

**Р.Т. Барак**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы  
ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», Казахстан, г. Алматы  
e-mail: barakovrin@gmail.com

## **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САЗАНА (*CYPRINUS CARPIO*) ИЗ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОЗЕРА БАЛКАШ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

Озеро Балкаш – это один из крупнейших водоемов Юго-Восточного Казахстана, занимающего 2 место по площади после Каспийского моря. Существующие на сегодняшний день экологические проблемы наносят ущерб ихтиофауне озера, где значительно страдают многие популяции промысловых видов рыб. Рыбы являясь частью экосистемы способны проявлять адаптационные свойства изменяя свои биологические (видовые) особенности в ответ на изменения окружающей среды. С ростом загрязнения водных экосистем происходят качественные изменения внешнего и внутреннего строения рыб. Выбранный объект исследования – сазан (*Cyprinus carpio*) является наглядным примером проявлений адаптаций в ответ на изменения качества среды обитания. Изучение изменчивости морфометрических признаков у рыб является актуальным направлением в выявлении аномалий и мониторинга общего состояния здоровья рыб. В этой связи, нами были изучены 28 пластических признаков и 16 меристических (счетных) признаков, а также наличие отклонений в внешнем облике сазана (фенодевиат). Проведенное исследование с использованием метода многомерного статистического анализа позволило определить нагрузки и направленность изменений отдельных признаков сазана. Основываясь на полученных результатах морфологических исследований, фенотипическая пластичность сазана коррелирует с негативными условиями окружающей среды западной части озера Балкаш.

**Ключевые слова:** озеро Балкаш, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, внешние признаки, фенотипическая изменчивость, морфологические аномалии.

R.T. Barakov

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty  
LLP «Research and production center of fisheries», Kazakhstan, Almaty  
e-mail: barakovrin@gmail.com

### **Morphological characteristics of the carp (*cyprinus carpio*) from the western part of lake balkash under conditions of modern anthropogenic pessure**

Balkash Lake is one of the largest reservoirs in South-Eastern Kazakhstan, taking the 2nd place in terms of area after the Caspian Sea. The current environmental problems are damaging the ichthyofauna of the lake, where many populations of commercial fish species are significantly affected. Fish, being part of an ecosystem, are able to show adaptive properties by changing their biological (species) characteristics in response to environmental changes. With the increase in pollution of aquatic ecosystems, qualitative changes in the external and internal structure of fish occur. The chosen object of study, carp (*Cyprinus carpio*), is a good example of manifestations of adaptations in response to changes in the quality of the habitat. The study of the variability of morphometric traits in fish is an important direction in identifying anomalies and monitoring the general health of fish. In this regard, we studied 28 plastic features and 16 meristic (countable) features, as well as the presence of deviations in the appearance of the carp (external malformations). The study using the method of multivariate statistical analysis made it possible to determine the load and direction of changes in individual signs of carp. Based on the results of morphological studies, the phenotypic plasticity of carp correlates with the negative environmental conditions of the western part of Lake Balkash.

**Key words:** Balkash Lake, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, external features, phenotypic variability, morphological anomalies.

Р.Т. Бараков

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
 «Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ.  
 e-mail: barakovrin@gmail.com

### Қазіргі антропогендік жүктеме жағдайында балқаш көлінің батыс бөлігіндегі сазанның (*Cyprinus carpio*) морфологиялық сипаттамалары

Балқаш көлі – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ең ірі су айдындарының бірі, аумағы бойынша Каспий теңізінен кейінгі 2 орынды алады. Қазіргі кездегі экологиялық проблемалар көлдің ихтиофаунасына да зиян келтіруде, мұнда көптеген кәсіптік балық түрлерінің популяциялары айтарлықтай зардап шегуде. Балықтар экожүйенің бөлігі болып қана қоймай, қоршаған ортаның өзгеруіне жауап ретінде олардың биологиялық (түрлік) ерекшеліктерін өзгерту арқылы бейімделу қасиеттерін де көрсете алады. Су экожүйелерінің ластануының жоғарылауымен балықтардың сыртқы және ішкі құрылымында сапалы өзгерістер орын алады. Таңдалған зерттеу нысаны – сазан (*Cyprinus carpio*) тіршілік ету ортасының сапасының өзгеруіне жауап ретінде бейімделу көріністерінің айқын мысалы болып табылады. Балықтардағы морфометриялық белгілердің өзгергіштігін зерттеу ауытқуларды анықтаудағы және балықтардың жалпы жай-күйін бақылаудағы өзекті бағыт болып табылады. Осыған байланысты біз 28 пластикалық (сапалық) белгілер мен 16 меристикалық (сандық) белгілерді, сондай-ақ сыртқы (фенодевиат) түріндегі ауытқулардың болуын зерттедік. Көпөлшемді статистикалық талдау әдісін қолдана отырып, жүргізілген зерттеу сазанның жеке-леген белгілерінің өзгеру жүктемелері мен бағытын анықтауға мүмкіндік берді. Морфологиялық зерттеулердің нәтижелеріне сүйене отырып, сазанның фенотиптік бейімділігі Балқаш көлінің батыс бөлігіндегі жағымсыз экологиялық жағдайлармен байланысты болуы мүмкін.

**Түйінді сөздер:** Балқаш көлі, *Cyprinus Carpio* Linnaeus, 1758, сыртқы белгілері, фенотиптік өзгергіштігі, морфологиялық ауытқулары.

### Введение

Озеро Балкаш – это большое по своей площади озеро, расположенное в аридной зоне Юго-Восточного Казахстана. Стратегическая важность данного озера заключается в богатстве и разнообразии биоресурсов. В сравнении с другими водоемами Казахстана в озере сосредоточено около 20% всей вылавливаемой рыбы [1,2]. За свою историю промыслового освоения на озере Балкаш произошли изменения, где на смену более ценных в коммерческом отношении видам стали доминировать малоценные виды рыб. Еще в период с 1932 по 1969 гг. сазану принадлежало от 59 до 77% (в весовом выражении – 5500 -12800 т) от общего объема годового вылова. К середине 80-х годов численность сазана неуклонно падает (менее 1% от общего улова) ввиду возникшего хищнического лова и стремительного снижения уровня воды [3,4].

В силу продолжающегося экологического и антропогенного пресса на экосистему озера, значительные изменения можно наблюдать в структуре популяций многих видов рыб. В результате экологических обострений, вызванных деятельностью человека, наблюдаются качественные изменения в структуре популяций. Среди таких изменений можно отметить изменчивость внешнего облика рыб. Согласно литературным дан-

ным изучение внешних признаков у рыб является частью ихтиомониторинга, и может служить инструментом в диагностике состояния здоровья многих промысловых видов рыб [5, 6, 7, 8, 9]. Кроме этого, данный подход широко применяется в изучении процессов видообразования и макроэволюций внутри популяций [10, 11, 12, 13]. С другой стороны, исследование морфологических показателей рыб является актуальным направлением в оценке и прогнозировании экологического состояния рыб.

В качестве основного объекта исследования был выбран сазан (*Cyprinus carpio*). Выбор объекта был продиктован тем, что сазан является важным в коммерческом отношении промысловым видом и распространен практически по всей акватории озера Балкаш. С другой стороны, сазан считается пластичным видом виду своей высокой степени адаптации к изменениям внешней среды обитания [14,15]. Целью работы являлось изучение морфобиологических особенностей сазана из западной части озера Балкаш в условиях негативного воздействия хозяйственной деятельности человека на популяцию одного из ценного промыслового вида рыб. Резюмируя вышеприведенное, в настоящей статье представлены результаты морфологических исследований сазана *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 из западной части озера Балкаш.

## Материал и методы

Отбор проб проводился в летнее время (август 2022 г.) из промысловых уловов западной части озера Балкаш (46°40'49.48»С; 74°43'23.73»В). Основу выборки составили экземпляры сазана с длиной тела от 300 до 400 мм. Фиксацию рыб производили в 4% растворе формальдегида. Для проведения морфологического анализа использовали общепринятые методы рыбохозяйственных исследований [16]. При проведении морфологического анализа рыба лежала на правом боку. Всего было изучено 28 пластических признаков и 16 меристических (счетных) признаков, а также наличие морфологических аномалий (фенодевиат) у сазана. Основные обозначения морфологических признаков были следующими: ab – абсолютная длина (L), мм; ad – длина по Смитту, мм; ac – длина без хвостового плавника (l), мм; Q – полная масса тела, г; q – тела без внутренних органов, г; ao – длина головы; od – длина туловища; gh –наибольшая высота тела; ik – наименьшая высота тела; aq – антедорсальное расстояние; rd – постдорсальное расстояние; au – антеанальное расстояние; az – антевентральное расстояние; fd – длина хвостового стебля; qs – длина основания (D) спинного плавника; qt – наибольшая высота (D) спинного плавника; уу1 – длина основания (A) анального плавника; ej – наибольшая высота (A) анального плавника; vx – длина грудного плавника; vz – расстояние от начало грудного до брюшного плавника P и V; zu – расстояние от начало брюшного до анального плавника V и A; aP – антепектральное расстояние; lm – длина головы у затылка; pp – ширина лба; ap – длина рыла; пр – диаметр глаза; ро – заглазничный отдел головы; Дж – число жестких лучей в спинном плавнике; Дм – число мягких лучей в спинном плавнике; Аж – число жестких лучей в анальном плавнике; Ам – число мягких лучей в анальном плавнике; Р – число лучей в грудном плавнике; V – число лучей в брюшном плавнике; ll – количество чешуй в боковой линии; sup. – количество чешуй над боковой линией; sub – количество чешуй под боковой линией; ll fd – количество чешуй в хвостовом сте-

бле; sp.br – число жаберных тычинок; vert. – число позвонков, vert. ch. – число грудных позвонков; vert. tail – число хвостовых позвонков; СЮ – число боковых выходных отверстий подглазничной ветви сейсмодатчика канала; СРМпрор + СРМден – число боковых выходных отверстий предкрышечно-нижнечелюстной ветви сейсмодатчика канала в предкрышечных костях + число боковых и терминальных выходных отверстий предкрышечно-нижнечелюстной ветви сейсмодатчика канала в нижнечелюстных костях.

Были рассчитаны коэффициенты упитанности: Fulton – упитанность по Фультону; Clark – упитанность по Кларк [16].

До начала проведения статистической обработки провели стандартизацию данных [17] для избегания возможных некорректных данных. Статистическую обработку данных проводили по методическому руководству [18]. В качестве программного обеспечения для обработки данных послужили программа Excel 2013 и Past версии 4.03 [19]. Для расчета нагрузок на морфологические признаки и их сравнения использовали метод многомерного статистического анализа (метод главных компонент). Данный метод был применен для наблюдений морфологических различий по полу.

## Результаты и обсуждение

Результаты статистической обработки выявили основные нагрузки на признаки сазана у исследуемой выборки сазана. По всей выборки сазана из западного Балкаша (n=20) только у двух особей сазана наблюдались морфологические аномалии. Наблюдались следующие отклонения: у одной особи были нарушены ряды чешуй в хвостовом стебле по большей части в результате их уменьшения, у другой особи был редуцирован анальный плавник по длине его основания. Наличие подобных морфологических отклонений подтверждается с литературными данными [20]. Основные морфологические показатели сазана из западной части озера Балкаш представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные морфо-биологические показатели сазана из озера Балкаш

Признаки	Балкаш 2022 г., n=20			
	min-max	M±m	CV	±s
1	2	3	4	5
<i>Основные биологические показатели</i>				
L, mm	350-400	377,8±12.58	3.82	14.4

lst, mm	314-372	346±13.70	4.56	15.8
Q, g	285-334	311,7±11.96	4.44	13.8
q, g	595-858	711.6±59.38	10.37	73.8
<i>Коэффициенты упитанности</i>				
Fulton	1.04-1.69	1.32±0.11	10.92	0.14
Clark	0,93-1,28	1.13±0.08	8.84	0.10
<i>Счетные признаки</i>				
Дж	2-4	3±0.10	10.54	0.3
Дм	18-20	19.1±0.57	3.88	0.7
Аж	2-3	2.9±0.26	12.53	0.4
Ам	5-7	6±0.29	8.36	0.5
Р	11-17	13.6±1.10	10.03	1.4
V	8-15	9.6±1.00	16.27	1.6
ll	35-41	38.4±1.15	3.8	1.5
sup.	5-7	5.9±0.36	9.13	0.5
sub	5-7	5.8±0.53	10.83	0.6
ll <sub>fd</sub>	9-13	11.1±1.02	11	1.2
sp.br	27-33	28.9±1.34	5.62	1.6
vert.	35-40	38.1±1.11	3.51	1.3
vert.ch.	19-24	22±0.78	5.29	1.2
vert. tail	13-18	16.3±1.00	7.78	1.3
<i>Пластические признаки</i>				
ao	22.5-29.4	26±4.75	7.54	6.1
od	70.6-77.5	74±9.84	5.45	12.6
gh	28.6-36.7	32.1±3.51	4.58	4.6
ik	9.8-16.6	12.5±3.59	11.82	4.6
aq	42.5-57.9	48.3±7.14	6.38	9.6
rd	11.7-22.1	16.3±7.19	16.66	8.4
ay	67.1-79.7	75.1±9.65	5.66	13.2
az	41.9-51.8	45.9±7.37	7.20	10.3
fd	14.8-22.1	18±5.89	12.50	7.0
<i>Продолжение таблицы 2</i>				
Признаки	Балкаш 2022 г., n=20			
	min-max	M±m	CV	±s
l	2	3	4	5
qs	32.9-42.4	38.3±5.24	5.83	7.0
qt	12.5-23	15.5±4.32	12.66	6.1
yy <sub>1</sub>	5.2-10.1	8.2±3.71	17.42	4.4
ej	11.7-16.9	14.2±3.39	9.84	4.4
vx	14.6-22.5	18.2±4.09	9.44	5.3
zz <sub>1</sub>	14.1-20.5	17.2±3.27	7.59	4.1
vz	19.3-51.7	34.4±12.7	37.52	40.1
zy	16.6-31	26.6±2.34	12.43	10.3
aP	19.5-30	24.3±5.77	10.24	7.8
lm	57.9-104.5	76.9±5.22	10.68	6.6
nn	28.7-63.9	41.1±5.11	20.53	6.8
an	21.2-62.7	34.7±5.29	26.89	7.5
np	9-19.3	14.9±1.94	18.92	2.3
po	41.6-77.3	54.9±4.59	13.77	6.1

Показатели упитанности сазана ниже средних показателей в сравнении с многолетними данными прошлого столетия [14, 20]. В среднем упитанность по Фультону составила – 1.32, по

Кларк – 1.13. Низкие показатели упитанности могут говорить об неблагоприятных условиях питания, гетерогенности среды обитания и индивидуальных особенностях организма.

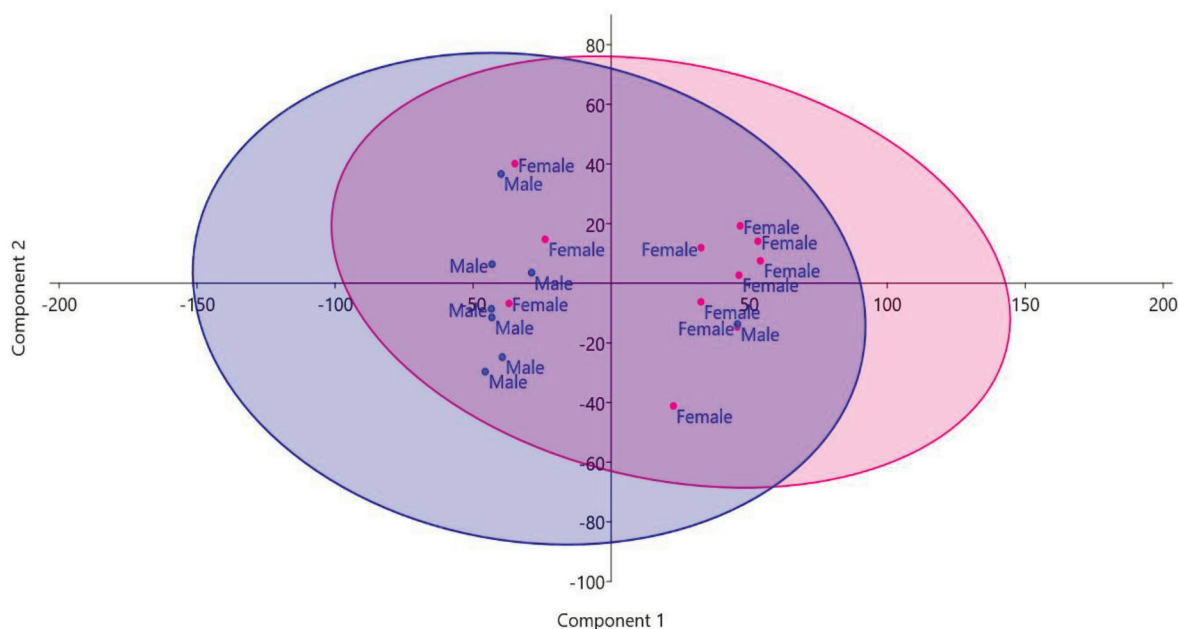
Отличия внешних признаков сазана можно проследить между самками и самцами. Основные отличия по признакам по полу представлены в таблице 3. В целом главные отличия морфологических признаков по полу были следующими: *пластические признаки* – антедорсальное расстояние (aq), антеанальное расстояние (au), антевентральное расстояние (az), расстояние от грудного до брюшного плавника (vz), расстояние от брюшного до анального плавника (zy); *счетные признаки* – число лучей в грудном плавнике (P), число лучей в брюшном плавнике (V), количество чешуй в боковой линии (ll), число жаберных тычинок (sprg.), число грудных позвонков (vert. ch.), число боковых выходных отверстий предкрышечно-нижнечелюстной ветви сейсмочувствительного канала в предкрышечных костях + число боковых и терминальных выходных отверстий предкрышечно-нижнечелюстной ветви сейсмочувствительного канала в нижнечелюстных костях (SPMpor + SPMden).

По счетным признакам количество грудных и вентральных лучей в плавниках было больше

одного у самцов чем у самок сазана. По количеству жаберных тычинок, грудных позвонков у самцов было больше на 1 единицу, однако, в отношении боковых выходных отверстий в предкрышечных костях и терминальных отверстий в нижнечелюстных костях число пор было больше у самок. По числу чешуй в боковой линии особых различий не наблюдалось.

В отношении пластических признаков: антедорсальное, антевентральное, пектоветральное и вентроанальное расстояние было больше у самок нежели у самцов, исключение может составить антеанальное расстояние которое было больше у самцов. Основные различия по морфологическим признакам представлены на рисунке 1.

В целом полученные результаты согласуются с литературными данными [19, 20, 21, 22, 23], что на изменчивость отдельных признаков (счетных признаков) могут влиять как средовые факторы и собственно генотип сазана, но с большей степенью определяется вторым нежели первым фактором.



**Рисунок 1** – Морфологические различия самок и самцов по совокупности пластических признаков

На рисунке 1 видно, что отрицательные нагрузки на пластические признаки (антедорсальное, антевентральное, пектовентральное и вентроанальное расстояние) выражены у самцов, нежели у самок. Для самок сазана, характерны положительные нагрузки на пластические признаки, в связи с чем, у них наблюдалось увеличенное расстояние между плавниками. Только у

некоторой части исследованных самок пластические признаки были сходными с самцами. Незначительные различия по полу были выражены в расстоянии между плавниками. Как правило, такие различия были связаны с индивидуальными особенностями самок и самцов, а также могли быть вызваны их гидродинамической активностью в водной среде.

**Таблица 2** – Морфобиологические отличия самок и самцов сазана из западной части озера Балкаш по основным признакам с учетом нагрузок на главные компоненты

Признаки	Балкаш, n (♂) = 8	Балкаш, n (♀) = 12	Главные компоненты		
	M±m	M±m	1	2	3
1	2	3	4		
<i>Пластические признаки</i>					
aq	148.7±3.73	152.4±9.28	0.0284	0.0977	0.5414
ay	237±10.75	231.6±8.21	-0.13622	0.4982	-0.34475
az	142.2±7.25	144.1±7.66	-0.0429	0.4512	-0.0304
vz	80.1±17.72	130.5±29.32	0.9710	0.1367	-0.0973
zy	81.9±8.73	84.8±6.01	0.0105	0.3689	0.0744
<i>Счетные признаки</i>					
P	14.25±0.88	13.1±1.02	-0.2929	0.1917	0.0879
V	10.37±1.81	9.1±0.33	-0.1965	0.3926	-0.4346
ll	38,25±1,06	38,4±1,24	0,0444	-0,2316	0,3983
spbr.	29.37±1.47	28.6±1.24	-0.0830	0.4689	0.6015
vert. ch.	22.12±0.91	21.7±0.71	-0.2594	0.3970	-0.0355
CPMprop + CPMden	8.62±0.88	10.2±1.69	0.7565	0.3680	-0.1617

Выявленные морфологические отклонения у 2-х экземпляров сазана было обусловлено скорее всего генотипом или возникшей мутацией. Однако, по проведенным исследованиям [20] отмечается, что у сазана из западной части озера Балкаш наблюдаются высокая частота морфологических аномалий (3-13%). Приведенные результаты исследований могут свидетельствовать о том, что в существующих условиях комплексного загрязнения водной среды озера Балкаш и промысла происходит увеличение частоты возникновения морфологических отклонений у сазана в следствии его неспособности компенсировать воздействие факторов окружающей среды.

### Заключение

1. Изученные морфометрические показатели сазана из западной части озера Балкаш не выходят за пределы специфики исследуемого вида, однако, в условиях экологического и ан-

тропогенного воздействия некоторые счетные и пластические признаки могут подвержены к изменению.

2. Наличие в выборке сазана особей с аномалиями (фенодевиатами) свидетельствуют о нарушении в раннем развитии организма вызванных негативными условиями водной среды озера Балкаш.

3. Морфологические отличия сазана по полу вызваны его биологическими особенностями и по большей части зависят от генотипа и биотических условий среды обитания.

*Работа выполнена в рамках грантового финансирования Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан (Грант № BR10264236)*

### Благодарности

Автор статьи благодарен за помощь в обработке данных и рекомендаций по написанию

статьи Шарахметову Саяту Ермуханбетовичу. Я также благодарен Махметову Ильясу Сери-ковичу за помощь в сборе ихтиологического материала.

### Литература

1. Steven G. Pueppke, Margulan K. Iklasov, Volker Beckmann ID, Sabir T. Nurtazin, Niels Thevs 4, Sayat Sharakhmetov and Buho Hoshino 5 Challenges for Sustainable Challenges for sustainable use of the fish resources from Lake Balkhash, a fragile lake in an arid ecosystem // *Sustainability*. – 2018. – Т. 10. – №. 4. – С. 1234. <https://doi.org/10.3390/su10041234>
2. Sarmoldaeva G.R., Shalgimbaeva S.M., Omarova Zh.S., Dzhumakhanova G.B., Kairat B.K., Dautbaeva K.A. Histomorphological study of the reproductive system carp females (*Cyprinus carpio* L.) from Lake Balkhash // *J. Experimental Biology* – 2017. – Vol.71. – P. 32-39.
3. Кенжебеков Б.К., Исбеков К.Б., Асылбекова С.Ж., Хузина Г.Г., Даупов Ж.А., Маженов Д.Ш. Зависимость отдельных видов рыб в оз. Балкаш от абиотических факторов. Аграрная наука сельскохозяйственному производству Монголии, Сибири и Казахстана // Сборник научных докладов XIII Международной научно-практической конференции. Ч. 2. Улан-Батор. 6-7 июля 2010. С. 585-587. 10.17117/na.2017.11.02
4. Крупа Е.Г., Цой В.Н., Лопарева Т.Я., Пономарева Л.П., Анурьева А.Н., Садырбаева Н.Н., Асылбекова С.Ж., Исбеков К.Б. Многолетняя динамика гидробионтов озер Балкаш и ее связь с факторами среды // Вестник АГТУ. сер: Рыбное хозяйство. – 2013. – №2. С. 85-96.
5. Савваитова К.А., Чеботарева Ю.В., Пичугин М.Ю., Максимов С.В. Аномалии в строении рыб как показатель состояния природной среды // Вопросы ихтиологии. 1995. Т.35.
6. Решетников Ю.С., Попова О.А., Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.-А., Сталдвик Ф. Оценка благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфопатологического анализа рыб // Успехи современной биологии. 1999. – №2. – С.165-177.
7. Чеботарева Ю.В., Савоскул С.П., Пичугин М.Ю., Савваитова К.А., Максимов С.В. Характеристика аномалий в строении внешних и внутренних органов у рыб // Разнообразие рыб Таймыра. – М.: Наука, 1999. – С.142-146.
8. Попов П.А. О некоторых теоретических и практических аспектах ихтиомониторинга // Сибирский экологический журнал. – 2004. – Т.11, №4. – С.507-512
9. Abecia J.E., Osmar J.L., Crook D.A., Banks S. C., Wedd D.J., King A.J. Morphological changes in fish // *Ecol Freshw fish* – 2022. – Vol.31. – P. 369-378. <https://doi.org/10.1111/eff.12636>
10. Мина М.В., Мироновский А.Н., Капитанова Д.В. Фенетические отношения и вероятные пути морфологических диверсификации африканских усачей комплекса *Varbus Intermediate* из озера Тана (Эфиопия) // Вопросы ихтиологии. – 2011.- Т. 51. – Вып. 2. – С. 149-163. 10.31857/S0042875220030121
11. Журавлев В.Б. Изучение популяционной структуры вида и микроэволюции рыб методами многомерного статистического анализа. 2001. – С. 77-82.
12. Johansen R., Needham J.R., Colquhoun D.J., Poppe T.T., Smith A.J. Guedelines for health and welfare monitoring of fish used in research // *Laboratory animals*. – 2006. – Issue 40. – P. 323-340. 10.1258/002367706778476451
13. Ronan J.O., Tuktu A., Johnston S.E., Kane A., Poole R., Reed T.E. Evolutionary stasis of heritable morphological trait in a wild fish population despite apparent directional selection // *Ecology and Evolution*. –2019. – Vol. 9. – P. 7096-7111. <https://doi.org/10.1002/ece3.5274>
14. Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Мельников В.А. Род *Cyprinus* Linné, 1758 – Сазан // Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1988. –Т.3. – С.231-279.
15. Eugene K.B. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers // *Aquaculture*. – 1995. – Vol. 129. – P. 3-48. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00227-F](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00227-F)
16. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
17. Milligan G.W. A study of Standartization of Variables in Cluster Analysis // *Journal of Classification* 5. – 1988. – P. 181-204.
18. Лакин Г.Ф. Биометрия – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
19. Harper A.T., Paul D.R. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. – 2001. – Vol. 4. – Issue 1. – P. 1-9.
20. Мамилов Н.Ш., Муталипов Р.А., Сутуева Л.Р., Конысбаев Т.Г. Морфологическое разнообразие сазана *Cyprinus carpio* в западной части озера Балкаш и Капчагайском водохранилище // *Eurasian Journal of Ecology*. –2018. – Т.2 – Выпуск 55. – С.103-108.
21. Levin B.A. Drastic shift in the number of lateral line scales in the common roach *Rutilus rutilus* as a result of heterochronies: experimental data // *J. Applied ichthyology* – 2010. – Vol.26. – P.303-306. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01426.x>
22. Чудновская Г.В., Саловаров В.О., Демидович А.П. Биометрия в ихтиологии: Учебное пособие. – Иркутск: Издательство Иркутского ГАУ им. А.А. Ежовского, 2018. – 156 с.
23. Beland C. Effects of genetic and environmental variation on the morphology of *Pimelodella chagresi*, a Neotropical Catfish species: McGill University. – 2004. – P. 3-5.
24. Famofo O.O., Abdul W.O. Biometry, condition factors and length-weight relationships of sixteen fish species in Iwopin fresh water ecotype of Lekki, Ogun State, Southwest Nigeria // *Heliyon*. – 2020. – Vol. 6. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02957>

25. Quadroni S., Santis V., Carosi A., Vanetti I., Zaccara S. Past and present environmental factors differentially influence genetic and morphological traits of Italian Barbels // *Water* – 2023. – Vol. 15. – Issue 325. – P. 2-19. <https://doi.org/10.3390/w15020325>

### References

1. Abecia J.E., Osmar J.L., Crook D.A., Banks S. C., Wedd D.J., King A.J. (2022) Morphological changes in fish. *Ecol Freshw fish*, vol.31, pp. 369-378. <https://doi.org/10.1111/eff.12636>
2. Beland C. Effects of genetic and environmental variation on the morphology of *Pimelodella chagresi*, a Neotropical Catfish species (2004). *McGill University*, pp. 3-5.
3. Chebotareva YU.V., Savoskul S.P., Pichugin M.YU., Savvaitova K.A., Maksimov S.V. (1999) Harakteristika anomalij v stroenii vneshnih i vnutrennih organov u ryb [Characteristics of anomalies in the structure of external and internal organs in fish]. Variety of fish in Taimyr. – M.: Nauka, 1999. – P.142-146.
4. CHudnovskaya G.V., Salovarov V.O., Demidovich A.P. (2018) Biometriya v ihtiologii: Uchebnoe posobie [Biometrics in ichthyology: Textbook]. Irkutsk: Publishing house of the Irkutsk State Agrarian University. A.A. Yezhevsky, 2018. – 156 p.
5. Eugene K.B. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers (1995). *Aquaculture*, vol. 129., pp. 3-48. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00227-F](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00227-F)
6. Famoofo O.O., Abdul W.O. Biometry, condition factors and length-weight relationships of sixteen fish species in Iwopin fresh water ecotype of Lekki, Ogun State, Southwest Nigeria (2020). *Heliyon*, vol. 6, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02957>
7. Harper A.T., Paul D.R. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis (2001). *Palaeontology Electronica*, vol. 4, pp. 1-9.
8. Johansen R., Needham J.R., Colquhoun D.J., Poppe T.T., Smith A.J. (2006) Guidelines for health and welfare monitoring of fish used in research. *Laboratory animals*, issue 40, pp. 323-340. 10.1258/002367706778476451
9. Kenzhebekov B.K., Isbekov K.B., Asylbekova S.ZH., Huzina G.G., Daupov ZH.A., Mazhenov D.SH. (2010) Zavisimost' ot del'nyh vidov ryb v oz. Balhash ot abioticheskikh faktorov [The dependence of individual fish species in the lake. Balkhash from abiotic factors]. Agrarian science to agricultural production in Mongolia, Siberia and Kazakhstan // Collection of scientific reports of the XIII International Scientific and Practical Conference. Part 2. Ulaanbaatar. July 6-7, 2010, pp. 585-587. 10.17117/na.2017.11.02
10. Krupa E.G., Coj V.N., Lopareva T.YA., Ponomareva L.P., Anur'eva A.N., Sadyrbaeva N.N., Asylbekova S.ZH., Isbekov K.B. (2013) nogoletnyaya dinamika gidrobiontov ozer Balhash i ee svyaz' s faktorami sredy [Long-term dynamics of hydrobionts in Balkhash lakes and its relationship with environmental factors]. *Vestnik AGTU. ser: Rybnoe hozyajstvo*, vol. 2, pp. 85-96.
11. Lakin G.F. Biometriya. (1990) Biometriya [Biometrics]. M.: Higher School, 1990. – 352 p.
12. Levin B.A. Drastic shift in the number of lateral line scales in the common roach *Rutilus rutilus* as a result of heterochronies: experimental data (2010). *J. Applied ichthyology*, vol.26, pp.303-306. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01426.x>
13. Mamilov N.SH., Mutalipov R.A., Sutueva L.R., Konysbaev T.G. (2018) Morfologicheskoe raznoobrazie sazana *Cyprinus carpio* v zapadnoj chasti ozera Balkash i Kapchagajskom vodohranilishche [Morphological diversity of carp *Cyprinus carpio* in the western part of Lake Balkash and the Kapchagay reservoir]. *Eurasian Journal of Ecology*. –2018. – V.2 – Issue 55. – P.103-108.
14. Milligan G.W. (1988) A study of Standartization of Variables in Cluster Analysis. *Journal of Classification* 5, P. 181-204.
15. Mina M.V., Mironovskij A.N., Kapitanova D.V. (2011) Feneticheskie otnosheniya i veroyatnye puti morfologicheskikh diversifikacii afrikanskih usachej kompleksa *Barbus* Intermediate iz ozera Tana (Efiopiya) [Phenetic Relationships and Probable Pathways of Morphological Diversification of African Barbels from the *Barbus* Intermediate Complex from Lake Tana (Ethiopia)]. *Issues of ichthyology*. – 2011. – T. 51. – Issue. 2. – S. 149-163. 10.31857/S0042875220030121
16. Mitrofanov V.P., Dukravec G.M., Mel'nikov V.A. (1988) Rod *Cyprinus* Linné, 1758 – Sazan [*Genus Cyprinus* Linné, 1758 – Carp]. *Fishes of Kazakhstan*. – Alma-Ata: Science, 1988. -V.3. – P.231-279.
17. Popov P.A. (2004) O nekotoryh teoreticheskikh i prakticheskikh aspektah ihtiomonitoringa [About some theoretical and practical aspects of ichthyomonitoring]. *Siberian ecological journal*. – 2004. – V.11, No. 4. – P.507-512.
18. Pravdin I.F. (1966) Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guide to the study of fish]. M.: Food industry, 1966. – 376 p.
19. Quadroni S., Santis V., Carosi A., Vanetti I., Zaccara S. Past and present environmental factors differentially influence genetic and morphological traits of Italian Barbels (2023). *Water*, vol. 15, pp. 2-19. <https://doi.org/10.3390/w15020325>
20. Reshetnikov Yu.S., Popova O.A., Kashulin N.A., Lukin A.A., Amundsen P.-A., Staldivik F. (1999) Ocenka blagopoluchiya rybnoj chasti vodnogo soobshchestva po rezul'tatam morfopatologicheskogo analiza ryb [Assessment of the well-being of the fish part of the aquatic community based on the results of the morphopathological analysis of fish]. *Advances in modern biology*. 1999. – No. 2. – P.165-177.
21. Ronan J.O., Tuktu A., Johnston S.E., Kane A., Poole R., Reed T.E. (2019) Evolutionary stasis of heritable morphological trait in a wild fish population despite apparent directional selection. *Ecology and Evolution*, vol. 9, pp. 7096-7111. <https://doi.org/10.1002/ece3.5274>
22. Steven G. Pueppke, Margulan K. Iklasov, Volker Beckmann ID, Sabir T. Nurtazin, Niels Thevs 4, Sayat Sharakhmetov and Buho Hoshino 5 Challenges for Sustainable Challenges for sustainable use of the fish resources from Lake Balkhash, a fragile lake in an arid ecosystem. *Sustainability*, vol. 10., p. 1234. <https://doi.org/10.3390/su10041234>



23. Sarmoldaeva G.R., Shalgimbaeva S.M., Omarova Zh.S., Dzhumakhanova G.B., Kairat B.K., Dautbaeva K.A. (2017) Histomorphological study of the reproductive system carp females (*Cyprinus carpio* L.) from Lake Balkhash. *J. Experimental Biology*, vol.71, pp. 32-39.

24. Savvaitova K.A., Chebotareva YU.V., Pichugin M.YU., Maksimov S.V. (1995) Anomalii v stroenii ryb kak pokazatel' sostoyaniya prirodnoj sredy [Anomalies in the structure of fish as an indicator of the state of the natural environment]. *Issues of ichthyology*. 1995. V.35.

25. ZHuravlev V.B. (2001) Izuchenie populyacionnoj struktury vida i mikroevolyucii ryb metodami mnogomernogo statisticheskogo analiza [Study of the population structure of the species and microevolution of fish by the methods of multivariate statistical analysis]. 2001. – С. 77-82.