074338	0.0089506	-0.023847
h	-0.017184	0.0025764	-0.0046689
c	-0.1458	-0.014366	0.1096
ao	0.20175	0.17789	-0.39679
o	0.049162	0.24722	0.48632
op	0.30196	0.080045	-0.16376
hop	0.20278	0.42641	0.11692
hco	0.28289	0.26129	-0.026533
hc	0.74148	-0.34508	0.36604
lmx	0.069154	0.40015	0.044942
lmd	-0.017144	0.42464	0.093016
io	0.25905	0.039644	-0.23571

На первую главную компоненту наибольшую положительную нагрузку оказывает высота головы, отрицательную - длина головы. На вторую главную компоненту наибольшую отрицательную нагрузку также дает высота головы. На третью главную компоненту наибольшую отрицательную нагрузку дают длина рыла и ширина рта, наибольшую положительную - диаметр глаз.

3.4.2 Балхашский голянь *Rhynchocypris poljakowii*

В статье Тагаева и Салкымбаевой (2011) [293] впервые для Алакольского бассейна дано более подробное описание внешних морфологических признаков балхашского голяня *Phoxinus poljakowii* из р. Тентек. Наши морфометрические данные из рек Шынжылы и Катынсу приблизительно сходны с таковыми из р. Тентек (таблица 39). У выборки балхашского голяня р. Катынсу есть несколько признаков, которые отличают его от популяций из двух других рек. В счетных признаках число лучей в грудном меньше на 1-2 диапазона, а количество позвонков больше, чем у голяня из р. Шынжылы. По диаметру глаз и высоты головы у выборки из р. Шынжылы сравнительно было больше, чем р. Катынсу.

При использовании анализа главных компонент в выборках рек Катынсу и Шынжылы не наблюдалось существенных изменений по совокупности морфологических признаков, проведенные эллипсы с доверительным интервалом 95% почти полностью перекрывались друг с другом (рис. 17). По первой главной компоненте отмечается наибольшая положительная нагрузка на признаки головы. Наибольшая положительная нагрузка на вторую главную компоненту приходилась на антеанальное расстояние.

Таблица 39 - Морфобиологические показатели балхашского гольяна из рек Алакольского бассейна.

Признаки	р. Тентек, 2011 г. n=28 [294]		р. Шынжылы, 2020 г., n=17		р. Катынсу, 2020 г., n=25	
	min-max	M±m	min-max	M±m	min-max	M±m
L, mm	66.5–86.6	75.7 ± 2.43	28.5-36	31.6±1.39	30-73	51.6±11
l, mm	55.5–73.2	63.9 ± 2.25	25-30	27.1±1.01	25-62	43.4±9.1
Q	-	-	0.25-0.46	0.34±0.05	0.3-4.98	2±1.24
q	-	-	0.2-0.37	0.27±0.04	0.21-3.97	1.51±0.93
Fulton	-	-	1.28-2.03	1.71±0.12	1.22-2.71	2.01±0.21
в % от l						
aD	56.6–60.9	59.3 ± 0.50	53.8-62.9	58.26±2.2	48.6-64	58.4±1.9
aP	-	-	24.5-31.4	28.68±1.5	21.6-31	27.3±1.7
aV	50.4–53.5	52.3 ± 0.35	50-57.6	53.55±1.4	43.2-56	52.3±2.1
aA	65.0–69.0	67.6 ± 0.52	64.3-70.4	67.78±1.2	54.1-77.8	67.3±3
lca	20.8–23.5	22.4 ± 0.31	18.5-26.9	23.34±1.9	18.9-25.7	22.4±1.6
pD	-	-	29.6-38.5	34.23±1.5	27-38	34.2±1.9
ID	-	-	9.6-13.3	11.5±0.7	9.1-19.3	11.4±1.2
hD	15.8–18.7	16.8 ± 0.33	14.8-20.4	17.81±1.2	10.5-24	19.2±1.7
lA		-	10-14.8	12.37±1.2	7.3-15.8	11±1.3
hA	13.5–16.4	14.8 ± 0.31	13.3-18.5	15.21±0.9	13.5-20	16.8±1.4
IP	13.0–15.5	14.1 ± 0.29	12.9-16	14.36±0.8	12.1-18.2	15.2±1.3
IV	11.4–13.6	12.2 ± 0.23	7.7-12.5	10.66±1.0	11.3-17	13.2±1.3
Cs	17.7–19.6	18.4 ± 0.37	14.3-22.2	19.09±2.1	15.7-24	19.3±1.3
Ci	-	-	14.3-22.2	19.09±2.1	15.7-24	19.4±1.1
Cm	-	-	7.1-15.7	12.83±2.4	7.5-18.2	13.7±1.9
H	19.0–22.7	21.4 ± 0.43	18.5-25.9	22.6±1.2	16.2-26.8	22.9±2
hca	-	-	10.7-14.8	13.36±0.7	10.8-14.3	12.9±0.7
h	-	-	10-11.7	11.18±0.3	10.8-14.7	12.9±0.8
P-V	24.7–27.9	26.3 ± 0.42	21.4-30.8	26.64±1.3	24-36.1	27.5±1.7
V-A	15.4–17.3	16.4 ± 0.24	10.7-16.7	14.23±1.3	6-22.2	14.9±2.2
lc	25.0–27.9	26.3 ± 0.33	25-31.4	29.23±1.3	21.6-32	28±1.6
в % от lc						
ao	26.4–30.4	28.1 ± 0.53	18.7-31.2	25.31±1.9	18.2-31.3	26±2.4
o	19.1–23.8	21.5 ± 0.61	25-35.7	28.66±3.1	18.2-28.6	22.7±2.4
op	50.3–56.2	52.8 ± 0.73	47.1-68.7	52.61±4.3	44.4-57.1	51.3±2.6
hop	-	-	37.5-57.1	48.01±3.8	40-62.5	49±4
hco	-	-	42.8-57.1	46.98±3.8	40-60.7	48.3±4.1
hc	65.2–72.9	68.3 ± 0.97	50-71.4	63.38±3.4	50-68.8	60±5.1
io	27.5–37.5	35.0 ± 1.12	33.3-42.8	37.65±1.2	27.8-43.8	34.2±3.5
wc	53.1–59.7	57.4 ± 0.70	42.9±62.5	51.4±3.8	37.5-57.7	50.0±3.7
wm	-	-	25-35.3	27.87±2.7	21.4-37.5	28.8±3.4
Счетные признаки						
Db	6-7	6.9	7-7	7±0	7-7	7±0
Ab	6.7	6.1	5-6	5.88±0.2	6-6	6±0
P	11-14	12.3	12-12	12±0	11-12	11.28±0.4
V	6-7	6.1	6-6	6±0	5-5	5±0
sp.br.	-	-	11-11	11±0	10-12	11.04±0.15
Vert.	-	-	34-36	34.6±0.53	36-38	37.1±0.49

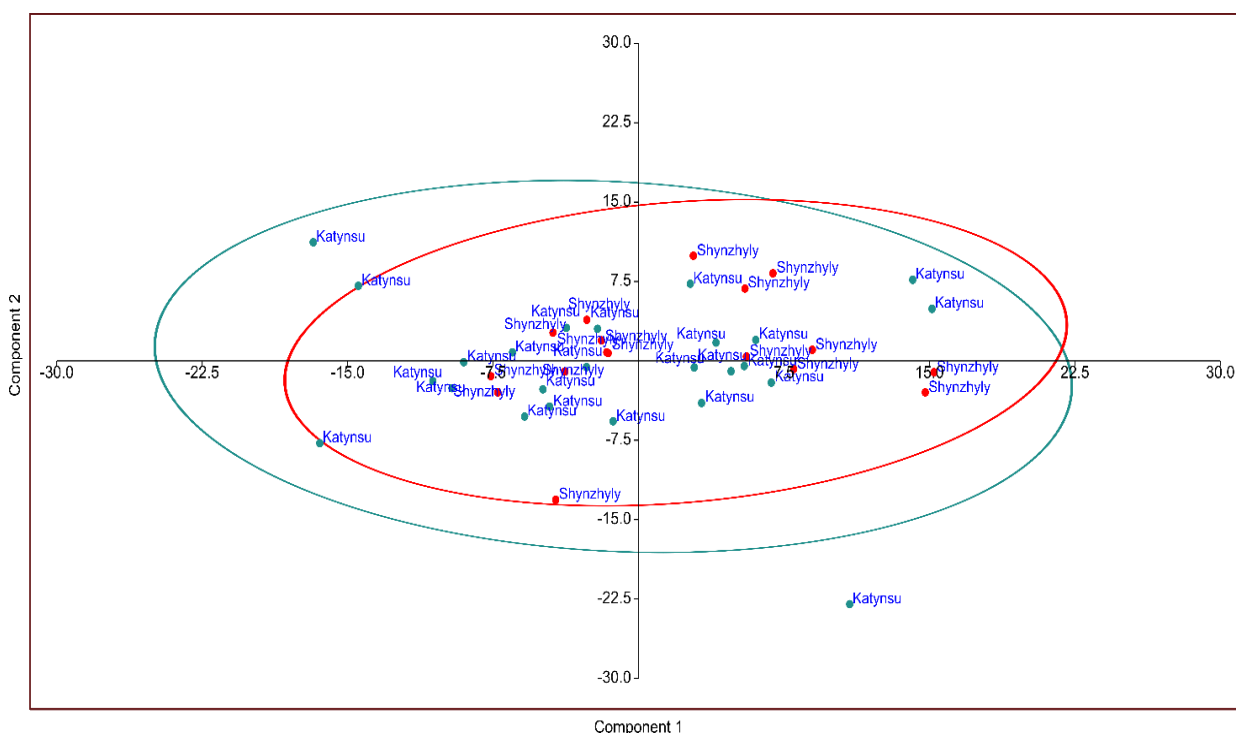


Рисунок 17 – Анализ главных компонент по индексам промеров балхашского голяна из рек Катынсу и Шынжылы.

3.4.3 Балхашский окунь *Perca schrenkii*

В оз. Алаколь балхашский окунь образует две морфы: прибрежную (камышовую) и пелагическую (белый) [46]. Доля пелагической морфы балхашского окуня в контрольных уловах увеличивается из года в год. По данным 2008-2009 гг. доля пелагического окуня увеличилась с 7 до 21% от общего улова [294].

В феврале 2021 года в северной части оз. Алаколь поймано 25 экз. пелагической морфы балхашского окуня. Биологические показатели пелагической морфы были следующими: абсолютная длина 275-330 мм, стандартная длина 238-285 мм, общая масса 222-391 г, масса без внутренностей 170-308 г. Возрастной ряд варьировал от 7 до 10 лет. Индекс упитанности по Фультону 1,37-2,13, в среднем - 1,74, а индекс по Кларку 1,05-1,52, в среднем - 1,30. В половой структуре существенно преобладали самки (92%). Все особи находились на IV стадии зрелости. Масса гонад у самок варьировала в пределах 37,2-69,87 г в зависимости от размера и массы тела. Абсолютная индивидуальная плодовитость особей составила от 115240 до 209390, в среднем 156719 икринок. С увеличением размерных и возрастных показателей растет количество и диаметр икры.

Морфометрические показатели балхашского окуня из оз. Алаколь приведены в таблице 40. В связи со зрелостью гонад отмечена сильная флюктуация следующих признаков, таких как антеанальное расстояние, вентроанальное расстояние и наибольшая высота тела.

Результаты полученных морфометрических показателей соответствуют данным Мамилова (2016) [295].

Таблица 40 – Морфо-биологические показатели балхашского окуня из оз. Алаколь (n=25), 2021 г.

Признаки	min-max	M ±m	CV
L, mm	275-330	296.7±10.83	4.6
l, mm	238-285	256.5±9.3	4.5
в % от l			
aD	31.7-36.7	34±1.16	4.1
pD	16-20.7	18±0.88	6.3
aA	72.2-89.4	76.5±2.21	4.5
aV	35.1-39.3	36.9±0.82	2.9
aP	29.8-34.3	31.3±0.85	3.6
PV	4.4-7.8	5.6±0.6	14.4
VA	35.6-52.9	39.5±2.41	9.0
c	27.2-35.4	31.6±1.16	5.0
o	4.2-5.5	4.9±0.23	6.4
op	15.1-18.9	17.5±0.65	4.8
oi	4.8-6.4	5.5±0.3	6.7
lmx	14.8-17.9	16.4±0.7	5.2
hc	17-21.6	20±0.81	5.3
H	27.5-36.3	30.8±1.68	7.0
h	7.4-9.3	8.2±0.39	6.1
lD1	28.3-36.3	32.9±1.57	5.8
hD1	10.5-13.4	11.9±0.66	7.0
lD2	14.7-18.5	16.7±0.71	5.7
hD2	9.8-12	10.7±0.50	5.5
lA	7.9-12.2	9.8±0.67	9.4
hA	9.3-12.8	11.1±0.71	7.8
IV	14.6-19	16.1±0.71	6.1
lCs	13.3-18.4	16.7±0.94	7.6
lCi	10.1-18.4	15.5±1.85	14.9
lCm	8.9-19.2	13.5±2.26	19.9
Счетные признаки			
ll	54-62	58.7±1.94	3.9
над	5-7	5.8±0.45	10.0
под	13-15	13.6±0.67	5.6
D ₁	I-II 13-15	II 13.6±0.58	4.7
D ₂	I-III 11-15	II 12.5±0.77	7.7
A	I-II 7-10	II 8.1±0.36	7.4
P	I 11-14	I 12±0.32	5.4
V	I 5-6	I 5±0.08	4.0
sp.br.	25-30	28±0.4	3.1
Vert. тул.	17-19	17.8±0.47	3.5
Vert.хвост.	17-21	19.8±0.81	5.3
Vert.	36-39	37.2±0.59	2.1

По данным исследования Ибраевой (2014) из 13 меристических признаков балхашского окуня в озерах Сасыкколь и Кошкарколь часто наблюдались различия в количестве чешуи под боковой линии, количестве ветвистых лучей в спинном плавнике и количестве переходных позвонков между грудным и хвостовым отделами позвоночника [296].

3.4.4 Гольц Северцова *Triplophysa sewerzowi*

Данные морфо-биологических показателей гольца Северцова из трех локальностей Алакольского бассейна представлены в таблице 41. Размерно-весовые показатели выборок р. Емель были высокими, а среднее значение коэффициента упитанности по Фултону оказалось выше у выборок оз. Алаколь. Значения морфологических показателей многих признаков гольца Северцова соответствуют данным «Рыбы Казахстана» [252].

Счетные признаки гольца Северцова из 3-х исследованных участков Алакольского бассейна были следующими: число неветвистых лучей в спинном плавнике было II-III (чаще II), ветвистых лучей 6-7 (чаще 6), в анальном плавнике АII-III (чаще II) 4-7 (чаще 5), в грудном плавнике I 8-13 (чаще 10-11), в брюшном плавнике I 5-7 (чаще 5-6). Согласно средним значениям, число лучей в левом грудном плавнике у особей оз. Алаколь (лиман) было меньше на 1 лучей, чем у особей р. Емель. Число позвонков варьировало в широких диапазонах, у особей р. Емель было 33-41, а у особей оз. Алаколь 34-43, в среднем у обоих почти было 37.

Таблица 41 – Морфо-биологические показатели гольца Северцова из Алакольского бассейна.

Признаки	оз. Алаколь, n=4		р. Емель, n=10		оз. Алаколь (лиман), n=25	
	min-max	M±m	min-max	M±m	min-max	M±m
L, mm	31.2-40	36.7±2.74	35.1-50	41.7±4.95	33-49	37.1±2.81
l, mm	26-32.8	30±2.01	29.1-41.1	34.3±4.01	26-40	30.3±2.36
Q	0.206-0.486	0.4±0.09	0.235-0.87	0.505±0.2	0.198-0.83	0.338±0.09
q	-	-	0.22-0.54	0.381±0.1	0.17-0.318	0.232±0.04
Fulton	1.17-1.42	1.32±0.08	0.95-1.47	1.18±0.14	0.92-1.51	1.22±0.15
в % от l						
aD	53.8-58.3	55.6±1.5	53.7-59.2	56±0.99	52.2-57.9	54.8±0.88
pD	35-38.2	36.2±1.1	35.1-41.4	37.3±1.36	32.9-40.8	36±1.23
aP	22.8-23.6	23.1±0.2	22.5-25.8	24±0.88	22-26.9	24.7±0.72
aV	51.3-53.8	52.6±0.7	48.8-53.8	51.5±1.11	49.6-55.6	52.5±1.24
aA	70-73.8	72.6±1.3	67.7-73	71.1±1.33	69.5-76.6	72.3±1.4
lca	18.6-25.8	21.3±2.4	17.2-24.4	21.6±1.52	17.2-22.5	19.8±1.2
PV	29.9-32.7	30.9±0.9	23.2-31.4	28.9±1.98	27.5-32.5	29.5±1.04
VA	19.2-21.8	20.8±0.9	17.9-22.3	20±1.02	18.9-25.4	21.1±0.97
lc	21.6-23.3	22.7±0.5	22-24.5	23.4±0.69	21.3-25.9	24.1±0.91
H	15.8-18	16.6±0.7	13.7-17.4	15.5±0.97	13.4-18.9	15.8±1.62

продолжение таблицы 41

Признаки	оз. Алаколь, n=4		р. Емель, n=10		оз. Алаколь (лиман), n=25	
	min-max	M±m	min-max	M±m	min-max	M±m
в % от l						
hca	8.1-9.6	9.1±0.5	7.3-10.3	8.8±0.85	7.1-10.4	9±0.66
h	8.1-9.6	9±0.5	7.3-10	8.6±0.64	7.1-10.4	8.9±0.78
lD	10.6-14.4	12.2±1.1	10-13.7	11.7±0.93	10.9-16.1	13.7±1.04
hD	18.3-20.6	19.3±0.6	14.5-24.1	19.8±2.34	16-22.2	20.1±1.54
lA	8.3-9.6	8.9±0.5	8.1-10.3	9.5±0.54	7.9-12	9.8±0.77
hA	14.4-15.4	14.8±0.3	12-17.4	13.5±1.41	11.1-15.9	13.9±0.94
lP	16-18.8	17.9±0.9	16.5-24.7	20±2.92	17.8-25.9	20.5±1.86
lV	11.5-13	12.4±0.5	11.9-16.8	14±1.47	11.4-15.6	14.1±0.95
HTT	11.5-16	13.6±1.2	11-16.4	13.2±1.59	11.1-15.7	13.6±1.1
htt	4.5-6.1	5.2±0.5	3.2-6.5	5.2±0.85	3.5-6.1	4.9±0.61
в % от lс						
ao	26.7-32.9	29.3±1.9	27.6-40	33.3±3.59	27-41.8	31.1±2.89
o	16.9-22.5	20.2±1.8	17.8-27.1	23.5±2.55	16.7-29.9	25.6±2.24
op	43.7-46.7	44.6±1	42.1-50.6	46.4±2.39	41.6-51.4	45.8±2.21
io	35.7-46.7	41.5±2.9	28.2-39.6	34.5±1.91	29.7-44.8	39±2.74
hco	42.3-48.3	44.6±1.8	39-44.4	41.7±1.89	37-51.4	42±2.28
hc	57.1-64.8	59.5±2.6	47.1-57.1	52.1±2.22	41-60	52.2±3.61
wc	66.7-70.4	69±1.4	57.1-68.6	61.8±3.09	59.3-70	63.9±2.68
front	21.7-35.2	28±3.6	19.5-27.1	23.7±1.87	18.6-29	25.9±1.81
ltmp	29.6-41.7	36.2±3.6	29.3-44.4	36.8±4.22	28.6-48.5	37.6±3.59
barbel 1	25.7-33.3	28.8±2.2	11.3-28.6	21.7±3.97	22.2-32.9	27.6±1.95
barbel 2	34.3-39.4	37.5±1.6	21.1-39	27.9±4.29	29.2-42.9	37.8±3.31
barbel 3	28.2-39.4	33.6±5.3	14.1-37.7	24.2±6.67	27.8-47.2	39±2.99
Меристические признаки						
D	II 6	II 6	II 6-7	II 6.1±0.18	II-III 6-7	(чаще II) 6.2±0.27
A	II 5	II 5	II-III 4-6	(чаще II) 5.1±0.36	I-II 5-7	(чаще II) 5.2±0.35
P	I 10-12	I 10.8±0.75	I 9-13	I 11.2±1.4	I 8-12	I 10.1±0.6
V	I 6	I 6	I 5-7	I 5.6±0.52	I 5-7	I 5.4±0.5
Vert.	-	-	33-41	36.8±2.24	34-43	37.5±1.38

При сравнении значений всех морфологических пластических признаков трех популяций гольца Северцова в Алакольском бассейне методом анализа главных компонент показало, что они разделены на три характерные группы и могут представлять различные локальные популяции (рис. 19).

Согласно первой компоненте, наибольшая положительная нагрузка была на диаметр глаза и на длину всех трех пар усиков, то есть у особей из р. Емель эти индексы этих признаков были меньше, чем таковые у остальных популяций. Во второй главной компоненте основная положительная нагрузка была на высоту головы и ширину рта, а отрицательная наибольшая нагрузка на диаметр глаз. Эти отмеченные признаки были больше выражены в образцах из оз. Алаколь. Нагрузки главных компонент на пластические признаки гольца Северцова указана в таблице 42.

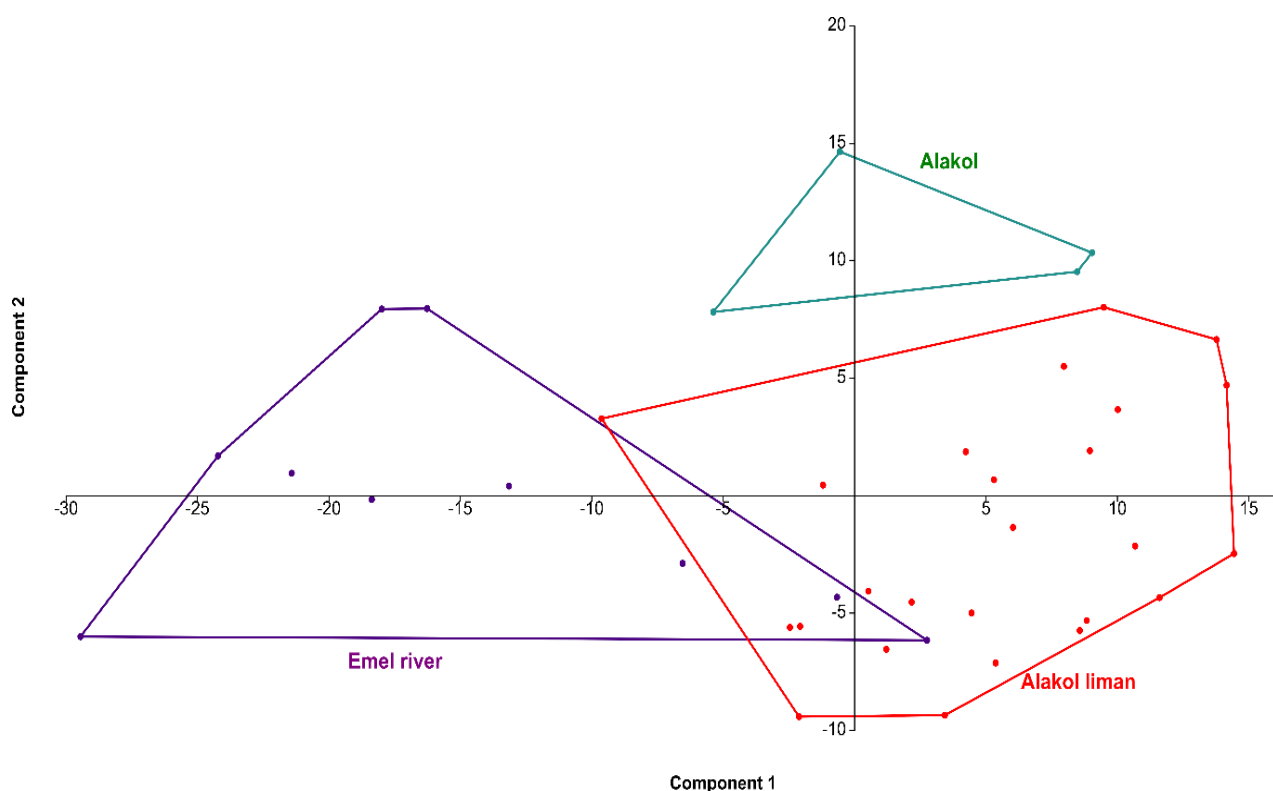


Рисунок 19 – Анализ главных компонент по индексам пластических промеров гольца Северцова из водоемов Алакольского бассейна.

Таблица 42 – Нагрузки главных компонент на пластические признаки гольца Северцова.

Признаки	Главные компоненты		
	1	2	3
aD	-0.065876	-0.024886	-0.059184
pD	-0.043585	0.079156	0.03639
aP	0.016605	-0.09197	-0.038794
aV	0.011588	0.0089629	-0.084438
aA	0.0078848	-0.0065093	-0.20038
lca	-0.052148	0.05895	0.11037
PV	0.012801	0.020417	-0.14011
VA	0.023658	0.006703	-0.025782
lc	0.0068234	-0.082529	-0.072937
ao	-0.079087	0.095926	0.036772
o	0.099446	-0.29205	0.15546
op	-0.042943	-0.086848	0.15789
io	0.24172	0.30158	0.1429
hco	0.060437	0.30075	0.04836
hc	0.060335	0.62892	-0.097862
wc	0.11529	0.44401	0.066725
front	0.08051	0.00087751	-0.12379
ltmp	0.058745	-0.0077757	0.85982

продолжение таблицы 42

Признаки	Главные компоненты		
	1	2	3
H	0.010472	0.092908	-0.1006
hca	0.009286	-0.0054083	-0.059427
h	0.017428	0.0083461	-0.068151
ID	0.06341	-0.036504	-0.031706
hD	0.023942	-0.055528	-0.014884
IA	0.021691	0.014164	0.01109
hA	0.019512	0.031247	0.036191
IP	0.04357	-0.17131	0.048338
IV	0.024354	-0.087595	-0.034911
HTT	0.0036111	0.033728	-0.11311
htt	0.0098659	0.015468	-0.0040778
barbel 1	0.32818	0.044567	0.023457
barbel 2	0.49366	0.011108	0.066381
barbel 3	0.72265	-0.20205	-0.1429

3.4.5 Пятнистый губач *Triplophysa strauchi*

Пятнистый губач обладает большой экологической пластичностью, широко распространен в бассейнах Балхаша, Алаколя, Иртыша, р. Чу и др. [297]. По литературным данным, в Балхашском и Алакольском бассейнах этот вид представлен двумя подвидами - пятнистый губач *T. strauchi strauchi* (Kessler) и озерный губач *T. strauchi ruzskyi* Nekraschewitsch [46, 298], а также образует большое количество форм, различающихся между собой по пластическим и меристическим признакам [298, 299, 300, 301]. В Алакольском бассейне более подробно изучен озерный губач, а данные по морфо-биологическим описаниям пятнистого губача в речных системах скудные.

Данные морфо-биологических показателей пятнистого губача из трех рек Алакольского бассейна представлены в таблице 43.

Таблица 43 – Морфо-биологические показатели пятнистого губача из рек Алакольского бассейна.

Признаки	устье р. Жаманты, n=9		р. Катынсу, n=18		р. Шынжылы, n=27	
	min-max	M±m	min-max	M±m	min-max	M±m
L, mm	44-67	54±5.78	36-80	50.9±8.72	23-102	62.7±16.31
l, mm	37-57	44.8±5.09	30-65	41.8±6.59	20-85	51.7±12.99
Q	0.66-2.09	1.2±0.31	0.28-3.8	1.03±0.54	0.11-6.31	2.2±1.42
q	0.56-1.78	1±0.28	0.19-2.91	0.81±0.43	0.08-5.6	1.9±1.19
Fulton	1.03-1.42	1.3±0.10	1.04-1.42	1.22±0.07	0.75-1.90	1.32±0.14
Clark	0.87-1.13	1±0.06	0.70-1.11	0.94±0.08	0.72-1.62	1.12±0.14
в % от l						
aD	50.9-59	53.1±2	51.3-60	54.4±1.28	50-65.5	54.4±1.93
pD	35.9-40.5	37.4±0.93	33.3-38.9	36.7±1.12	31.6-41.8	38.1±1.7
aP	21.2-25.6	23.7±1.26	23.1-27.4	25.6±1	21.1-29.1	24±1.17

продолжение таблицы 43

Признаки	устье р. Жаманты, n=9		р. Катынсу, n=18		р. Шынжылы, n=27	
	min-max	M±m	min-max	M±m	min-max	M±m
aV	48.6-55.8	52.2±1.71	51.3-57.8	53.9±1.24	49-63.6	53±1.99
aA	58.4-72.1	68.6±2.73	67.3-73.8	70.3±1.45	65.7-85.5	70.6±2.17
lca	20.5-24.8	21.6±0.84	18.9-25.5	22.2±1.72	15.8-26.2	22.4±1.66
ID	9-12.4	11.1±0.73	9.7-12.8	11.5±0.58	9.5-14.5	11.5±0.97
hD	18.5-21.8	19.7±0.92	17.5-23.3	19.7±1	16.5-22.9	19.9±1.7
lA	7.4-10.9	9.1±1.09	5.6-11.1	8.2±0.85	6.8-10	8.1±0.95
hA	15.1-18.9	16.7±1.11	10-17.8	15.5±1.34	14-20	16.2±1.12
lP	16.2-17.6	17±0.44	10.8-21.3	17.8±1.83	15.8-21.8	18.4±1.18
lV	12.8-15.4	13.9±0.7	12.8-17	14.5±1.12	13.5-18.2	15±0.91
Cs	17.6-23.9	20.5±2.27	17.7-23.1	21.3±1.02	16.7-25.5	20±1.62
Ci	15.4-21.7	18.7±1.62	16.2-21.6	19.6±1.41	15.5-25.5	19±1.72
Cm	15-21.8	18.5±2.29	14.7-21.5	18.6±1.11	14.3-21.9	17.8±1.51
lc	22.1-27	24.9±1.38	23.7-29	25.4±1.23	21.1-27.3	24.3±1.13
P-V	25.6-34.3	29.9±2.07	25.8-33.3	29.5±1.69	23.6-34.5	29.1±2.34
V-A	17.4-20.5	18.1±0.83	14.9-22.2	17.6±1.44	14-25	17.4±1.66
H	14.8-17.4	15.9±0.58	13.8-17.7	15.4±0.6	8.1-21.8	15.5±1.47
hca	7-8.8	7.9±0.49	7.4-9.7	8.1±0.41	7-11.8	9±0.76
h	5.3-6.8	6.1±0.43	5.7-7.9	6.7±0.33	5-12.1	6.8±0.93
ao	30.4-40	34.8±2.24	25-40.6	34.9±2.34	31.6-44.4	38±2.73
o	16-34.8	24.6±4.13	18.2-25	20.7±1.67	15.4-25	20.7±2.23
io	17.4-36.4	30±3.95	22.2-38.9	31.1±3.65	28-40	33.4±3.15
op	40-48	44.6±1.44	40.9-55.6	46±2.8	40-55.6	46.3±3.49
hop	36.4-45.5	41.2±2.4	33.3-54.5	42.9±4.55	34.3-50	42.3±3.21
hco	40-60	45.5±3.23	33.3-52.6	42.6±3.55	40-54.2	46.6±2.5
hc	45-56	52.5±2.88	50-63.6	55±3.43	50-62.5	57±3.44
wc	50-64	55.7±3.78	53.8-66.7	60.2±2.86	53.6-63.9	58.7±3.11
wm	30.4-40	36.5±3.14	23.1-40.9	33.2±3.6	30.8-60	36.2±3.43
Меристические признаки						
D	I 7-8	I 7.2±0.35	I 7-7	I 7±0	I-III 7-8	(чаще II) 7.1±0.14
A	I 6-6	I 6±0	I 5-5	I 5±0	I-II 5-6	(чаще I) 5.1±0.14
P	I 11-12	I 11.9±0.2	I 10-11	I 10.06±0.1	I 11-13	I 11.8±0.63
V	I 7-8	I 7.1±0.2	I 6-7	I 6.94±0.1	I 6-8	I 6.7±0.47
sp.br.	12-13	12.9±0.2	10-11	10.44±0.49	12-15	14±1.01

Согласно анализу главных компонент выборки трех рек (Шынжылы, Жаманты и Катынсу) были близки друг к другу по индексам промеров (рис. 20).

В первой главной компоненте признаки головы (io, op, hop, hco, hc), а во второй главной компоненте признаки aD, aV, aA, ao - получили наибольшую положительную нагрузку, то есть у особей из р. Катынсу вышеперечисленные индексы признаки имели меньшие значения. Во второй и третьей главных компонентах наибольшая отрицательная нагрузку была у диаметра глаза и высоты предкрышечной кости.

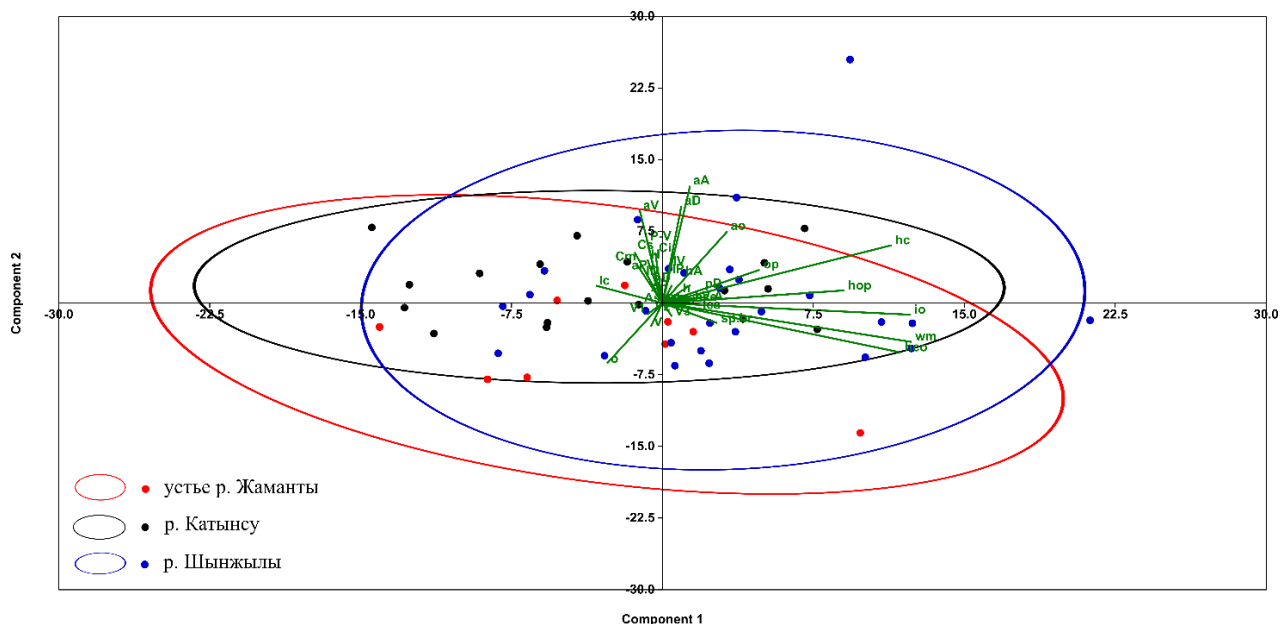


Рисунок 20 – Анализ главных компонент по индексам промеров пятнистого губача из рек Алакольского бассейна.

3.4.6 Пескарь *Gobio* sp.

Выборка пескаря р. Емель характеризуется следующими состояниями счетных признаков: количество чешуй в боковой линии 37-45, в среднем $39,7 \pm 1,85$; чешуй над боковой линией 6-8, в среднем $6,9 \pm 0,35$; под боковой линией 4-5, в среднем $4,2 \pm 0,32$; Du – I, Db - 7-8 лучей, в среднем $7,5 \pm 0,37$; Au – II, Ab - 6-7 лучей, в среднем $6,1 \pm 0,17$; Pu – I, Pb - 9-16 лучей, в среднем $14,7 \pm 1,16$; количество позвонков 36-43, в среднем $39,5 \pm 1,60$. Пластические признаки представлены в таблице 44.

Чешуя на брюхе доходит до заднего края оснований грудных плавников. Горло голое. На спинном, грудных и хвостовом плавниках несколько рядов пигментных пятен (пестрин). Брюшные и анальный плавники белые. Спинной и анальный плавники слабовыемчатые. Боковая линия делает небольшой изгиб кверху в районе под задним краем спинного плавника (Приложение В, рис.8). Глаза овальные. Глоточные зубы двурядные 2.5-5.2. Нижняя губа посередине прервана. Усики длинные, белые. Таким образом, нет оснований предполагать возможность скрещивания пескаря с речной абботтиной, которая проникла в р. Емель более 20 лет назад и с тех пор здесь отмечается постоянно.

Учитывая сходство и различие морфологических признаков, а также предполагаемый ареал обитания, [304] можно предположить, что пескарь из р. Емель относится к сибирскому пескарю *Gobio* cf. *sibiricus*. Кроме того, необходимо провести исследования по определению диагностических признаков путем проведения многомерного статистического анализа показателей счетных и качественных признаков, полученных по стандартной схеме измерений.

Таблица 44 – Морфо-биологические показатели пескаря из р. Емель (n=15), 2021 г.

№	min-max	M-m	s	CV
L, mm	63-97	80,6±9,81	11,5	14,2
l, mm	51-79	64,6±8,07	9,6	14,8
Q, г	1,84-7,63	4,18±1,64	2,0	48,9
q, г	1,57-6,75	3,36±1,51	1,9	56,9
Fulton	1,39-1,64	1,51±0,06	0,07	4,9
Clark	1,09-1,39	1,26±0,07	0,09	7,4
в % от l				
aD	46-49,7	47,9±1,09	1,3	2,7
pD	39,8-44,3	42,2±1,03	1,3	3,1
aP	24,2-28,1	26±1,01	1,3	4,9
aV	46,4-51,2	49±0,96	1,2	2,5
aA	58,6-72,3	69±1,9	3,2	4,6
PV	22,3-27,1	24,4±1,08	1,4	5,7
VA	19,4-23,8	21,7±0,95	1,2	5,5
H	8-10	9,2±0,4	1,1	5,5
h	20,2-24,9	22,3±0,83	0,5	5,7
lca	18,6-22,5	20,8±0,84	1,2	5,2
lP	15,5-17,6	16,5±0,45	1,1	5,3
IV	21,8-26,2	23,6±0,75	0,6	3,6
hD	12,2-17,3	14,5±1,23	1,1	4,5
ID	14,3-18,3	16,3±0,83	1,5	10,6
hA	8,2-11,3	9,5±0,58	1,1	6,7
lA	20,9-25,8	23,5±1,2	0,8	8,4
lCs	20,9-25,5	22,6±1,24	1,5	6,2
lCi	12-24,3	14,8±1,63	1,5	2,1
lCm	25,7-28,5	26,8±0,72	2,9	8,5
lc	46-49,7	47,9±1,09	0,9	3,2
в % от lc				
hc	53,7-59,1	56,2±1,39	1,7	3,0
hco	37,2-49,8	44,3±1,74	2,7	6,1
io	21,6-29,7	26,7±1,52	2,0	7,6
ao	35,6-44,3	39,6±2,38	2,9	7,2
op	40,7-47,4	43,8±1,51	1,8	4,2
o	18,8-27,8	22,8±1,78	2,3	10,1
lb	22,9-36,8	31,7±1,94	3,0	9,6
Меристические признаки				
ll	37-45	39,7±1,85	2,3	5,8
sup	6-8	6,9±0,35	0,5	7,5
into	4-5	4,2±0,32	0,4	9,9
Du	2-2	2	-	-
Db	7-8	7,5±0,37	0,4	5,9
Au	2-2	2	-	-
Ab	6-7	6,1±0,17	0,3	4,6
Pu	1-1	1	-	-
Pb	9-16	14,7±1,16	1,8	12,3
Vert.	36-43	39,5±1,6	2,1	5,2

3.5 Генетическое (и таксономическое) разнообразие аборигенных видов рыб Алакольского бассейна

3.5.1 Филогенетический анализ и сеть гаплотипов балхашского окуня *Perca schrenkii* по данным анализа митохондриального гена COI

Фрагмент гена COI мтДНК размером 600 п.н. получен для четырех образцов балхашского окуня из озер Алаколь и Жаланашколь. Анализ полученных последовательностей выявил отличие их нуклеотидного состава. Для построения филогенетического дерева было отобрано по три вида из родов *Perca* и *Sander*, по одному виду родов *Gymnocephalus* Bloch, 1793, *Sander* Oken, 1817, *Etheostoma* Rafinesque, 1819 и *Percina* Haldeman, 1842. Один вид из рода *Siniperca* (*Siniperca roulei* Wu 1930) выбран в качестве внешней группы (outgroup) (рис. 21).

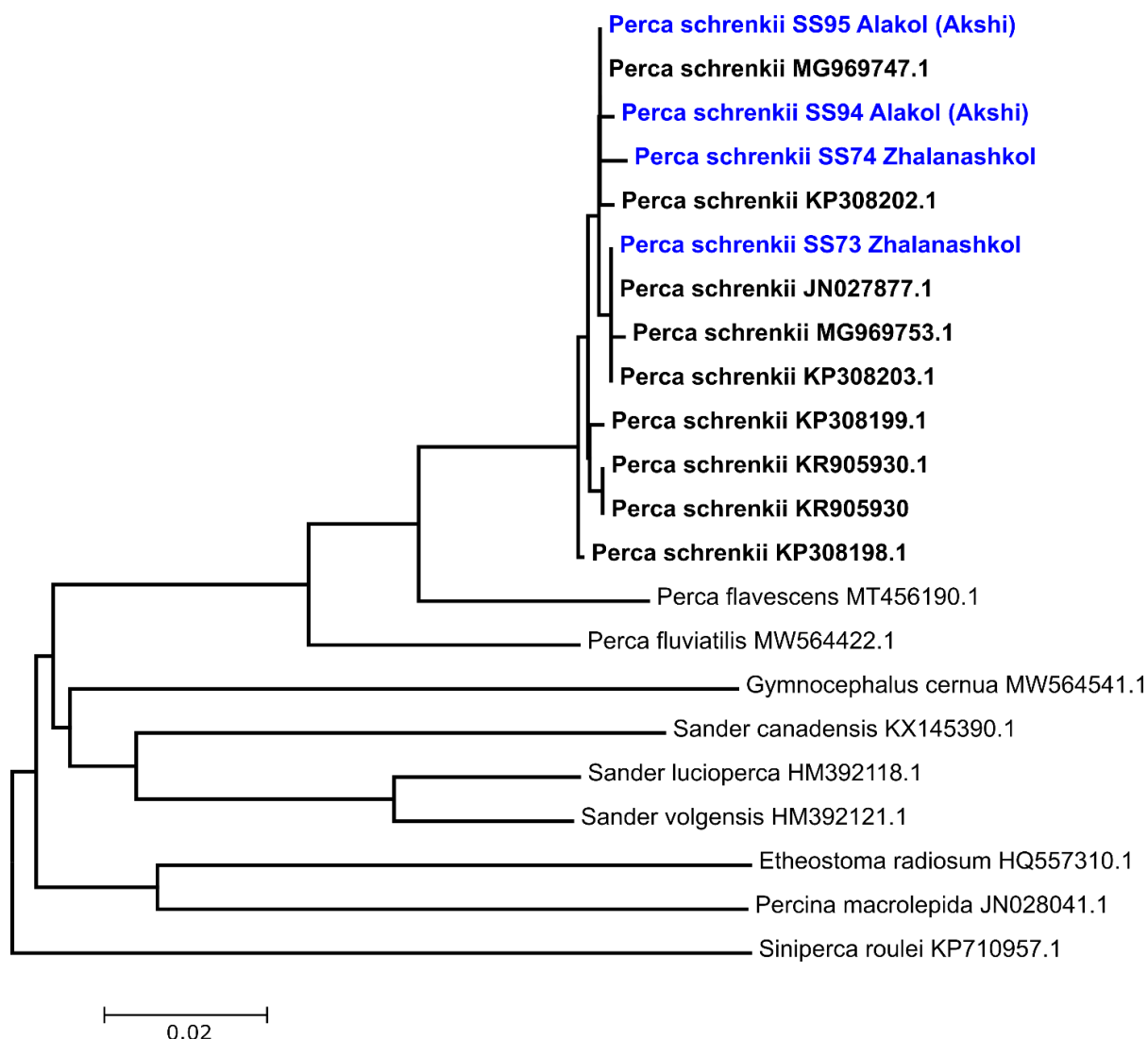


Рисунок 21 – Филогенетическое дерево балхашского окуня *Perca schrenkii*, построенное методом NJ (Neighbor-Joining) на основании последовательностей COI мтДНК, *Siniperca roulei* выбран в качестве внешней группы. Наши образцы представлены синим цветом. Масштабная линейка соответствует 0,02 нуклеотидных замен на одну позицию.

Предварительный филогенетический анализ показал, что сестринской группой балхашскому окуню *Perca schrenkii* является желтый окунь *Perca flavescens* (Mitchill 1814), обитающий в Северной Америке. В 2015 году в работе Женг и других [305] получены сходные результаты. Сеть гаплотипов построена на основе собственных данных и последовательностей из Генбанка. Всего получено 9 гаплотипов. Нуклеотидное разнообразие составило $\pi=0.0025$. Один из обнаруженных в нашем материале трех гаплотипов (оз. Жаланашколь) оказался уникальным, в то время как два другие гаплотипа относятся к гаплотипам, опубликованным в Генбанке ранее под номерами КР308201.1 и КР308203.1. Все гаплотипы балхашского окуня представлены в таблице 45.

Таблица 45 – Гаплотипы балхашского окуня *Perca schrenki* на основе последовательностей COI.

Гаплотипы	Локальность	GenBank или собственные данные
Нар 1	оз. Балхаш	КР308204.1
Нар 2	оз. Алаколь и оз. Балхаш	КР308201.1 и собственные данные 2 образца из оз. Алаколь
Нар 3	оз. Алаколь	КР308198.1
Нар 4	оз. Балхаш	КР308199.1
Нар 5	оз. Алаколь (прибрежный морфотип) и оз. Жаланашколь	КР308203.1 и собственные данные 1 образец из оз. Жаланашколь
Нар 6	оз. Балхаш оз. Алаколь (прибрежный морфотип)	КР308200.1
Нар 7	оз. Алаколь (прибрежный морфотип)	КР308202.1
Нар 8	р. Или (Китай)	JN027877.1
Нар 9	оз. Жаланашколь	собственные данные 1 образец

На основе сети гаплотипов из 9 гаплотипов намечается две гаплогруппы, которые по географическому принципу разделяются на балхаш-илийскую и алакольскую популяции (рис. 22). Однако, деление это предварительное, поскольку 2й и 3й гаплотипы встречаются в обеих популяциях, а различие между гаплотипами внутри выделенных групп бывает больше, чем между гаплогруппами. В свое время Барминцева и др. (2015) обнаружили семь гаплотипов балхашского окуня в этих популяциях [306]. Нами обнаружен новый уникальный гаплотип в оз. Алаколь, отличающийся от остальных двумя нуклеотидными заменами.

Согласно данным Барминцевой и др. (2015), прибрежные и пелагические морфы балхашского окуня из алакольских популяции не различались по гаплотипам [306]. Нуклеотидные последовательности пелагической морфы обнаружены в 6м и 7м гаплотипах.

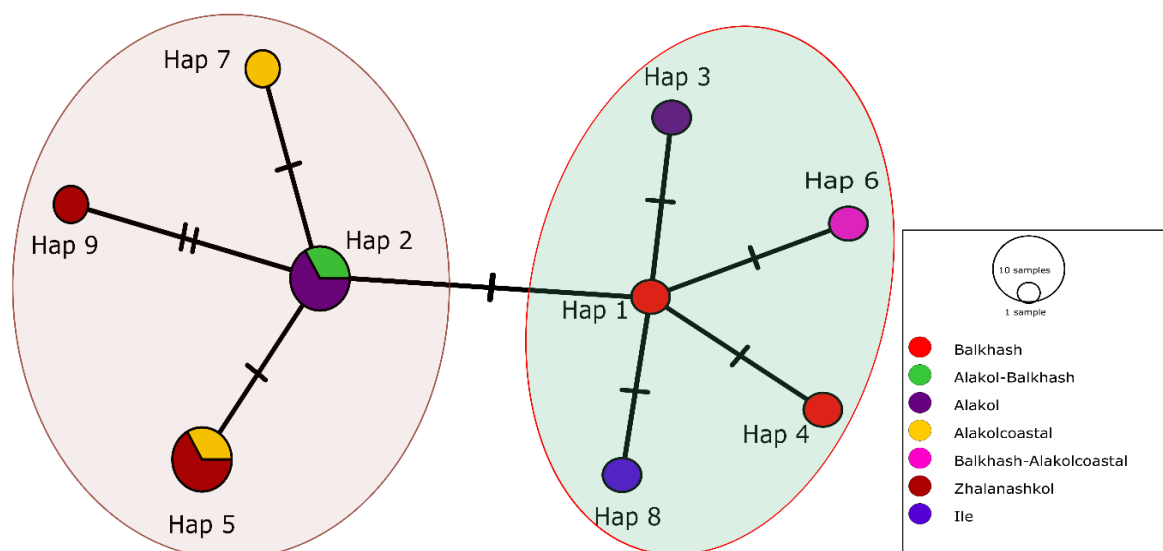


Рисунок 22 - Сеть гаплотипов балхашского окуня *Perca schrenki* по данным COI мтДНК на основе алгоритма Median-joining.

Гаплотипы балхашского окуня слабо группируются по Балхашским и Алакольским бассейнам. В алакольских популяциях обнаружен уникальный гаплотип с двумя заменами нуклеотидов. Это может свидетельствовать о возможных генетически и географически самостоятельных группах популяций балхашского окуня. Дальнейшее исследование генетической структуры популяций балхашского окуня желательно проводить с использованием более вариабельных маркеров или с применением геномных подходов секвенирования.

3.5.2 Филогенетический анализ и сеть гаплотипов голого османа *Gymnodiptychus dybowskii* по данным анализа митохондриального гена COI

Проанализированы по два генетических образца голого османа из рек Шынжылы, Ыргайты, Токты, Катынсу и Уржар. Для сравнения добавлены еще два образца из р. Быжы (Балхашский бассейн). Длина выровненных последовательностей COI *Gymnodiptychus dybowskii* составляла 605 п.н.

К нашим последовательностям фрагмента COI мтДНК голого османа (n=13) добавлены еще 13 последовательностей из Генбанка (*Gymnodiptychus dybowskii* KX688545.1, HQ235997.1, MN422094.1, *Gymnodiptychus pachycheilus* NC047411.1, KT833111.1, *Diptychus maculatus* KM659026.1, *Luciobarbus brachycephalus* MW649295.1, *Luciobarbus conocephalus* MW649312.1, *Schizothorax pelzami* KP712076.1, *Schizothorax argentatus* MZ958820.1, *Schizothorax intermedius* HQ235965.1, *Squalius cephalus* KU729270.1, *Alburnoides taeniatus* MG806817.1), для изучения филогенетических отношений изучаемых видов. Филогенетическое дерево построено методом NJ (Neighbor-Joining).

Согласно предварительному филогенетическому анализу, *Gymnodiptychus dybowskii* разделен на две группы: Алакольский и Балхашский бассейн. При этом, уровень различий близок к видовому.

Анализ показал, что нуклеотидные последовательности популяции голого османа *Gymnodiptychus dybowskii* из Алакольского бассейна, за исключением р. Катынсу, абсолютно идентичны (рис. 23). Группа балхашских голых османов гетерогенна и включает в себя подгруппу из р. Быжы (приток Каратала, бас. Балхаша) и подгруппу, включавшую особей из р. Или (генбанковские номера MN422094.1 и HQ235997.1) и бессточного Таримского бассейна (KX688545.1). Таким образом впервые выявлена генетическая неоднородность голых османов в бассейне Балхаша-Алаколя.

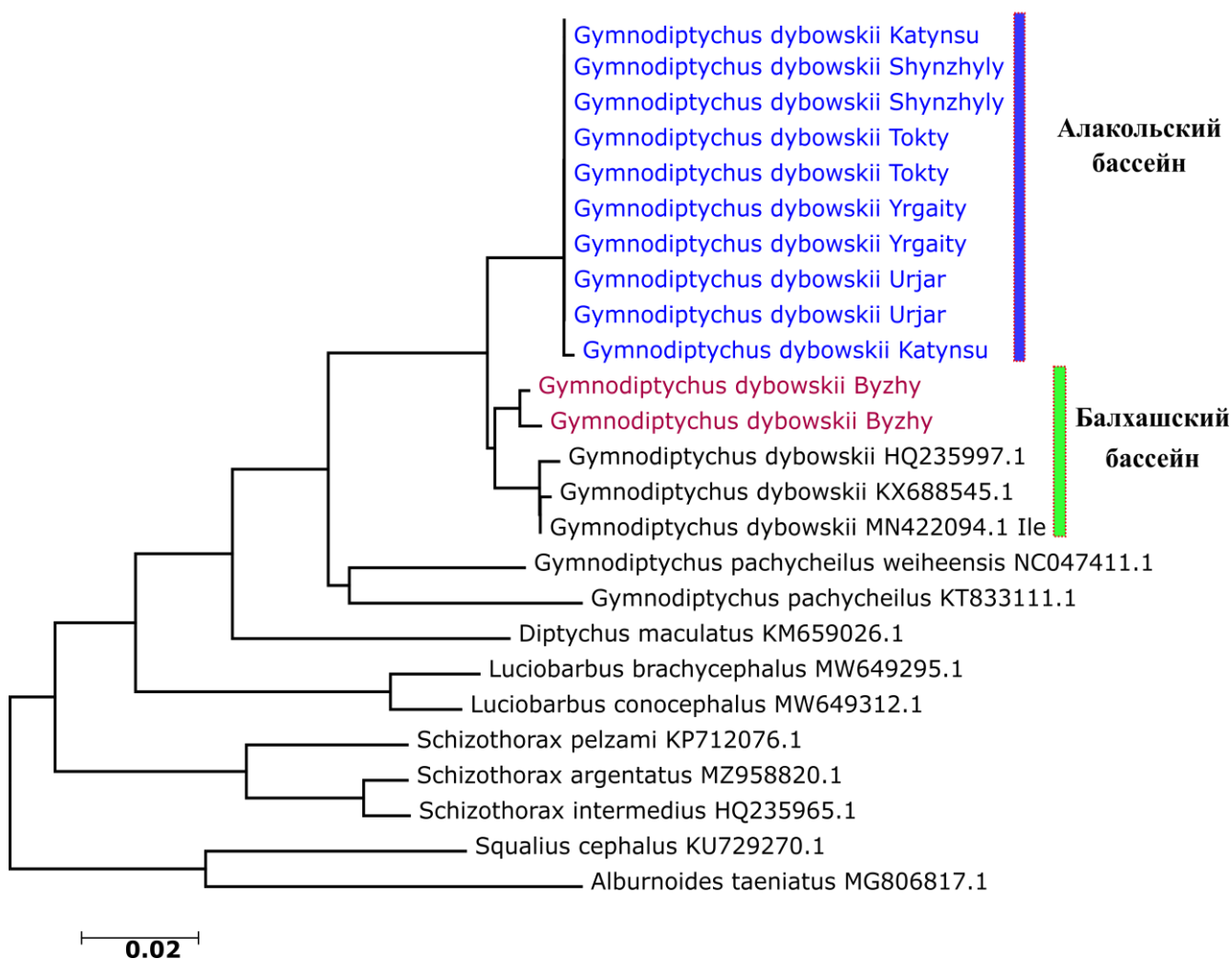


Рисунок 23 – Филогенетическое дерево голого османа *Gymnodiptychus dybowskii* построенное методом NJ (Neighbor-Joining) на основании последовательностей COI мтДНК, *Squalius cephalus* (Linnaeus 1758) и *Alburnoides taeniatus* Kessler 1874 выбраны в качестве внешней группы. Масштабная линейка соответствует 0,02 нуклеотидных замен на одну позицию.

Сеть гаплотипов построена по 7 гаплотипам *Gymnodiptychus dybowskii* (фрагмент гена COI) как по своим данным, так и с использованием материала, доступного из генбанка (таблица 46). Нуклеотидное разнообразие составило $\pi=0.0076$.

Таблица 46 – Гаплотипы голого османа *Gymnodiptychus dybowskii* на основе последовательностей COI.

Гаплотипы	Локальность	GenBank или собственные данные
Нар 1	р. Или (Китай)	MN422094.1
Нар 2	р. Или (Китай)	HQ235997.1
Нар 3	р. Или (Китай)	KX688545.1
Нар 4	р. Быжы (Балхашский бассейн)	собственные данные
Нар 5	р. Быжы (Балхашский бассейн)	собственные данные
Нар 6	Реки Алакольского бассейна	собственные данные
Нар 7	р. Катынсу (Алакольский бассейн)	собственные данные

Благодаря построенной сети гаплотипов методом Median-joining были выделены три географически различные гаплогруппы, по одной от каждой из трех систем: река Или (Китай), река Быжы и Алакольский бассейн (рис. 24).

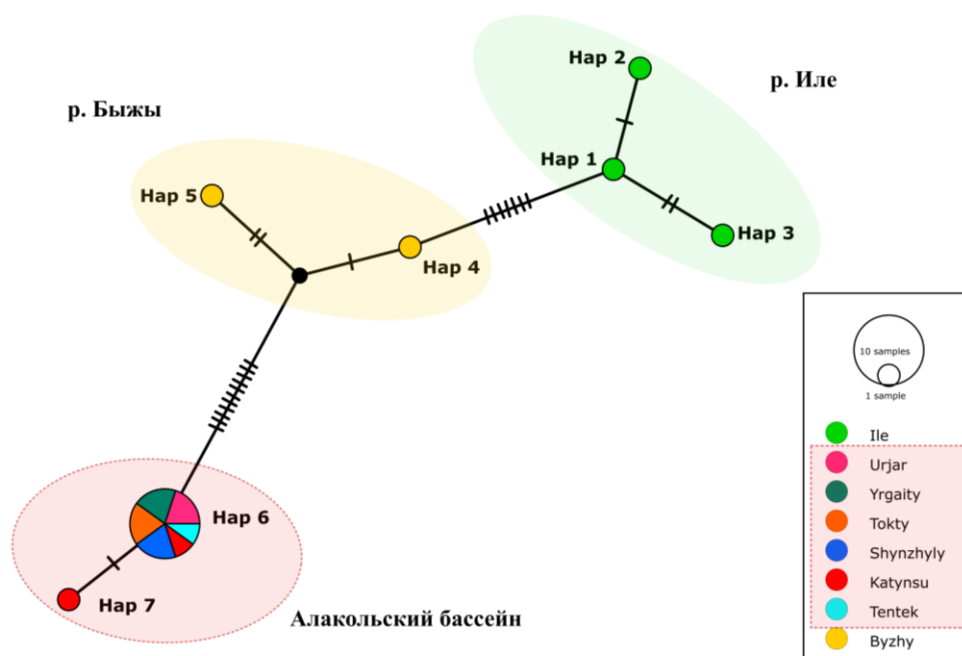


Рисунок 24 - Сеть гаплотипов голого османа *Gymnodiptychus dybowskii* по данным COI мтДНК на основе алгоритма Median-joining.

Менг и др. (2015, 2018) [308, 309] исследовали популяционно-генетическую дифференциацию голого османа южного и северного склона Тянь-Шаня и обнаружили, что генетическое расстояние между ними составило более 10% по гену цитохрома *b* мтДНК.

Что касается филогении и филогеографии, то результаты, полученные нами по маркеру COI, согласуются с данными Ли и др. (2016) [310], по трем северным речным системам Цинхай-Тибетского нагорья: р. Кайду (Таримский бассейн), реки Или (Балхашский бассейн) и Джунгарского бассейна с использованием двух генов мтДНК (*Cytb* и *16S rРНК*) в сочетании с ядерным геном (*RAG2*). Эти авторы предложили рассматривать популяции

рассматриваемых бассейнов в качестве видов или, по крайней мере, эволюционно значимых единиц (ESU). Согласно Янг и др. (2020) [311] расширение бассейна р. Или и подъем Тянь-Шаня могли способствовать разделению *Gymnodiptychus dybowskii* и привести к генетической дифференциации. Кроме того, как указывают авторы [311], климатические изменения на Цинхай-Тибетском нагорье могли повлиять на демографическую историю популяций голого османа.

Сеть гаплотипов показала генетическую изменчивость каждой популяции голого османа. Гаплогруппа Алакольского бассейна не образует общего кластера с гаплотипами других географических районов. При этом уровень генетического разнообразия ниже в Алакольском бассейне несмотря на большее количество исследованных особей. Это может указывать на эффект основателя и недавнее заселение голым османом Алакольского бассейна. Хотя, эта гипотеза должна быть проверена на большем количестве материала.

Согласно генетическим данным, голый осман в Алакольском бассейне заслуживает особого внимания с точки зрения охраны из-за его генетической уникальности и низкого генетического разнообразия.

3.5.3 Филогенетический анализ рода гольцов *Triplophysa* из Балхаш-Алакольского бассейна по данным анализа митохондриального гена COI

Род *Triplophysa* (Cobitoidea: Nemacheilidae) - богатая видами и таксономически нестабильная группа [314]. В Алакольском бассейне обитает пять видов рода *Triplophysa*: пятнистый губач *Triplophysa strauchi*, одноцветный губач *Triplophysa labiata*, тибетский голец *Triplophysa stoliczkai*, голец Северцова *Triplophysa sewerzowi* и серый голец *Triplophysa dorsalis*. Последний из них встречается очень редко. Все они аборигенные виды и являются важным компонентом ихтиофауны Алакольского бассейна.

В период 2020-2021 гг. было собрано 4 вида гольца (пятнистый губач, одноцветный губач, тибетский голец и голец Северцова) общей численностью 31 экз. из 10 локальностей Балхашского и Алакольского бассейнов. Количество изученных особей по видам и бассейнам, а также сравнительные материалы из генбанка представлены в таблице 47.

При филогенетическом анализе видно, что усатые гольцы Балхашского и Алакольского бассейнов сгруппированы в несколько базальных клад внутри рода *Triplophysa* (рис. 25).

Пятнистый губач из Балхаша и Алакольского бассейна на филогенетическом дереве разделился на 2 группы. В первой группе образцы из реки Шынжылы (бас. Алаколя) группировались с особями из водоемов Узбекистана (бассейн р. Сырдарья), а во второй группе образцы из оз. Жаланашколь (Алакольский бассейн) объединялись с пятнистым губачам из р. Кеген (бас. Иле-Балхаша). Таким образом, алакольские пятнистые губачи оказались генетически неоднородными и представлены двумя генетически изолированными популяциями или близкородственными видами.

Таблица 47 – Список и количество собственных и сравнительных материалов изученных особей последовательностей COI мтДНК.

<i>Вид</i>	Локальность	Номер (SS) пробы ДНК или генбанка	Кол-во образцов
Собственные данные			
<i>Triplophysa labiata</i>	р. Катынсу, Алакольский бассейн	SS12	1
	р. Шынжылы, Алакольский бассейн	SS13, SS14, SS15	3
	р. Каракол, Алакольский бассейн	SS16, SS17	2
	устье р. Жаманты, Алакольский бассейн	SS21, SS22	2
	р. Балыкты, Иле-Балхашский бассейн	SS113	1
<i>Triplophysa sewerzowi</i>	оз. Алаколь (лиман), Алакольский бассейн	SS32, SS33, SS34, SS35, SS36	5
<i>Triplophysa stoliczkai</i>	р. Быжы Иле-Балхашский бассейн	SS58, SS66, SS67	3
<i>Triplophysa strauchii</i>	р. Катынсу, Алакольский бассейн	SS41	1
	р. Шынжылы, Алакольский бассейн	SS63, SS64	2
	устье р. Жаманты, Алакольский бассейн	SS54, SS55	2
	р. Уржар, Алакольский бассейн	SS59, SS60	2
	р. Тентек, Алакольский бассейн	SS69, SS70	2
	оз. Жаланашколь, Алакольский бассейн	SS51, SS52, SS53, SS54	4
	р. Балыкты, Иле-Балхашский бассейн	SS49	1
Сравнительные данные			
<i>Barbatula barbatula</i>	р. Ветландабэкен, Швеция	MF172074.1	1
<i>Barbatula toni</i>	бассейн реки Енисей	KX039660.1	1
<i>Lefua echigonia</i>	Япония	LC153117.1	1
<i>Lefua costata</i>	Южная Корея	KT943751.1	1
<i>Paraschistura makranensis</i>	р. Джегин, Иран	MN258035.1	1
<i>Triplophysa dorsalis</i>	река Иртыш	KT241024.1 NC_029423.1	2
<i>Triplophysa stoliczkai dorsonotatus</i>	р. Кеген Иле-Балхашский бассейн	KX039654.1 EEFF028	2
<i>Triplophysa labiata</i>	Синьцзян, КНР	KT192057.1	1
<i>Triplophysa sewerzowi</i>	р. Каскелен, Иле-Балхашский бассейн	EEFF026	1
	р. Кеген, Иле-Балхашский бассейн	KX039659.1 EEFF027	2
<i>Triplophysa sp.</i>	Не известно	KT259195.1	1
<i>Triplophysa strauchii</i>	р. Кеген, Иле-Балхашский бассейн	KX039653.1 EEFF030	2
	Бассейн р. Сырдарья, Узбекистан	MW649651.1	1

Гаплотипы тибетского гольца из рек Быжы и Балыкты идентичны. Здесь также намечается две подгруппы. В частности, тибетский голец из рек Быжы и Балыкты (Балхашский бассейн) представляют одну подгруппу, а особи р. Кеген (верховья бассейна Или - KX039654.1, EEFF028), объединившись с образцом из верховий Иртыша (KT259195) - в отдельную подгруппу. Таким образом, в Алакольско-Балхашском бассейне тибетский голец представлен двумя генетически различающимися формами. Согласно статье Прокофьева (2007), *Triplophysa stoliczkai* имеет несколько названий и представлен более чем пятью подвидами [315].

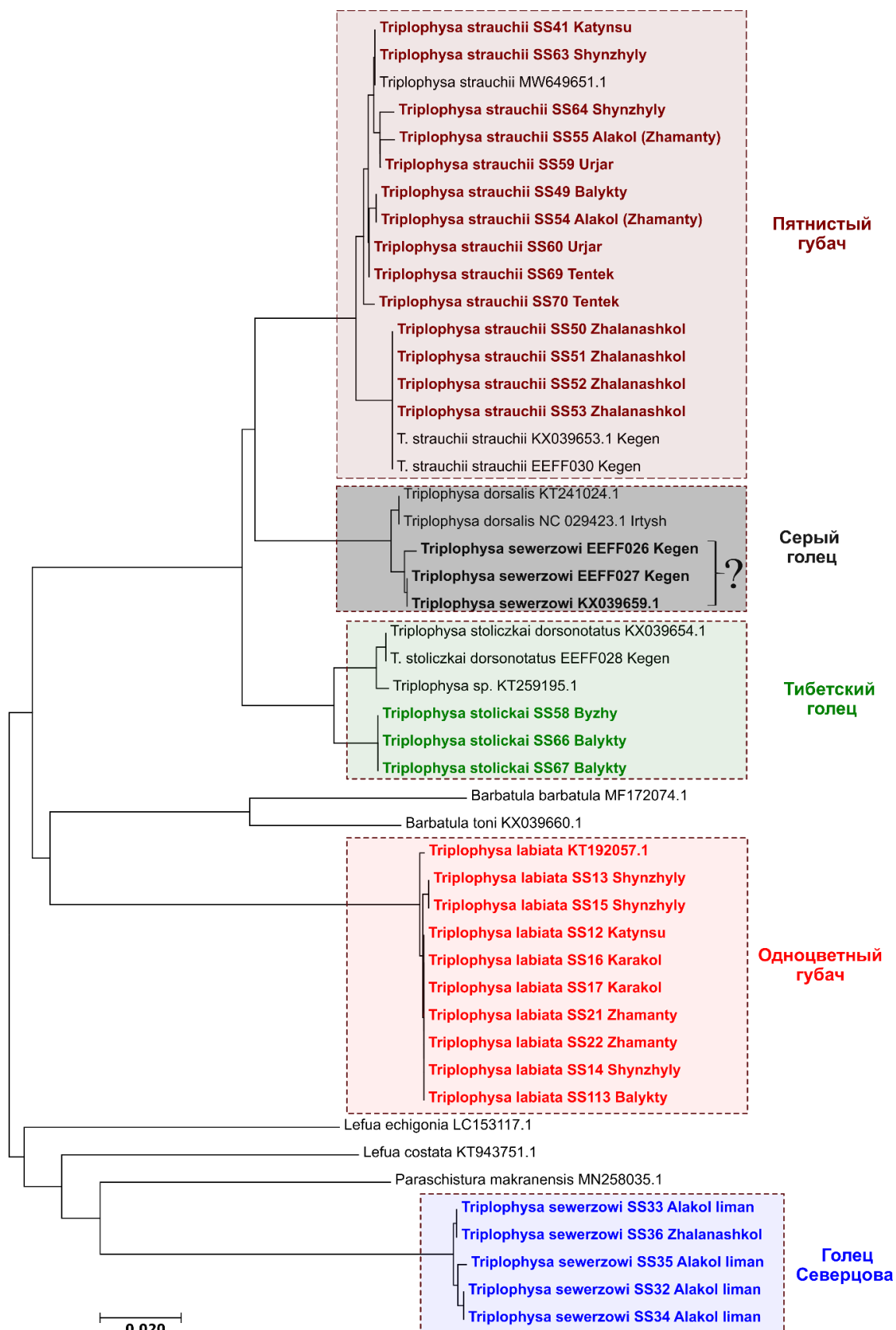


Рисунок 25 – Филогенетическое дерево видов *Triplophysa* построенное методом NJ (Neighbor-Joining) на основании последовательностей COI мтДНК. Масштабная линейка соответствует 0,020 нуклеотидных замен на одну позицию.

Нуклеотидные последовательности гена COI мтДНК одноцветного губача из водоемов Балхаша и Алакольского бассейна генетически относительно однородны.

Наиболее интересной находкой нашей предварительной филогенетической реконструкции на основе нуклеотидных последовательностей гена COI явилось обнаружение глубокой дивергенции голец Северцова из Алакольского бассейна, которые группировались отдельно от голец рода *Triplophysa*. В базе данных генбанка NCBI нуклеотидная последовательность гольца Северцова между ближайшими родственниками согласно анализу BLAST составило 84%. Это говорит о том, что голец Северцова относится к другому роду голец, которые еще не представлены в базе данных генбанка. Представленные в генбанке последовательности гольца Северцова, зарегистрированные под номерами KX039659, EEFF027 (р. Кеген), EEFF026 (р. Каскелен) не образовали сходства с нашими данными и на филогенетическом дереве были сгруппированы вместе с серым голцом. По всей видимости, видовая идентификация гольца, зарегистрированного в генбанке как голец Северцова, была неверной. Выяснение родовой принадлежности гольца Северцова – задача будущих исследований.

Полученные нами данные по генетической неоднородности и филогенетической организации голец Алаколь-Балхашского региона послужат основой для дальнейших генетических и таксономических исследований, а также позволят принимать более адекватные решения в природоохранной сфере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное нами исследование ихтиофауны бассейна Алакольских озер позволяет сделать следующие выводы:

1 Результаты предыдущих исследований показали, что в реках Жетысуского Алатау и южного склона хребта Тарбагай наблюдается тенденция к снижению численности аборигенных и увеличению численности чужеродных видов рыб. По результатам наших исследований установлено, что разнообразие и численность чужеродных видов существенно сократились, за исключением р. Емель. В период наших исследований ихтиофауна была представлена одним классом, тремя отрядами, шестью семействами, 20 родами и 25 видами. По таксономическому разнообразию доминируют представители отряда карпообразных. Абиотические показатели (температура, мутность, рН, минерализация, NH_4^+ , NO_3^-) среды обитания рыб в период проведения исследований, за исключением р. Шагантогай, были ниже уровней ПДК РХ.

2 Все аборигенные виды до сих пор сохраняются в бассейне Алакольских озер. Однако ни в одном из исследованных мест они не были встречены одновременно. Многие аборигенные виды значительно сократили свои ареалы по сравнению с ранее известными данными. Сообщество рыб меняется от истоков к устью. Верхнюю зону со стремительным течением занимали голый осман и тибетский голец. Ниже к ним добавлялся одноцветный губач, затем пятнистый губач, балхашский голянь, балхашская маринка и балхашский окунь. В нижней зоне доля голого османа, тибетского гольца и одноцветного губача уменьшалась, появились семиреченский голянь, серый голец и голец Северцова. В озерах основными видами рыб были балхашский окунь, балхашская маринка и пятнистый губач. В период 2015-2021 гг. в оз. Алаколь в промысловых уловах обнаружены карась, сазан, лещ, плотва, пятнистый губач, балхашский окунь и судак. Доля каждого вида в промысловых уловах сильно меняется по годам, но доля балхашского окуня остается значительной. Дендрограмма сходства межвидового распределения рыб показала, что совместное обитание балхашского окуня и пятнистого губача является естественным и соответствует данным многолетних наблюдений. Все остальные совместные группы объединяли аборигенные виды с чужеродными.

3 Многомерный статистический анализ позволил определить изменения пластических и меристических признаков между сравниваемыми популяциями голого османа, балхашского голяня, балхашского окуня, пятнистого губача, гольца Северцова и пескаря из разных водоемов Алакольского бассейна. Согласно результатам анализа главных компонентов сравниваемые популяции рыб были близки друг к другу по совокупности морфометрических признаков, хотя некоторые виды, по всей видимости, разделяются на локальные морфогруппы.

4 С целью изучения молекулярного разнообразия аборигенных видов рыб Алакольского бассейна исследован фрагмент гена CO1 мтДНК балхашского окуня, голого османа, пятнистого губача, тибетского гольца,

одноцветного губача и гольца Северцова. Обнаружена генетическая уникальность голого османа из Алакольского бассейна, который генетически изолирован от голых османов Балхашского бассейна. Установлена генетическая подразделенность на две группы для двух видов гольцов Балхаш-Алакольского бассейна – пятнистого губача и тибетского гольца. Выявлено, что голец Северцова, ранее относимый к гольцам группы *Triplophysa*, относится к другой группе гольцов. Таким образом, выяснено, что гольцы Балхаш-Алакольского бассейна заметно более разнообразны, чем полагали ранее. Филогенетическое положение и таксономия гольца Северцова нуждаются в ревизии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Reeves G.H., Bisson P.A., Dambacher J. M. Fish communities //River Ecology and Management: lessons from the Pacific coastal ecoregion. – 1998. – С. 200-234.
- 2 Whittaker R.H. Classification of natural communities //The Botanical Review. – 1962. – Т. 28. – №. 1. – С. 1-239.
- 3 Шварц Е.А. Сохранение биоразнообразия: сообщества и экосистемы. - М.: КМК Scientific Press, 2004. - 108 с.
- 4 Whitfield A.K. Able K.W., Blaber S.J., Elliott M., Franco A., Harrison T. D., Tweedley J.R. Fish Assemblages and Functional Groups //Fish and Fisheries in Estuaries: A Global Perspective. – 2022. – Т. 1. – С. 16-59. <https://doi.org/10.1002/9781119705345.ch2>
- 5 Jackson D.A., Peres-Neto P.R., Olden J. D. What controls who is where in freshwater fish communities the roles of biotic, abiotic, and spatial factors //Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2001. – Т. 58. – №. 1. – С. 157-170.
- 6 Gilliam J.F., Fraser D.F. Movement in corridors: enhancement by predation threat, disturbance, and habitat structure //Ecology. – 2001. – Т. 82. – №. 1. – С. 258-273.
- 7 Tonn W.M. Climate change and fish communities: a conceptual framework //Transactions of the American Fisheries Society. – 1990. – Т. 119. – №. 2. – С. 337-352.
- 8 Gebrekiros S.T. Factors affecting stream fish community composition and habitat suitability //Journal of Aquaculture and Marine Biology. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – С. 00076.
- 9 Echelle A.A., Echelle A.F., Hill L.G. Interspecific interactions and limiting factors of abundance and distribution in the Red River pupfish, *Cyprinodon rubrofluviatilis* //American Midland Naturalist. – 1972. – С. 109-130.
- 10 Jackson D.A., Harvey H.H. Fish and benthic invertebrates: community concordance and community–environment relationships //Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1993. – Т. 50. – №. 12. – С. 2641-2651.
- 11 Grossman G.D., Freeman M.C. Microhabitat use in a stream fish assemblage //Journal of Zoology. – 1987. – Т. 212. – №. 1. – С. 151-176.
- 12 Kwon Y.S., Li F., Chung N., Bae M.J., Hwang S.J., Byoen M.S., Park S.J., Park Y.S. Response of fish communities to various environmental variables across multiple spatial scales //International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2012. – Т. 9. – №. 10. – С. 3629-3653.
- 13 Gotelli N.J., Ulrich W. Statistical challenges in null model analysis //Oikos. – 2012. – Т. 121. – №. 2. – С. 171-180.
- 14 Michalak, I., Chojnacka, K. (2014). Effluent Biomonitoring. Encyclopedia of Toxicology, 312–315. // Encyclopedia of Toxicology (Third Edition) 2014, Pages 312-315. [doi:10.1016/b978-0-12-386454-3.01008-3](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-386454-3.01008-3)
- 15 Ross S.T., Matthews W.J., Echelle A.A. Persistence of stream fish assemblages: effects of environmental change //The American Naturalist. – 1985. – Т. 126. – №. 1. – С. 24-40.

- 16 Gilpin M.E., Diamond J. M. Factors contributing to non-randomness in species co-occurrences on islands //Oecologia. – 1982. – Т. 52. – №. 1. – С. 75-84.
- 17 Winemiller K.O. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan ilanos //Environmental Biology of fishes. – 1989. – Т. 26. – №. 3. – С. 177-199.
- 18 Dayan T., Simberloff D. Ecological and community-wide character displacement: the next generation //Ecology Letters. – 2005. – Т. 8. – №. 8. – С. 875-894.
- 19 Ryder R.A., Kerr S.R., Taylor W.W., Larkin P.A. Community consequences of fish stock diversity //Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1981. – Т. 38. – №. 12. – С. 1856-1866.
- 20 Новосёлов А. П. Новые виды рыб в водоемах Европейского Северо-Востока России //Экология. – 2020. – №. 6. – С. 457-464.
- 21 Menge B. A., Sutherland J. P. Community regulation: variation in disturbance, competition, and predation in relation to environmental stress and recruitment //The American Naturalist. – 1987. – Т. 130. – №. 5. – С. 730-757.
- 22 Sá-Oliveira J. C., Isaac V.J., Araújo A.S., Ferrari S.F. Factors structuring the fish community in the area of the Coaracy Nunes hydroelectric reservoir in Amapá, northern Brazil //Tropical Conservation Science. – 2016. – Т. 9. – №. 1. – С. 16-33.
- 23 Magnuson J. J., Crowder L. B., Medvick P. A. Temperature as an ecological resource //American Zoologist. – 1979. – Т. 19. – №. 1. – С. 331-343.
- 24 Daufresne M., Boet P. Climate change impacts on structure and diversity of fish communities in rivers //Global Change Biology. – 2007. – Т. 13. – №. 12. – С. 2467-2478.
- 25 Котегов Б.Г. Особенности видового состава и структуры сообществ рыб малых рек Удмуртской Республики //Экология. – 2007. – №. 4. – С. 274-282.
- 26 Bain M.B., Finn J.T., Booke H.E. Streamflow regulation and fish community structure // Ecology. – 1988. – V.69. – P.382–392.
- 27 Shuter B.J., Maclean J.A., Fry E.J., Regier H.A. Stochastic simulation of temperature effects on first-year survival of smallmouth bass //Transactions of the American Fisheries Society. – 1980. – Т. 109. – №. 1. – С. 1-34.
- 28 Heatherly T., Whiles M.R., Royer T.V., David M.B. Relationships between water quality, habitat quality, and macroinvertebrate assemblages in Illinois streams //Journal of Environmental Quality. – 2007. – Т. 36. – №. 6. – С. 1653-1660.
- 29 Church M. Geomorphic thresholds in riverine landscapes //Freshwater biology. – 2002. – Т. 47. – №. 4. – С. 541-557.
- 30 Paul M. J., Meyer J. L. Streams in the urban landscape //Annual review of Ecology and Systematics. – 2001. – Т. 32. – №. 1. – С. 333-365.
- 31 Dudgeon D. Large-scale hydrological changes in tropical Asia: prospects for riverine biodiversity: the construction of large dams will have an impact on the biodiversity of tropical Asian rivers and their associated wetlands //BioScience. – 2000. – Т. 50. – №. 9. – С. 793-806.

32 Taylor C. M. Fish species richness and incidence patterns in isolated and connected stream pools: effects of pool volume and spatial position //Oecologia. – 1997. – Т. 110. – №. 4. – С. 560-566.

33 Шкура В. Н. Влияние регулирования стока на режим половодья и эффективность естественного воспроизводства рыб в речных бассейнах //Природо обустройство. – 2011. – №. 4. –С. 47-51.

34 Karr J. R., Toth L. A., Dudley D. R. Fish communities of midwestern rivers: a history of degradation //BioScience. – 1985. – Т. 35. – №. 2. – С. 90-95. <https://doi.org/10.2307/1309845>

35 Lammert M., Allan J. D. Assessing biotic integrity of streams: effects of scale in measuring the influence of land use/cover and habitat structure on fish and macroinvertebrates //Environmental management. – 1999. – Т. 23. – №. 2. – С. 0257-0270.

36 Leibold M.A., Holyoak M., Mouquet N., Amarasekare P., Chase J.M., Hoopes M.F., Holt R.D., Shurin J. B., Law R., Tilman D., Loreau M., Gonzalez A. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology //Ecology letters. – 2004. – Т. 7. – №. 7. – С. 601-613.

37 Chapleau F., Findlay C.S., Szenasy E. Impact of piscivorous fish introductions on fish species richness of small lakes in Gatineau Park, Quebec //Ecoscience. – 1997. – Т. 4. – №. 3. – С. 259-268.

38 Лукин А.А., Шарова Ю.Н., Прищепа Б.Ф. Влияние промысла на состояние популяций сига *Coregonus lavaretus* в озере Имандра //Вопросы ихтиологии. – 2006. – Т. 46. – №. 3. – С. 370-377.

39 Стоун К.Д. Слишком много рыболовных судов, слишком мало рыбы: могут ли торговые законы упорядочить субсидии и сбалансировать рыбный промысел? //Право и предпринимательство (Зарубежный опыт). – 2002. – №. 2002.

40 Myers R.A., Worm B. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities //Nature. – 2003. – Т. 423. – №. 6937. – С. 280-283.

41 Абакумов А. И., Израильский Ю. Г. Эффекты промыслового воздействия на рыбную популяцию //Математическая биология и биоинформатика. – 2016. – Т. 11. – №. 2. – С. 191-204.

42 Yerdavletov S., Sholpan A., Aizholova G. Features of toponyms forming of Alakol basin of Kazakhstan //Semestrале di studi e ricerche di geografia. – 2014. – Т. 25. – №2.Р. 17-25. <http://dx.doi.org/10.13133%2F1125-5218%2F17>

43 Стасив И. В. О происхождении озера Балхаш и Балхаш-Алакольской впадины //Евразийский Союз Ученых. – 2018. – №4 (49) - С.4-5

44 Альжигитова М.М., Заппаров М.Р. Инженерно-гидрогеологические особенности Алакольской впадины //Vestnikkaz NRTU. – 2020. – Т. 142. – №. 6. – С. 35-42. <https://doi.org/10.51301/vest.su.2020.v142.i6>

45 Allen M.B., Engor A.M.C., Natal'in B.A. Junggar, Turfan and Alakol basins as Late Permian to? Early Triassic extensional structures in a sinistral shear zone in the Altaid orogenic collage, Central Asia //Journal of the Geological Society. – 1995. – Т. 152. – №. 2. – С. 327-338. <https://doi:10.1144/gsjgs.152.2.0327>

- 46 Амиргалиев Н.А., Тимирханов С.Р., Альпейсов Ш.А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озёр. – Алматы: Бастау, 2006. – 368 с.
- 47 Попов А.В. Географическое положение и строение поверхности Алакольской впадины //Алакольская впадина и ее озера. Сб.: «Вопросы географии», Вып. 12, Алма-Ата, 1965. – С.3-25.
- 48 Сарсембенова О.Ж. Бакирова Л.С., Толеукадыров Е., Изгутенова Е.А., Макеева Н.В. Алаколь-Сасыккольская система озер //Научный альманах. – 2016. – №. 11-2. – С. 221-225.<https://doi.org/10.17117/na.2016.11.02.221>
- 49 Голубев А.Ф. Озеро Алакуль //Записки РГО по общей географии. – 1867.– Т. I. – С. 349-363.
- 50 Сапожников В.В. Очерки Семиречья. – Томск, 1904. – 250 с.
- 51 Обручев В.А. Пограничная Джунгария. – Л.: Цветметиздат, 1932. – Т. 3, вып. 1. – 68 с.
- 52 Терлецкий Б.К. Балхаш-Алакольская впадина //Труды главного геологоразведочного управления ВСНХ СССР. – Л., 1935. – Вып. 105. – 71 с.
- 53 Сваричевская З.А. Очерки по геоморфологии Казахстана. – Л., 1941. – 61 с.
- 54 Курдюков К.В. О колебаниях уровня озера Алаколь (в историческом и геологическом прошлом) //Вопросы географии. Физическая география. – 1951.– №24. – С. 117-133.
- 55 Трифонова Т.М. Климатическая характеристика Алакольской впадины // В кн.: Алакольская впадина и ее озера. – Алма-Ата: Наука, 1965. – Вып. 12. – С. 26-38.
- 56 Болдырев В.М. Режим рек и временных водотоков Алакольской впадины //В кн.: Алакольская впадина и ее озера. – Алма-Ата: Наука, 1965. – Вып. 12. – С. 52-61.
- 57 Казанская Е.А. Морфология и динамика берегов озера Алаколь // В кн.: Алакольская впадина и ее озера. – Алма-Ата: Наука, 1965. – Вып. 12. – С. 88-121.
- 58 Курдин Р. Д. Термический режим Алакольских озерах // Алакольская впадина и ее озера. Сб.: «Вопросы географии», вып. 12, Алма-Ата, 1965. – С.182-195.
- 59 Коровин В.И., Курдин Р.Д. Уровенный режим Алакольских озер //Алакольская впадина и ее озера. Сб.: «Вопросы географии», вып. 12, Алма-Ата, 1965. – С.122-140.
- 60 Филонец П.П. Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1981. – 186 с.
- 61 Кенжебеков Б.К., Данько Е.К., Сансызбаев Е.Т. К современному состоянию озер Алакольской системы //Гидрометеорология и экология. – 2018. – №. 3. – С. 145-151.
- 62 Ердаuletов С.Р., Артемьев А.М., Актымбаева А.С., Жакупова А.А., Абдреева Ш.Т., Исакова К.А., Жумадилов А.Р., Аблеева А.Г., Асылбекова А.А., Таукебаев О.Ж. Путешествие по Приалаколю: научно-познавательный атлас. - Алматы, 2014. - 76 с.

63 Актымбаева А.С., Таукебаева М.Т. Геоэкологическая характеристика и оценка туристско-рекреационного потенциала Алакольского региона //Новости науки Казахстана. – 2015. – №. 2. – С. 83-104.

64 Искакова К.А., Жакупова А.А., Актымбаева А.С., Абдреева Ш.Т., Айжолова Г.Р. Современное состояние рекреационного потенциала Алакольского бассейна //Вестник КазНУ. Сер. экологическая. - Алматы: Казак, ун-Ті. - 2013. - №2/1 (38). - С. 60-64.

65 Березовиков Н.Н. Физико-географическая характеристика Алаколь-Сасыккольской системы озер //Тр. Алакольского государственного природного заповедника. Т. 1. – Алматы: Мектеп, 2004. – С.89-109.

66 Курдин Р.Д. Ветровое волнение на Алакольских озерах //В кн.: Алакольская впадина и ее озера. - Алма-Ата: Наука, 1965. - Вып. 12. - С. 151-171.

67 Трифонова Т.М. Потери воды на испарение с поверхности озера Алаколь //В кн.: Алакольская впадина и ее озера. – Алма-Ата: Наука, 1965. – Вып. 12. – С. 172-181.

68 Заповедники Средней Азии и Казахстана / под ред. Р.В. Яценко. - Алматы: Тетис, 2006. – Вып. 1. – 352 с.

69 Кенжебеков Б.К., Данько Е.К., Сансызбаев Е.Т. К современному состоянию озер Алакольской системы //Гидрометеорология и экология. – 2018. – №. 3 (90). – С. 145-151.

70 Valeyev A., Karatayev A., Abitbayeva A., Uxukbayeva S., Bektursynova A., Sharapkhanova Zh. Monitoring coastline dynamics of Alakol Lake in Kazakhstan using remote sensing data //Geosciences. – 2019. – Т. 9. – №. 9. – С. 404. <https://doi.org/10.3390/geosciences9090404>

71 Утепбаева Ш.А., Мукатай А.А. Пространственно-временное изменение гидрохимического режима озера Алаколь в полноводный период //Гидрометеорология и экология. – 2018. – №. 1 (88). – С. 92-102.

72 Курдин Р.Д., Шильниковская Л.С. Гидрохимический режим Алакольских озер // В кн.: Алакольская впадина и ее озера. – Алма-Ата: Наука, 1965. – Вып. 12. – С. 209-223.

73 Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озера центрального и южного Казахстана //Алма-Ата: Наука. –1981.–232 с.

74 Bai J., Chen X., Li J., Yang L., Fang H. Changes in the area of inland lakes in arid regions of central Asia during the past 30 years //Environmental monitoring and assessment. – 2011. – Т. 178. – №. 1. – С. 247-256.

75 Токпанов Е.А. Гидроминеральные рекреационные ресурсы озера Жаланашколь // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2016. – Т. 43. – №. 2. – С. 304-309.

76 Болдырев В.М. Режим рек и временных водотоков Алакольской впадины // В кн.: Алакольская впадина и ее озера. – Алма-Ата: Наука, 1965. – Вып. 12. – С. 52-61.

77 Мукаев Ж.Т. Геоэкологическая оценка территориально-рекреационных систем бассейна озера Алаколь. Дисс. на соискание уч. Степени доктора философии (PhD). – Астана. – 2015. – 171 с.

78 АТАМЕКЕН: Географиялық энциклопедия. / Бас ред. Б.Ө.Жақып. – Алматы: «Қазақ энциклопедиясы», 2011. – 648 бет.

79 Тимирханов С.Р., Галушак С.С., Фех В.Ф. Ихтиофауна и перспективы рыбохозяйственного использования р. Хатынсу //Экосистемы водоемов Казахстана и их рыбные ресурсы. Алматы: НИЦ «Бастау», 1997. С. 96-103

80 <https://silkadv.com/en/content/reka-yrgayty>. Река Ыргайты. Дата обращения: 24.08.2020.

81 Алимов А.Ф., Орлова М. И., Панов В. Е. Последствия интродукций чужеродных видов для водных экосистем и необходимость мероприятий по их предотвращению //Виды-вселенцы в европейских морях России. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. – 2000. – С. 12-23.

82 Дгебуадзе Ю.Ю. Экология инвазий и популяционных контактов животных: общие подходы // Виды-вселенцы в Европейских морях России / Ред. Г.Г. Матишов. Апатиты: КНЦ РАН, 2000. С. 35–50

83 Дгебуадзе Ю.Ю. Чужеродные виды в Голарктике: некоторые результаты и перспективы исследований //Российский журнал биологических инвазий. – 2014. – Т. 7. – №. 1. – С. 2-8.

84 Неронов В.М., Лушечкина А. А. Чужеродные виды и сохранение биологического разнообразия //Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121. – №. 1. – С. 121-128.

85 Решетников Ю.С. О фазах вселения нового вида в пресноводные экосистемы //Успехи современной биологии. – 2020. – Т. 140. – №. 3. – С. 294-305.

86 De Silva S.S., Nguyen T.T., Turchini G.M., Amarasinghe U.S., Abery N.W. Alien species in aquaculture and biodiversity: a paradox in food production //Ambio. – 2009. – С. 24-28.

87 Database on Introductions of Aquatic Species (DIAS). FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome, 2019<http://www.fao.org/fishery/topic/14786/en>.

88 Allendorf F.W. Ecological and genetic effects of fish introductions: synthesis and recommendations //Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1991. – Т. 48. – №. S1. – С. 178-181.

89 Effort I.E., Garcia C. M., Williams J. D. Facing the challenges of invasive alien species in North America //Global Biodiversity Canadian Museum of Nature. – 1997. – Т. 7. – №. 1. – С. 25-30.

90 Cowx I.G., Gerdeaux D. The effects of fisheries management practises on freshwater ecosystems //Fisheries Management and Ecology. – 2004. – Т. 11. – №. 3-4. – С. 145-151.

91 Kolar C. S., Lodge D. M. Ecological predictions and risk assessments for non-native species //Science. – 2002. – Т. 298. – С. 1233-1236.

92 Алимов А.Ф., Богуцкая Н.Г., Орлова М.И. и др. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. Тов-во научных изданий КМК. М.-С.-Птб., 2004: 436 с.

93 Riberio F., Elvira B., Collares-Pereira M. J., Moyle P.B. Life-history traits of non-native fishes in Iberian watersheds across several invasion stages: a first approach //Biological Invasions. – 2008. – Т. 10. – №. 1. – С. 89-102.

94 Tedesco P.A., Beauchard O., Bigorne R., Blanchet S., Buisson L., Conti L., Cornu J.-F., Dias M.S., Grenouillet G., Hugueny B., Jézéquel C., Leprieur F., Brosse S., Oberdorff T."A global database on freshwater fish species occurrence in drainage basins." Scientific data 4.1 (2017): 1-6.[DOI: 10.1038/sdata.2017.141](https://doi.org/10.1038/sdata.2017.141)

95 Мамилов Н.Ш., Балабиева Г.К., Койшыбаева Н.Н. Распространение чужеродных видов рыб в малых водоемах Балхашского бассейна //Российский журнал биологических инвазий. – 2010. – Т. 3. – №. 2. – С. 29-36.

96 Мамилов Н.Ш. Современное разнообразие чужеродных видов рыб в бассейнах рек Чу и Талас //Российский журнал биологических инвазий. – 2011. – Т. 4. – №. 1. – С. 65-76.

97 Ковшарь А.Ф. Чужеродные виды и необходимость ведения «Чёрной книги фауны Казахстана» //Редакционный совет: АБ Бекенов, ДА Бланк (Израиль), ЗК Брушко, W. Yang (КНР, Синьцзян). – 2012. – С. 37.

98 Дукравец Г.М., Жаркенов Д.К. *Megalobrama* sp. в бассейне р. Или–чужеродный представитель в ихтиофауне Казахстана //Республиканской научно-практической конференции «Медико-биологические вопросы состояния сердечно-сосудистой системы: Проблемы и перспективы». – 2012. – с. 85.

99 Исбеков К.Б., Жаркенов Д.К. Чужеродные виды рыб в водоемах бассейна реки Или и проблема биологических инвазий //Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия биологическая и медицинская. – 2013. – №. 6 (300). – С. 3.

100 Дукравец Г.М. О чужеродных видах рыб в Республике Казахстан //Известия НАН РК, сер. биол. и мед. – 2013. – №. 5. – С. 32.

101 Жаркенов Д.К., Дукравец Г.М. Состояние популяции змеоголова *Channa argus* (Cantor, 1842)–чужеродного вида рыб в бассейне реки Или //Биология және медицина сериясы. – 2016. – С. 143.

102 Кириченко О.И., Ануарбеков С.М. Состояние биоразнообразия водоемов Иртышского бассейна и влияние чужеродных видов на экосистему //Евразийский Союз Ученых. – 2016. – №. 4-4 (25) - С. 112-116.

103 Тулькибаева Н.Н., Мамилов Н. Ш. Об адаптационных возможностях некоторых аборигенных и чужеродных видов рыб Балкашского бассейна //Хабаршы. – 2016. – С. 133.

104 Кегенова Г.Б. Распространение сорных рыб в прудовых хозяйствах балхашского бассейна //Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2016. – Т. 24. – №. 1. – С. 75-78.

105 Мамилов Н.Ш., Конысбаев Т.Г., Магда И.Н., Васильева Е.Д. Таксономический статус четырёх редких чужеродных видов рыб Капчагайского водохранилища (Балхашский бассейн, Центральная Азия)//Вопросы

ихтиологии. – 2021. – Т. 61. – №. 3. – С. 264-272. DOI: [10.31857/S0042875221030085](https://doi.org/10.31857/S0042875221030085)

106 Brooks, M.L., D'Antonio, C.M., Richardson, D.M., Grace, J.B., Keeley, J.E., DiTomaso, J.M., Hobbs, R.J., Pellant, M., Pyke, D. Effects of invasive alien plants on fire regimes //BioScience. – 2004. – Т. 54. – №. 7. – С. 677-688. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>

107 Richardson, David M., and Anthony Ricciardi. "Misleading criticisms of invasion science: a field guide." Diversity and Distributions 19.12 (2013): 1461-1467. DOI10.1111/ddi.12150

108 Дгебуадзе Ю.Ю. Проблемы инвазий чужеродных организмов //Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов. М.: МСОП, ИПЭЭ РАН. – 2002. – С. 11-14.

109 Moyle P. B., Marchetti M. P. Predicting invasion success: freshwater fishes in California as a model //BioScience. – 2006. – Т. 56. – №. 6. – С. 515-524.

110 Riberio F., Elvira B., Collares-Pereira M.J., Moyle P.B. Life-history traits of non-native fishes in Iberian watersheds across several invasion stages: a first approach //Biological Invasions. – 2008. – Т. 10. – №. 1. – С. 89-102.

111 Meronek T.G., Bouchard P.M., Buckner E.R., Burri T.M., Demmerly K.K., Hatleli D.C., Klumb R.A., Schmidt S.H., Coble D.W. A review of fish control projects //North American Journal of Fisheries Management. – 1996. – Т. 16. – №. 1. – С. 63-74.

112 Конвенция о биологическом разнообразии. Дата обращения: 26.10.2021. https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml

113 Pyšek P., Hulme P.E., Simberloff D., Bacher S., Blackburn S.T., Carlton J.T., Dawson W., Essl F., Foxcroft L.C., Genovesi P., Jeschke J.M., Kühn I., Andrew M. Liebhold A.M., Mandrak N.E., Meyerson L.A., Pauchard A., Pergl J., Roy H.E., Seebens H., Kleunen M., Vilà M., Wingfeld M.J., Richardson D.M. Scientists' warning on invasive alien species //Biological Reviews. – 2020. – Т. 95. – №. 6. – С. 1511-1534. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>

114 Тленбекова Н. Паразиты рыб водоемов Балхаш-Алакольского бассейна в связи с реконструкцией его ихтиофауны. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Алма-Ата, 1977. 25 с.

115 Соколовский В.Р. Анализ изменения паразитофауны у балхашского окуня (*Perca schrenki* Kessler) в оз. Алаколь при интродукции новых видов рыб //Ихтиологические исследования на внутренних водоемах: Материалы Международной научной конференции. – Саранск: Мордовский государственный университет, – 2007. – С. 153-155

116 Исбеков К.Б. Устойчивое использование рыбных ресурсов и перспективы сохранения биологического разнообразия ихтиофауны в основных рыбохозяйственных водоемах Казахстана. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Новосибирск, 2020. 52 с.

117 Карабанов Д. П., Кодухова Ю. В. Традиционные и перспективные методы борьбы с чужеродными видами рыб //Вестник Астраханского

государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2015. – №. 1.

118 Махров А. А., Карабанов Д. П., Кодухова Ю. В. Генетические методы борьбы с чужеродными видами //Российский журнал биологических инвазий. – 2014. – Т. 7. – №. 2. – С. 110-126.

119 Svanbäck R., Eklöv P. Genetic variation and phenotypic plasticity: causes of morphological variation in Eurasian perch //Evolutionary Ecology Research. – 2006. – Т. 8. – №. 1. – С. 37-49.

120 Никольский Г.В. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 184 с.

121 Шихшабекова Б.И., Гусейнов А.Д., Кадиев А.К., Алиева Е.М., Муталиев С.К. Совершенствования методов исследования популяционной изменчивости рыб //Известия Дагестанского ГАУ. – 2019. – №. 4. – С. 27-29.

122 Teletchea F. Molecular identification methods of fish species: reassessment and possible applications //Reviews in Fish Biology and Fisheries. – 2009. – V. 19. – №. 3. – P. 265-293. DOI 10.1007/s11160-009-9107-4

123 Боровикова Е. А. Молекулярно-генетические исследования в решении проблем филогении и филогеографии сиговых рыб (Coregonidae) //Труды Института биологии внутренних вод РАН. – 2016. – №. 73 (76).

124 Avise J.C. Molecular markers, natural history and evolution. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2004. 684 p

125 Абрамсон Н. И. Молекулярные маркеры, филогеография и поиск критерия разграничения видов //Труды зоологического института РАН. – 2009. – Т. 1. – С. 185.

126 Ko H. L., Wang Y. T., Chiu T. S., Lee M. A., Leu M. Y., Chang K. Z., Chen W.Y., Shao, K. T. Evaluating the accuracy of morphological identification of larval fishes by applying DNA barcoding //PLoS One. – 2013. – Т. 8. – №. 1. – С. e53451. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053451>

127 Kochzius M. Trends in fishery genetics //The future of fisheries science in North America. – 2009. – С. 453-493.

128 Hebert P. D., Cywinska A., Ball, S. L., DeWaard J. R. Biological identifications through DNA barcodes //Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. – 2003. – Т. 270. – №. 1512. – С. 313-321. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>

129 Hanner R., Desalle R., Ward R.D., Kolokotronis S-O. The fish Barcode of Life (FISH-BOL) special issue // Mitochondrial DNA, October 2011; 22(S1): 1–2

130 Kochzius M., Seidel C., Antoniou A., Botla S. K., Campo D., Cariani A., Vazquez E.V., Hauschild J., Hervet C., Hjörleifsdottir S., Hreggvidsson G., Kappel K., Landi M., Magoulas A., Marteinson V., Nölte M., Planes S., Tinti F., Turan C., Venugopal M.N., Weber H., Blohm D. Identifying fishes through DNA barcodes and microarrays //PloS One. – 2010. – Т. 5. – №. 9. – С. e12620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012620>

- 131 Fomina T. A., Kornienko V. Y., Minaev M. Y. Methods of molecular diagnostics for fish species identification //Food Systems. – 2020. – T. 3. – №. 3. – C. 32-41. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-3-32-41>
- 132 Krück N. C., Tibbetts I. R., Ward R. D., Johnson J. W., Loh W. K., Ovenden J. R. Multi-gene barcoding to discriminate sibling species within a morphologically difficult fish genus (Sillago) //Fisheries Research. – 2013. – T. 143. – C. 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.01.007>
- 133 Bacher S. Still not enough taxonomists: reply to Joppa et al //Trends in Ecology & Evolution. – 2012. – T. 27. – №. 2. – C. 65-66. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.11.003>
- 134 Ward R. D. FISH-BOL, a case study for DNA barcodes //DNA barcodes. – Humana Press, Totowa, NJ, 2012. – C. 423-439. DOI: 10.1007/978-1-61779-591-6_21
- 135 Becker S., Hanner R., Steinke D. Five years of FISH-BOL: brief status report //Mitochondrial DNA. – 2011. – T. 22. – №. sup1. – C. 3-9. <https://doi.org/10.3109/19401736.2010.535528>
- 136 Keskin E., Atar H. H. DNA barcoding commercially important fish species of Turkey //Molecular Ecology Resources. – 2013. – T. 13. – №. 5. – C. 788-797. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12120>
- 137 Ali F. S., Ismail M., Aly W. DNA barcoding to characterize biodiversity of freshwater fishes of Egypt //Molecular Biology Reports. – 2020. – T. 47. – №. 8. – C. 5865-5877. <https://doi.org/10.1007/s11033-020-05657-3>
- 138 Sheraliev B., Peng Z. Molecular diversity of Uzbekistan's fishes assessed with DNA barcoding //Scientific Reports. – 2021. – T. 11. – №. 1. – C. 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96487-1>
- 139 Ratnasingham S., Hebert P. D. N. BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>) //Molecular Ecology Notes. – 2007. – T. 7. – №. 3. – C. 355-364. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01678.x>
- 140 Schwartz M. W., Brigham C. A., Hoeksema J. D., Lyons K. G., Mills M. H., Van Mantgem P. J. Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology //Oecologia. – 2000. – T. 122. – №. 3. – C. 297-305.
- 141 Ward R. D., Holmes B. H., White W. T., Last P. R. DNA barcoding Australasian chondrichthyans: results and potential uses in conservation //Marine and Freshwater Research. – 2008. – T. 59. – №. 1. – C. 57-71. <https://doi.org/10.1071/MF07148>
- 142 Smith P. J., McVeagh S. M., Steinke D. DNA barcoding for the identification of smoked fish products //Journal of Fish Biology. – 2008. – T. 72. – №. 2. – C. 464-471. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01745.x>
- 143 Zemplak T. S., Ward R. D., Connell A. D., Holmes B. H., Hebert P. D. DNA barcoding reveals overlooked marine fishes //Molecular Ecology Resources. – 2009. – T. 9. – C. 237-242. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2009.02649.x>
- 144 Conservation of freshwater fishes. Eds. Closs G.P., Krkosek M., Olden J.D. – Cambridge: Cambridge University Press, 2016. – 581 p.;

- 145 Pelayo-Villamil P., Guisande C., Manjarrés-Hernández A., Jiménez L.F., Granado-Lorencio C., García-Roselló E., González-Dacosta J., Heine J., González-Vila L., Lobo J.M. Completeness of national freshwater fish species inventories around the world //Biodiversity and Conservation – 2018. – V.27 – P. 3807–3817. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1630-y>
- 146 O'Connell D.P., Kelly D.J., Analuddin K., Karya A., Marples N.M., Martin T.E. Adapt taxonomy to conservation goals// Science, 2020: 369 (6508), 1172. DOI: [10.1126/science.abd7717](https://doi.org/10.1126/science.abd7717)
- 147 Pennisi E. An ecosystem goes topsy-turvy as a tiny fish takes over //Science - 2020. – 369(6508). – P. 1154-1155. DOI: [10.1126/science.369.6508.1154](https://doi.org/10.1126/science.369.6508.1154)
- 148 Siblya R.M., Baker J., Grady J.M., Luna S.M., Kodric-Brown A., Venditti C., Brown J.H. Fundamental insights into ontogenetic growth from theory and fish // PNAS – November 10, 2015. – V.112-No 45. – P.13934-13939.
- 149 Митрофанов В.П. Формирование современной ихтиофауны Казахстана и ихтиогеографическое районирование //В кн.: Рыбы Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1986. Т. 1. С. 6–40.
- 150 Финш О., Брем А. Путешествие в Западную Сибирь. М. 1882. – 569 с.
- 151 Елшибекова А.М., Данько Е.К., Дукравец Г.М., Жаркенов Д.К. К истории формирования и освоения ихтиофауны бассейна Алакольских озер //Selevinia. 2015. Т. 23. С. 235-240.
- 152 Кесслер К. Ф. Ихтиологическая фауна Туркестана //Изв. об-ва любит. естествозн. – 1872. – Т. 10. – №. 1. – С. 47.
- 153 Кесслер К. Ф. Путешествие в Туркестан АП Федченко. Рыбы //Изв. Императ. о-ва любителей естествознания, антропологии и этнографии. – 1874. – Т. 2. – С. 1-63.
- 154 Поляков И.С. В окрестностях Сасыккуля. Живописная Россия. Русская Средняя Азия. Т.10. 1885. – С.413-420.
- 155 Никольский А.М. Об ихтиологической фауне Балхашского бассейна. Протокол заседания Зоологического отделения 24 января 1885 г. Тр. СПб. об-ва естествоиспытателей. 1885. СПб. Т. XVI, вып. 1. С. 18-21.
- 156 Берг Л.С. Рыбы Туркестана //Изв. Турк. Отд. Имп. Русск. геогр. об-ва, Т. IV. Научные результаты Аральской экспедиции, вып. II. СПб., 1905. 261 с.
- 157 Мейснер В. И. Рыбный промысел в Семиречье и его возможное будущее //Материалы для изучения естественных производительных сил России, Петроград, 1916. 20 с.
- 158 Никольский А.М. Путешествие на озеро Балхаш и в Семиреченскую область. Записки Зап.-Сиб. Отд. ИРГО, Омск, 1885, кн. VII, вып 1-2. – С.1-93.
- 159 Митрофанов В.П. История изучения ихтиофауны Казахстана //Рыбы Казахстана, Алма-Ата: Наука, 1986. Т.1. С. 6-18.
- 160 Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. 4-е изд. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1949, ч. 3. – С. 927-1382.
- 161 Стрельников А. С. Рыбы и биологические основы рыбного хозяйства Алакольских озер: Автореф. дис... канд. биол. наук. Томск, 1974. 19 с.

- 162 Баимбетов А.А. Морфолого-экологическая изменчивость маринков водоемов бассейна Балхаша: Автореф. дис... канд. биол. наук. Алма-Ата, 1974. 27 с.
- 163 Дукравец Г.М., Митрофанов В.П. Видовой состав ихтиофауны Казахстана (с круглоротыми) и ее распределение по водоемам по состоянию на 1986-1990 гг. Рыбы Казахстана: в 5-ти т. Т. 5, Алма-Ата: Гылым, 1992. С.414-418.
- 164 Соколовский В.Р., Тимирханов С.Р. Обзор ихтиофауны водоемов Алакольской впадины. Сообщение I. Аборигены //Известия МОН РК, НАН РК. Серия биологическая и медицинская. №4 (232), 2002. С. 30-43.
- 165 Рыбохозяйственное изучение Алакольских озер: Отчет о НИР, КазНИИРХ, Балхаш, 1965. – 122 с.
- 166 Стрельников А. С. Акклиматизация рыб в Алакольских озерах //Биологические основы рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана. Душанбе: ДОНИШ, 1976. С. 361–363
- 167 Диканский В.Я. Формирование запасов рыб, акклиматизированных в озерах Алакольской системы //Биологические основы рыбного хоз-ва водоемов Средней Азии и Казахстана. Материалы XVIII научной конференции, Ташкент, 27-29 сентября 1983. С. 181-183. Изд-во «ФАН» Ташкент, 1983 г.
- 168 Дукравец Г.М., Митрофанов В.П. История акклиматизации рыб в Казахстане// Рыбы Казахстана – Алма-Ата: Наука, 1992. - Т.5. - С.6-44.
- 169 Соколовский В.Р., Тимирханов С.Р. Обзор ихтиофауны водоемов Алакольской впадины. Сообщение II. Интродуценты // Известия МОН РК, НАН РК. Серия биологическая и медицинская. №5 (233). 2002. С. 15 - 25.
- 170 Соколовский В.Р., Тимирханов С.Р. Рыбы Алаколь-Сасыккольской системы озер //Труды Алакольского государственного природного заповедника. Алматы: Мектеп, 2004. Т.1. С. 175-191.
- 171 Некрашевич Н.Г. К систематике и экологии сазана Алакульских озер //Тр. института ихтиологии и рыбного хозяйства. Алма-Ата: АНКазССР. – 1963. – Т. 4. – С. 98.
- 172 Бараков Р.Т. Булавина Н.Б., Асылбекова С.Ж., Абилов Б.И. Основные аспекты получения и выращивания сеголеток сазана (*Cyprinus carpio*) в условиях рыбоводного хозяйства Алматинской области //Каспий в цифровую эпоху. – 2021. – С. 204-209.
- 173 Пазылбеков М.Ж., Данько Е.К. Алакөл көлдер жүйесіндегі сазанның қорын қалпына келтірудің жолдары //Изв. НАН РК. Серия биологическая. – 2015. – Т. 3. – С. 132-136.
- 174 Основы рационального использования рыбных запасов Алакульских озер: Отчет о НИР. Институт зоологии АН КазССР. Алма-Ата, 1954. 136 с.
- 175 Дукравец Г. М. *Stizostedion lucioperca* (Linne) – обыкновенный судак//Рыбы Казахстана, Т. 4. Алма-Ата: Наука. 1989. С. 203-265.

176 Некрашевич Н.Г. Биологическое обоснование и первые итоги интродукции судака в Алакольские озера. В сб.: Вопросы географии Казахстана. Вып. 12. Алма-Ата: Наука, 1965. С. 269-279.

177 Шарахметов С.Е., Сансызбаев Е.Т. Сравнительная характеристика популяций судака (*Sander lucioperca*L) в озерах Алакольской системы //Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2016. – Т. 30. – №. 1.

178 Данько Е.К. Современное состояние популяции судака (*Sander lucioperca*) в озерах Алакольской системы // Современное состояние водных биоресурсов: материалы 5-ой международной конференции, г. Новосибирск, 27–29 ноября 2019 г. / под ред. Е.В. Пищенко, И.В. Моружи. – Новосибирск,: НГАУ. – 2019. - С.202-205.

179 Диканский В. Я. Формирование запасов рыб, акклиматизированных в озерах Алакольской системы // Биологические основы рыбного хоз-ва водоемов Средней Азии и Казахстана. Материалы XVIII научной конференции, Ташкент, 27-29 сентября 1983. С. 181-183. Изд-во «ФАН» Ташкент, 1983 г.

180 Асылбекова С. Ж. Акклиматизация рыб и водных беспозвоночных в водоемах Казахстана результаты и перспективы: дис. – Астрахан. гос. ун-т, 2017. 348 с.

181 Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Сидорова А.Ф. Бирюков Ю.А., Мельников В.А., Баимбетов А.А., Карпов В.Е., Мамилова Р.Х., Копылец С.К., Шустов А.И. *Stenopharyngodon idella* (Valenciennes) – обыкновенный судак // Рыбы Казахстана, Т. 5. Алма-Ата: Наука. 1992. С. 126-159.

182 Соколовский В.Р., Стрельников А.С., Терещенко В.Г., Тимирханов С.Р. Реакция рыбного населения озер с эндемичной ихтиофауной на вселение новых видов рыб //Вопросы рыболовства. – 2008. – Т. 9. – №. 1. – С. 34-48.

183 Тимирханов С.Р., Соколовский В.Р. Роль р. Эмель в формировании ихтиофауны оз. Алаколь // Известия МОН РК, НАН РК. Серия биол. и мед., 2000. №1. С.6-11.

184 Стрельников А.С. Биологическое обоснование к вселению серебряного карася в Алакольскую систему озер. - КазНИИРХ, Балхаш, 1966. – 30 с.

185 Стрельников А.С. Некоторые проблемы рыбохозяйственного использования Алакольских озер. // Конф. по вопр. рыбн. хоз-ва респ. Средней Азии и Казахстана: Тез. докл. - М., 1968. - С. 144-145.

186 Скакун В.А., Горюнова А.И. О происхождении серебряного карася в водоёмах Южного Казахстана//Сибирская зоологич. конф. (Тезисы докл.). Новосибирск. 2004. С. 189.

187 Бирюков Ю.А., Максимов В.А., Савваитова К.А., Свиреденко М.А., Сидорова А.Ф., Шаповалов М.В. Первые результаты вселения камчатской микижи в некоторые горные водоемы юго-востока Казахстана. В сб.:// Биологические основы рыбного хоз-ва водоемов Средней Азии и Казахстана. Тез. докл. XVII научной конференции 22 – 26 сентября 1981 г. Балхаш. Фрунзе: Илим, 1981. С. 38 – 39.

188 Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Сидорова А.Ф. Бирюков Ю.А., Мельников В.А., Баимбетов А.А., Карпов В.Е., Мамилова Р.Х., Копылец С.К., Шустов А.И. *Salmo mykiss* Walbaum – микижа //Рыбы Казахстана, Т. 5. Алма-Ата: Гылым. 1992. С. 119-125.

189 Данько Е.К., Скакун В.А. О пространственном распределении промысловой ихтиофауны в озере Сасыкколь (Алакольская система озер) //Tethys Aqua Zoological Research. -2008.-IV.-С. – 2008. – С. 5-10.

190 Mitrofanov V. P., Petr T. Fish and fisheries in the Altai, Northern Tien Shan and Lake Balkhash (Kazakhstan) //Fish and fisheries at higher altitudes: Asia. Rome: FAO Fisheries Technical Paper. – 1999. – Т. 385. – С. 149-167.

191 Тимирханов С.Р., Аветисян Р. М., Соколовский В.Р., Искакбаев А.А., Скакун В.А. Плотва (*Rutilus rutilus* Linne) Алакольских озер на начальном этапе акклиматизации // «Tethys Aquazoozoological Research», volume I.- Almaty. Tethys, 2002, pp. 89-96.

192 Стрельников А.С., Терещенко В.Г., Стрельникова А.П. Анализ последствий массовой акклиматизации и саморасселения новых видов рыб и их влияние на аборигенную ихтиофауну в водоемах Балхашской зоогеографической провинции //Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2016. – №. 3. С.37-44.

193 Сансызбаев Е.Т., Шарахметов С.Е. Алакөл көлдер жүйесіндегі торта балығының 2009 жылғы жағдайы //Жаршы Ғылыми-Сараптамалық журналы. №6 (1), 2010. С. 45 – 48.

194 Тимирханов С.Р., Галушак С.С. Ихтиофауна и рыбохозяйственное значение верхнего и среднего течения реки Уржар (бассейн озера Алаколь) и ее ирригационной сети. Сообщение I. Состав и распределение ихтиофауны //Известия МОН РК, НАН РК. Сер. биологич. и медиц. - 2000, №2. - С. 9-17.

195 Галушак С.С., Соколовский В.Р. Структура сообщества молоди рыб Алакольских озер //Проблемы охраны и устойчивого использования биоразнообразия животного мира Казахстана (Мат. Междунар. науч. конфер. 6-8 апреля 1999 г.) Алматы, 1999. - С. 97-98.

196 Тимирханов С.Р., Галушак С.С., Фех В.Ф. Ихтиофауна и перспективы рыбохозяйственного использования р. Хатынсу //Экосистемы водоемов Казахстана и их рыбные ресурсы. Алматы: НИЦ «Бастау», 1997. С.96-103.

197 Тимирханов С.Р., Аветисян Р.М. Ихтиофауна рек Тарбагатая (Алакольский бассейн) //Труды Алакольского заповедника. – Алматы: Мектеп, 2004. – С.326-334.

198 Аветисян Р.М., Соколовский В.Р., Скакун В.А. Видовой состав и распределение рыб северо-западной части оз. Алаколь //Труды Алакольского заповедника. – Алматы: Мектеп, 2004. – С.348-354.

199 Данько Е.К., Сансызбаев Е.М. Современный видовой состав ихтиофауны трансграничной р. Эмель //Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем. – 2018. – С. 140-143.

200 Соколовский В.Р., Скакун В.А., Аветисян Р.М. Видовой состав и распределение рыб в дельте р. Тентек в 2000-2001 гг. //Труды Алакольского заповедника. – Алматы: Мектеп, 2004. – С.334-448.

201 Аветисян Р.М., Соколовский В.Р., Скакун В.А. Ихтиофауна малообследованных участков Алакольского заповедника и сопредельных территорий //Труды Алакольского заповедника. – Алматы: Мектеп, 2004. – С.354-359.

202 Мамилов Н.Ш. Разнообразие ихтиофауны малых водоемов Балхашского бассейна //Вестник КазГУ. Серия биологическая. – 2011. – №. 3. – С. 78.

203 Мамилов Н.Ш., Данько Е.К., Сансызбаев Е.М. Восьмиусый голец — новый чужеродный вид в ихтиофауне Казахстана //Зоологический ежегодник Казахстана и Центральной Азии. Selevinia, 2015. Т. 23. С. 133–135.

204 Фаломеева А.П., Киселева В.А., Эпова Ю.В., Соколовский В.Р. Особенности питания некоторых малоценных видов рыб Алакольской системы озер //«Tethys Aqua zoological Research», volume I.- Almaty. Tethys, 2002, С. 173-178.

205 Zhi-wen J., Wei J. Social and ecological effect in the comprehensive development of Emin River //Jilin Water Resources. – 2015. – Т. 8. – С. 32-36.

206 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. - М.: Пищевая промышленность, 1966. - 376 с.

207 Зиновьев Е. А., Мандрица С. А. Методы исследования пресноводных рыб //Пермь: Пермский университет. – 2003. – 113 с.

208 Калайда М.Л., Говоркова Л.К. Методы рыбохозяйственных исследований: Учебное пособие / - СПб: Проспект Науки, 2013. - 288 с.

209 Веселов Е.А. Определитель пресноводных рыб фауны СССР //М.: Просвещение. – 1977. – 288 с.

210 Коблицкая А. Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. – Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 208 с.

211 Мягков Н.А. Атлас-определитель рыб: Кн. для учащихся. – М., Просвещение, 1994. – 282 с.: ил.

212 Баимбетов А.А., Тимирханов С.Р. Казахско-русский определитель рыбообразных и рыб Казахстана. – Алматы: Қазақ университеті, 1999. – 347 с.

213 Богуцкая Н.Г., Насека А.М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с таксономическими комментариями. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 389 с.

214 Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (08/2021).

215 Eschmeyer's Catalog of Fishes: Дата обращения: 04.12.2021. <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>

216 de Vienne DM (2016) Lifemap: Exploring the Complete Tree of Life. PLOS Biology 14 (12): e2001624. DOI: 10.1371 / journal. pbio.2001624.

- 217 Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. М.: ФОРУМ: ИНФА-М, 2007. 192 с.
- 218 Hill, D., Fasham, M., Tucker, G., Shewry, M., Shaw, P. (Eds.) (2005). Handbook of Biodiversity Methods. Survey, Evaluation and Monitoring. Cambridge University Press. 573 p. ISBN -13 978-0-521-82368-5
- 219 Portt, C.B., Coker, G.A., Ming, D.L., Randall, R.G. (2006). A review of fish sampling methods commonly used in Canadian freshwater habitats. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 2604 p. ISSN 0706-6457
- 220 Терещенко В. Г., Надиров С. Н. Формирование структуры рыбного населения предгорного водохранилища //Вопросы ихтиологии. – 1996. – Т. 36. – №. 2. – С. 169-178.
- 221 Артаев О.Н., Ручин А.Б. Рыбное население бассейна реки Мокши – Саранск, 2017. – 248 с.
- 222 Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.
- 223 Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. – М.: Мир, 1989. – Т.2. – 477 с.
- 224 Hammer Ø., Harper D. A., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis //Palaeontologia Electronica. – 2001. – Т. 4. – №. 1. – С. 9.
- 225 Holcik J. General introduction to fishes. 2. Determination criteria.// The freshwater Fishes of Europe.- Aula-Verlag Wiesbaden, 1989. - Vol.1, Part 2. - P.38-58.
- 226 Aljanabi S. M., Martinez I. Universal and rapid salt-extraction of high-quality genomic DNA for PCR-based techniques //Nucleic Acids Research. – 1997. – Т. 25. – №. 22. – С. 4692-4693.
- 227 <https://biorender.com>
- 228 Ivanova N.V. Zemplak T.S., Hanner R. H., Hebert P. D. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding //Molecular Ecology Notes. – 2007. – Т. 7. – №. 4. – С. 544-548.
- 229 Rothgänger J., Weniger M., Weniger T., Mellmann A., Harmsen D. Ridom TraceEdit: a DNA trace editor and viewer //Bioinformatics. – 2006. – Т. 22. – №. 4. – С. 493-494.
- 230 Tamura K., Dudley J., Nei M., Kumar S. MEGA4: molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0 //Molecular biology and evolution. – 2007. – Т. 24. – №. 8. – С. 1596-1599.
- 231 Tamura K., Nei M. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees // Molecular Biology and Evolution. – 1993. –Vol. 10 (3). – P.512- 526.
- 232 Saitou N., Nei M. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees //Molecular Biology and Evolution. – 1987. – Vol. 4. – P.406-425.

233 National Center for Biotechnology Information (NCBI). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> 10.07.2017.

234 Rozas J., Ferrer-Mata A., Sánchez-DelBarrio J. C., Guirao-Rico S., Librado P., Ramos-Onsins S. E., Sánchez-Gracia A. DnaSP 6: DNA sequence polymorphism analysis of large data sets //Molecular Biology and Evolution. – 2017. – Т. 34. – №. 12. – С. 3299-3302.

235 Leigh J. W., Bryant D. POPART: full-feature software for haplotype network construction //Methods in Ecology and Evolution. – 2015. – Т. 6. – №. 9. – С. 1110-1116.

236 Bandelt H. J., Forster P., Röhl A. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies // Molecular biology and evolution. – 1999. – Т. 16. – №. 1. – С. 37-48.

237 QGIS Development Team, 2021. QGIS 3.22.1. Geographic InformationSystem. Open-Source Geospatial Foundation Project:<http://qgis.osgeo.org>. Дата обращения: 11.11.2021.

238 www.esri.com. GIS Mapping Software. Дата обращения: 08.12.2021.

239 Лакин Г.Ф. Биометрия – М.: Высшая школа, 1990. - 352 с.

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

241 Майр Э. Принципы зоологической систематики. - М.: Мир, 1971. - 454 с.

242 Elliott N.G., Haskard K., Kozlov J.A. Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia // Journal of Fish Biology. - 1995. – Vol.46 – P. 202-220.

243 Team R. S. RStudio Open source & professional software for data science teams. – 2015.

244 Ter Braak C. J. F., Verdonschot P. F. M. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology //Aquatic sciences. – 1995. – Т. 57. – №. 3. – С. 255-289.

245 <https://www.xlstat.com/en>. A complete statistical add-in for Microsoft Excel. Дата обращения: 02.12.2021.

246 <https://www.originlab.com>. The data analysis and graphing software. Дата обращения: 15.03.2022.

247 Амиргалиев Н.А., Туралыкова Л.Т. К оценке качества вод Алакольской системы озер. //Некоторые аспекты гидроэкологических проблем Казахстана. – Алматы: Каганат, 2011. – С.166-175.

248 Тимирханов С.Р., Аветисян Р.М. Ихтиофауна рек Джунгарского Алатау (Алакольский бассейн) //Труды Алакольского заповедника. – Алматы: Мектеп, 2004. – С.326-334.

249 Шарахметов С.Е. Состав и состояние ихтиофауны малых рек Джунгарского Алатау (Алакольский бассейн) на примере р. Шынжылы //Вестник КазНУ. Серия биологическая. – 2021. – Т. 86. – №. 1. – С. 133-143. <https://doi.org/10.26577/eb.2021.v86.i1.013>

250 Аубакирова М.О., Лопатин О.Е. Тентек өзенінің ихтиофаунасына сипаттама //Вестник КазНУ. Сер. экол. 2014. № 1/1 (40). С. 156–159.

251 Шарахметов С.Е. Жетісу Алатауы шағын өзендерінің (Алакөл бассейні) ихтиофаунасы және балықтар популяцияларының жағдайы // Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі». Алматы, Казахстан, 6-8 апреля 2021 г. – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – С.122.

252 Митрофанов В.П. *Noemacheilus sewerzowi* G.Nikolsky – голец Северцова //Рыбы Казахстана – Алма-Ата: Наука, 1989. - Т.4. - С. 27 -30.

253 Митрофанов В.П., Митрофанов И.В. Род *Phoxinus* Agassiz, 1835 – Гольян //Рыбы Казахстана – Алма-Ата: Наука, 1987. - Т.2. - С.123-145.

254 Шарахметов С.Е. Разнообразие ихтиофауны рек южного макросклона хребта Тарбағатай (Алакольский бассейн, Казахстан) //Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2022. – Т. 70. – №. 1. – С. 108-120.<https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v70.i1.10>

255 Мамилов Н.Ш. Разнообразие ихтиофауны малых водоемов Балхашского бассейна // Вестник КазГУ. Серия биологическая. – 2011. – №. 3. – С. 78.

256 Сидорова А.Ф., Тимирханов С.Р. Род *Diptychus* Steindachner, 1866 – Осман //Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1988. – Т.3. – С.84-105.

257 Митрофанов В.П. Род *Noemacheilus* Van Hasselt, 1823 – Голец //Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1989. – Т.4. – С.6-60.

258 Sharakhmetov S.E. Distribution of alien fish species in the Alakol basin //International Symposium “Invasion of alien species in Holarctic. Borok-VI” October 11–15, 2021. – p. 200. - Text : electronic. ISBN 978-5-00118-788-2.

259 Митрофанов В.П., Дукравец Г.М. Род *Cyprinus* Linne, 1758 – Сазан //Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1988. – Т.3. – С.231-279.

260 Мельников В.А. Род *Pseudogobio* Bleeker, 1860 – Лжепескарь //Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1992. – Т.5. – С.169-177.

261 Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. М.: АН СССР, 1956. 552 с.

262 Терещенко В. Г. Динамика биологического разнообразия рыбного населения озер при различных антропогенных воздействиях //Динамика разнообразия гидробионтов во внутренних водоемах России/Под ред. д-ра биол. наук ВГ Папченкова; ИБВВ.-Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2002.-с.154-173.

263 Brysiewicz A., Czerniejewski P., Bonisławska M. Effect of Diverse Abiotic Conditions on the Structure and Biodiversity of Ichthyofauna in Small, Natural Water Bodies Located on Agricultural Lands //Water. – 2020. – Т. 12. – №. 10. – С. 2674. <https://doi.org/10.3390/w12102674>

264 Аветисян Р.М. Состав и биотопическое распределение ихтиофауны оз. Жаланашкөл //Труды Алакольского заповедника. – Алматы: Мектеп, 2004. – С.356-359.

265 Mamilov N., Sharakhmetov S., Amirbekova F., Bekkozhayeva D., Sapargaliyeva N., Kegenova G., Tanybayeva A., Abilkasimov K. Past, Current and

Future of Fish Diversity in the Alakol Lakes (Central Asia: Kazakhstan) //Diversity. – 2022. – Т. 14. – №. 1. – С. 11. <https://doi.org/10.3390/d14010011>

266 Некрашевич Н.Г. Материалы по ихтиологии Алакольских озер //Алакольская впадина и ее озера. – Алма-Ата: Наука, 1965. С.236-268.

267 Шарахметов С.Е. Мониторинг разнообразия ихтиофауны Алакольского бассейна //Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі». Алматы, Казахстан, 6-9 апреля 2020 г. – Алматы: Қазақ университеті, 2020. – С. 101.

268 Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. 4-е изд. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1949, ч. 2. – С. 469-927.

269 Petr T., Mitrofanov V. P. The impact on fish stocks of river regulation in Central Asia and Kazakhstan //Lakes & Reservoirs: Research & Management. – 1998. – Т. 3. – №. 3-4. – С. 143-164. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1770.1998.00069.x>

270 Mamilov N. S., Balabieva G. K., Koishybaeva G. S. Distribution of alien fish species in small waterbodies of the Balkhash basin //Russian Journal of Biological Invasions. – 2010. – Т. 1. – №. 3. – С. 181-186. <https://doi.org/10.1134/S2075111710030070>

271 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. – №. 1. – С. 71-77.

272 Мамиллов Н.Ш., Шарахметов С.Е., Амирбекова Ф.Т., Беккожаева Д.К., Сапаргалиева Н.С. Биологические основы развития любительского рыболовства в озере Алаколь (Балхашский бассейн. Республика Казахстан) //Современные проблемы охотоведения. – 2020. – С. 299-303.

273 Mamilov, N. *Schizothorax argentatus*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2020, e.T156744412A156744418. Available online: <https://www.iucnredlist.org/species/156744412/156744418> (accessed on 20 January 2021).

274 Mamilov, N. *Phoxinus brachyurus*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2020, e.T156742076A156742081. Available online: <https://www.iucnredlist.org/species/156742076/156742081> (accessed on 20 January 2021).

275 Mamilov, N.; Karimov, B. *Triplophysa labiata*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2020, e.T156722567A156722639. Available online: <https://www.iucnredlist.org/species/156722567/156722639> (accessed on 20 January 2021).

276 Mamilov, N.; Karimov, B. *Triplophysa sewerzowi*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2020, e.T156721428A156721452. Available online: <https://www.iucnredlist.org/species/156721428/156721452> (accessed on 20 January 2021).

277 Revenga C., Campbell I., Abell R., De Villiers P., Bryer M. Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets //Philosophical

Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2005. – T. 360. – №. 1454. – C. 397-413. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1595>

278 Dudgeon D., Arthington A. H., Gessner M. O., Kawabata Z. I., Knowler D. J., Leveque C., Naiman R. J., Prieur-Richard A-H., Soto D., Stiassny M.L. J., Sullivan C. A. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges //Biological reviews. – 2006. – T. 81. – №. 2. – C. 163-182. doi:10.1017/S1464793105006950

279 Vořrořsmarty C. J., McIntyre P. B., Gessner M. O., Dudgeon D., Prusevich A., Green P., Glidden S., Bunn S. E., Sullivan C. A., Reidy Liermann C., Davies P. M. Global threats to human water security and river biodiversity //Nature. – 2010. – T. 467. – №. 7315. – C. 555-561. doi:10.1038/nature09549

280 Ormerod S. J., Dobson M., Hildrew A. G., Townsend C. R. Multiple stressors in freshwater ecosystems //Freshwater Biology. – 2010. – T. 55. – C. 1-4. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02395.x>

281 Ward J. V., Stanford J. A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers //Regulated Rivers: research & management. – 1995. – T. 10. – №. 2-4. – C. 159-168. <https://doi.org/10.1002/rrr.3450100211>

282 Martynova A. L., Vasil'eva E. D. Problems of Taxonomy and Diagnostics of Gudgeons of the Genus Gobio (Cyprinidae) from Ural, Siberia, Kazakhstan and the Amur River Basin //Journal of Ichthyology. – 2021. – T. 61. – №. 5. – C. 685-700. <https://doi.org/10.1134/S0032945221050106>

283 Villéger S., Blanchet S., Beauchard O., Oberdorff T., Brosse S. Homogenization patterns of the world's freshwater fish faunas //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2011. – T. 108. – №. 44. – C. 18003-18008. <https://doi.org/10.1073/pnas.1107614108>

284 Takács P., Abonyi A., Bánó B., Erős T. Effect of non-native species on taxonomic and functional diversity of fish communities in different river types //Biodiversity and Conservation. – 2021. – T. 30. – №. 8. – C. 2511-2528. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02207-6>

285 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. – T. 7. – №. 3. – C. 737-750. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1997\)007\[0737:HAOTGN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1997)007[0737:HAOTGN]2.0.CO;2)

286 Lepori F., Keck F. Effects of atmospheric nitrogen deposition on remote freshwater ecosystems //Ambio. – 2012. – T. 41. – №. 3. – C. 235-246. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0250-0>

287 Schlesinger W. H. On the fate of anthropogenic nitrogen //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2009. – T. 106. – №. 1. – C. 203-208. <https://doi.org/10.1073/pnas.0810193105>

288 Williams S. E., Williams Y. M., VanDerWal J., Isaac J. L., Shoo L. P., Johnson C. N. Ecological specialization and population size in a biodiversity hotspot: how rare species avoid extinction //Proceedings of the National Academy of

Sciences. – 2009. – Т. 106. – №. Supplement 2. – С. 19737-19741. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901640106>

289 Greenville A. C., Newsome T. M., Wardle G. M., Dickman C. R., Ripple W. J., Murray B. R. Simultaneously operating threats cannot predict extinction risk //Conservation Letters. – 2021. – Т. 14. – №. 1. – С. e12758. <https://doi.org/10.1111/conl.12758>

290 Graham N. A., Pueppke S. G., Uderbayev T. The current status and future of Central Asia's fish and fisheries: Confronting a wicked problem //Water. – 2017. – Т. 9. – №. 9. – С. 701. <https://doi.org/10.3390/w9090701>

291 Mischke S., Zhang C., Plessen B. Lake Balkhash (Kazakhstan): Recent human impact and natural variability in the last 2900 years //Journal of Great Lakes Research. – 2020. – Т. 46. – №. 2. – С. 267-276. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.01.008>

292 Ussenaliyeva A. Save Kazakhstan's shrinking Lake Balkhash //Science. – 2020. – Т. 370. – №. 6514. – С. 303-303. DOI: 10.1126/science.abe7828

293 Тагаев Д.А., Салкымбаева М.Б. Характеристика внешних морфологических признаков балхашского гольяна *Phoxinus poljakowii* (Cyprinidae) из реки Тентек (Алаколь-Сасыккольский бассейн) //Вопросы ихтиологии. – 2017. – Т. 57. – №. 2. – С. 137-142. DOI: 10.7868/S0042875217020230

294 Сансызбаев Е.Т., Шарахметов С.Е. Биологическая характеристика балхашского окуня в озерах Алакольской системы //Вестник КазНУ, Серия экологическая. №1 (33), 2012. С.125-128

295 Mamilov N. S. Biology of Balkhash Perch (*Perca schrenkii* Kessler, 1874) //Biology of Perch. – 2016. – С. 47-72.

296 Ибраева А.Б. Изучение морфологических характеристик балхашского окуня из озер Алакольского бассейна //Наука и Мир. – 2014. – Т. 1. – №. 5. – С. 51-53.

297 Митрофанов В.П. *Noemacheilus strauchi* (Kessler) –пятнистый губач //Рыбы Казахстана – Алма-Ата: Наука, 1989. - Т.4. - С. 34 -49.

298 Adyrbekova K.B., Sharakhmetov S.E. The morphological characteristic of the spotted stone loach *Noemacheilus strauchi* (Kessler) from the western part of the lake Alakol //III Международные Фарабиевские чтения. Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі» 14-16 апреля 2015 г. – Алматы: Қазақ Университеті, 2015. С.62

299 Адырбекова К.Б., Шоқан А.Қ., Шарахметов С.Е. Морфо-биологические особенности популяций пятнистого губача *Noemacheilus strauchi* (Kessler) из некоторых речных и озерных водоемов Казахстана //III международные Фарабиевские чтения. Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі» 11-14 апреля 2016 г. – Алматы: Қазақ Университеті, 2016. С.10-11

300 Adyrbekova K.B., Shokan A.K., Sharakhmetov S.E., Sakhi S.S. Population differences of spotted stone loach *Noemacheilus strauchi* (Kessler) on the basis of morphological and kariological data //The Materials Of The 6-Th

International Scientific Conference On «Innovation Problems Of Modern Biology» For Young Scientists And Researchers Devoted To 93-Rd Anniversary Of The Great Son And National Leader Of Azerbaijani People Heydar Aliev (April 26-27) №6 (1) 2016. P. 66 – 69

301 Kobegenova S.S., Adyrbekova K.B., Zharkova I.M., Shokan A.K. Sharakhmetov S.E. Morphological and biological characteristics of spotted stone loach *Noemacheilus strauchi* (Kessler) living in different waterbodies in Kazakhstan //International scientific and practical conference «WORLD SCIENCE». Proceedings of the IInd International Scientific And Practical Conference «Scientific Issues of the Modernity» (April 27-28, 2016, Dubai, UAE), №5 (9), Vol.3, May 2016. P. 12-14.

302 Беккожаева Д. К., Мамилов Н. Ш. Морфобиологическая характеристика и современное состояние сибирского пескаря *Gobio gobio cynocephalus* Dybowski, 1869 из реки Шерубай-Нура //Вестник КазНУ. Серия Экологическая. – 2015. – №. 2-2. – С. 494.

303 Тагаев Д. А., Жапарова А. Т. Изменчивость пластических признаков сибирского пескаря (*Gobio sibiricus* Nikolskii, 1936) из р. Каркаралы (Центральный Казахстан) //Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. – 2019. – Т. 94. – №. 2. – С. 86-92.

304 Мартынова А.Л., Васильева Е.Д. Проблемы таксономии и диагностики пескарей рода *Gobio* (Cyprinidae) Урала, Сибири, Казахстана и бассейна реки Амур// Вопросы ихтиологии. – 2021.- т.61. - №5. – С.529-544.

305 Zheng Y. Zhou Q., Zhang X., Xie C., Cai L., Gao Z. The complete mitochondrial genome of *Perca schrenkii* (Perciformes: Percidae) //Mitochondrial DNA Part A. – 2016. – Т. 27. – №. 4. – С. 2978-2979.<https://doi.org/10.3109/19401736.2015.1060468>

306 Barmintseva A.E., Shalgimbayeva G.M., Asylbekova S.Z., Isbekov K.B., Danko E. K., Mugue N.S. Genetic differentiation of balkhash perch *Perca schrenki* Kessler, 1874 from lake Balkhash and Alakol lake system of Kazakhstan //Russian journal of genetics. – 2015. – Т. 51. – №. 9. – С. 871-876.DOI: 10.1134/S1022795415090033

307 April J., Mayden R. L., Hanner R. H., Bernatchez L. Genetic calibration of species diversity among North America's freshwater fishes //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2011. – Т. 108. – №. 26. – С. 10602-10607. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016437108>

308 Meng W., Yang T.Y., Guo Y., Hai S., Ma Y.W., Ma X.F., Cai L.G. Remarkable genetic divergence of *Gymnodiptychus dybowskii* between south and north of Tianshan Mountain in northwest China //Biochemical Systematics and Ecology. – 2015. – Т. 58. – С. 43-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2014.10.005>

309 Meng W., Yang T., Liu Y., Halik M., Gao T. Comparative mitogenomic and phylogenetic analyses of a Schizothoracine fish, *Gymnodiptychus dybowskii* from two water systems in Xinjiang //Pakistan Journal of Zoology. – 2018. – Т. 50. – №. 6.DOI: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.6.2119.2127>

310 Li G., Peng Z., Zhang R., Tang Y., Tong C., Feng C., Zhang C. & Zhao, K. Mito-nuclear phylogeography of the cyprinid fish *Gymnodiptychus dybowskii* in

the arid Tien Shan region of Central Asia //Biological Journal of the Linnean Society. – 2016. – Т. 118. – №. 2. – С. 304-314. <https://doi.org/10.1111/bij.12724>

311 Yang T., Meng W., Guo B. Population genomic analysis of two endemic Schizothoracins reveals their genetic differences and underlying selection associated with altitude and temperature //Animals. – 2020. – Т. 10. – №. 3. – С. 447.<https://doi.org/10.3390/ani10030447>

312 Yang T., Meng W., Chen P., Gao T. The complete mitochondrial DNA genome of *Gymnodiptychus dybowskii* (Cypriniformes: Cyprinidae: Schizothoracinae) //Mitochondrial DNA Part A. – 2016. – Т. 27. – №. 6. – С. 4555-4556.<https://doi.org/10.3109/19401736.2015.1101560>

313 Niu J., Zhang T., Liu H., Hu J., Zhang R., Zhang H. Complete mitochondrial genome of the juvenile *Gymnodiptychus dybowskii* (Cypriniformes, Cyprinidae, Schizothoracinae) from Ili River by high-throughput sequencing and the phylogenetic relationship of Schizothoracinae species //Mitochondrial DNA Part B. – 2020. – Т. 5. – №. 1. – С. 509-510.<https://doi.org/10.1080/23802359.2019.1704663>

314 Прокофьев А.М. Гольцы подсемейства Nemachelinae мировой фауны – Ярославль: Филигрань, 2017. - 315 с.

315 Прокофьев А. М. Материалы к ревизии рода *Triplophysa rendahl*, 1933 (Cobitoidea: Balitoridae: Nemacheilinae): ревизия номинальных таксонов Герценштейна (1888), описанных в составе видов “*Nemachilus*” *stoliczkae* и “*N.*” *dorsonotatus*, с выделением нового вида *T. scapanognatha* sp. nova //Вопросы ихтиологии. – 2007. – Т. 47. – №. 1. – С. 5-25.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1. Атрибутивная информация по обследованным локалитетам

№	Название водоема/реки	Ориентир	Широта	Долгота	Дата обследования	Обнаруженные виды рыб
1	оз. Алаколь (мелководье)	с. Акши	45.916617	81.615756	15.07.2015, 17.07.2020, 19.07.2021	балхашский окунь, пятнистый губач, голец Северцова, тибетский голец, амурский чебачок, карась, сазан
2	р. Карабулак (правый приток р. Тентек)	г. Ушарал	46.194133	80.917633	17.07.2015 17.07.2017	балхашский гольян, голый осман, тибетский голец, пятнистый губач, одноцветный губач, голец Северцова, амурский чебачок, серебряный карась
3	р. Шынжылы (середина)	с. Кабанбай	45.855167	80.597398	30.06.2016, 17.07.2017	балхашский гольян, балхашская маринка, голый осман, голец Северцова, пятнистый губач, тибетский голец, амурский чебачок, лещ
4	устье р. Жаманты	с. Акши	45.913207	81.625178	15.07.2017, 17.07.2020, 19.07.2021	балхашский гольян, семиречинский гольян, балхашский окунь, голец Северцова, пятнистый губач, серебряный карась, амурский чебачок, медака
5	р. Тентек	г. Ушарал	46.207050	80.885967	16.07.2017, 16.07.2020, 19.07.2021	балхашский гольян, балхашская маринка, голый осман, голец Северцова, пятнистый губач, сибирская плотва, медака
6	р. Шынжылы (верх)	с. Екпенди	45.752553	80.623443	29.06.2020	балхашский гольян, голый осман, голец Северцова, пятнистый губач, амурский чебачок
7	р. Шынжылы (середина)	трасса	45.924356	80.573963	16.07.2020,	балхашская маринка, голый осман,

					19.07.2021	голец Северцова, пятнистый губач, тибетский голец,
8	р. Шынжылы (верх)	с. Акжар	45.811187	80.648947	16.07.2020, 19.07.2021	балхашский голянь, балхашская маринка, голый осман, пятнистый губач, тибетский голец, одноцветный губач
9	р. Токты	оз. Жаланашколь	45.434297	82.253631	17.07.2020	голый осман
10	р. Ыргайты	Дорога	45.669483	82.030017	17.07.2020	голый осман
11	оз. Жаланашколь	погранпост	45.604886	82.159247	17.07.2020, 19.07.2021	балхашский окунь, балхашская маринка, пятнистый губач, амурский чебачок
12	оз. Алаколь (залив)	восточная часть	45.914850	82.060283	18.07.2020	балхашский голянь
13	оз. Алаколь (берег)	восточная часть	45.914250	82.060350	18.07.2020	балхашский окунь
14	р. Шагантогай	Выше трассы	46.449444	82.331389	18.07.2020	не обнаружено
15	р. Емель	Выше трассы	46.379664	82.254478	18.07.2020, 21.07.2021	голец Северцова, одноцветный губач, серебряный карась, сазан, белый амурский лещ, амурский бычок, амурский чебачок, речная абботина, пескарь
16	р. Катынсу	г. Маканшы	46.777571	82.054992	18.07.2020, 21.07.2021	балхашский голянь, балхашская маринка, голый осман, голец Северцова, пятнистый губач, одноцветный губач, тибетский голец, гибрид тибетского и пятнистого
17	р. Уржар	г. Уржар	47.053019	81.538689	18.07.2020, 21.07.2021	балхашская маринка, голый осман, голец Северцова, пятнистый губач
18	оз. Сасыкколь (Урочище Ерту)	Трасса	46.667467	80.584833	19.07.2020	балхашский окунь, элеотрис
19	р. Шынжылы (низ)	Мост	46.203555	80.865579	19.07.2020, 22.07.2021	Балхашский голянь, балхашская маринка, пятнистый губач, одноцветный

						губач, голец Северцова, амурский чебачок, сибирская плотва
20	р. Тентек	с. Ынтылы	46.076417	81.022050	19.07.2021	голый осман
21	оз. Алаколь (лиман)	с. Коктума	45.840533	81.911467	20.07.2021	балхашский окунь, голец Северцова, амурский чебачок, серебряный карась, элеотрис
22	оз. Алаколь (берег)	с. Кабанбай	46.090100	82.024533	21.07.2021	балхашский окунь
23	оз. Алаколь (залив)	с. Кабанбай	46.094050	82.024283	21.07.2021	балхашский окунь, элеотрис, амурский чебачок, серебряный карась, медака
24	оз. Алаколь (берег)	Заячья губа	46.328759	81.376974	22.07.2021	балхашский окунь
25	р. Каракол	с. Таскескен	47.225364	80.789228	22.07.2021	обыкновенный (алтайский) гольян, голый осман, пятнистый губач, одноцветный губач, тибетский голец, амурский чебачок
26	оз. Алаколь (мелководье)	с. Камыскала	46.463083	81.537156	22.07.2021	балхашский окунь

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Фотографий исследованных рек и водоемов Алакольского бассейна



Рисунок 1 – Озеро Алаколь (рядом с. Акши). В мелководье отмечено сильное развитие водорослей. 17.07.2020.



Рисунок 2 – Река Шынжылы (середина). Местообитание голого османа, балхашской маринки, пятнистого губача, тибетского гольца и гольца Северцова. 19.07.2021.



Рисунок 3 – устье реки Жаманты. Местообитание 12 видов рыб, из которых наиболее многочисленны балхашский окунь и серебряный карась. 17.07.2020.



Рисунок 4 – Река Тентек (место впадения р. Шынжылы). Местообитание 7 видов рыб, из которых наиболее многочисленны балхашский голянь, балхашская маринка и пятнистый губач. 19.07.2021.



Рисунок 5 – Река Токты. Местообитание голого османа. 17.07.2020.



Рисунок 6 – Река Ыргайты. Местообитание голого османа. 17.07.2020.



Рисунок 7 – Озеро Жаланашколь (западная часть). 17.07.2021.



Рисунок 8 – Река Шагантогай. В уловах рыбы не обнаружены. 18.07.2021.



Рисунок 9 – Река Емель (среднее течение). Обнаружено 9 видов рыб из них 7 являются чужеродными видами для Алакольского бассейна. 17.07.2021.



Рисунок 10 – Река Катынсу (выше г. Маканшы). Местообитание 7 видов рыб, из которых наиболее многочисленными были голый осман и балхашский голянь. 21.07.2021.



Рисунок 11 – Река Уржар (ниже г. Уржар). Местообитание 4 видов рыб: голый осман, балхашская маринка, пятнистый губач и голец Северцова. 21.07.2021.



Рисунок 12 – Озеро Сасыкколь (Урочище Ерту). Местообитание балхашского окуня и китайского элеотриса. 21.07.2021.



Рисунок 13 – Озеро Алаколь (Заячья губа). Местообитание балхашского окуня.
22.07.2021.



Рисунок 14 – Река Каракол (с. Таскескен). Местообитание 6 видов рыб, из которых наиболее многочисленным был обыкновенный гольян. 22.07.2021.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Фотографии рыб из Алакольского бассейна



Рисунок 1 - Балхашский гольян (*Rhynchocypris poljakowii*), SL - 65 мм. р. Катынсу.



Рисунок 2 - Балхашский окунь (*Perca schrenkii*), SL - 45 мм. оз. Алаколь.



Рисунок 3 - Голый осман (*Gymnodiptychus dybowskii*), SL - 120 мм. р.
ШЫНЖЫЛЫ.



Рисунок 4 - Голец Северцова (*Triplophysa sewerzowi*), SL - 20 мм. оз. Алаколь
(лиман).



Рисунок 5 – Элеотрис (*Micropercops cinctus*), SL - 30 мм. Оз. Сасыкколь.
Урочище Ерту.



Рисунок 6 - Белый амурский лещ (*Parabramis pekinensis*), SL - 50 мм. р. Емель.



Рисунок 7 - Амурский чебачок (*Pseudorasbora parva*), SL - 80мм. р. Емель



Рисунок 8 - Пескарь (*Gobio* sp.), SL - 80 мм. р. Емель