

Г.С. Ибраева^{1*}, Н.С. Сапарғалиева¹, Н.Ш. Мамиллов¹,
Э.Б. Кожабаева¹, Г.К. Зияева²

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Казахстан, г. Тараз

*e-mail: mira_75kz@mail.ru

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ЗЕРАВШАНСКОГО ЕЛЬЦА *LEUCISCUS LEHMANNI* (CYPRINIFORMES; ACTINOPTERYGII) ИЗ Р. ШАЯН (БАССЕЙН Р. СЫРДАРЬИ)

Антропогенно спровоцированный экологический кризис в бассейне Аральского моря оказал сильное негативное воздействие на аборигенную ихтиофауну. Притоки реки Сырдарья оказались естественными убежищами для многих непромысловых видов рыб. Задачами проведенного нами исследования являлись изучение морфологической изменчивости и оценка состояния популяции ельца, населяющего реку Шаян. Выборки рыб были отловлены в 2013 и 2020 гг. По совокупности внешних признаков вид определен как зеравшанский елец *Leuciscus lehmanni* Brandt, 1852. Морфологический и биологический анализы рыб выполнены по наиболее широко применяющейся методике. Впервые для водоемов Республики Казахстан получены данные по морфологической изменчивости, росту и питанию зеравшанского ельца. Была изучена изменчивость 32 пластических и 18 счетных признаков, размерно-весовых показателей, упитанности, жирности, роста и объектов питания. Различия во внешнем виде особей могут быть результатом реализации различных жизненных стратегий в условиях гетерогенной среды обитания. Темп линейного роста в выборках разных лет мало различается. В выборках 2013 и 2020 г. представлены разновозрастные особи, пределы изменчивости размеров тела совпадают, что указывает на достаточные для воспроизводства и существования условия. В 2013 г. в выборке преобладали более крупные особи, упитанность, наполнение кишечника и жирность были выше, чем в 2020 г. Объекты питания не изменяются по годам. В кишечниках рыб из обеих выборок присутствуют детрит, зеленые водоросли, водные личинки насекомых и имаго наземных насекомых (перепончатокрылые и двукрылые). В 2020 г. произошло ухудшение условий питания, что привело к снижению запасов полостного жира и коэффициентов упитанности рыб. Также в 2020 г. усилилось нарушение гомеостаза индивидуального развития.

Ключевые слова: зеравшанский елец, *Leuciscus lehmanni*, морфология, биология, изменчивость, Сырдарьинский бассейн, Каратау.

G.S. Ibrayeva^{1*}, N.S. Sapargaliyeva¹, N.Sh. Mamilov¹, E.B. Kozhabaeva¹, G.K. Ziyayeva²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²M.Kh. Dulati Taraz Regional University, Kazakhstan, Taraz

*e-mail: mira_75kz@mail.ru

Morphological variability and state of population of the zeravshan dace *Leuciscus Lehmanni* (Cypriniformes; Actinopterygii) from the Shayan river (the Syrdarya river basin)

Human made ecological crisis in the basin of Aral Sea has gone strong negative impact to the native fish fauna. The tributaries of the Syrdarya River turned out to be natural shelters for many non-commercial fish species. The objectives of our study were to study morphological variability and assess the state of the dace population inhabiting the Shayan River. Fish for study were caught in 2013 and 2020. Based on the analysis of external signs, the belonging of the fish to the Zeravshan dace species *Leuciscus lehmanni* Brandt, 1852 was established. Morphological and biological analyzes of fish were carried out according to the widely used method. The variability of 32 plastic and 18 counting traits, size and weight indicators, fatness, fat content, growth and food objects was studied. Differences in the appearance of individuals may be the result of the implementation of different life strategies in a heterogeneous environmental conditions. For the first time, data on morphological variability, growth and nutrition of the Zeravshan dace were obtained for the water bodies of the Republic of Kazakhstan. In the samples of 2013 and 2020, individuals of different ages were represented. The limits of body size variability coincide, which indicates sufficient conditions for reproduction and existence. In 2013, the

sample was dominated by larger individuals, fatness, intestinal filling and fat content were higher than in 2020. Food objects do not change over the years. The intestines of fish from both samples contain detritus, green algae, aquatic insect larvae, and adults of terrestrial insects (Hymenoptera and Diptera). In 2020, some deterioration of feeding happened, which led to a decrease in the reserves of abdominal fat and body condition coefficients of fish. Also in 2020, the violation of the homeostasis of individual development increased.

Key words: Zeravshan dace, *Leuciscus lehmanni*, morphology, biology, variability, Syrdarya basin, Karatau.

Г.С. Ибраева¹, Н.С. Сапарғалиева¹, Н.Ш. Мамилов¹, Э.Б. Кожабаяева¹, Г.К. Зияева²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Қазақстан, Тараз қ.

*e-mail: mira_75kz@mail.ru

Шаян өзеніндегі (Сырдария өзенінің бассейні) зеравшан тарақ балығының *Leuciscus lehmanni* (Cypriniformes; Actinopterygii) морфологиялық өзгергіштігі және популяциясының жағдайы

Антропогендік жолмен туындаған экологиялық дағдарыс Арал теңізі бассейніндегі жергілікті ихтиофаунаға қатты теріс әсер етті. Мақалада Сырдария өзенінің салалары көптеген кәсіптік емес балық түрлері үшін табиғи мекен, сондықтан да жүргізілген зерттеудің міндеттері Шаян өзеніндегі тарақ балығының морфологиялық өзгергіштігін зерттеу және популяциясының жағдайын бағалау жайлы баяндалған. Балықтарға морфологиялық және биологиялық талдаулар кеңінен қолданылатын әдістеме бойынша жүргізілген. Зерттеу үшін балықтар 2013 және 2020 жылдары ауланған, сыртқы белгілерді талдау негізінде олардың зеравшан тарақ балығы *Leuciscus lehmanni* Brandt, 1852 түріне жататындығы анықталған. Алғаш рет Қазақстан Республикасының су айдындарындағы зеравшан тарақ балығының морфологиялық өзгергіштігі, өсуі мен қоректенуі бойынша деректер алынған. 32 пластикалық және 18 санау белгілерінің, өлшемді-салмақтық көрсеткіштерінің, қоңдылығының, майлылығының, өсудің және қоректену объектілерінің өзгергіштігі зерттелген. Жеке дарақтардың сыртқы түріндегі айырмашылықтар гетерогенді тіршілік ету ортасында әртүрлі тіршіліктік стратегияларды жүзеге асырудың нәтижесі болуы мүмкін. Әр түрлі жылдардағы іріктемелердегі сызықтық өсу қарқыны аздап өзгерген. 2013 және 2020 іріктемелерінде әр түрлі жастағы балықтар болатындығы, олардың дене өлшемдерінің өзгергіштік шектері осыған сәйкес келіп, бұл көбею мен тіршілік ету үшін жеткілікті жағдайларды көрсететіндігі айқындалған. 2020 жылмен салыстырғанда 2013 жылғы іріктемеде ірі балықтар басым, қоңдылығы, ішектің толығы және майлылығы жоғары болған. Екі іріктемедегі балықтардың ішектерінде детрит, жасыл балдырлар, су жәндіктерінің дернәсілдері және жерде тіршілік ететін жәндіктердің ересектері (жарғаққанаттылар мен қосқанаттылар) бар. 2020 жылы қоректену жағдайларының нашарлауы орын алып, бұл қуыс майы қорының және балықтың қоңдылық коэффициенттерінің төмендеуіне әкеліп соқтырған. Сондай-ақ, 2020 жылы жеке даму гомеостазының бұзылуы күшейе түсетіндігі көрсетілген.

Түйін сөздер: зеравшан тарақ балығы, *Leuciscus lehmanni*, морфология, биология, өзгергіштік, Сырдария бассейні, Қаратау.

Введение

Рыбы привлекают внимание исследователей, поскольку являются самой разнообразной и многочисленной группой позвоночных животных [1,2]. Внешний вид рыб зависит от условий среды обитания гораздо больше, чем у большинства других видов животных. Эта особенность делает рыб удобным объектом мониторинга состояния водоемов [2-6]. Совокупность морфологических и гематологических показателей объективно отражает физиологическое состояние рыб, поэтому может эффективно использоваться

для решения теоретических и практических вопросов рыбохозяйственной науки [3,7].

Во второй половине прошлого века в результате нерационального использования водных ресурсов в бассейне Аральского моря произошла крупная экологическая катастрофа, в результате которой площадь моря сократилась во много раз [8-11]. В настоящее время происходит частичная реабилитация водной экосистемы р. Сырдария и северной части бывшего моря – Малого Арала [10-12]. Современному состоянию рыбных ресурсов Малого Арала и р.Сырдария посвящено несколько обзоров [11-14]. Известно, что малые

реки являются ключевым звеном, определяющим благополучие больших бассейнов. Однако состояние ихтиофауны малых рек Сырдарьинского бассейна на территории Республики Казахстан до настоящего времени остается мало изученным.

Река Шаян является одной из типичных рек юго-западного макросклона горного хребта Каратау. Эта река берёт начало на склоне хребта Каратау северо-западнее села Байжансай, течёт на юго-запад и впадает в Арыс-Туркестанский канал неподалёку от села Спатаево. У села Казата на реке устроено Капчагайское водохранилище питьевого и ирригационного назначения. Длина реки составляет 138 км, площадь водосборного бассейна — 1500 км². Средний расход воды у села Мынбулак составляет 1,93 м³/с. Имеет более 90 притоков, из них крупнейшие — Майбулак и Акбет. Ширина поймы 300—500 м. Воды реки используются для орошения сельскохозяйственных угодий [15], поэтому большую часть года река не достигает устья. В районе пос.Шаян вода в реке сохраняется на протяжении всего года.

Ельцы *Leuciscus* (Сургинidae; Сургинiformes) являются одним из наиболее широко распространенных в Евразии родов костистых рыб [16-18]. Для Сырдарьинского бассейна в

пределах Республики Казахстан указано обитание 5 видов ельцов: туркестанский язь *Leuciscus idus oxianus* (Kessler, 1877), сибирский елец *Leuciscus baicalensis* (Dybowski, 1874), таласский елец *L. lindbergi* Zanin et Eremeev, 1934 [17], сырдарьинский елец *L. squaliusqulus* (Kessler, 1872) и зеравшанский елец *L. lehmanni* Brandt, 1852 [16,19]. Сырдарьинский елец в настоящее время отнесен к роду *Squaliusculus*, а подвидовой статус туркестанского язя упразднен [20-22].

Задачами проведенного нами исследования являлись изучение морфологической изменчивости и оценка состояния популяции ельца, населяющего реку Шаян.

Методы и материалы исследования

Материал был собран в июле 2013 года и августе 2020 года в р. Шаян в районе г. Шаян (рисунок 1). Биологический и морфологический анализы рыб проведены по одной из наиболее широко применяющихся методик [18, 23]. Сразу после отлова рыбу фиксировали в 4% растворе формальдегида. Поскольку в первое время после фиксации происходят изменения длины и пропорций тела [24], полный морфологический анализ был проведен весной 2022 г.



Рисунок 1 – Карта с указанием района исследований

Для обозначения морфометрических признаков использованы распространенные в ихтиологических работах символы: общая длина – L , длина тела до основания хвостового плавника – SL , полная масса тела – Q , масса тела без внутренностей – q , расстояние до спинного плавника aD , постдорсальное расстояние pD , расстояние до анального плавника aA , расстояние до брюшного плавника aV , расстояние до грудного плавника aP , расстояние между грудными и брюшными плавниками $P-V$, расстояние между брюшными и анальным плавниками $V-A$, длина хвостового стебля – l_{ca} , высота хвостового стебля – h_{ca} , наибольшая высота тела – H , наименьшая высота тела h , длина головы – s , длина рыла – ao , диаметр глаза горизонтальный – oh , диаметр глаза вертикальный – ov , заглазничное расстояние – op , длина нижней челюсти – md , длина верхней челюсти – mx , высота головы через глаз – h_{co} , высота головы у затылка – h_c , межглазничное расстояние – io , длина лобных костей – $front$, длина теменных костей – $temp$, длина основания спинного плавника – lD , высота спинного плавника – hD , длина основания анального плавника – lA , высота анального плавника – hA , длина грудных плавников – lP , длина брюшных плавников – lV , длина верхней лопасти хвоста – lCs , длина средних лучей хвоста – St , длина нижней лопасти хвоста Si , расстояние между грудными и брюшными плавниками – PV , расстояние между брюшными и анальным плавником – VA ; количество чешуй в боковой линии, хвостовом стебле, над боковой линией и под ней – соответственно ($l.l.$, $l.l.ca$, $l.l.s$, $l.l.i$); число неветвистых лучей в спинном плавнике (Dj), число ветвистых лучей в спинном плавнике (Dm), в анальном плавнике – соответственно (Aj) и (Am), число лучей в грудных и брюшных плавниках – соответственно (P) и (V), число жаберных тычинок – $Sp.br.$, позвонков ($Vert.$). коэффициент упитанности по Фульто-ну – $Fulton$, коэффициент упитанности по Кларк – $Clark$. Количество полостного жира и степень наполнения кишечника оценивали визуально по шкале от 0 до 5, где 0 соответствует отсутствию жира и содержимого в кишечнике [23].

Стабильность гомеостаза развития оценивали по флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков (коэффициент асимметрии – KA) [25], состояние внутренних органов оценивали визуально [26,27].

Первичная статистическая обработка проведена по [28,29]. Для многомерного вариаци-

онного анализа применили анализ главных компонент (PCA) с использованием программы NTSYS-2pt [30].

Результаты и обсуждение

В р. Шаян в 2013 и 2020 гг. ельцы были многочисленными. Таким образом, этот вид рыб является постоянным обитателем р. Шаян в районе пос. Шаян. В исследованных нами выборках различных лет все рыбы были похожи по общему виду: тело удлинённое, овальное в поперечном сечении, спина за затылком имеет форму плавно восходящей дуги, голова сплюснута с боков, брюхо между основанием брюшных плавников и анальным отверстием не заострено (округлое). Окраска спины серая, у более крупных особей серая с зеленоватым или коричневым оттенком. У более крупных особей выше боковой линии слабо заметна полоса более темного цвета. По направлению к брюху окраска светлеет, брюхо серебристое, спинной и хвостовой плавники светло-серые, остальные светло-желтые или светло-оранжевые. Боковая линия полная, с небольшим изгибом к брюху. Губы тонкие. Рот конечный (рисунок 2). В выборке 2013 г. у 22% ельцов дорсальные и анальные плавники были выемчатые, а у остальных 78% выемчатые были только анальные плавники. В выборке 2020 г. соотношение несколько изменилось: у 43% рыб были выемчатые спинной и анальный плавники, у остальных 57% выемчатые были только анальные плавники. Глоточные зубы у всех рыб двурядные 2.5-5.2 (редко 2.4-5.2 или 2.4-4.2). Сведения о состоянии пластических признаков исследованных выборок представлены в таблице 1, результаты многомерного анализа изменчивости представлены в таблице 2 и на рисунке 3. Относительно стабильным является лишь положение анального плавника, все остальные признаки варьируют в широких пределах. Длина нижней лопасти хвостового плавника у большинства исследованных рыб немного меньше длины головы, длина головы больше высоты тела. Однако между этими двумя важными диагностическими показателями достоверной корреляции не выявлено. По совокупности диагностических признаков популяцию из р. Шаян можно отнести к виду зеравшанский елец *Leuciscus lehmanni* Brandt, 1852. Этот вид ельцов до настоящего времени остается одним из наименее изученных. По водоемам Казахстана опубликованных сведений о его морфологии мы не обнаружили.

Единственное описание изменчивости морфометрических показателей было опубликовано Г.В. Никольским в монографии «Рыбы Таджикистана», изданной в 1938 г. [31]. Поэтому в таблицах 1 и 3 наши данные представлены в сравнении с этими данными. Полученные нами данные выявили большую изменчивость всех пластиче-

ских и счетных (таблица 3) признаков зеравшанского ельца из р. Шаян по сравнению с бассейном р.Амударья. Это может быть обусловлено как более стабильными в прошлом условиями обитания в такой крупной реке, как Амударья, так и географической изменчивостью вида.



Рисунок 2 – Зеравшанский елец *Leuciscus lehmanni* из р.Шаян, длина тела SL = 84 мм

Таблица 1 – Состояние пластических признаков в выборках зеравшанского ельца

Признаки	р. Шаян										Бассейн Амударья [32]	
	2013 г.					2020 г.						
	min	max	M	±SD	CV	min	max	M	±SD	CV	M	min-max
в % от SL												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
aD	49.2	58.5	54.1	2.25	4.16	51.2	56.9	54.3	2.06	3.79	54.0	52.3-56.0
aP	21.4	30.2	27.3	1.92	7.06	22.6	30.2	27.1	1.98	7.30	Нет данных	
aV	46.4	54.4	50.1	2.52	5.03	45.2	64.4	49.9	3.92	7.85		
aA	62.7	75.0	68.8	2.49	3.62	64.6	77.6	68.0	2.89	4.24		
pD	33.9	47.4	38.8	4.15	10.70	29.0	42.0	33.5	3.67	10.97	37.8	35.0-40.5
lca	17.0	32.9	22.6	4.84	21.48	15.2	21.9	19.4	1.78	9.18	21.6	20.1-24.4
c	21.7	27.6	25.6	1.52	5.96	23.0	30.0	26.5	2.00	7.55	26.9	24.2-29.6
ao	5.4	10.9	7.4	1.18	15.90	6.2	9.8	8.0	1.12	13.95	7.5	6.3-8.6
oh	6.2	10.2	8.5	1.04	12.28	6.2	12.0	9.0	1.60	17.75	7.8	5.9-9.3
ov	5.3	12.2	8.8	1.46	16.56	6.5	11.4	9.0	1.36	15.12	Нет данных	
op	10.0	15.6	13.3	1.25	9.38	10.9	16.4	13.4	1.45	10.82	12.5	11.4-19.9
mx	4.9	10.2	7.2	1.47	20.47	6.3	12.1	9.1	1.68	18.46	Нет данных	
md	4.9	11.7	9.0	1.67	18.60	7.4	11.8	9.1	1.18	12.92		
front	4.9	11.7	8.6	1.69	19.81	5.7	10.9	8.5	1.24	14.68		
temp	4.9	9.6	7.6	1.19	15.76	6.3	10.0	8.3	1.15	13.74		
io	8.8	12.2	10.6	1.00	9.46	10.9	14.1	12.7	0.95	7.52		
hco	11.4	17.7	14.3	1.35	9.41	13.6	18.2	15.4	1.19	7.70		
hc	11.4	24.1	16.0	3.49	21.85	13.7	23.4	19.0	2.24	11.80		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
H	19.5	26.9	24.7	1.67	6.75	11.4	35.4	24.1	4.90	20.38	22.8	20.4-25.2
hca	9.8	15.2	12.2	1.28	10.49	9.8	20.7	12.9	2.90	22.43	Нет данных	
h	6.3	12.8	10.2	1.63	15.97	8.1	12.3	10.6	1.25	11.82	10.6	9.5-11.5
ID	10.7	19.2	13.7	2.64	19.29	11.0	15.4	13.0	1.25	9.61	11.3	9.4-12.9
hD	15.1	25.0	21.0	2.36	11.28	12.9	23.5	20.3	2.66	13.08	22.0	19.9-24.0
lA	9.8	18.4	13.5	1.87	13.86	11.5	17.7	14.5	1.55	10.69	Нет данных	
hA	13.3	20.3	17.3	2.04	11.81	14.5	20.7	16.8	1.56	9.26	Нет данных	
lP	13.4	23.7	19.8	2.62	13.22	15.4	27.5	19.1	2.50	13.04	19.9	16.3-21.2
lV	12.2	19.0	16.2	1.89	11.68	11.8	18.4	14.9	1.71	11.49	Нет данных	
Cs	19.6	28.8	24.5	2.31	9.44	19.6	27.7	23.7	2.12	8.96	Нет данных	
Ci	20.5	29.3	24.8	2.12	8.56	17.4	29.4	24.3	3.01	12.39	Нет данных	
Cm	10.0	17.0	14.3	1.68	11.79	9.6	15.6	12.7	1.65	13.03	Нет данных	
PV	22.0	30.2	25.2	2.11	8.37	16.1	26.5	23.7	2.11	8.89	22.9	20.6-26.0
VA	14.6	26.7	20.2	2.35	11.62	11.3	21.5	18.0	3.09	17.23	Нет данных	
в % от длины головы												
ao	22.2	41.2	29.2	4.66	15.95	23.5	36.8	30.4	4.20	13.81	Нет данных	
oh	25.0	42.9	33.3	4.71	14.15	23.8	42.7	34.0	4.86	14.30	Нет данных	
ov	21.4	50.0	34.7	6.20	17.85	24.2	41.2	33.8	4.11	12.16	Нет данных	
op	45.0	71.4	52.3	5.83	11.14	41.7	60.0	50.6	5.38	10.64	Нет данных	
mx	18.2	40.0	28.1	5.68	20.22	23.8	42.7	34.2	5.31	15.52	Нет данных	
md	18.2	46.7	35.1	6.25	17.81	29.4	45.0	34.6	4.73	13.67	Нет данных	
io	35.0	53.8	41.4	4.74	11.44	40.0	55.8	48.0	4.31	8.98	Нет данных	
hco	42.9	69.2	56.3	6.56	11.65	48.0	70.0	58.5	5.74	9.82	Нет данных	
hc	42.9	87.5	62.5	12.89	20.63	46.7	85.8	71.9	8.75	12.17	Нет данных	
front	18.2	53.8	33.7	7.70	22.86	23.1	38.4	31.9	4.04	12.64	Нет данных	
temp	18.2	38.5	29.7	4.92	16.58	23.1	40.6	31.7	4.65	14.69	Нет данных	

В изученных нами выборках достоверная положительная корреляция ($R > 0.70$, $p < 0.05$) была выявлена между многими пластическими признаками: постдорсальным расстоянием и длиной головы, высотой тела и высотой непарных плавников, высотой тела и длиной хвостового стебля, отдельными частями головы. Поэтому все исследованные особи сходны во внешнем виде, несмотря на значительную индивидуальную изменчивость состояний отдельных признаков. Это подтверждается результатами многомерного статистического анализа (таблица 2, рисунок 3). Наибольшую нагрузку первой главной компоненты несут высота головы, длина хвостового стебля, длина непарных и грудных плавников.

Вторая главная компонента оказывает значительную отрицательную нагрузку на длину верхней челюсти, длину лобных костей, расстояние между парными плавниками и форму хвостового плавника. Третья компонента наибольшую нагрузку оказывает на длину головы, положение анального плавника и длину верхней лопасти хвостового плавника. Размер и форма головы, а также отдельных ее частей определяют способность рыб ориентироваться и питаться [32-34], размеры и расположение плавников определяют маневренность рыбы [2,4,5]. Поэтому сходство большей части особей в выборках разных лет может указывать на стабильные условия питания и перемещения ельцов в р. Шаян.

Таблица 2 – Нагрузки главных компонент на пластические признаки

Признаки	Главные компоненты		
	1	2	3
aD	0.2055	0.0205	0.2760
aP	-0.0404	-0.0277	-0.1815
aV	0.0011	0.0295	-0.0709
aA	-0.0656	-0.1553	0.4062
lca	0.0614	0.0209	-0.2791
c	-0.0600	-0.1407	0.3778
ao	0.1638	-0.0263	-0.1475
ov	-0.0620	-0.1234	-0.0117
op	0.0993	0.0686	-0.1168
mx	0.0062	-0.3948	0.1487
md	0.1854	0.0796	-0.2074
io	-0.0300	-0.1680	0.2165
front	0.1083	-0.4531	-0.1177
temp	-0.0168	0.0384	0.1785
hc	0.3852	0.1619	0.1171
H	-0.0698	0.0859	0.1060
hca	0.3955	0.1518	0.1049
h	-0.0841	0.1339	0.0186
ID	0.3328	-0.0114	0.0703
hD	-0.0836	0.1054	-0.1722
IA	0.3833	0.1266	0.1084
hA	-0.0911	0.0735	0.2849
IP	0.4015	0.1240	0.1047
PV	0.2156	-0.4046	-0.0902
VA	-0.1324	0.1309	0.1529
Cs	-0.1143	0.0535	0.3013
Ci	0.1405	-0.4632	-0.0632
Cm	-0.0942	0.1219	-0.0772

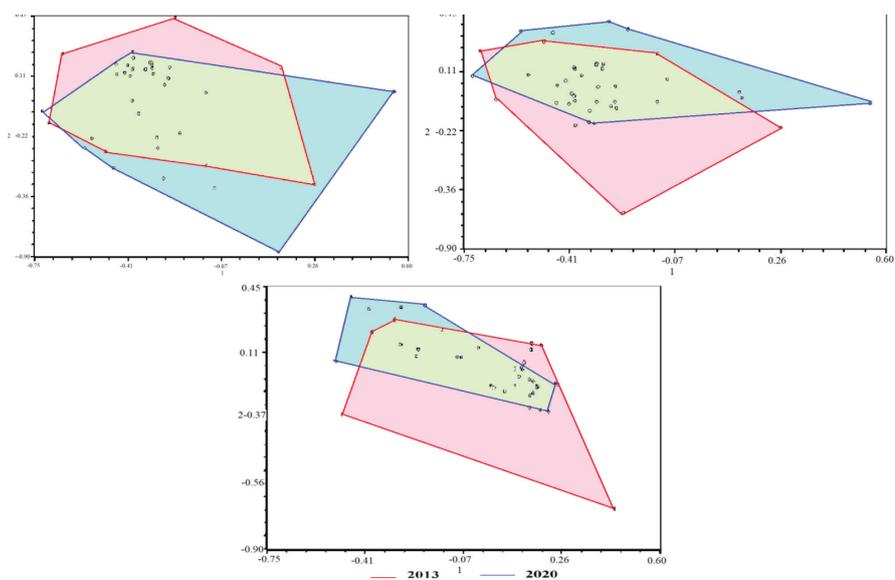


Рисунок 3 – Положение особей зервшанского ельца из выборок разных лет в пространстве 1-3 главных компонент по совокупности пластических признаков. Совокупность особей выборки 2013 г. показана розовым цветом, выборки 2020 г. синим цветом.

В исследованных нами выборках ельцов у всех рыб было по 2 неветвистых луча в спинном плавнике, 3 неветвистых луча в анальном плавнике, и по 1 неветвистому лучу в грудных и брюшных плавниках, что характерно для большинства карповых рыб [16-18]. Состояния других признаков представлены в таблице 3. Пределы изменчивости числа ветвистых лучей в спинном и анальном плавниках в выборках из р. Шаян оказалось больше, чем в водоемах Таджикистана [31]. Число сенсорных пор на голове у ельцов было изучено нами впервые для водоемов Казахстана. Этот орган связан с добыванием пищи, защитой от хищников и общей ориентацией в пространстве [2].

У ельцов из р. Шаян число пор на голове варьирует в широких пределах, но пределы варьирования совпадают в выборках разных лет. Состояния остальных счетных признаков также варьируют в широких пределах. Выявленная большая изменчивость всех перечисленных счетных признаков может быть обусловлена значительной гетерогенностью среды обитания, которая возникает в результате антропогенного регулирования потока воды в р. Шаян ниже водохранилища и наличием в пойме реки ям после добычи гравия и камня. Поэтому разные особи могут реализовывать различные жизненные стратегии, что отражается на их внешнем виде.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика состояний счетных признаков зеравшанского ельца

Признаки	Р.Шаян										Бассейн Амударья [32]	
	2013 г.					2020 г.					M	min -max
	min	max	M	±s	CV	min	max	M	±s	CV		
ll	40	50	44.5	2.89	6.49	41	52	44.1	4.28	9.70	43	41-44
llca	10	18	12.7	1.88	14.85	10	14	11.9	1.14	9.54	Нет данных	
lls	6	11	7.9	1.57	19.92	4	9	6.9	1.15	16.81		
lli	3	6	4.2	0.88	21.00	2	5	4.0	0.80	20.36		
Cmd	3	8	5.0	1.33	26.47	3	6	4.0	0.95	23.72		
Cop	3	8	6.0	1.20	19.81	3	8	6.2	1.34	21.45		
Cio	5	8	6.3	1.08	17.21	3	8	5.7	1.62	28.30		
Cso	3	7	4.7	1.13	24.20	3	7	4.3	1.15	26.75		
Dsoft	5	10	7.6	1.25	16.46	7	10	8.3	0.97	11.59	7	7
Asoft	6	13	9.5	1.51	15.90	8	12	10.0	1.28	12.90	8.3	8-10
Psoft	8	20	14.8	3.12	21.01	9	18	13.1	2.30	17.56	Нет данных	
V soft	5	11	8.3	1.55	18.61	7	11	9.0	1.02	11.31		
Spbr	8	15	11.9	1.38	11.58	8	14	10.7	1.38	12.91		
Vertcaud	12	19	15.7	2.31	14.72	10	16	13.5	1.84	13.64		
Vert	32	42	37.6	3.50	9.31	32	38	34.9	2.23	6.40		

Многомерный анализ показал, что в выборках разных лет представлены как особи со сходными состояниями признаков, так и специфическими комбинациями (рисунок 4). Наибольшую нагрузку первой главной компоненты несут число чешуй и пор на нижней

челюсти, второй компоненты – число жаберных тычинок и ветвистых лучей в брюшном плавнике, третьей компоненты – число ветвистых лучей в спинном и анальном плавниках, а также число чешуй в хвостом стебле (таблица 4).

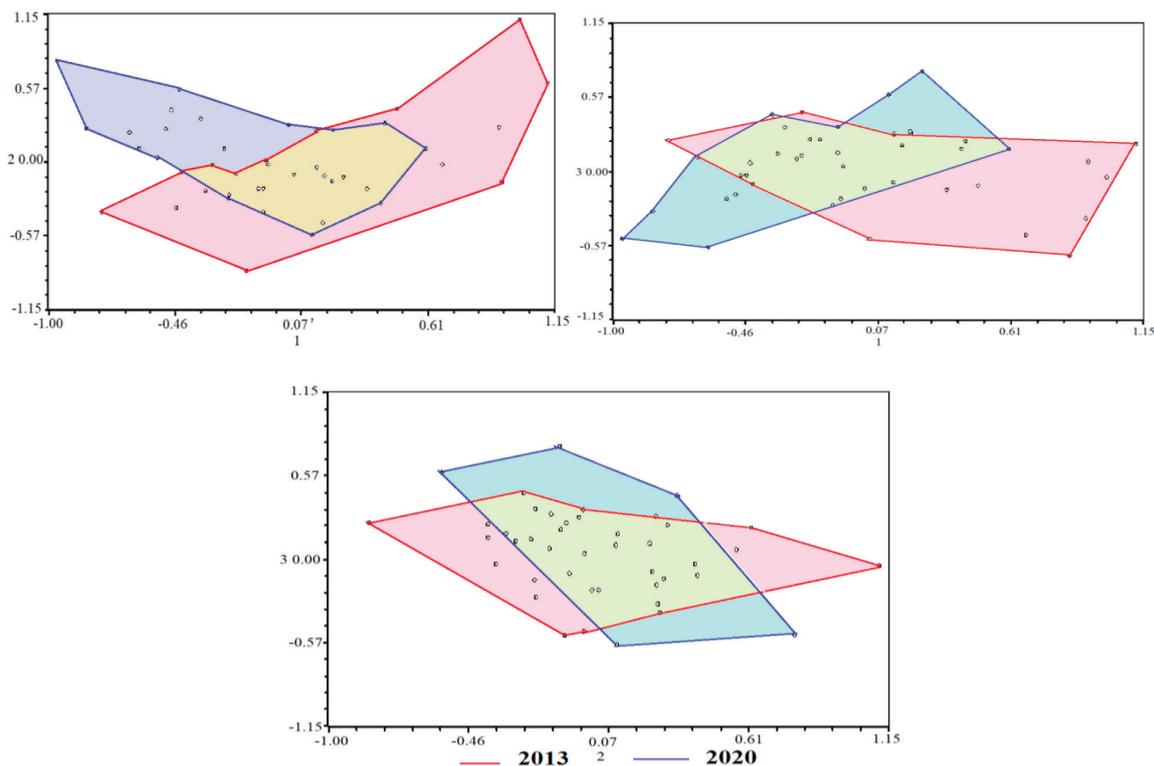


Рисунок 4 – Положение особей зеравшанского ельца из выборок разных лет в пространстве 1-3 главных компонент по совокупности счетных признаков. Совокупность особей выборки 2013 г. показана розовым цветом, выборки 2020 г. синим цветом.

Таблица 4 – Нагрузки главных компонент на счетные признаки

Признаки	Главные компоненты		
	1	2	3
llleft	0.3405	0.0896	0.1086
llca	0.2581	0.0110	0.3697
sup	0.4681	0.0786	-0.0706
inf	0.4306	0.1242	0.2107
Cmd	0.4274	-0.0936	-0.2392
Cop	0.1443	-0.2804	0.3441
Cio	0.1330	-0.3600	0.2510
Cso	0.3630	0.0349	-0.2081
Dsoft	-0.1534	-0.0128	0.5262
Asoft	-0.0316	0.3254	0.3682
Psoft	-0.0492	-0.3416	0.2744
Vsoft	0.1092	0.5230	0.1712
Spbr	0.1455	-0.5058	-0.0562

В 2013 и 2020 гг. в популяции зеравшанского ельца из р. Шаян были представлены разные размерно-возрастные группы (таблица 5). Размерные показатели выборок разных лет близки по пределам изменчивости, но достоверно различаются по средним значениям. Темп линейно-

го роста в выборках разных лет мало различается (рисунок 5). В 2013 г. в выборке преобладали более крупные особи, упитанность, наполнение кишечника и жирность были выше, чем в 2020 г. Объекты питания не изменяются по годам. В кишечниках рыб из обеих выборок присут-

ствуют детрит, зеленые водоросли, водные личинки насекомых и имаго наземных насекомых (перепончатокрылые и двукрылые). Также в нескольких желудках обнаружены нематоды. Наполненность кишечника была выше в 2013 г. Изменение водности реки, вероятно, является основной причиной снижения обеспеченности

пищей и соответственно упитанности и жирности рыб. Уровень воды в реке Шаян был выше в 2013 г. Уменьшение водности реки может быть обусловлено межгодовыми колебаниям уровня осадков или увеличением потребления воды в связи с растущей численностью населения и развитием сельского хозяйства в бассейне р.Шаян.

Таблица 5 – Биологические показатели выборок зеравшанского ельца из р. Шаян

Признаки	2013 год					2020 год				
	min	max	M	±SD	CV	min	max	M	±SD	CV
L, мм	51	138	85.7	21.05	24.57	52	138	78.6	21.79	27.73
SL, мм	41	113	69.3	17.79	25.67	44	116	63.2	17.55	27.75
Q., г	1.87	26.01	6.87	6.739	98.03	1.14	27.77	5.30	5.968	112.64
q., г	1.59	21.01	5.46	7.122	96.27	0.99	6.97	3.41	2.284	66.93
Fulton	1.13	2.71	1.68	0.159	18.01	1.20	2.03	1.59	0.216	13.57
Clark	1.07	2.32	1.36	0.268	19.08	1.16	1.42	1.24	0.088	7.12
Жирность	2	3	2.6	0.52	19.86	0.1	2.0	1.02	0.63	62.14
Питание	1.0	4.5	2.8	1.28	45.16	1.0	3.0	1.58	0.72	45.33
КА	0.09	0.82	0.40	0.21	55.6	0.27	1.00	0.71	0.19	29.2

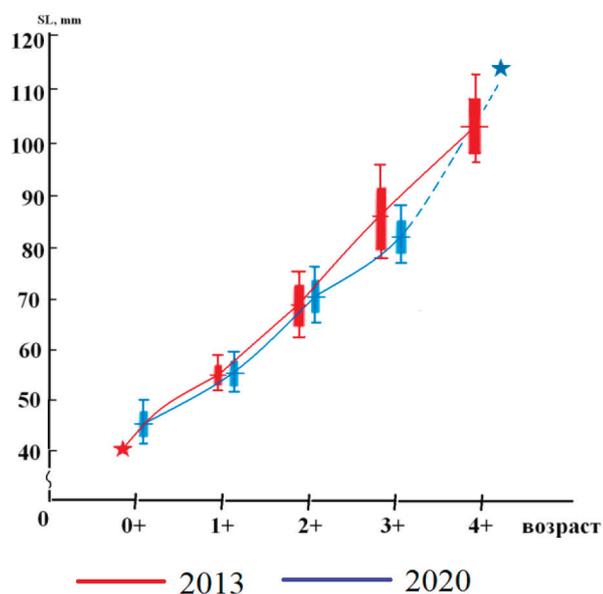


Рисунок 5 – Рост зеравшанского ельца в р. Шаян

Аномалий во внешнем виде, строении жабер, печени и гонад не выявлено. В обеих выборках представлены как впервые созревающие особи, так и особи с гонадами на III-IV стадиях. Индивидуальные значения коэффициента флукутиру-

ющей асимметрии в 2013 г. варьировали в очень широких пределах, в 2020 г. пределы изменчивости этого показателя стали намного меньше (таблица 5). На различных объектах было доказано, что различия в состоянии билатеральных

признаков являются результатом нарушений гомеостаза индивидуального развития [35]. Значения КА больше 0.30 указывают на отклонения от нормы [25]. У зеравшанского ельца из р.Шаян средние значения этого показателя были больше нормы в обеих выборках. В выборке 2013 г. еще встречались особи с небольшими значениями КА, в 2020 г. таких особей не осталось, среднее значение КА достоверно увеличилось. Таким образом, условия развития рыб в 2020 г. стали значительно хуже.

Выводы

1. По совокупности морфологических признаков елец, населяющий р. Шаян, отнесен к виду зеравшанский елец *Leuciscus lehmanni* Brandt, 1852.

2. Внешние морфологические показатели в выборках разных лет варьируют в широких пределах, превышающих ранее известные для этого вида. Различия во внешнем виде особей могут быть результатом реализации различных жизненных стратегий в условиях гетерогенной среды обитания.

3. В выборках 2013 и 2020 г. представлены разновозрастные особи, пределы изменчивости размеров тела совпадают, что указывает на достаточные для воспроизводства и существования условия. В 2020 г. произошло ухудшение условий питания, что привело к снижению запасов полостного жира и коэффициентов упитанности. Также в 2020 г. усилилось нарушение гомеостаза индивидуального развития.

Литература

- Nelson J. S., Grande T. C., Wilson M. V. H. (2016) Fishes of the World. – John Wiley & Sons. 708p.
- Helfman G.S., Collette B.B., Facey D.E., Bowen B.W. (2009) The diversity of fishes: Biology, Evolution and Ecology. 2nd edition. John Wiley & Sons.720 p.
- Gilmour, K. M. (1998). Morphology meets physiology. Datta Munshi, JS and HM Dutta (ed.) 1996. Fish morphology, horizon of new research. Environmental Biology of Fishes, 51(2), 231-234.
- Sánchez-González J. R., Morcillo F., Ruiz-Legazpi J., Sanz-Ronda F.J. (2022) Fish morphology and passage through velocity barriers. Experience with northern straight-mouth nase (*Pseudochondrostoma duriense* Coelho, 1985) in an open channel flume Hydrobiologia (2022) 849:1351–1366 doi.org/10.1007/s10750-021-04712-9(0123456789(),-vol.V)
- Michel M.J., Chien H., Beachum C.E., Bennett M.G., Knouft J.H. Climate change, hydrology, and fish morphology: predictions using phenotype-environment associations Climatic Change (2017) volume 140, pages 563–576 .
- Carroll, A. M., Wainwright, P. C., Huskey, S. H., Collar, D. C., & Turingan, R. G. (2004). Morphology predicts suction feeding performance in centrarchid fishes. Journal of Experimental Biology, 207(22), 3873-3881. doi:10.1242/jeb.01227
- Волынкин, Ю.Л. (2008). Морфофизиологический статус как отражение адаптационных возможностей организма рыб. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.б.н. М., 2008. -С.41.
- Micklin, P. (2014). Efforts to revive the Aral Sea. In The Aral Sea (pp. 361-380). Springer, Berlin, Heidelberg. P. Micklin et al. (eds.), The Aral Sea, Springer Earth System Sciences, DOI 10.1007/978-3-642-02356-9_15
- Rzymiski, P., Klimaszuk, P., Niedzielski, P., Marszelewski, W., Borowiak, D., Nowiński, K., Baikenzheyeva A.G, Kurmanbayev R G, & Aladin, N. (2019). Pollution with trace elements and rare-earth metals in the lower course of Syr Darya River and Small Aral Sea, Kazakhstan. Chemosphere, 234, 81-88. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.036
- Plotnikov, I. S., Aladin, N. V., Ermakhanov, Z. K. & Zhakova, L. V. (2014b). The New Aquatic Biology of the Aral Sea // Part II, Chapter 6 / The Aral Sea / The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake Series: Springer Earth System Sciences, Vol. 10178 // Eds. Micklin, P., Aladin, N. V. & Plotnikov, I. Hardcover. XII. P. 137–170.
- Aladin, N., Chida, T., Cretaux, J.F., Ermakhanov, Z., Jolibekov, B., Karimov, B., Y. Kawabata, D. Keyser, J. Kubota, P. Micklin, N. Mingazova, I. Plotnikov & Toman, M. (2017). Current status of Lake Aral—challenges and future opportunities. In Lake Ecosystem Health and Its Resilience: Diversity and Risks of Extinction. Proc. Of the 16th World Lake Conf., At Bali, Indonesia (pp. 448-457).
- Ермаханов, З.К., Плотников, И.С., & Аладин, Н.В. (2013). Оценка биологического состояния популяций основных промысловых видов рыб Малого Аральского моря. Труды Зоологического института РАН, 317(S3), 105-112.
- Шарахметов, С.Е., Баракбаев, Т.П., & Адаев, Т.О. (2021). Efficiency of the Sonar Fish Protection Device at the Kokaral Dam of the Small Aral Sea. Central Asian Journal of Water Research, 7(1), 102-127. DOI: 10.29258/CAJWR/2021-R1.v7-1/102-127.rus
- Аладин, Н.В., Ермаханов, З.К., Миклин, Ф., & Плотников, И.С. (2017). Каким может быть будущее Аральского моря?. Природа, (9), 26-39.
- Шаян // Казахстан. Национальная энциклопедия. — Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2006. — Т. 5. — ISBN 9965-9908-5-9.
- Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Изд-во: академии наук СССР. Москва-Ленинград, 1949.- Часть 2. -С.459-925.

17. Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Митрофанов И.В., Солонинова Л.И. Род *Leuciscus* (Cuvier) Agassiz, 1817 – Елец// Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Наука. 1987. – т.2. – С.74-123.
18. Kottelat, M.; Freyhof, J. Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 2007; p.1-646.
19. Дукравец Г.М., Мамиллов Н.Ш., Митрофанов И.В. Рыбы Казахстана: аннотированный список, исправленный и дополненный// Selevinia. – 2016. Т.24. С.47-71.
20. Doadrio, I., Carmona, J.A. (2006). Phylogenetic overview of the genus *Squalius* (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Iberian Peninsula, with description of two new species. *Cybio* 30(3):199-214.
21. Froese, R., Pauly D.. Editors. (2022). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (06/2022). **Electronic version accessed 09 September 2022.**
22. Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & R. van der Laan (eds) (2022). Eschmeyer's catalog of fishes: Genera, Species, References. (www.researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp). **Electronic version accessed 09 September 2022.**
23. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб – М.: Пищевая промышленность. 1966. 376 с.
24. Барсуков, В. В., & Световидов, А. Н. (1966). Изменение длины и пропорций тела рыб при фиксации. *Вопр. ихтиологии*, 6(3), 486.
25. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
26. 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.
27. 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.
28. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
29. Sokal R.R., Rohlf F.J. Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. 4th edition. – W.H. Freeman and Company. New York. 2012. 921 p.
30. Rohlf F. J. 2004. NTSYSpc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 2.1. – 44p.
31. Никольский Г.В. Рыбы Таджикистана- М., Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1938. с.1-217.
32. Gammanpila, M., Amarasinghe, U.S., Wijeyaratne, M.J.S. (2017) Morphological correlates with diet of fish assemblages in brush park fisheries of tropical estuaries. *Environ Biol Fish* **100**, 1285–1299 (2017). doi.org/10.1007/s10641-017-0642-x,
33. Prado, A.V., Goulart, E., Pagotto, J. (2016). Ecomorphology and use of food resources: inter-and intraspecific relationships of fish fauna associated with macrophyte stands. *Neotropical Ichthyology*, 14. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20150140>
34. Blasina, G., Molina, J., Cazorla, A.L., de Astarloa, J.D. (2016). Relationship between ecomorphology and trophic segregation in four closely related sympatric fish species (Teleostei, Sciaenidae). *Comptes Rendus Biologies*, 339(11-12), 498-506. doi.org/10.1016/j.crvi.2016.07.003
35. Palmer A.R., Strobeck C. (1986) Fluctuating asymmetry: Measurement, analysis, patterns. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 17:75-86.

References

1. Aladin, N., Chida, T., Cretaux, J.F., Ermakhanov, Z., Jolibekov, B., Karimov, B., Y. Kawabata, D. Keyser, J. Kubota, P. Micklin, N. Mingazova, I. Plotnikov & Toman, M. (2017). Current status of Lake Aral—challenges and future opportunities. In *Lake Ecosystem Health and Its Resilience: Diversity and Risks of Extinction*. Proc. Of the 16th World Lake Conf., At Bali, Indonesia (pp. 448-457).
2. Aladin, N.V., Ermakhanov, Z.K., Miklin, F., & Plotnikov, I.S. (2017). Kakim mozhet byt' budushchee Aral'skogo morya?. *Priroda*, (9), 26-39.
3. Barsukov, V. V., & Svetovidov, A. N. (1966). Izmenenie dliny i proporcij tela ryb pri fiksacii. *Vopr. ihtologii*, 6(3), 486.
4. Berg L.S. Ryby presnyh vod SSSR i sopredel'nyh stran. Izd-vo: akademii nauk SSSR. Moskva-Leningrad, 1949.- Chast' 2. -S.459-925.
5. Blasina, G., Molina, J., Cazorla, A.L., de Astarloa, J.D. (2016). Relationship between ecomorphology and trophic segregation in four closely related sympatric fish species (Teleostei, Sciaenidae). *Comptes Rendus Biologies*, 339 (11-12), 498-506. doi.org/10.1016/j.crvi.2016.07.003
6. Carroll, A. M., Wainwright, P. C., Huskey, S. H., Collar, D. C., & Turingan, R. G. (2004). Morphology predicts suction feeding performance in centrarchid fishes. *Journal of Experimental Biology*, 207(22), 3873-3881. doi:10.1242/jeb.01227
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. Doadrio, I., Carmona, J.A. (2006). Phylogenetic overview of the genus *Squalius* (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Iberian Peninsula, with description of two new species. *Cybio* 30(3):199-214.
9. Дукравец Г.М., Мамиллов Н.Ш., Митрофанов И.В. Рыбы Казахстана: аннотированный список, исправленный и дополненный// Selevinia. – 2016. Т.24. С.47-71.
10. Ermakhanov, Z.K., Plotnikov, I.S., & Aladin, N.V. (2013). Ocenka biologicheskogo sostoyaniya populyacij osnovnyh promyslovyh vidov ryb Malogo Aral'skogo morya. *Trudy Zoologicheskogo instituta RAN*, 317(S3), 105-112.

11. Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & R. van der Laan (eds) (2022). Eschmeyer's catalog of fishes: Genera, Species, References. (www.researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp). **Electronic version accessed 09 September 2022.**
12. Froese, R., Pauly D.. Editors. (2022). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (06/2022). **Electronic version accessed 09 September 2022.**
13. Gammanpila, M., Amarasinghe, U.S., Wijeyaratne, M.J.S. (2017) Morphological correlates with diet of fish assemblages in brush park fisheries of tropical estuaries. *Environ Biol Fish* 100, 1285–1299 (2017). doi.org/10.1007/s10641-017-0642-x,
14. Gilmour, K. M. (1998). Morphology meets physiology. Datta Munshi, JS and HM Dutta (ed.) 1996. Fish morphology, horizon of new research. *Environmental Biology of Fishes*, 51(2), 231-234.
15. Helfman G.S., Collette B.B., Facey D.E., Bowen B.W. (2009) The diversity of fishes: Biology, Evolution and Ecology. 2nd edition. John Wiley & Sons. 720 p.
16. Kottelat, M.; Freyhof, J. Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 2007; p.1-646.
17. Lakin G.F. *Biometriya*. – M.: Vysshaya shkola, 1990. – 352 s.
18. Michel M.J., Chien H., Beachum C.E., Bennett M.G., Knouft J.H. Climate change, hydrology, and fish morphology: predictions using phenotype-environment associations *Climatic Change* (2017) volume 140, pages 563–576
19. Micklin, P. (2014). Efforts to revive the Aral Sea. In *The Aral Sea* (pp. 361-380). Springer, Berlin, Heidelberg. P. Micklin et al. (eds.), *The Aral Sea*, Springer Earth System Sciences, DOI 10.1007/978-3-642-02356-9_15
20. Mitrofanov V.P., Dukravec G.M., Mitrofanov I.V., Soloninova L.I. Rod *Leuciscus* (Cuvier) Agassiz, 1817 – Elec// Ryby Kazahstana. – Alma-Ata: Nauka. 1987. – t.2. – S.74-123.
21. Nelson J. S., Grande T. C., Wilson M. V. H. (2016) *Fishes of the World*. – John Wiley & Sons. 708p.
22. Nikol'skij G.V. Ryby Tadzhikistana- M., L.: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1938. s.1-217.
23. Palmer A.R., Strobeck C. (1986) Fluctuating asymmetry: Measurement, analysis, patterns. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 17:75-86.
24. Plotnikov, I. S., Aladin, N.V., Ermakhanov, Z.K. & Zhakova, L.V. (2014b). The New Aquatic Biology of the Aral Sea // Part II, Chapter 6 / The Aral Sea / The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake Series: Springer Earth System Sciences, Vol. 10178 // Eds. Micklin, P., Aladin, N.V. & Plotnikov, I. Hardcover. XII. P. 137–170.
25. Prado, A.V., Goulart, E., Pagotto, J. (2016). Ecomorphology and use of food resources: inter-and intraspecific relationships of fish fauna associated with macrophyte stands. *Neotropical Ichthyology*, 14. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20150140>
26. Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* – M.: Pishchevaya promyshlennost'. 1966. 376 s.
27. Reshetnikov YU.S., Popova O.A., Kashulin N.A., Lukin A.A., Amundsen P.-A., Staldivik F. Ocenka blagopoluchiya rybnj chasti vodnogo soobshchestva po rezul'tatam morfopatologicheskogo analiza ryb// *Uspekhi sovremennoj biologii*. 1999. – №2. – S.165-177.
28. Rohlf F. J. 2004. NTSYSpc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 2.1. – 44p.
29. Rzymiski, P., Klimaszyk, P., Niedzielski, P., Marszelewski, W., Borowiak, D., Nowiński, K., Baikenzheyeva A.G, Kurmanbayev R G, & Aladin, N. (2019). Pollution with trace elements and rare-earth metals in the lower course of Syr Darya River and Small Aral Sea, Kazakhstan. *Chemosphere*, 234, 81-88. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.036
30. Sánchez-González J. R., Morcillo F., Ruiz-Legazpi J., Sanz-Ronda F.J. (2022) Fish morphology and passage through velocity barriers. Experience with northern straight-mouth nase (*Pseudochondrostoma duriense* Coelho, 1985) in an open channel flume *Hydrobiologia* (2022) 849:1351–1366 [doi.org/10.1007/s10750-021-04712-9\(0123456789\),-vol.V](https://doi.org/10.1007/s10750-021-04712-9(0123456789),-vol.V)
31. Sharahmetov, S.E., Barakbaev, T.R., & Adaev, T.O. (2021). Efficiency of the Sonar Fish Protection Device at the Kokaral Dam of the Small Aral Sea. *Central Asian Journal of Water Research*, 7(1), 102-127. DOI: 10.29258/CAJWR/2021-R1.v7-1/102-127.rus
32. Shayan // *Kazahstan. Nacional'naya enciklopediya*. — Almaty: Kazak enciklopediyasy, 2006. — T. 5. — ISBN 9965-9908-5-9.
33. Sokal R.R., Rohlf F.J. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. 4th edition. – W.H. Freeman and Company. New York. 2012. 921 p.
34. Volynkin, YU.L. (2008). Morfofiziologicheskij status kak otrazhenie adaptacionnyh vozmozhnostej organizma ryb. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni d.b.n. M., 2008. -s.41.
35. Zaharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I., Valeckij A.V., Kryazheva N.G., Chistyakova E.K., Chubinishvili A.T. *Zdorov'e sredy: metodika ocenki* – M.: Centr ekologicheskoy politiki Rossii, 2000. – 68s.