

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ М.Д. РУЗСКОГО: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Научная статья
УДК 574.2
doi: 10.17223/19988591/67/6

Серебряный карась *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) в Чарвакском водохранилище Узбекистана: морфологическая и молекулярно-генетическая характеристика

Жахонгир Баходир угли Бойкобилов¹, Бахтиер Шухратович Адилов²,
Елена Александровна Интересова³, Сирожиддин Махмудович Намозов⁴,
Мансур Арзикулович Юлдашов⁵, Бахтияр Ганиевич Камилов⁶

^{1, 4} Институт зоологии Академии наук Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

² Институт генетики и экспериментальной биологии растений Академии наук
Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия

³ Новосибирский филиал ФГБНУ «ВНИРО», Новосибирск, Россия

⁵ Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент, Узбекистан

⁶ Филиал ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
в Ташкентской области Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

¹ jaha3522887@gmail.com

² <https://orcid.org/0009-0004-2148-307X>, bakhti.genetics@gmail.com

³ <https://orcid.org/0000-0002-1148-6283>, interesova@zapsib.vniro.ru

⁴ <https://orcid.org/0000-0001-8549-1846>, sirojiddin.namozov.90@mail.ru

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-1597-6132>, mansur.yuldashov.64@mail.ru

⁶ <https://orcid.org/0000-0002-9274-8635>, b.kam58@rambler.ru

Аннотация. Морфологическая изменчивость в ответ на особенности окружающей среды – важная способность чужеродных видов, повышающая их адаптивные возможности и способствующая натурализации в новых местах обитания. Серебряный карась *Carassius gibelio* – широко распространенный инвазивный вид. В низовьях Сырдарьи и Амударьи карась известен с IV тысячелетия до н.э., отмечен и в первой половине XX в. Однако численность его была не велика. В 1960-х гг. в водоемы Узбекистана, в результате целенаправленной интродукции из подмосковного рыбхоза «Саввино» и случайного завоза с молодькой растительноядных рыб с Дальнего Востока России, была вселена амурская форма данного вида, после чего началось ее несанкционированное расселение с посадочным материалом культурных карповых рыб. В 1970-х гг. серебряный карась попал в Чарвакское водохранилище. Анализ нуклеотидных последовательностей гена *cyt b* серебряного карася из данного водоема показал их сходство с образцами из верховьев р. Янцзы, Китай, что доказывает дальневосточное происхождение карася в этом водоеме. В нетипичных для серебряного карася условиях горного

холодноводного Чарвакского водохранилища, показатели его счетных признаков в целом соответствует особенностям вида в данной климатической зоне, а индексы пластических признаков как при традиционном морфологическом анализе, так и при анализе морфометрических дистанций согласно методу оценки «truss protocol», не имеют выраженных отличий от показателей серебряного карася, обитающего в равнинном водохранилище Тудакуль и в рыбоводных прудах рыбопитомника Научно-исследовательского института рыбного хозяйства Узбекистана. Вопрос о широте распространения амурской формы серебряного карася в регионе и о возможном сохранении аборигенной формы данного вида остается открытым и требует дальнейших исследований с использованием молекулярно-генетических методов.

Ключевые слова: серебряный карась, *Carassius gibelio*, чужеродные виды, интродуценты, морфология рыб, цитохром b, мтДНК, Чарвакское водохранилище, Узбекистан

Источник финансирования: настоящие исследования проведены в рамках выполнения проекта «Исследование популяционного фенотипического разнообразия и адаптационного потенциала гидробионтов для теоретического обоснования развития рыбного хозяйства Узбекистана» в Институте зоологии Академии наук Узбекистана и в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2020-0019).

Благодарности: авторы благодарны дирекции Института зоологии Академии наук Узбекистана за создание условий для выполнения запланированного объема работ.

Для цитирования Бойкобилов Ж.Б. угли, Адилов Б.Ш., Интересова Е.А., Намозов С.М., Юлдашов М.А., Камиллов Б.Г. Серебряный карась *Carassius gibelio* в Чарвакском водохранилище Узбекистана: морфологическая и молекулярно-генетическая характеристика // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2024. № 67. С. 71–87. doi: 10.17223/19988591/67/5

Prussian carp *Carassius gibelio* in the Charvak reservoir of Uzbekistan: morphological and molecular-genetic characteristics

Jakhongir B. Boykobilov¹, Bakhtiyor Sh. Adilov², Elena A. Interesova³, Sirojiddin M. Namozov⁴, Mansur A. Yuldashov⁵, Bakhtiyor G. Kamilov⁶

^{1,4} Institute of zoology, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan

² Institute of Genetics and Plant Experimental Biology, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan

³ National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

³ Novosibirsk Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Novosibirsk, Russian Federation

⁵ Tashkent State Agrarian University, Tashkent, Uzbekistan

⁶ Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Astrakhan State Technical University” in Tashkent region of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

¹ jaxa3522887@gmail.com

² <https://orcid.org/0009-0004-2148-307X>, bakhti.genetics@gmail.com

³ <https://orcid.org/0000-0002-1148-6283>, interesova@zapsib.vniro.ru

⁴ <https://orcid.org/0000-0001-8549-1846>, sirojiddin.namozov.90@mail.ru

⁵ <https://orcid.org/0000-0002-1597-6132>, mansur.yuldashov.64@mail.ru

⁶ <https://orcid.org/0000-0002-9274-8635>, b.kam58@rambler.ru

Summary. Morphological variability in response to environmental features is an important feature of alien species, increasing their adaptive capabilities and facilitating naturalization in new habitats. The prussian carp *Carassius gibelio* is currently very widespread in the world. Much of its current range is believed to be acquired as a result of human activity, with the prussian carp recognized as an invasive species capable of having a significant impact on recipient ecosystems. On the territory of Uzbekistan, prussian carp has been known in the lower reaches of the Syr-Darya and Amu-Darya since the 4th millennium BC, and was also recorded in the first half of the 20th century. However, its numbers were not large. In the 1960s, the Amur form of the prussian carp was introduced into the water bodies of Uzbekistan, as a result of a targeted introduction from the "Savvino" fish farm near Moscow and the accidental import of herbivorous fish with juveniles from the Russian Far East, after which its unauthorized resettlement began with planting material of cultivated cyprinids. In the 1970s, prussian carp found their way into the Charvak Reservoir. This is a mountain cold-water reservoir, formed on the Chirchik River (the right tributary of the Syrdarya River) and is located between the spurs of the Western Tien-Shan. With an area of only 37 km², it has a volume of about 2 km³ and a depth of more than 50 m. The reservoir is characterized by summer drawdown of the water level used for irrigation in the river valley Chirchik. This causes an almost complete absence of vegetation in the water area of the reservoir. Despite the atypical conditions, the prussian carp formed a self-sustaining population. There is none below the reservoir dam to the middle reaches of the Chirchik River. Indicators of counting characteristics of prussian carp in reservoir are D III-IV 17-19; A II 5-6; 26-30 (average 29) scales in the lateral line; on the first gill arch, 40-53 (on average 48) gill rakers and generally correspond to the characteristics in this climatic zone. Indices of plastic characteristics, both in traditional morphological analysis (see Table 1) and in the analysis of morphometric distances according to the "truss protocol" assessment method (see Table 2), do not have pronounced differences from the indicators of prussian carp living in a lowland reservoir Tudakul and in the fish ponds of the fish hatchery of the Research Institute of Fisheries of Uzbekistan.

Analysis of the nucleotide sequences of the *cyt b* gene of prussian carp from the Charvak reservoir showed their similarity with samples from the upper reaches of the Yangtze river, China (see Table 3), which proves Far Eastern origin of prussian carp in the Charvak reservoir. It is likely that it was the prussian carp, brought from the Far East, that ensured the growth in the number of the species in Uzbekistan. The question of the breadth of distribution of the Amur form of prussian carp in the region and the preservation of its native form currently remains open and requires further research using molecular genetic methods.

The article contains 2 Figures, 3 Tables and 30 References.

Keywords: prussian carp, *Carassius gibelio*, non-native species, biological invasions, fish morphology, cytochrome b, mtDNA, Charvak reservoir, Uzbekistan

Fundings: The study was performed out as part of the project "Study of the population phenotypic diversity and adaptive potential of aquatic organisms for the theoretical justification of the development of fisheries in Uzbekistan" at Institute of Zoology of Uzbekistan Academy of Sciences and it was performed within the framework of a state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. FSWM-2020-0019).

Acknowledgments: The authors are grateful to the directorate of the Institute of Zoology of the Academy of Sciences of Uzbekistan for creating conditions for the implementation of the planned scope of work.

For citation: Boykobilov JB, Adilov BSh, Interesova EA, Namozov SM, Yuldashov MA, Kamilov BG. Gibel carp *Carassius gibelio* in the Charvak reservoir of Uzbekistan: morphological and molecular-genetic characteristics. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2024;67:71-87. doi: 10.17223/19988591/67/5

Введение

Серебряный карась *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) – некрупный представитель сем. Cyprinidae, типичный обитатель различных стоячих водоемов и равнинных рек с развитой растительностью, иногда отмечаемый на участках рек с быстрым течением. Это относительно теплолюбивая рыба, предпочитающая неглубокие эвтрофные воды. В настоящее время серебряный карась очень широко распространен в мире [1]. Считают, что значительная часть его современного ареала является приобретенной в результате деятельности человека [2], при этом серебряный карась признан инвазивным видом, способным оказывать значительное влияние на реципиентные экосистемы путем воздействия на трофические сети, гибридизацию с аборигенными видами, приводя к снижению биоразнообразия [2–6]. На территории Узбекистана серебряный карась известен с IV тысячелетия до н.э. [7], обитал в низовьях Сырдарьи и в дельте Амударьи и в первой половине XX в. [8]. Однако численность его была не велика. В настоящее время вид относительно многочислен [9]. При этом известно, что в 1950-х гг. в пруды рыбхоза «Дамачи» Ташкентской области была завезена молодь серебряного карася из подмосковного рыбхоза «Саввино», где ранее были акклиматизированы караси, привезенные из водоемов в бассейне Амура. В начале 1960-х гг. молодь серебряного карася с Дальнего Востока России случайно была завезена с молодью белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* и белого амура *Ctenopharyngodon idella* в пруды Ташкентской области [10, 11]. В результате завезенный серебряный карась прижился, а эти рыбные хозяйства стали источником для его расселения по территории Узбекистана. С 1960-х гг. по настоящее время молодь серебряного карася из этих рыбхозов несанкционированно постоянно развозится с посадочным материалом культурных карповых рыб по всем прудовым хозяйствам, равнинным водохранилищам и озерам страны. В 1970-х гг. серебряный карась попал в Чарвакское водохранилище. Это горный холодноводный водоем, образован на реке Чирчик (правый приток р. Сырдарья) и расположен между отрогами Западного Тянь-Шаня. При площади всего в 37 км², имеет объем около 2 км³ и глубины более 50 м. Для водохранилища характерна летняя сработка уровня воды, расходуемой для ирригации в долине р. Чирчик. Это обуславливает практически полное отсутствие зарослей растительности по акватории водоема. Несмотря на нетипичные условия, серебряный карась прижился, образовав самовоспроизводящуюся популяцию. Ниже плотины водохранилища до среднего течения реки Чирчик его нет. Учитывая особенности приобретенного местообитания, для расширения представлений об адаптационных возможностях данного инвазивного вида, целью работы явилось описание морфологических особенностей серебряного карася в

Чарвакском водохранилище, а также определение нуклеотидной последовательности гена цитохрома *b* мтДНК для идентификации его происхождения

Материал и методы

Сбор материала. Материал собран весной 2022 г. на разных участках Чарвакского водохранилища ставными сетями с ячейей 16–55 мм (рис. 1). Видовая идентификация проведена по определителю рыб Узбекистана [11]. Видовое название указано согласно принятой международной классификации [1]. Общий объем материала составил 52 экз. рыб. У рыб отрезали фрагмент хвостового плавника и фиксировали в растворе DESS для последующего молекулярно-генетического анализа. Далее всех пойманных особей серебряного карася фиксировали в 4%-ном растворе формалина.



Рис. 1. Схема района исследований. Чарвакское водохранилище на реке Чирчик в Ташкентской области, Узбекистан (точками отмечены места лова)
[Fig. 1. The study area. Charvak reservoir on the Chirchik River in Tashkent region, Uzbekistan (dots mark fishing spots)]

Анализ морфологических признаков. Все собранные экземпляры были подвергнуты морфологическому анализу. В лабораторных условиях у рыб определяли общую и стандартную (до конца чешуйного покрова) длины

тела с точностью до 0,1 см, общую массу тела с точностью до 0,1 г. Просчитывали меристические признаки общепринятыми методами, а также измеряли пластические признаки согласно схеме промеров рыб семейства карповых [12]. На поверхности тела рыб выделили 10 ориентиров и сделали промеры согласно методу оценки «truss protocol» [13, 14] (рис. 2). Измерения приведены в виде: промер «2–4» означает расстояние между ориентирами 2 и 4. Все промеры делал один оператор. При обеих схемах промеров пластических признаков пересчитали измеряемые признаки в индексы, приведя их в процентах от стандартной длины каждой особи, а также показатели промеров головы – в процентах от длины головы.

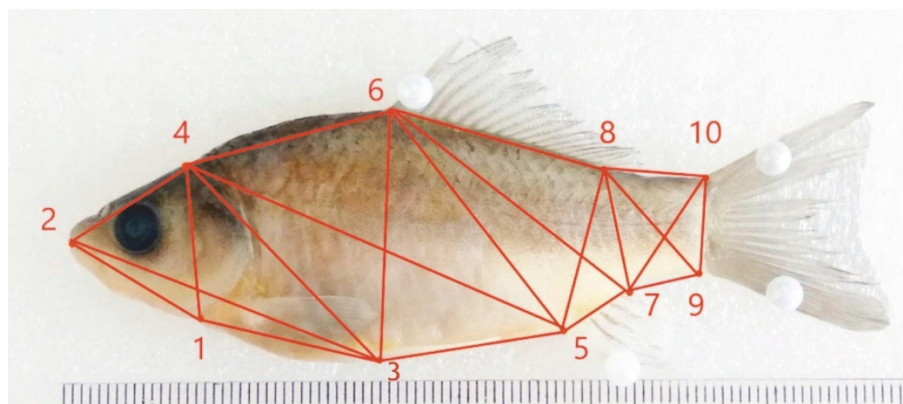


Рис. 2. Схема расположения ориентиров для оценки морфометрических дистанций «truss protocol»: 1 – нижний переход от головы к брюшной части (нижнее окончание черепа, нижняя точка жаберной крышки); 2 – передний конец рыла у верхней челюсти; 3 – нижняя кромка тела строго под основание первого луча брюшного плавника; 4 – самая задняя часть нейрокраниума (начало чешуйчатого затылка); 5 – основание первого луча анального плавника; 6 – основание первого луча спинного плавника; 7 – основание последнего луча анального плавника; 8 – основание последнего луча спинного плавника; 9 – нижнее начало хвостового плавника; 10 – верхнее начало хвостового плавника

[Fig. 2. Illustration of the arrangement of landmarks for the assessment of morphometric distances "truss protocol": 1 - lower transition from the head to the abdominal part (lower end of the skull, lower point of the gill cover); 2 - anterior tip of snout at upper jaw; 3 - lower edge of the body strictly under the base of the first ray of the pelvic fin; 4 - most posterior aspect of neurocranium (beginning of scaled nape); 5 - base of the first ray of the anal fin; 6 - base of the first ray of the dorsal fin; 7 - base of the last ray of the anal fin; 8 - base of the last ray of the dorsal fin; 9 - lower beginning of the caudal fin; 10 - upper beginning of the caudal fin]

Молекулярно-генетический анализ. Фиксацию тканей серебряного карася проводили в растворе DESS, содержащем ДМСО, 0,25 М этилендиаминтетраацетата натрия, насыщенный NaCl (pH 8,0) [15].

Выделение ДНК осуществляли с использованием набора для очистки геномной ДНК GeneJET (Thermo Fisher Scientific). Измерение количества и качества геномной ДНК проводили с помощью спектрофотометра NanoDrop Eight (Thermo Fisher Scientific, США), затем образцы ДНК хранили при -20°C до проведения ПЦР.

Участок гена цитохрома *b* мтДНК (далее – *cyt b*) амплифицировали с использованием праймеров *Cytb_F1* (5'-GAAGAACCACCGTTGTTATTC-3') и *Cytb_R1* (5'-ACCTCCRAYCTYCGGATTACA-3') [18, 19]. Для ПЦР использовали смесь реагентов для амплификации «Platinum™ Taq DNA Polymerase» (Thermo Fisher Scientific, США). ПЦР-смесь (25 мкл) содержала ДНК исследуемого образца (4 мкл), 14,9 мкл dd H₂O, 2,5 мкл 10хPCR-буфера, 0,75 мкл 50 mM MgCl₂, 0,5 мкл 10 mM смеси dNTP, 0,5 мкл 10 mM прямого праймера, 0,5 мкл 10 mM обратного праймера, 1,25 мкл удлинителя KB, 0,1 мкл ДНК-полимеразы Platinum Taq.

Для ПЦР использовали следующую программу термоциклирования: начальная денатурация (95°C, 10 мин), денатурация (94°C, 10 с), отжиг (55°C, 30 с), элонгация (72°C, 1 мин), 40 циклов, финальная элонгация (72°C, 5 мин).

Полученные продукты ПЦР исследовали методом гель-электрофореза с буфером 1хTBE (pH 8,3) в 2% агарозном геле с последующим окрашиванием геля раствором бромистого этидия (EtBr) 0,5 мкг/мл. Электрофорез проводили на системе горизонтального электрофореза СЭ-1 («Геликон», Россия) при напряжении 100 В в течение 100 минут. Продукты ПЦР визуализировали в УФ-свете и фотодокументировали с помощью гель-документирующей системы BK-AG100 (Biobase Kings Co., Ltd, Китай).

Для определения нуклеотидных последовательностей гена *cyt b* проводили секвенирование амплифицированных продуктов. Для этого фрагменты амплификации вырезали из агарозного геля и очищали с использованием набора PureLink™ Quick Gel Extraction Kit (Invitrogen, США) согласно методике производителя. Секвенирующие реакции выполняли с применением набора Big Dye® Terminator v 3.1 Cycle Sequencing Kit («Applied Biosystems», США) согласно методике производителя.

Реакция циклического секвенирования состояла из ddH₂O – 3,5 мкл, BigDye – 1 мкл, 5х буфера для секвенирования – 2 мкл, секвенирующего праймера – 0,5 мкл, очищенного ПЦР-продукта – 2 мкл. Для секвенирования использовали праймеры *Cytb_F1* и *Cytb_R1*.

Для реакции циклического секвенирования использовали следующую программу термоциклирования: начальная стадия денатурации 96°C 10 минут; затем денатурацию при 96°C в течение 10 с, отжиг при 55°C в течение 10 с и элонгацию при 60°C в течение 3 мин повторяли в течение 40 последовательных циклов.

Продукты реакции секвенирования очищали от флуоресцентно меченых терминаторных нуклеотидов с использованием набора Dynabeads Sequencing Clean-Up Kit (Applied Biosystems, США). Капиллярный электрофорез продуктов реакции секвенирования ДНК проводили на генетическом анализаторе Applied Biosystems 3500 (Thermo Fisher Scientific).

Компьютерную обработку данных, полученных в результате секвенирования, проводили с помощью программы SnapGene 5.3.1. Поиск близких нуклеотидных последовательностей был выполнен по базе данных GeneBank. Анализ сходства нуклеотидных последовательностей участка гена *cyt b* (процент перекрытия и процент сходства последовательностей)

проводили с использованием программы BLAST Национального центра биотехнологической информации США (NCBI) [16, 17].

Результаты

В выборке серебряного карася из Чарвакского водохранилища отмечены особи с общей длиной от 3,5 до 18,7 см, стандартной длиной 2,8–15,2 см, и общей массой 1–12 г.

Меристические признаки серебряного карася Чарвакского водохранилища следующие: D III-IV 17–19; A II 5-6; 26–30 (в среднем 29) чешуй в боковой линии; на первой жаберной дуге 40–53 (в среднем 48) жаберных тычинок.

Индексы пластических признаков серебряного карася по традиционной схеме промеров приведены в табл. 1. Индексы пластических показателей по промерам между выбранными ориентирами по поверхности формы тела («truss protocol») представлены в табл. 2.

Таблица 1 [Table 1]

**Пластические признаки серебряного карася *Carassius gibelio*
Чарвакского водохранилища, Узбекистан**
[Morphometric characteristics of the prussian carp *Carassius gibelio*
from the Charvak reservoir, Uzbekistan]

Признак [Morphometric characteristics]	Мин. [Minimum]	Макс. [Maximum]	Хсред [Average value]	Sx [Standard error]	Cv, % [Coefficient of variation]
В процентах от стандартной длины тела [As a percentage of standard length]					
Длина туловища [Body length]	66,1	78,3	73,95	1,81	6,0
Длина рыла [Snout length]	3,9	8,2	5,15	0,67	31,9
Диаметр глаза [Eye diameter]	4,8	6,4	5,56	0,26	11,6
Заглазничный отдел головы [Postorbital region of the head]	13,5	19,3	15,43	0,90	14,3
Длина головы [Head length]	21,2	33,6	25,92	1,84	17,4
Высота головы у затылка [Head height at the back of the head]	21,3	23,9	22,24	0,37	4,1
Наибольшая высота тела [Maximum body height]	35,9	38,3	37,40	0,43	2,8
Наименьшая высота тела [Minimum body height]	14,5	15,3	14,81	0,12	2,1
Антедорсальное расстояние [Antedorsal distance]	50,0	53,0	50,94	0,46	2,2
Постдорсальное расстояние [Postdorsal distance]	18,2	23,7	21,60	0,76	8,6
Длина хвостового стебля [Caudal peduncle length]	14,4	18,9	16,83	0,60	8,7
Длина основания спинного плавника [Base length dorsal fin]	33,8	35,9	34,91	0,39	2,8

Признак [Morphometric characteristics]	Мин. [Minimum]	Макс. [Maximum]	Х _{сред} [Average value]	S _x [Standard error]	C _v , % [Coefficient of variation]
Наибольшая высота спинного плавника [Highest height dorsal fin]	15,8	20,9	19,32	0,79	10,1
Длина основания анального плавника [Base length anal fin]	8,0	11,0	9,82	0,49	12,2
Наибольшая высота анального плавника [Highest height anal fin]	13,2	15,4	14,72	0,36	5,9
Длина грудного плав- ника [Length pectoral fin]	17,2	20,6	18,73	0,49	6,4
Длина брюшного плавника [Length ventral fin]	17,3	19,4	18,62	0,33	4,4
Расстояние между грудным и брюшным плавниками [Pectoral - ventral fins distance]	21,7	26,0	23,51	0,58	6,0
Расстояние между брюшным и анальным плавниками [Ventral - anal fins distance]	26,5	30,4	28,17	0,51	4,4
В процентах от длины головы [As a percentage of head length]					
Длина рыла [Snout length]	15,6	25,1	21,37	0,69	12,4
Диаметр глаза [Eye diameter]	18,7	33,5	25,15	0,98	15,1
Заглазничный отдел головы [Postorbital region of the head]	48,2	66,4	54,61	1,35	9,6
Высота головы у затылка [Head height at the back of the head]	97,7	104,6	100,69	0,44	1,7

Таблица 2 [Table 2]

**Морфометрические дистанции «truss protocol» (в процентах
от стандартной длины тела) серебряного карася *Carassius gibelio*
Чарвакского водохранилища, Узбекистан
[Morphometric distances (as a percentage of standard length) of the prussian carp
Carassius gibelio from the Charvak reservoir, Uzbekistan]**

Расстояние между ориентирами [Morphometric characteristics]	Мин [Minimum]	Макс [Maximum]	Х _{сред} [Mean]	S _x [Standard error]	C _v , % [Coefficient of variation]
2–4	17,9	26,4	21,18	0,53	9,7
4–6	26,1	33,0	31,20	0,43	5,3
6–8	33,7	36,5	34,85	0,22	2,5
8–10	13,2	20,2	17,33	0,49	10,9
9–10	13,6	16,1	14,54	0,17	4,6
7–9	9,5	14,7	12,30	0,43	13,5
5–7	8,7	14,7	11,13	0,43	14,8
3–5	19,9	30,1	27,25	0,68	9,7
2–3	47,1	56,2	50,39	0,62	4,8

Расстояние между ориентирами [Morphometric characteristics]	Мин [Minimum]	Макс [Maximum]	Х _{сред} [Mean]	S _x [Standard error]	C _v , % [Coefficient of variation]
1–2	16,3	25,7	21,33	0,70	12,6
1–4	22,1	27,2	23,85	0,38	6,2
1–3	26,2	33,4	29,87	0,52	6,7
3–4	39,9	46,3	42,11	0,40	3,7
5–6	41,6	48,1	44,43	0,47	4,1
7–8	17,9	23,8	20,38	0,54	10,2
4–5	58,6	66,9	63,28	0,53	3,3
3–6	35,2	39,5	37,46	0,35	3,7
6–7	45,0	51,4	47,72	0,44	3,6
5–8	23,9	28,0	25,70	0,37	5,6
7–10	18,6	23,2	20,87	0,39	7,2
8–9	20,9	29,0	24,32	0,59	9,4

Таблица 3 [Table 3]

Результаты Blast-анализа секвенированных участков гена *cyt b* серебряного карася *Carassius gibelio* Чарвакского водохранилища, Узбекистан
[Results of Blast-analysis of sequenced gene *cyt b* of the prussian carp *Carassius gibelio* from the Charvak reservoir, Uzbekistan]

Название образца серебряного карася Чарвакского водохранилища в коллекции [Name of the specimen in the collection]	Название наиболее близкородственного образца серебряного карася [The name of the most closely related specimen of prussian carp]	Идентификационный номер (ID) нуклеотидной последовательности гена <i>cyt b</i> наиболее близкородственного о образца серебряного карася [Identification number (ID) of the nucleotide sequence of the <i>cyt b</i> of the most closely related specimen of the prussian carp]	Страна происхождения и ареал наиболее близкородственного изолята карася [Country of origin and range of the most closely related isolate of prussian carp]	Процент сходства [Percentage of similarity]
Чирчик-3 [Chirchik-3]	CQBP2	KU668573.1	Китай, верховья реки Янцзы [China, upper Yangtze River]	100
Чирчик-4 [Chirchik-4]	fb58	LC337604.1	Китай, верховья реки Янцзы [China, upper Yangtze River]	99,83
Чирчик-5 [Chirchik-5]	CQBP2	KU668573.1	Китай, верховья реки Янцзы [China, upper Yangtze River]	99,43
Чирчик-6 [Chirchik-6]	CQFJ4	KU668579.1	Китай, верховья реки Янцзы [China, upper Yangtze River]	99,65

В результате амплификации участка гена *cyt b* были получены ПЦР продукты ожидаемого размера 1133 б.р. (координаты секвенированного ампликона на референсном митохондриальном геноме: 15305–16437 б.р., координаты гена *cyt b* на референсном митохондриальном геноме: 15298–16438) во всех исследованных образцах. Анализ нуклеотидных последовательностей серебряного карася из Чарвакского водохранилища показал их сходство с образцами из верховьев р. Янцзы, Китай (табл. 3).

Обсуждение

Результаты молекулярно-генетического анализа серебряного карася из Чарвакского водохранилища свидетельствуют, что в этот водоем была вселена амурская форма данного вида. Вероятно, именно карась, завезенный с Дальнего Востока, обеспечил рост его численности на территории Узбекистана. Аналогичное увеличение численности серебряного карася, обусловленное замещением автохтонной формы вида интродуцированной амурской, в настоящее время происходит в разнотипных водоемах Понто-Каспийского региона [20–22], и в Сибири [23]. Вопрос о широте распространения амурской формы серебряного карася на территории Узбекистана и сохранении его аборигенной формы в настоящее время остается открытым и требует дальнейших исследований с использованием молекулярно-генетических методов.

Морфологическая изменчивость в ответ на особенности окружающей среды – важная способность чужеродных видов, повышающая их адаптивные возможности и способствующая натурализации в новых местах обитания [24, 25]. Чарвакское водохранилище – горный, глубокий, холодноводный водоем, сильно отличается по условиям среды от неглубоких эвтрофных прудов и озер, типичных местообитаний серебряного карася. Однако в этих условиях показатели его счетных признаков в целом соответствует особенностям вида в данной климатической зоне [26–29]. По сравнению с ранее исследованными серебряными карасями из равнинного водохранилища Тудакуль [29], карась из Чарвакского водохранилища имеет на 1,6–3,0% большие относительные размеры головы (за исключением высоты головы на уровне затылка), на 8,8% большую высоту спинного плавника, но на 7,1% меньшую длину его основания и на 2,9% меньшую длину основания анального плавника. По сравнению с карасем из равнинных рыбоводных прудов рыбопитомника Научно-исследовательского института рыбного хозяйства Узбекистана [30], карась Чарвакского водохранилища имеет на 0,1–3,4% меньшие относительные размеры головы, на 6,5% большее постдорсальное расстояние, на 5,5% меньшую высоту анального плавника, на 3,5% меньше длину основания спинного плавника. Практически две трети индексов пластических признаков серебряного карася Чарвакского водохранилища характеризуются невысокой изменчивостью (C_v менее 10%). Большая часть индексов имеет даже меньший коэффициент вариации (за исключением длины тела, длины рыла, заглазничного отдела головы, длины основания анального плавника), чем в рыбоводных прудах на равнине [30].

Анализ изменчивости индексов морфологических дистанций в рамках «truss protocol» показал, что коэффициент вариации этих показателей у карася Чарвакского водохранилища несколько выше, чем в равнинных водоемах – C_v более 10% отмечен у 23,8% анализируемых дистанций, тогда как у карася в прудах рыбоводника Научно-исследовательского института рыбного хозяйства Узбекистана [30] – только у 14,3%, что может быть связано с разным возрастным составом выборок.

Заключение

В 1960-х гг. в водоемы Узбекистана был вселена амурская форма серебряного карася. Известно два вектора инвазии – целенаправленная интродукция из подмосковного рыбхоза «Саввино» и случайный завоз с молодью растительноядных рыб с Дальнего Востока России. Анализ нуклеотидных последовательностей гена *cyt b* серебряного карася Чарвакского водохранилища показал его сходство с образцами из верховьев р. Янцзы, Китай, что доказывает дальневосточное происхождение карася в этом водоеме. Возможно, рост численности данного вида на территории Узбекистана связан с распространением его амурской формы, однако этот вопрос требует дальнейшего изучения с использованием молекулярно-генетических методов.

В нетипичных для серебряного карася условиях горного холодноводного Чарвакского водохранилища, показатели его счетных признаков в целом соответствуют особенностям вида в данной климатической зоне, а индексы пластических как при традиционном морфологическом анализе, так и при анализе морфометрических дистанций согласно методу оценки «truss protocol», не имеют выраженных отличий от показателей серебряного карася, обитающего в равнинном водохранилище Тудакуль и в рыбоводных прудах рыбоводника Научно-исследовательского института рыбного хозяйства Узбекистана.

Список источников

1. Froese R.D. Pauly D. Eds. Fish Base. World Wide Web electronic publication. (02/2023). URL: www.fishbase.org/ (дата обращения: 10.07.2024).
2. Tarkan A., Copp G.H., Top N., Özdemir N., Önsoy B., Bilge G., Filiz H., Yapici S., Ekmekçi F.G., Kirankaya Ş. G., Emiroğlu Ö., Gaygusuz Ö., Gürsoy Gaygusuz Ç., Oymak A., Özcan G., Saç G. Are introduced gibel carp *Carassius gibelio* in Turkey more invasive in artificial than in natural waters? // Fisheries Management and Ecology. 2012. № 19. PP. 178–187. doi: 10.1111/j.1365-2400.2011.00841.x
3. Docherty C., Ruppert J., Rudolfsen T., Hamann A., Poesch M. S. Assessing the spread and potential impact of Prussian Carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) to freshwater fishes in western North America // BioInvasions Records. 2017. Vol. 6, № 3. PP. 291–296. doi: 10.3391/bir.2017.6.3.15
4. Ruppert J.L.W., Docherty C., Neufeld, K., Hamilton K., MacPherson L., Poesch M.S. Native freshwater species get out of the way: Prussian carp (*Carassius gibelio*) impacts both fish and benthic invertebrate communities in North America // Royal Society Open Science. 2017. № 4. 170400. doi: 10.1098/rsos.170400
5. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / под ред. Ю.Ю. Дребудзе, В.Ш. Петросян, Л.А. Хляп. М. : Тов-во научных изданий КМК, 2018. 688 с.

6. Vilizzi L., Copp G. H., Hill J., Adamovich B. et al. A global-scale screening of non-native aquatic organisms to identify potentially invasive species under current and future climate conditions // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 788, № 147868. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147868
7. Цепкин Е.А. Промысловая ихтиология низовьев Амурь в эпоху неолита // Бюл. Моск. Об-ва испытателей природы. Отд. Биол. 1988. Т. 93, вып. 4. С. 51–56.
8. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Ч. 2. М. ; Л. : Изд-во Академии наук СССР, 1949. 232 с.
9. Юлдашов М.А., Камиллов Б.Г. Результаты интродукций чужеродных видов рыб в водоемы Узбекистана // Научные труды Дальрыбвтуза. 2018. Т. 44 (1). С. 40–48.
10. Камиллов Г.К. Рыбы и биологические основы рыбохозяйственного освоения водохранилищ Узбекистана. Ташкент : Фан, 1973. 220 с.
11. Салихов Т.В., Камиллов Б.Г., Атаджанов А.К. Рыбы Узбекистана (определитель). Ташкент : Chinor ENK, 2001. 152 с.
12. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М. : Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
13. Strauss R.E., Bookstein F.L. The truss: body form reconstruction in morphometrics // Syst. Zool. 1982. № 31 (2). PP. 113–135.
14. Strauss R.E., Bond C.E. Taxonomic Methods: Morphology. Chapter 4 // Methods for fish bi-ology, C. B. Schreck; P. B. Moyle editors, Bethesda, USA : American Fisheries Society, 1990. PP. 109–140.
15. Yoder M., Tandingan de Ley I., King I. W., Mundo-Ocampo M., Mann J., Blaxter M., Poiras L., De Ley P. DESS: a versatile solution for preserving morphology and extractable DNA of nematodes // Nematology. 2006. Vol. 8 (3). PP. 367–376.
16. Altschul S F., Gish W., Miller W., Myers E.W., Lipman D.J. Basic local alignment search tool // J Mol Biol. 1990. Vol. 215 (3). PP. 403–410. doi: 10.1016/S0022-2836(05)80360-2
17. National Library of Medicine. Available at: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> (accessed: 03.06.2024).
18. Klechťová V., Bohlen J., Freyhof J., Ráb P. Molecular phylogeny of the Southeast Asian freshwater fish family Botiidae (Teleostei: Cobitoidea) and the origin of polyploidy in their evolution // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2006. № 39. PP. 529–541.
19. Knytl M., Kalous L., Symonová R., Rylková K., Ráb P. Chromosome Studies of European Cyprinid Fishes: Cross-Species Painting Reveals Natural Allotetraploid Origin of a Carassius Female with 206 Chromosomes // Cytogenet Genome Res. 2013. № 139. PP. 276–283. doi: 10.1159/000350689
20. Куцоконь Ю.К. Распространение и морфобиологические особенности чужеродных видов рыб в бассейне р. Рось (приток р. Днепр) // Российский Журнал Биологических Инвазий. 2010. № 1. С. 19–29.
21. Вехов Д.А. Некоторые проблемные вопросы биологии серебряного карася *Carassius auratus* lato // Науч.-техн. бюл. лаб. ихтиологии ИНЭНКО. 2013. Вып. 19. С. 5–38.
22. Герасимов Ю.В. Смирнов А.К., Кодухова Ю.В. Оценка возможных причин изменений численности и половой структуры в популяциях серебряного карася (*Carassius auratus gibelio* Bloch., 1783) // Биология внутренних вод. 2018. № 1. С. 70–79. doi: 10.7868/S0320965218010096
23. Побединцева М.А., Решетникова С.Н., Сердюкова Н.А., Бишани А., Трифонов В.А., Интересова Е.А. Генетическая гетерогенность серебряного карася *Carassius gibelio* (Cyprinidae) в бассейне Средней Оби // Генетика. 2021. Т. 57, № 4. С. 429–436. doi: 10.31857/S0016675821040111
24. Yavno S., Fox M.G. Morphological change and phenotypic plasticity in native and non-native pumpkinseed sunfish in response to sustained water velocities // Journal of Evolutionary Biology. 2013. № 26. PP. 2383–2395. doi: 10.1111/jeb.12230
25. Rolla M., Consuegra S., de Leaniz C.G. Trophic plasticity of the highly invasive Topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) inferred from stable isotope analysis // Frontiers in Ecology and Evolution. 2020. № 8. P. 212. doi: 10.3389/fevo.2020.00212

26. Рыбы Казахстана : в 5 т. Т. 3: Карповые (продолжение) / В.П. Митрофанов, Г.М. Дукравец, В.А. Мельников, А.А. Баимбетов и др. Алма-Ата : Наука, 1988. 304 с.
27. Мамедов Т.М., Кулиев З.М., Смирнов А.И., Ткаченко В.А. Биологические и экологические особенности караса серебряного *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) Нахичеванского водохранилища // Рибогосподарська наука України. 2009. № 3. С. 61–67.
28. Yerli S.V., Mangit F., Emiroğlu Ö., Yeğen V., Uysal R., Ünlü E., Alp A., Buhan E., Yıldırım T., Zengin M. Distribution of Invasive *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) (Teleostei: Cyprinidae) in Turkey // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2014. № 14. PP. 581–590.
29. Hakimova R., Yuldashov M., Kamilov B., Ummatova M.E. Morphology, age and growth of prussian carp (*Carassius gibelio*) in tudakul reservoir in Uzbekistan // Acad. Sci. Repos. 2023. Vol. 4, № 5. С. 74–81.
30. Khalimova N.T., Kanatbaeva T.S., Ummatova M.E. et al. Morphological characteristics of carp (*Carassius gibelio*) in the conditions of pond fish farming in Uzbekistan // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1142, № 1. P. 012072. doi: 10.1088/1755-1315/1142/1/012072

References

1. Froese RD, Pauly D. Eds. Fish Base. World Wide Web electronic publication (02/2023). [Electronic resource]. Available at: <https://www.fishbase.se/summary/Carassius-carassius.html> (accessed: 10.07.2024).
2. Tarkan AS, Copp GH, Top N, Özdemir N, Önsoy B, Bilge G, Filiz H, Yapici S, Ekmekçi FG, Kirankaya ŞG, Emiroğlu Ö, Gaygusuz Ö, Gürsoy Gaygusuz Ç, Oymak A, Özcan G, Saç G. Are introduced gibel carp *Carassius gibelio* in Turkey more invasive in artificial than in natural waters? *Fisheries Management and Ecology*. 2012;19:178-187. doi: 10.1111/j.1365-2400.2011.00841.x
3. Docherty C, Ruppert J, Rudolfsen T, Hamann A, Poesch MS. Assessing the spread and potential impact of Prussian Carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) to freshwater fishes in western North America. *BiolInvasions Records*. 2017;6(3):291-296. doi: 10.3391/bir.2017.6.3.15
4. Ruppert JLW, Docherty C, Neufeld K, Hamilton K, MacPherson L, Poesch MS. Native freshwater species get out of the way: Prussian carp (*Carassius gibelio*) impacts both fish and benthic invertebrate communities in North America. *Royal Society Open Science*. 2017;4:170400. doi: 10.1098/rsos.170400
5. Samye opasnye invazionnye vidy Rossii (TOP-100) [The most dangerous invasive species in Russia (TOP-100)]. Ed. Dgebuadze YuYu, Petrosyan VSh, Khlyap LA. Moscow: Scientific Publications Company KMK; 2018. 688 p. In Russian
6. Vilizzi L, Copp GH, Hill J, Adamovich B. et al. A global-scale screening of non-native aquatic organisms to identify potentially invasive species under current and future climate conditions. *Science of The Total Environment*. 2021;788:147868. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147868
7. Cepkin EA. Promyslovaja ihtologija nizov'ev Amudar'i v jepohu neolita [Commercial ichthyology of the lower reaches of the Amu Darya in the Neolithic era]. *Bjul. Mosk. Ob-va ispytatelej prirody. Otd. Biol*. 1988;93(4):51-56. In Russian
8. Berg LS. Ryby presnyh vod SSSR i sopredel'nyh stran [Freshwater fishes of the USSR and adjacent countries]. Ch. 2., Moscow - Leningrad: Publishing house of the USSR Academy of Sciences; 1949. 232 p. In Russian
9. Yuldashov MA, Kamilov BG. Rezultaty introdukcij chuzherodnyh vidov ryb v vodoemy Uzbekistana [Results of introductions of alien fish species into water bodies of Uzbekistan]. *Scientific works of Dalrybvtuza*. 2018;44(1):40-48. In Russian
10. Kamilov GK. Ryby i biologicheskie osnovy rybohoz'jajstvennogo osvoenija vodohranilishh Uzbekistana [Fish and biological bases of fisheries development of reservoirs of Uzbekistan]. Tashkent: Publishing house Fan; 1973. 220 p. In Russian

11. Salikhov TV, Kamilov BG, Atadzhanov AK. Ryby Uzbekistana (opredelitel') [Fishes of Uzbekistan (identification)]. Tashkent: Chinor ENK; 2001. 152 p. In Russian
12. Pravdin IF. Rukovodstvo po izucheniju ryb (preimushhestvenno presnovodnyh) [Guide to the Study of Fish (Mainly Freshwater)]. Moscow: Food Industry, 1966. 376 p. In Russian
13. Strauss RE, Bookstein FL. The truss: body form reconstruction in morphometrics. *Syst. Zool.* 1982;31(2):113-135.
14. Strauss RE., Bond CE. Taxonomic Methods: Morphology. Chapter 4. In: Methods for fish biology. CB Schreck; PB Moyle editors, Bethesda, USA: American Fisheries Society, 1990.109-140 p.
15. Yoder M, Tandingan de Ley I, King IW, Mundo-Ocampo M, Mann J, Blaxter M, Poiras L, De Ley P. DESS: a versatile solution for preserving morphology and extractable DNA of nematodes. *Nematology.* 2006;8(3):367-376.
16. Altschul SF, Gish W, Miller W, Myers EW, Lipman DJ. Basic local alignment search tool. *J Mol Biol.* 1990;215(3):403-10. doi: 10.1016/S0022-2836(05)80360-2
17. National Library of Medicine. [Electronic resource]. Available at: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> (accessed: 03.06.2024).
18. Klechtová V, Bohlen J, Freyhof J, Ráb P. Molecular phylogeny of the Southeast Asian freshwater Wsh family Botiidae (Teleostei: Cobitoidea) and the origin of polyploidy in their evolution. *Molecular Phylogenetics and Evolution.* 2006;39:529-541.
19. Knytl M, Kalous L, Symonová R, Rylková K, Ráb P. Chromosome Studies of European Cyprinid Fishes: Cross-Species Painting Reveals Natural Allotetraploid Origin of a Carassius Female with 206 Chromosomes. *Cytogenet Genome Res.* 2013;139:276-283. doi: 10.1159/000350689
20. Kutsokon YuK. Rasprostranenie i morfobiologicheskie osobennosti chuzherodnyh vidov ryb v bassejne r. Ros' (pritok r. Dnepr) [Distribution and morphobiological features of alien fish species in the Ros River basin (a tributary of the Dnieper River)]. *Russian Journal of Biological Invasions.* 2010;1:19-29. In Russian
21. Vekhov DA. Nekotorye problemnye voprosy biologii serebrjanogo karasja *Sarassius auratus lato* [Some problematic issues of biology of the silver carp *Carassius auratus lato*]. *Scientific and technical bulletin of the ichthyology laboratory of INENKO.* 2013;19:5-38. In Russian
22. Gerasimov YV, Smirnov AK, Kodukhova YV. Assessment of Possible Causes of Changes in Abundance and Sexual Structure in Populations of Prussian Carp (*Carassius auratus gibelio* Bloch., 1783). *Inland Water Biology.* 2018;11(1):72-80. doi: 10.1134/S199508291704006X.
23. Pobedintseva MA, Reshetnikova SN, Serdyukova NA, Bishani A, Trifonov VA, Interestova EA. Genetic Diversity of the Prussian Carp *Carassius gibelio* (Cyprinidae). *Russian Journal of Genetics.* 2021;57(4):446-452. doi: 10.1134/S1022795421040116
24. Yavno S, Fox MG. Morphological change and phenotypic plasticity in native and non-native pumpkinseed sunfish in response to sustained water velocities. *Journal of Evolutionary Biology.* 2013;26:2383-2395. doi: 10.1111/jeb.12230
25. Rolla M, Consuegra S, de Leaniz CG. Trophic plasticity of the highly invasive Topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) inferred from stable isotope analysis. *Frontiers in Ecology and Evolution.* 2020;8:212. doi: 10.3389/fevo.2020.00212
26. Ryby Kazahstana [Fishes of Kazakhstan]: In 5 volumes. Volume 3: Cyprinidae (continued). Alma-Ata: Nauka; 1988. 304 p. In Russian
27. Mamedov TM, Kuliev ZM, Smirnov AI., Tkachenko VA. Biologicheskie i jekologicheskie osobennosti karasja serebristogo *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) Nahichevanskogo vodohranilishha [Biological and ecological features of the silver crucian carp *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) of the Nakhichevan Reservoir]. *Fishery and State Science of Ukraine.* 2009;3:61-67. In Ukrainian
28. Yerli SV, Mangit F, Emiroğlu Ö, Yeğen V, Uysal R, Ünlü E, Alp A, Buhan E, Yıldırım T, Zengin M. Distribution of Invasive *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) (Teleostei: Cyprinidae) in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 2014;14:581-590.

29. Hakimova R, Yuldashov M, Kamilov B, Ummatova ME. Morphology, age and growth of prussian carp (*Carassius gibelio*) in tudakul reservoir in Uzbekistan. *Acad. Sci. Repos.* 2023;4(5):74-81.
30. Khalimova NT, Kanatbaeva TS, Ummatova ME. et al. Morphological characteristics of carp (*Carassius Gibelio*) in the conditions of pond fish farming in Uzbekistan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023;1142(1): 012072. doi: 10.1088/1755-1315/1142/1/012072

Информация об авторах:

Бойкобилов Жахонгир Баходир угли, лаборант лаборатории Ихтиологии и гидробиологии Института зоологии Академии наук Узбекистана (Ташкент, Узбекистан).

E-mail: jaxa3522887@gmail.com

Адилов Бахтияр Шухратович, д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета растений Института генетики и экспериментальной биологии растений Академии наук Узбекистана (Ташкент, Узбекистан).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2148-307X>

E-mail: bakhti.genetics@gmail.com

Интересова Елена Александровна, доцент, д-р биол. наук, главный научный сотрудник лаборатории ихтиологии Новосибирского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ЗапСибНИРО») (Новосибирск, Россия); профессор кафедры ихтиологии и гидробиологии Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (Томск, Россия).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1148-6283>

E-mail: interesovaea@yandex.ru

Намозов Сирожддин Махмудович, младший научный сотрудник лаборатории Ихтиологии и гидробиологии Института зоологии Академии Наук Узбекистана (Ташкент, Узбекистан).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8549-1846>

E-mail: sirojiddin.namozov.90@mail.ru

Юлдашов Мансур Арзикулович, д-р биол. наук, профессор кафедры общей зоотехнии и ветеринарии Ташкентского государственного аграрного университета (Ташкент, Узбекистан).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1597-6132>

E-mail: mansur.yuldashov64@mail.ru

Камилов Бахтияр Ганиевич, д-р биол. наук, профессор кафедры водных биоресурсов и технологий Фила ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» в Ташкентской области Республики Узбекистан (Ташкент, Узбекистан).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9274-8635>,

E-mail: b.kam58@rambler.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Jakhongir B. Boykobilov, Laboratory Assistant, Laboratory of Ichthyology and Hydrobiology, Institute of Zoology, Uzbekistan Academy of Sciences (Tashkent, Uzbekistan)

E-mail: jaxa3522887@gmail.com

Bakhtiyor Sh. Adilov, Doctor of Biology Sciences, Leading researcher of Laboratory of plant immunity of Institute of Genetics and Plant Experimental Biology, Uzbekistan Academy of Sciences (Tashkent, Uzbekistan)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2148-307X>,

E-mail: bakhti.genetics@gmail.com

Elena A. Interesova, Doctor of Biology Sciences, Chief Researcher of the Ichthyology Laboratory, Novosibirsk Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography ("ZapSibNIRO") (Novosibirsk, Russia); Prof., Department of Ichthyology and

Hydrobiology, Institute of Biology of the National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1148-6283>

E-mail: interesovaea@yandex.ru

Sirojiddin M. Namozov, Junior Researcher, Laboratory of Ichthyology and Hydrobiology, Institute of Zoology, Uzbekistan Academy of Sciences (Tashkent, Uzbekistan)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8549-1846>

E-mail: sirojiddin.namozov.90@mail.ru

Mansur A. Yuldashov, Doctor of Biology Sciences, Professor of the Department of General Animal Science and Veterinary Medicine, Tashkent State Agrarian University (Tashkent, Uzbekistan).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1597-6132>

E-mail: mansur.yuldashov64@mail.ru

Bakhtiyar G. Kamilov, Doctor of Biology Sciences, Professor of the Department of "Aquatic bioresources and technologies", Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State Technical University" in Tashkent region of the Republic of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9274-8635>

E-mail: b.kam58@rambler.ru

The Authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 25.07.2024;
одобрена после рецензирования 20.08.2024; принята к публикации 05.09.2024.*

*The article was submitted 25.07.2024;
approved after reviewing 20.08.2024; accepted for publication 05.09.2024*