



УДК 597.554.3:639.3.045(476)

Поступила в редакцию 29.11.2021

<https://doi.org/10.47612/978-985-880-000000-0-2022-37-215-228>

Received 29.11.2021

А.С. Полетаев, Е.С. Гайдученко, В.К. Ризевский, А.В. Лещенко*Научно-практический центр по биоресурсам,
Национальная академия наук Беларусь, Минск, Беларусь*

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРАСЯ СЕРЕБРЯНОГО ОЗЕРА ЧЕРВОНОЕ

Аннотация: Озеро Червоное (Житковичский р-н Гомельской обл.) является одним из водоёмов, послуживших центрами распространения карася серебряного на территории Беларуси в ходе его акклиматизации. По литературным данным, популяция карася серебряного в данном водоёме была представлена однополой гиногенетической формой. Наши исследования показывают, что за время обитания карася серебряного в оз. Червоное репродуктивная биология данной популяции претерпела кардинальные изменения, приведшие к переходу от гиногенетического к амфимиктическому типу размножения. На сегодняшний день популяция карася серебряного оз. Червоное представлена диплоидной обоеполой амфимиктической формой. Соотношение полов в популяции составляет $1\varphi:1,14\delta$. Наблюдаемые значения меристических признаков типичны для рыб комплекса *C. auratus s. lato*, наибольшее сходство наблюдается с *C. gibelio*. Кариотип составляет 100 хромосом, что типично для диплоидной формы карася серебряного. Причинами смены типа воспроизводства популяции карася серебряного оз. Червоное являются невозможность существования гиногенетической популяции в отсутствие потенциальных доноров сперматозоидов и регулярные зимние заморы в данном водоёме, обеспечивающие эволюционное преимущество амфимиктического размножения. Меристическая характеристика карася серебряного оз. Червоное, в отличие от организации кариотипа, не претерпела изменений за время существования данной популяции. Генетической основой перехода, по всей видимости, стало постепенное увеличение доли диплоидных особей в результате действия естественного отбора, не затронувшее свойственной для данной популяции морфологии особей.

Ключевые слова: ихтиология, карась серебряный, размножение, гигиенез, кариотип, половой состав, меристика, фенетика

**A.S. Poletaev, H.S. Gajduchenko, V.K. Rizevsky, A.V. Leschenko***Scientific and practical center for bioresources, National academy of sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

BIOLOGICAL FEATURES OF THE CHERVONOE LAKE GOLDFISH

Abstract: The Chervonoe lake situated in Zhitkovichi district of Gomel region is the crucial water object in the goldfish (*C. auratus* s. lato) acclimation history in Belarus. The lake with the Beloe and Krasnaya Zorka fisheries located nearby was one of the goldfish distribution centers since 1948. Initially the goldfish population in the lake was represented by the unisexual gynogenetic form. Our study shows that the reproductive biology of this population changed drastically and nowadays the Chervonoe lake goldfish is represented by diploid bisexual amphimictic form (observed sex ratio was 1♀:1,14♂). The meristic traits' values observed are typical for the *C. auratus* s. lato complex fishes, with the highest similarity shown with *C. gibelio*. The karyotype of the all specimens studied (n=12) contained 100 chromosomes that is typical for the diploid forms of goldfish. We claim the two main reasons caused the changes in the Chervonoe lake goldfish population reproductive biology. The first one is the lack of potential sperm donors required for the unisexual reproduction caused by the extinction in the lake of a number of Cyprinidae species able to inseminate the gynogenetic goldfish eggs (crucian carp, common carp, tench, bream, ide and rudd) by 1966 due to water level lowering, reproduction conditions degradation, winter fish-kills increase and sharp reduction of the forage base. The second reason are the regular winter fish-kills in the lake (approximately 1 time in 10 years) that provide the bisexual amphimictic population sustainability due to presence of males providing genetic exchange within the population. In contrast, the meristic traits of the population weren't changed since 1950s-1960s. The most likely genetic base of the reproductive strategy change was the gradual increase of diploid specimens share throughout the process of natural selection with the inherent morphology wasn't affected.

Keywords: ichthyology, goldfish, *Carassius auratus* s. lato, reproduction, gynogenesis, karyotype, sex composition, meristics, phenetics

Введение. Современное повсеместное распространение карася серебряного (*Carassius auratus* s. lato) в водных объектах Беларуси — результат его целенаправленной акклиматизации, начатой в 1948 г. с целью увеличения рыбопродуктивности водоёмов республики [1]. На ранних этапах важнейшим местом опытных работ по интродукции карася серебряного было озеро Червоное (Житковичский р-н Гомельской



обл.), которое многократно зарыбляли посадочным материалом из разных источников.

В 1948 г. в БССР был завезён посадочный материал карася серебряного *C. auratus gibelio* (*C. gibelio* по актуальной систематике [2]) из двух источников: напрямую из бассейна р. Амур — 1000 экз. обоеполой формы, а также из Саввинского рыбопитомника (Московская обл. РСФСР) — 1200 экз. однополой формы, полученных в результате осеменения икры гиногенетических самок серебряного карася спермой сазана. Из первой партии от 200 до 400 экз. были выпущены в оз. Червоное, а оставшиеся дали в условиях рыбхоза потомство в количестве 100000 экз. сеголеток. Из второй партии 480 годовиков и 150 производителей были завезены в рыбхозы «Белое» и «Красная Зорька», где дали потомство в количестве 20000 сеголеток (данные об оставшейся части этой партии карася отсутствуют). Потомство обеих групп производителей использовали для зарыбления водоёмов Беларуси, из которых наиболее активно зарыбляли оз. Червоное. В период с 1948 по 1955 в него было выпущено 47,3 тыс. производителей, 311 тыс. годовиков и 1411 тыс. сеголеток карася серебряного (суммарная плотность посадки 404 экз./га) [1]. Исследования биологии карася серебряного оз. Червоное проводились по прошествии разных периодов времени после его интродукции в водоём представляет значительный интерес для ретроспективного исследования адаптации карася серебряного к условиям водоёмов Беларуси.

Озеро Червоное расположено в бассейне р. Бобрик (левый приток I порядка р. Припять). Площадь озера 40,82 км², максимальная глубина 2,9 м, средняя — 1,5 м. Мелководье обширное, участками торфянистое, песчаное и песчано-илистое, глубже дно выстлано сапропелем. Зарастает умеренно. Относится к дистрофным заморным озерам, по рыбоводственной классификации — карасёво-линёвое. Характеризуется постоянным дефицитом кислорода, высокой цветностью и низкой прозрачностью воды [3, 4]. В озере обитают карась серебряный, плотва *Rutilus rutilus*, густера *Blicca bjoerkna*, уклейка *Alburnus alburnus*, выон *Misgurnus fossilis*, окунь *Perca fluviatilis*, ёрш *Gymnocephalus cernuus*, щука *Esox lucius* и др. виды рыб. Среднегодовой вылов карася серебряного составляет 20,84 кг/га, что составляет 71,3 % от общей массы уловов рыбы из оз. Червоное [5].

Целью работы была оценка изменений биологии карася серебряного, произошедших за время его обитания в озере Червоное. **Задачи работы:**



(1) установить половую структуру популяции карася серебряного озера Червоное; (2) составить меристическую характеристику популяции карася серебряного озера Червоное; (3) определить хромосомный набор, свойственный популяции карася серебряного озера Червоное; (4) со-поставить полученные результаты с литературными данными 1950-х–1970-х гг.

Материалы и методы. Материалом для данной работы являются 269 экз. карася серебряного, отловленные в оз. Червоное в 2017–2020 гг. Для сбора материала использовали сачок, ловушки типа «зонт» и крючковые снасти. Объём выборки для анализа полововой структуры популяции составил 269 экз., для исследования изменчивости меристических признаков — 94 экз., для кариологического анализа — 12 экз.

Пол отловленных рыб определяли путём вскрытия по строению половых желез [6]. На основе полученных данных рассчитывали количественные доли самок, самцов и неполовозрелых особей в исследованной выборке. Для каждой особи определяли значения меристических признаков: формулы спинного (D), анального (A), грудного (Р), брюшного (V) и хвостового (С) плавников; формула боковой линии (l.l.), включающая число прободённых чешуй в боковой линии и число рядов чешуй выше (l.l. \uparrow) и ниже (l.l. \downarrow) боковой линии; число жаберных тычинок в первой жаберной дуге (sp.br.); число позвонков (vert.). Значения признаков определяли в соответствии с принятыми для рода нормами [6]. При подсчёте числа лучей в хвостовом плавнике учитывали только мягкие лучи; многочисленные мелкие жёсткие лучи не подсчитывали. Первые два сросшихся позвонка учитывали как два позвонка; уростиль считали отдельным позвонком. Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistica 7; для исключения влияния единично встречающихся признаков (выбросов) как типичные для популяции принимали значения, укладывающиеся в 95 %-й интервал. Фенетические показатели внутрипопуляционного разнообразия — среднее число морф (μ), долю редких морф (h) и их стандартные ошибки (S_μ и S_h соответственно) рассчитывали по Яблокову и Лариной [7].

Для определения кариотипа использовали адаптированную нами к работе с карасём серебряным методику кариотипирования рыб [8]. Внутримышечно вводили живым рыбам 0,5 % раствор колхицина из расчета 0,1 мл на 10 г массы тела. По истечении 4 ч рыб умертвляли, извлекали предпочку и измельчали её в гипотоническом 0,56 М растворе KCl при помощи хирургических инструментов. Полученную сус-



пензию клеток выдерживали в термостате (37°C) в течение 40 мин и центрифугировали препараты в течение 10 мин (2000 об./мин, 4°C), после чего сливали надосадочную жидкость и фиксировали осадок охлаждённой (0°C) смесью этанола и ледяной уксусной кислоты в соотношении 3 : 1. Через 40 мин снова центрифугировали препараты при тех же условиях и сменяли фиксирующую смесь на свежую.

Для приготовления препаратов метафазных пластинок ещё раз центрифугировали препараты клеточных суспензий и сменяли фиксатор, после чего разбивали осадок и наносили 5–6 капель суспензии на предметное стекло. Для окрашивания препаратов использовали 5 % раствор красителя «Эозин-метиленовый синий по Май-Грюнвальду» в фосфатном буфере на основе метанола (рН 7,2). Для микроскопии препаратов использовали световой микроскоп Nikon со встроенной фотокамерой. Метафазные пластинки фотографировали при увеличении 1000 \times и подсчитывали число хромосом в них.

Результаты и их обсуждение. В исследованной нами выборке карася серебряного из оз. Червоное самцами были 138 экз. (51,30 %), самками — 121 экз. (44,98 %) и 10 экз. (3,72 %) не достигли половой зрелости. Соотношение полов составляет 1♀:1,14♂. Это свидетельствует о том, что в настоящее время в оз. Червоное обитает двуполая амфиликтическая популяция карася серебряного с незначительным численным преобладанием самцов. Предыдущие наши исследования половой структуры популяции карася серебряного оз. Червоное, проведённые в 2011–2013 гг., показали результаты, схожие с приводимыми в данной работе: соотношение полов составляло 1♀:1,19♂.

При этом первоначально половая структура интродуцированной в оз. Червоное популяции карася серебряного соответствовала гиногенетическому типу размножения. К 1961 г. в рыбхозах «Белое» и «Красная Зорька», где карась серебряный изначально был представлен однополой формой, наблюдалось увеличение доли самцов: в рыбхозе «Белое» общее соотношение самок и самцов составляло 3,2♀:1♂, в рыбхозе «Красная Зорька» — 4,3♀:1♂ [9]. Аналогичные процессы протекали и в оз. Червоное. В сборах 1954 г. самцы карася серебряного отсутствовали, а в сборах 1955–1956 гг. (более 600 экз.) присутствовало 2 самца [10]. Соответственно, в это время в популяции карася серебряного оз. Червоное гиногенетический тип размножения был доминирующим. Однако уже в 1970 г. в составе стада была отмечена медленно растущая двуполая популяция [11].



Причины перехода популяции карася серебряного оз. Червоное от гиногенетического к амфимиктическому типу размножения, на наш взгляд, заключается в невозможности существования гиногенетической популяции карася серебряного отсутствие потенциальных доно-ров сперматозоидов — самцов других видов карповых рыб, условия нереста которых совпадают с таковыми у карася серебряного. В ихтиофауне Беларуси такими видами являются карась золотой *Carassius carassius*, линь *Tinca tinca*, карп *Cyprinus carpio*, густера, уклейка, краснопёрка *Scardinius erythrophthalmus*, голльян озёрный *Phoxinus percnurus*, в отдельных случаях лещ *Abramis brama*. По литературным данным, к 1966 г. по причине снижения уровня воды, ухудшения условий воспроизведения, усиления зимних заморных явлений и резкого сокращения кормовой базы из ихтиофауны оз. Червоное практически полностью исчез ряд видов рыб, в том числе многие представители сем. Карповые — карась золотой, карп, линь, лещ, язь *Leuciscus idus*, краснопёрка и верховка *Leucaspis delineatus* [11]. Самцы серебряного карася, присутствие которых в небольшом количестве свойственно для гиногенетических популяций, стали единственным доступным источником сперматозоидов для воспроизведения данного вида, что и привело к постепенному переходу к амфимиктическому размножению и росту доли самцов в популяции.

Вторым фактором, обуславливающим наблюдаемое преобладание амфимиктического типа воспроизведения популяции карася серебряного в оз. Червоное, являются регулярные зимние заморы в данном водоёме. Увеличение доли гетерогаметного пола — в данном случае самцов — в популяциях животных нередко является ответом на неблагоприятные условия окружающей среды, позволяющим увеличить генетическое разнообразие популяции, что способствует её выживанию в случае резкого ухудшения условий обитания [12]. В сочетании с высокой толерантностью карася серебряного к недостатку кислорода в воде, высокое внутривидовое разнообразие является важным эволюционным преимуществом в условиях заморного водоёма, обеспечивающим выживание значительного количества особей при наступлении зимнего замора. Наблюдения за ихтиофауной оз. Червоное показывают, что в следующий за замором сезон нереста выжившие производители карася дают потомство, демонстрирующее высокие выживаемость и темп роста, чему способствуют крайне низкая численность рыб-ихтиофагов после замора и обильная кормовая база, представленная ли-



чинками хирономид, развивающимися на органических остатках погибших во время замора водных организмов.

Для определения кариотипа, свойственного данной популяции карася серебряного, были проанализированы 279 метафазных пластинок с 14 микропрепараторов, приготовленных из клеток 12 особей. Модальным значением количества хромосом в метафазной пластинке у всех особей являлось 100 (табл. 1). Доля модального значения у разных особей составила от 48,1 до 100 % (61,7 % во всей выборке). Такой кариотип соответствует типичному хромосомному набору диплоидной формы карася серебряного [13–15]. Метафазные пластинки с наблюдаемым количеством хромосом менее 100, очевидно, являются неполными и не могут рассматриваться как реально существующие в живых клетках карася серебряного хромосомные наборы. Причиной выявления таких метафазных пластинок на препарате является потеря отдельных хромосом в процессе его приготовления. Единично обнаруженная метафаза из 101 хромосомы, вероятно, также образована при приготовлении препарата в результате наложения стандартной метафазной пластинки из 100 хромосом и одной посторонней хромосомы, оторвавшейся от другой пластинки, либо наличием так называемого «артефакта» — искусственным образом созданного при приготовлении и окрашивании препарата элемента (скол или царапина на стекле, наличие ворсинки или фрагмент форменных элементов крови) который может быть ошибочно принят за хромосому. Таким образом, приведенные в табл. 1 данные отражают лишь издержки использованной методики и не могут быть расценены как свидетельство в пользу существования хромосомного мозаичизма у особей карася серебряного, населяющего оз. Червоное.

Наблюдаемые в популяции карася серебряного оз. Червоное значения меристических признаков типичны для рыб комплекса *C. auratus* s. lato (табл. 2). Наибольшее сходство ожидаемо наблюдается с *C. gibelio*, для которого характерны следующие диапазоны изменчивости меристических признаков: D III-IV 15-19; A II-III 5-6; P 17-18; V 9; C17-19; I.1. 28-34; sp.br. 37-54; vert. 27-33 [16].

Значения меристических признаков, свойственные популяции карася серебряного оз. Червоное, практически не отличаются от значений, приводимых в исследованиях данного водоёма 1950-х гг. [10] и укладываются в рамки значений, приведенные П.И. Жуковым как типичные для карася серебряного в водоёмах Беларуси [17] (табл. 3). Наблюданная разница в среднем числе позвонков может быть связана



с особенностями использованных методик, а именно — с учётом первых двух сросшихся позвонков как 1 или 2 разными авторами. Различия в среднем числе тычинок в первой жаберной дуге, вероятно, обусловлены существованием у данного возрастной изменчивости [10], поскольку в обоих случаях работа велась с разновозрастными выборками.

Таблица 1. Распределение наблюдаемого количества хромосом в исследованных метафазных пластинках карася серебряного оз. Червоное

Table 1. The observed chromosome number distribution in the Chernovone lake goldfish metaphase plates

№ особи	Количество хромосом в метафазной пластинке								Итого метафазных пластинок	Доля модального значения, %
	<95	95	96	97	98	99	100	101		
17/001	2	1	2	1	3	2	29	0	40	72,5
18/002	3	0	1	1	2	1	22	0	30	73,3
18/003	12	1	3	3	3	0	32	1	55	58,2
18/004	0	0	0	1	0	0	2	0	3	66,7
18/005	0	0	0	0	0	0	1	0	1	100,0
18/006	5	2	2	3	2	1	15	0	30	50,0
18/007	2	0	0	0	0	0	7	0	9	77,8
18/008	1	1	1	1	0	2	11	0	17	64,7
18/009	0	0	0	0	0	0	1	0	1	100,0
18/010	3	2	1	3	3	2	13	0	27	48,1
18/011	9	2	1	3	2	3	23	0	43	53,5
18/012	3	0	2	0	1	1	16	0	23	69,6
Итого	шт	40	9	13	16	16	12	172	1	279
	%	14,3	3,2	4,7	5,7	5,7	4,3	61,7	0,4	100

Ретроспективный анализ показывает, что меристические характеристики карася серебряного оз. Червоное не претерпели изменений за время, прошедшее с его интродукции в водоём. Поскольку норма реакции значений меристических признаков детерминирована генетически, это позволяет предположить, что генетическая структура популяции осталась неизменной при переходе от триплоидного к диплоидному кариотипу.



Таблица 2. Изменчивость меристических признаков карася серебряного оз. Червоное
Table 2. The Chervonoe lake goldfish meristic traits diversity

Признак	Пределы		95%		$M \pm m$	σ
	min	max	min	max		
D	3	5	4	5	$4,03 \pm 0,02$	0,23
d	15	19	16	19	$17,11 \pm 0,08$	0,82
A	2	3	3	3	$2,99 \pm 0,01$	0,10
a	4	6	5	5	$5,02 \pm 0,02$	0,21
P	16	20	16	19	$17,36 \pm 0,09$	0,90
V	8	9	8	9	$8,85 \pm 0,04$	0,36
C	16	20	18	20	$18,95 \pm 0,05$	0,52
l.l.	29	33	30	32	$30,94 \pm 0,08$	0,80
l.l.↑	6	8	6	8	$7,10 \pm 0,04$	0,39
l.l.↓	5	7	5	7	$6,11 \pm 0,04$	0,40
sp.br.	44	53	44	51	$47,39 \pm 0,21$	2,03
vert.	29	32	30	31	$30,75 \pm 0,05$	0,51

Примечание: min — минимальное значение признака; max — максимальное значение признака; $M \pm m$ — среднее значение признака и его погрешность; σ — стандартное отклонение

Таблица 3. Ретроспективный сравнительный анализ меристических признаков карася серебряного оз. Червоное
Table 3. Retrospective comparison of the Chervonoe lake goldfish meristic traits

Признак	Автор		
	Наши данные n=94	Савина, 1958 [10] n=75	Жуков, 1965 [17]
D	3—5	3—4	3—5
d	15—19 (r=17,11)	16—18 (r=17,36)	15—19
A	2—3	3	2—3
a	4—6	5—6	5—6
l.l.	29—33 (r=30,94)	28—33 (r=31,08)	28—33
l.l.↑	6—8	7—8	5—7
l.l.↓	5—7	6—7	5—7
sp.br.	44—53 (r=47,39)	42—54 (r=50,74)	40—54
vert.	29—32 (r=30,75)	29—31 (r=29,78)	28—31

Наиболее полиморфным признаком в популяции карася серебряного оз. Червоное является количество тычинок в первой жаберной дуге



($\mu = 8,21 \pm 0,26$), причём частоты различных вариаций данного признака различаются незначительно ($h = 0,09 \pm 0,03$) (табл. 4). Также значительную изменчивость демонстрируют число мягких лучей в спинном плавнике ($\mu = 3,24 \pm 0,17$) и число прободённых чешуй в боковой линии ($\mu = 3,64 \pm 0,23$). Наименее изменчивым признаком является число жёстких лучей в анальном плавнике ($\mu = 1,21 \pm 0,10$). У 4 признаков наблюдается выраженное доминирование одной из вариаций: число лучей в хвостовом плавнике (19, $h = 0,47 \pm 0,05$), жёстких лучей в спинном плавнике (4, $h = 0,45 \pm 0,05$), жёстких (3, $h = 0,40 \pm 0,05$) и мягких (5, $h = 0,47 \pm 0,05$) лучей в анальном плавнике.

Таблица 4. Фенетические показатели изменчивости

меристических признаков карася серебряного оз. Червоное

Table 4. Phenetic indexes of the Chernovoe lake goldfish meristic traits diversity

Признак	D	d	A	a	P	V	C	I.I.	I.I. \uparrow	I.I. \downarrow	sp.br.	vert.
μ	1,64	3,24	1,21	1,59	4,11	1,71	2,67	3,64	2,11	2,14	8,21	2,56
$S\mu$	0,15	0,17	0,10	0,15	0,20	0,07	0,26	0,23	0,14	0,14	0,26	0,20
h	0,45	0,19	0,40	0,47	0,18	0,14	0,47	0,27	0,30	0,29	0,09	0,36
Sh	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05

Результаты нашего исследования показывают, что за более чем 70 лет обитания серебряного карася в оз. Червоное, репродуктивная биология данной популяции претерпела кардинальные изменения, приведшие к смене типа воспроизводства. Изменения условий обитания, а именно — участвующиеся заморные явления и последовавшая за ними трансформация структуры ихтиофауны озера привели к невозможности воспроизводства популяции карася серебряного гиногенетическим путём, вследствие чего она постепенно перешла к амфимиктическому типу размножения. Генетической основой перехода, по всей видимости, стало постепенное увеличение доли диплоидных особей в результате действия естественного отбора, не затронувшее свойственной для данной популяции морфологии особей.

Выводы. На сегодняшний день популяция карася серебряного оз. Червоное представлена диплоидной обоеполой формой, размножающейся амфимиктическим путём. Соотношение полов в популяции составляет $1\varphi:1,14\delta$. Наблюдаемые значения меристических признаков типичны для рыб комплекса *C. auratus s. lato*, наибольшее сходство наблюдается с *C. gibelio*. Кариотип составляет 100 хромосом, что типично для диплоидной формы карася серебряного.



За время обитания карася серебряного в оз. Червоное репродуктивная биология данной популяции претерпела кардинальные изменения, приведшие к переходу от гиногенетического к амфимиктическому типу размножения. Причинами этого, на наш взгляд, являются невозможность существования гиногенетической популяции карася серебряного в отсутствие потенциальных доноров сперматозоидов и регулярные зимние заморы в данном водоёме, обеспечивающие эволюционное преимущество амфимиктического размножения. Меристическая характеристика карася серебряного оз. Червоное, в отличие от организации кариотипа, не претерпела изменений за время существования данной популяции.

Список использованных источников

1. Полетаев, А.С. Натурализация карася серебряного (*Carassius auratus s. lato*) на территории Беларуси / А.С. Полетаев, В.К. Ризевский // Вопросы Рыбного Хозяйства Беларуси. — 2019. — № 32. — С. 146–157.
2. CAS - Eschmeyer's Catalog of Fishes: Species [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. — Дата доступа: 27.10.2021.
3. Климат и вода : Природа Беларуси : in 3 т. — Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2010. — Т. 2. — 504 с.
4. Тарзей, Ю.А. Блакітны скарб Беларусі: рэкі, азёры, вадасховішчы, турысцкі патэнцыял водных аб'ектаў / Ю.А. Тарзей, У.І. Цярэнцьеў. — Мінск : БелЭн, 2007. — 480 с.
5. Полетаев, А.С. Эффективность зарыбления некоторых водоёмов Беларуси карасём серебряным / А. С. Полетаев // Актуальные проблемы экологии [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. по материалам XII Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 4–6 окт. 2017 г.) / ЮрСаПринт. — Гродно, 2017. — С. 72–74.
6. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин. — Изд. 4-е, переработанное и дополненное. — Москва : Пищевая промышленность, 1966. — 267 с.
7. Яблоков, А В. Введение в фенетику популяций. Новый подход к изучению природных популяций: учеб. пособие для студ. вузов. / А.В. Яблоков, Н.И. Ларина. — Москва : Высшая школа, 1985. — 159 с.
8. Полетаев, А.С. Методика кариотипирования карася серебряного (*Carassius auratus s. lato*) / А.С. Полетаев // Сборник материалов Седьмой международной конференции молодых учёных Сети центров аквакультуры Центральной и Восточной Европы (NACEE), Горки, 11–14 декабря 2018 г. / — Горки: БГСХА., 2019. — С. 28-30.
9. Домбровский, В.К. Морфобиологическая характеристика серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch), разводимого в водоёмах Белорусской



- ССР / В.К. Домбровский // Вопросы Рыбного Хозяйства Белоруссии. — 1964. — Т. 5. — С. 62–75.
10. Савина, Н.О. Серебряный карась, *Carassius auratus gibelio* (Bloch) в новых условиях обитания / Н.О. Савина // Труды Белорусского Научно-Исследовательского Института Рыбного Хозяйства. — 1958. — Т. 2. — С. 60–91.
11. О причинах снижения рыбопродуктивности озера Червоного / Н.О. Савина [и др.] // Вопросы Рыбного Хозяйства Белоруссии. — 1970. — Т. 7. — С. 190–204.
12. Яблоков, А.В. Популяционная биология: учеб. пособие для биол. спец. вузов / А. В. Яблоков. — Москва : Высшая школа, 1987. — 303 с.
13. Karyotype, morphology, and reproduction ability of the Prussian carp, *Carassius gibelio* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae), from unisexual and bisexual populations in Poland / A. Boro [et al.] // Acta Ichthyol. Piscat. — 2011. — Vol. 41, № 1. — P. 19–28.
14. Kalous, L. Karyotype diversity of the offspring resulting from reproduction experiment between diploid male and triploid female of silver Prussian carp, *Carassius gibelio* (Cyprinidae, Actinopterygii) / L. Kalous, M. Knýtl // Folia Zool. — 2011. — Vol. 60, № 2. — P. 115–121.
15. Sex, size and ploidy ratios of *Carassius gibelio* from Poland / A. Przybyl [et al.] // Aquat. Invasions. — 2020. — Vol. 15. — P. 335–354.
16. Kalous, L. Hidden diversity within the Prussian carp and designation of a neotype for *Carassius gibelio* (Teleostei: Cyprinidae) / L. Kalous, J. Bohlen // Ichthyol. Explor. Freshw. — 2012. — Vol. 23, № 1. — P. 11–18.
17. Жуков, П.И. Рыбы Белоруссии / П.И. Жуков. — Минск : Наука и техника, 1965. — 415 с.

References

1. Poletaev A.S., Rizevsky V.K. Naturalizatsiya karasya serebryanogo (*Carassius auratus* s. lato) na territorii Belarusi [*The goldfish (Carassius auratus s. lato) establishment in Belarus*]. Voprosy Rybnogo Khozyaistva Belarusi [*Belarus Fish Industry Problems*], 2019, vol. 32, pp. 146–157 (in Russian).
2. CAS - Eschmeyer's Catalog of Fishes: Species (2021). Available at: <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. (accessed 27 October 2021).
3. Priroda Belarusi: in 3 vol. — Vol. 2. Klimat i voda [*Nature of Belarus: in 3 vol. — Vol. 2. Climate and water*] — Minsk, Belarus. Entsykl. imya P. Brouki = P. Brouka Belarusian Encyclopedia, 2010, 504 p. (in Russian).
4. Tarzeu Yu.A., Tsyarentseu U.I. Blakitnyskarb Belarusi : reki, azery, vadaskhovichchi, turystski patentsyyal vodnykh ab'ektau [*Blue treasure of Belarus : rivers, lakes, reservoirs, touristic potential of water objects*] — Minsk, BelEn, 2007, 480 p. (in Belarusian).
5. Poletaev A.S. Effektivnost' zarybleniya nekotorykh vodoemov Belarusi karasem serebryanym [*The efficiency of several water bodies of Belarus stocking by goldfish*] /



- A.S. Poletaev // Aktual'nye problemy ekologii: sb. nauch. st. po materialam XII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Actual problems of ecology: Scientific articles brochure of the XII International practical science conference], Grodno, YurSaPrint, 2017, pp. 72–74 (in Russian).
6. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh) [A guide for fish (mostly freshwater) research] / I. F. Pravdin. — Izd. 4-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe [4th edition, revised and expanded]. — Moskva, Pishchevaya promyshlennost' = Moscow, Food Industry, 1966, 267 p. (in Russian).
 7. Yablokov A.V., Larina N.I. Vvedenie v fenetiku populyatsii. Novyi podkhod k izucheniyu prirodnykh populyatsii: ucheb. posobie dlya stud. vuzov. [Introduction to the population genetics. A new approach for the natural populations research : a handbook for higher education institutions] / Moskva : Vysshaya shkola = Moscow : High School, 1985, 159 p. (in Russian).
 8. Poletaev A.S. Metodika kariotipirovaniya karasya serebryanogo (*Carassius auratus* s. lato) [The goldfish (*Carassius auratus* s. lato) karyotyping technique] // Sbornik materialov Sed'moi mezdunarodnoi konferentsii molodykh uchenykh Seti tsentrov akvakul'tury Tsentral'nói i Vostochnoi Evropy (NACEE) [The 7th young scientists international conference of NACEE materials], Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2019, pp. 28–30 (in Russian).
 9. Dombrovskii V.K. Morfobiologicheskaya kharakteristika serebryanogo karasya *Carassius auratus gibelio* (Bloch), razvodimogo v vodoemakh Belorusskoi SSR [The goldfish *Carassius auratus gibelio* (Bloch) farmed in the water objects of Belarusian SSR morphobiological characteristic]. Voprosy Rybnogo Khozyaistva Belorussii [Belarus Fish Industry Problems], 1964, vol. 5, pp. 62–75 (in Russian).
 10. Savina N.O. Serebryanyi karas', *Carassius auratus gibelio* (Bloch) v novykh usloviyakh obitaniya [The goldfish *Carassius auratus gibelio* (Bloch) in the new habitat]. Trudy Belorusskogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Rybnogo Khozyaistva [Proceedings of the Belarusian Fish Industry Scientific Research Institute], 1958, vol. 2, pp. 60–91 (in Russian).
 11. Savina N.O., Khalibulin E.T., Galkovskaya G.A., Prosyank L.V., Golovnev V.I. O prichinakh snizheniya ryboproduktivnosti ozera Chervonogo [The reasons of the Chervonoe lake fish production decrease] Voprosy Rybnogo Khozyaistva Belorussii [Belarus Fish Industry Problems], 1970, vol. 7, pp. 190–204 (in Russian).
 12. Yablokov, A.V. Populyatsionnaya biologiya: ucheb. posobie dlya biol. spets. vuzov [Population biology: a handbook for biological higher education institutions], Moskva : Vysshaya shkola = Moscow : High School], 1987, 303 p. (in Russian).
 13. Boro A., Szlachciak J., Juchno D., Grabowska A., Jaguszyn B., Porycka K. Karyotype, morphology, and reproduction ability of the Prussian carp, *Carassius gibelio* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae), from unisexual and bisexual populations in Poland. Acta Ichthyol. Piscat., 2011, vol. 41, № 1, pp. 19–28. <https://doi.org/10.3750/AIP2011.41.1.04>
 14. Kalous L., Knytl M. Karyotype diversity of the offspring resulting from reproduction experiment between diploid male and triploid female of silver Prussian carp,



- Carassius gibelio* (Cyprinidae, Actinopterygii) Folia Zool, 2011, vol. 60, № 2, pp. 115–121. <https://doi.org/10.25225/fozo.v60.i2.a5.2011>
15. Przybyl A., Przybylski M., Spóz A., Juchno, D., Szabelska, A., Kowalewska, K., Boroń, A. Sex, size and ploidy ratios of *Carassius gibelio* from Poland. Aquatic Invasions, 2020, Vol. 15, pp. 335–354. <https://doi.org/10.3391/ai.2020.15.2.08>
 16. Kalous L., Bohlen J., Rylkova K., Petrtyl M. Hidden diversity within the Prussian carp and designation of a neotype for *Carassius gibelio* (Teleostei: Cyprinidae). Ichthyol. Explor. Freshw, 2012, Vol. 23, № 1, pp. 11–18.
 17. Zhukov P.I. Ryby Belorussii [Fishes of Belarus]. Minsk : Nauka i tekhnika = Science and Technique, 1965, 415 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Полетаев Алексей Сергеевич — младший научный сотрудник, Научно-практический центр по биоресурсам, Национальная академия наук Беларусь (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: viroxylan@gmail.com

Гайдученко Елена Сергеевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Научно-практический центр по биоресурсам, Национальная академия наук Беларусь (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Беларусь). E-mail: gajduchenko@tut.by

Ризевский Виктор Казимирович — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией ихтиологии, Научно-практический центр по биоресурсам, Национальная академия наук Беларусь (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Беларусь). E-mail: rvk869@mail.ru

Лещенко Андрей Валерьевич — научный сотрудник, Научно-практический центр по биоресурсам, Национальная академия наук Беларусь (ул. Академическая, 27, 220072, Минск, Беларусь). E-mail: andreyleshch@mail.ru

Information about the authors

Poletaev Alexei S. — junior researcher, Scientific and practical center for bioresources, National academy of sciences of Belarus (220072, Minsk, Akademicheskaya Str, 27, Republic Belarus). E-mail: viroxylan@gmail.com

Gajduchenko Helen S. — Ph.D. (Biology), leading researcher, Scientific and practical center for bioresources, National academy of sciences of Belarus (220072, Minsk, Akademicheskaya Str, 27, Republic Belarus). E-mail: gajduchenko@tut.by

Rizevsky Viktor K. — Ph.D. (Biology), laboratory of ichthyology head, Scientific and practical center for bioresources, National academy of sciences of Belarus (220072, Minsk, Akademicheskaya Str, 27, Republic Belarus). E-mail: rvk869@mail.ru

Leshchenko Andrei V. — researcher, Scientific and practical center for bioresources, National academy of sciences of Belarus (220072, Minsk, Akademicheskaya Str, 27, Republic Belarus). E-mail: andreyleshch@mail.ru