

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

DOI 10.24143/2073-5529-2017-2-105-116
УДК 597.2/5

Н. Э. Барсегян, Т. В. Варданян, И. Э. Степанян, Б. К. Габриелян

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO*, BLOCH, 1782) ОЗЕРА СЕВАН (АРМЕНИЯ)

Исследовались морфологические характеристики, возрастная и половая структуры, плодовитость серебряного карася (*Carassius auratus gibelio*, Bloch, 1782) обеих акваторий озера Севан (Большой Севан и Малый Севан) и цитоморфологические параметры эритроцитов. Анализ цитоморфологических характеристик ядер и эритроцитов показал, что популяция карася в озере в целом гетерогенная, состоящая из особей с мелкими ядрами и эритроцитами (диплоидные) и крупными ядрами и эритроцитами (подгруппа I (крупные ядра и эритроциты) и II (самые крупные ядра и эритроциты)). В выборке из обеих акваторий озера Севан количество особей с мелкими ядрами эритроцитов (диплоидные) составило 38,8 %. Карасей с самыми крупными ядрами эритроцитов (подгруппа II, возможно триплоидные) было больше среди самок, но в целом их было очень мало – 17,5 %. О существовании в озере Севан триплоидных особей может свидетельствовать соотношение объемов ядер эритроцитов и числа ядрышек в ядрах эритроцитов. В Малом Севане в период нереста преобладали самцы (1,5 ♂:1 ♀), в Большом – самки (1 ♂:1.6 ♀), что связано с разными условиями воспроизводства в разных частях озера. Возрастная структура популяции была представлена особями трех возрастных классов: 2+, 3+ и 4+ лет, наибольшую долю в уловах составляли особи в возрасте 3+ лет. Установлено, что караси с крупными ядрами эритроцитов статистически достоверно не отличаются от карасей с мелкими ядрами по всем изученным пластическим и меристическим признакам и индивидуальной абсолютной плодовитости.

Ключевые слова: серебряный карась, озеро Севан, цитогенетическая структура, эритроциты, экология.

Введение

Серебряный карась (*Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782)) является самым массовым видом-вселенцем во многих водоемах Армении, в которых он стал доминирующим, и его доля в уловах достаточно велика. Появление серебряного карася в водоемах Армении связано с эксплуатацией карповых рыбоводных хозяйств Арагатской равнины, куда этот вид попал вместе с разводимыми в прудах ценными видами рыб (каarp, толстолобик, белый амур). Затем, по широкой сети каналов и притоков р. Аракс, карась расселился почти по всем водоемам Армении, а в начале 80-гг. случайно был завезен и в оз. Севан [1–3].

Карась, являясь неприхотливым и пластичным к внешним условиям среды, за сравнительно небольшой срок (с 1983 по 2005 г.) стал одним из доминирующих видов рыб оз. Севан, занимая второе место после сига (*Coregonus lavaretus* (Linnaeus, 1758)), а уже к 2009 г. сетные уловы состояли преимущественно из карася с небольшим количеством храмули (*Capoeta capoeta* (Güldenstädt, 1773)) [2, 4, 5]. С 2012 г. наблюдалось уменьшение доли карася в общей ихтиомассе в пелагиали оз. Севан [6]. В бассейне оз. Севан, в период повышения уровня воды, по оценке чешуйного индекса были выделены две формы карася – быстрорастущая и тугорослая [6, 7].

Известно, что в водоемах ареала популяции серебряного карася представлены двумя генетически различными формами: диплоидной, размножающейся обычным бисексуальным спосо-

бом, и триплоидной (бессамцовой), размножающейся гиногенетическим способом. Эти генетические формы значительно различаются по своим эколого-биологическим характеристикам. Триплоидная форма характеризуется более широкой адаптивной пластичностью к различным условиям обитания. В естественных водоемах обе генетические формы карася могут быть представлены в разных соотношениях [8, 9 и др.].

Исследования генетической структуры популяций серебряного карася в Армении ранее проводились Р. Г. Рухкяном [10], которым было показано, что в оз. Севан обитают как однополо-диплоидная, так и диплоидно-бисексуальная формы карася.

Однако за последние десятилетия экология оз. Севан сильно изменилась под влиянием таких антропогенных факторов, как искусственное поднятие уровня воды, загрязнение притоков, изменения физико-химических и гидробиологических характеристик озера и т. д. [7]. В связи с этим особый интерес представляет изучение экологической и генетической структуры популяции карася в измененных экологических условиях озера, что позволило бы определить факторы, влияющие на численность популяции вида, и дать оценку их воздействия на экосистему оз. Севан в целом.

Целью исследования являлся сравнительный анализ экологической и цитогенетической структуры популяции серебряного карася оз. Севан для выявления особенностей его воспроизводства в новых условиях.

Материал и методы исследования

Караси (*Carassius auratus gibelio* Bloch, 1782) были отловлены в весенне-летний период 2015–2016 гг. в акватории оз. Севан, условно разделенной на Малый и Большой Севан. Всего было изучено 80 особей карасей из Малого и 79 особей из Большого Севана.

Каждую рыбу предварительно измеряли (определяли длину тела), определяли также массу тела, пол, возраст, стадию зрелости половых продуктов [11].

Были изучены следующие морфометрические признаки (в процентах от длины тела l (до конца чешуйного покрова)): c – длина головы; hc – высота головы у затылка; po – заглазничный отдел головы; o – горизонтальный диаметр глаза; r – длина рыла; io – ширина лба; H – наибольшая высота тела; h – наименьшая высота тела; aD и pD – антедорсальное и постдорсальное расстояния; fd – длина хвостового стебля; lD и hD – длина основания и высота спинного плавника; lA и hA – длина основания и высота анального плавника; lP и lV – длина грудного и брюшного плавников; PV и VA – пекто-вентральное и вентроанальное расстояния; в процентах от длины головы c : r – длина рыла; o – горизонтальный диаметр глаза; hc – высота головы через затылок; po – заглазничный отдел головы; io – ширина лба.

Вариационно-статистическую обработку проводили по общепринятым методикам с использованием компьютерной программы STATISTICA 8. Достоверность различий результатов оценивали по таблице стандартных значений t -критерия Стьюдента для уровня значимости $p = 0,05$.

При изучении плодовитости карася использовали самок с гонадами на IV и V стадиях зрелости (СЗГ, по 6-балльной системе) [12]. Индивидуальную абсолютную плодовитость (ИАП) определяли весовым методом.

Цитологические препараты крови были приготовлены у 159 особей карася. Цитоморфологические промеры ядер зрелых эритроцитов осуществлялись по методике, представленной в [13]. Рассчитывали следующие параметры эритроцитов: площадь, большая и малая оси, объем ядра. Объем ядра рассчитывали по формуле для эллипсоида – $(4/3)\pi ab^2$, принимая ядра наилучших зрелых эритроцитов за эллипсоид, где a – большая полуось, b – остальные 2 равные малые полуоси [14]. Расчеты морфологии эритроцитов проводили при поддержке программ Image J v.1.41., Origin 6.1. и STATISTICA 7.0. Размерные данные ядер эритроцитов в таблицах представлены в пикселях. По каждой особи анализировали около 200 эритроцитов.

Подсчет количества ядрышек в ядрах эритроцитов проводили на препаратах крови карасей, окрашенных азотнокислым серебром, согласно методу Howell and Black [15]. Анализировали максимальное количество ядрышек в ядрах эритроцитов, по каждой особи – около 300 эритроцитов. Анализ препаратов и макросъемку эритроцитов проводили с использованием микроскопа «NU-2E» (K. Zeiss, Germany) при увеличении 1125 ($\times 90$ объектив, $\times 12,5$ окуляр).

Результаты исследования и их обсуждение

Цитоморфологическая характеристика эритроцитов карася. У 80 карасей из акватории Малого Севана и 79 особей из акватории Большого Севана, отловленных в 2015–2016 гг., были проанализированы размеры ядер эритроцитов. По результатам измерений площади и объема ядер в обеих акваториях Севана были отмечены особи карасей с крупными и мелкими ядрами (табл. 1, рис. 1, 2). Особи с крупными ядрами были разделены на две подгруппы – I (особи с крупными ядрами) и II (особи с самыми крупными ядрами). Размеры эритроцитов находились в соответствии с размерами ядер: у особей с крупными ядрами эритроциты также были большего размера, чем у особей с мелкими ядрами (рис. 2).

Таблица 1

Размерные характеристики ядер эритроцитов карасей оз. Севан в 2015–2016 гг.

Группа	Год	Усредненные размерные данные ядер эритроцитов			
		по площади	по большой оси	по малой оси	по объему
Особи с крупными ядрами эритроцитов:	2015	$834,77 \pm 43,1^*$	$44,05 \pm 19,34$	$24,40 \pm 19,9$	$13724,73 \pm 34,5$
		604–840	30,06–55,06	20,04–34,08	6317,76–3466,77
	2016	$693,03 \pm 8,87$	$98,31 \pm 2,65$	$42,55 \pm 0,67$	$93154,63 \pm 35,94$
		600–789	68–125	33,24–50,8	65741,54–44435,2
подгруппа II	2016	$897,17 \pm 21,89$	$117 \pm 2,89$	$49,55 \pm 0,65$	$159075,6 \pm 46,51$
		732–1172	98,02–138,04	44,94–55,23	119448,1–197374,5
Особи с мелкими ядрами эритроцитов	2015	$538,4 \pm 17,8$	$34,2 \pm 43,35$	$19,51 \pm 16,3$	$6805,715 \pm 45,2$
		307–601	25,09–54,87	13,91–25,75	2540,58–9040,04
	2016	$454,77 \pm 12,56$	$99,86 \pm 16,37$	$34,64 \pm 2,72$	$63177,90 \pm 80,66$
		288–666	64–141	29,61–39,96	33657,1–97768,8

* Над чертой – $M \pm SE$; под чертой – min – max.

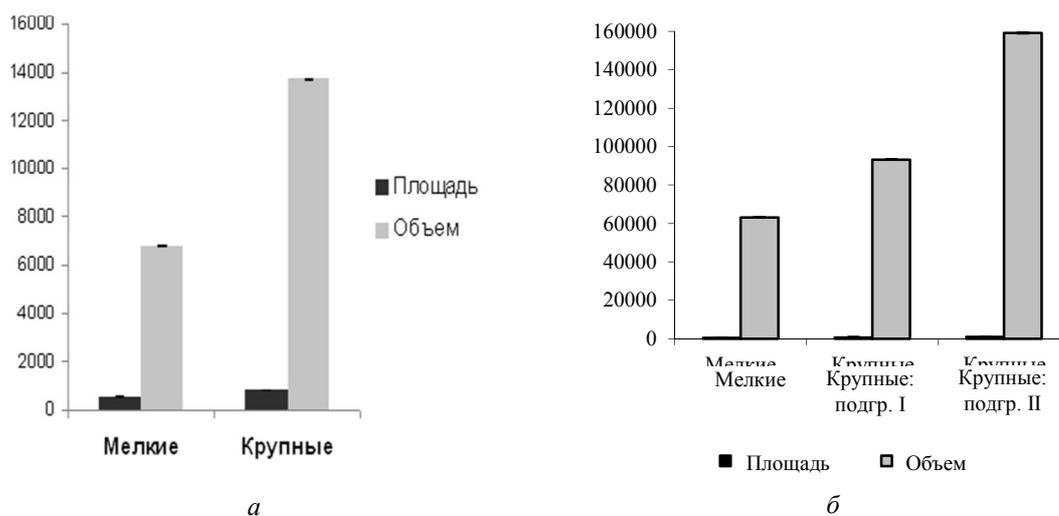


Рис. 1. Значения площадей и объемов ядер эритроцитов у карасей оз. Севан: а – 2015 г.; б – 2016 г.

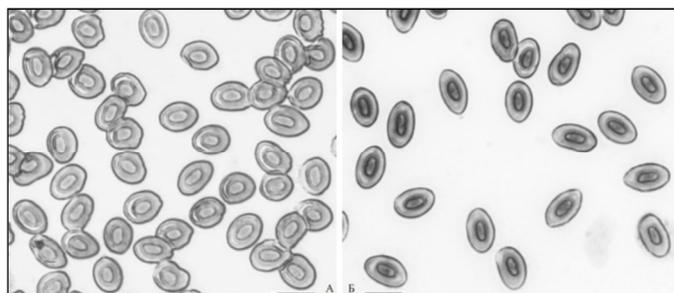
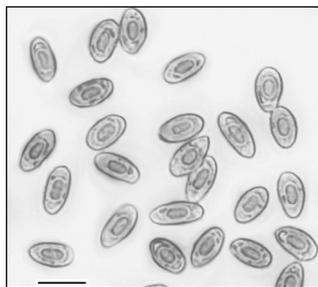


Рис. 2. Эритроциты самок карасей оз. Севан: а – с мелкими ядрами; б – с крупными ядрами (подгруппа I). Масштаб: 10 мкм



6

Рис. 2. Продолжение. Эритроциты самок карасей оз. Севан:
6 – с самыми крупными ядрами (подгруппа II). Масштаб: 10 мкм

Цитометрический анализ эритроцитов с ядрами различных размеров показал, что в 2015 г. соотношение средних значений площади ядер у карасей с мелкими и крупными ядрами составляло 1:1,55, в 2016 г. в подгруппе I – 1:1,52, в подгруппе II – 1:1,97. У карасей подгрупп I и II соотношение составляло 1:1,29. В 2016 г. в подгруппе I – 1:1,47, а у карасей подгрупп I и II соотношение составляло 1:1,7.

В 2015 г. караси с крупными ядрами эритроцитов встречались чаще в Малом Севане – 8,2 %, в Большом их было 6,7 %. В 2016 г. в Малом Севане караси с мелкими ядрами эритроцитов составили 58 %, с самыми крупными (подгруппа II) – 9,7 %. В Большом Севане таких особей было 36,7 и 22,5 % соответственно.

Карасей с самыми крупными ядрами эритроцитов (подгруппа II) было больше среди самок, в целом их количество было очень мало – 17,5 %.

Известно, что в европейской части ареала серебряного карася, на Урале, в Сибири и в Средней Азии встречается главным образом триплоидная форма, которая размножается с участием самцов других карповых рыб [16–18]. В восточных популяциях Евразии (Японские острова, Северный Китай, Дальний Восток России) обнаруживаются бисексуальная диплоидная и гиногенетическая полиплоидная формы серебряного карася в разных соотношениях [19], а пресноводные и морские популяции серебряного карася Азовского бассейна представлены диплоидно-триплоидным комплексом бисексуальной и гиногенетической форм с доминированием диплоидной бисексуальной геноформы [9, 20].

Цитометрический анализ эритроцитов серебряных карасей из выборок водоемов Дальнего Востока, Средней Азии и Европейской части России с различной ploidy показал, что соотношение средних значений площади ядер эритроцитов у диплоидных и триплоидных особей составляет 1:1,35 [8]. При сравнении результатов с данными, полученными при изучении триплоидных карасей Дальнего Востока, Средней Азии и Европейской части России [8], у которых среднее значение соотношения площади ядер эритроцитов диплоидных к триплоидным составляло 1:1,35, прослеживается некоторое сходство в соотношении площадей у изученных нами севанских карасей, и можно предположить, что особи с крупными ядрами могут являться триплоидными.

Анализ эритроцитов карасей, окрашенных азотнокислым серебром. Для выявления уровня ploidy рыб, с целью подсчета максимального количества ядрышек в ядрах эритроцитов [20–23], анализировались препараты эритроцитов карасей, окрашенные азотнокислым серебром.

У севанских карасей, отловленных в 2016 г., максимальное число клеток с мелкими ядрами составило: с одним ядрышком – 25 %, с двумя ядрышками – 47 %, у карасей из подгруппы II количество клеток с одним, двумя, тремя и более ядрышками – 13; 23; 42 и 7% соответственно.

Согласно литературным данным [8, 23], у диплоидных карасей в ядрах эритроцитов количество ядрышек может варьировать от 0 до 2, иногда отмечаются 3 ядрышка (встречаются очень редко – до 5%); у триплоидных и тетраплоидных особей количество ядер эритроцитов с тремя и более ядрышками возрастает до 40 и 20% соответственно [8].

Исходя из теории соответствия ploidy количеству ядрышек в ядре [21, 22; 24], согласно которой может быть подтверждена триплоидная природа карасей [8, 20], наши результаты по расчетам числа ядрышек в ядрах у карасей по итогам 2016 г. выявили определенное соответствие. У особей карасей с крупными ядрами из подгруппы II количество эритроцитов с тремя ядрышками составило 42 %; ядра с четырьмя ядрышками составляли 7 %. В целом у самок

с крупными ядрами эритроцитов в подгруппе II соотношение клеток без ядрышек, с одним, двумя, тремя и более трех ядрышек составляло 15:13:23:42:7 % соответственно. Таким образом, можно предположить, что караси оз. Севан с самыми крупными ядрами (подгруппа II) могут являться триплоидными.

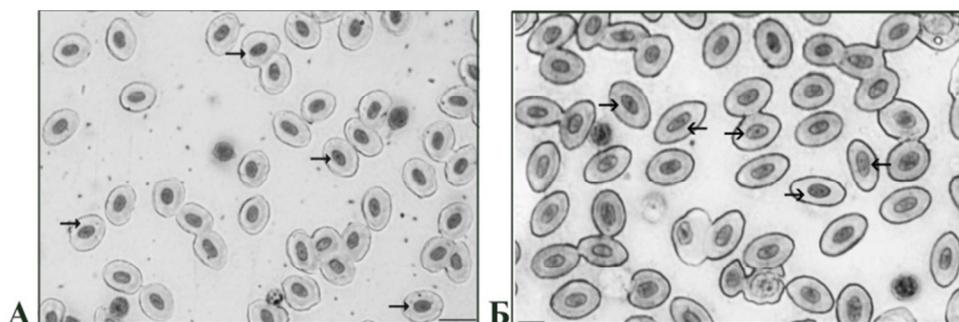


Рис. 3. Эритроциты самок карасей после окрашивания азотнокислым серебром: *a* – с мелкими размерами ядер; *b* – с самыми крупными размерами ядер (подгруппа II). Стрелками отмечены одно, два и три ядрышка в ядрах эритроцитов

При изучении цитогенетической структуры популяции серебряного карася в оз. Севан Р. Г. Рухьяном [10], как отмечалось выше, а также С. Х. Пипоян с Р. Г. Рухьяном [25] было показано совместное обитание однополо-диплоидной и диплоидно-бисексуальной форм карася.

Согласно результатам нашего анализа цитоморфологических характеристик эритроцитов карасей, отловленных в Малом и Большом Севане в 2015–2016 гг., в акватории озера встречаются особи как с крупными ядрами эритроцитов, так и с мелкими. Особей с крупными ядрами можно разделить на 2 подгруппы; соотношение средних объемов ядер эритроцитов особей этих подгрупп составляет 1:1,7. У карасей с мелкими ядрами соотношение одного и двух ядрышек составляет 25:47 %, у особей с самыми крупными ядрами (подгруппа II) соотношение двух, трех и более ядрышек – 23:42:7 % соответственно. Соотношения объемов ядер как самих эритроцитов, так и количества ядрышек в ядрах эритроцитов у особей карасей могут свидетельствовать о существовании в оз. Севан триплоидных карасей. В целом в выборке оз. Севан карасей с мелкими ядрами (диплоидные особи) было 38,8 %, карасей с самыми крупными ядрами эритроцитов (подгруппа II, возможно триплоиды) было очень мало – 17,5 %. Кроме того, карасей с крупными ядрами эритроцитов среди самок было больше, чем среди самцов.

Исходя из результатов цитогенетических исследований, можно заключить, что популяция карася в оз. Севан гетерогенная, состоящая из особей с мелкими (диплоидные) и крупными ядрами эритроцитов. Возможно, что особи с самыми крупными ядрами эритроцитов (подгруппа II) могут являться триплоидными.

Экологическая характеристика серебряного карася оз. Севан. В 2015 г. соотношение самцов и самок в популяции карася оз. Севан в среднем составляло 1:2,4, в 2016 г. – 1:2,1, что указывает на незначительное увеличение доли самцов в 2016 г. В нерестовой популяции серебряного карася оз. Севан доля самцов составляла 38 %, что свидетельствует об ухудшении условий обитания этого вида в озере. В Малом Севане в период нереста самцов было больше, чем самок (1,5 ♂:1 ♀), в Большом Севане – наоборот, наблюдалось преобладание самок (1 ♂:1,6 ♀), что связано с разными условиями нереста в разных частях озера.

Как и в 2015 г., в 2016 г. возрастная структура популяции серебряного карася была представлена особями трех возрастных классов (2+, 3+ и 4+ лет). Наибольшую долю в уловах составляли особи в возрасте 3+ лет.

Сравнительный анализ пластических признаков серебряного карася оз. Севан с мелкими и крупными ядрами эритроцитов показал, что по всем пластическим признакам караси с крупными ядрами эритроцитов не отличаются от карасей с мелкими ядрами. Сравнительный анализ серебряного карася оз. Севан по меристическим признакам показал, что караси с мелкими и крупными ядрами эритроцитов также не отличались (табл. 2).

Таблица 2

Показатели меристических признаков серебряного карася

Величина ядер эритроцитов	Меристические признаки		
	Количество чешуй в боковой линии	Лучи плавников	
		спинного	анального
Крупные	29–33	III–IV 15–19	II–III 6
Мелкие	28–34	III–IV 14–19	II–III 5–6

Для выявления возможной связи кариотипической структуры и воспроизводительной способности популяции серебряного карася был проведен сравнительный анализ ИАП рыб, который показал, что в оз. Севан по ИАП караси с крупными ядрами эритроцитов от карасей с мелкими ядрами не отличаются.

В период исследований показатели ИАП карася колебались: в Большом Севане – от 1500 до 36000, в Малом – от 2800 до 31000 икринок. Значение ИАП закономерно возрастало с увеличением длины и массы тела рыб (табл. 3, 4, рис. 4, 5).

Таблица 3

Индивидуальная абсолютная плодовитость серебряного карася оз. Севан по размерным группам (тыс. шт.), 2016 г.

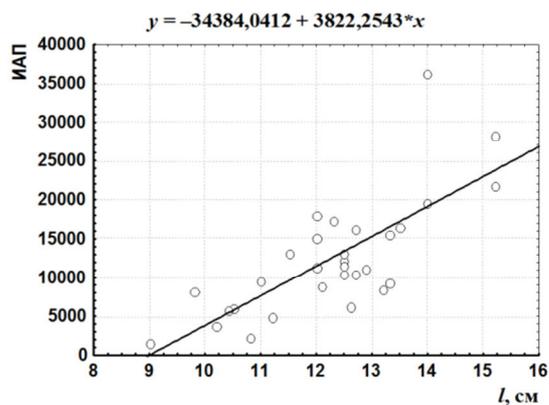
Длина тела, см	Большой Севан			Малый Севан		
	ИАП		n	ИАП		n
	M ± m	lim		M ± m	lim	
До 10,9	4,61±1,05	1,50–8,31	6	3,50±0,00	3,50–3,50	1
11,0–12,9	11,86±0,91	5,00–17,93	16	10,77±4,20	2,83–27,08	5
13,0–15,2	19,42±3,31	8,51–36,25	8	22,59±2,49	15,79–30,64	5
До 15,2	12,43±1,36	1,50–36,5	30	15,48±2,99	2,83–30,64	11

Таблица 4

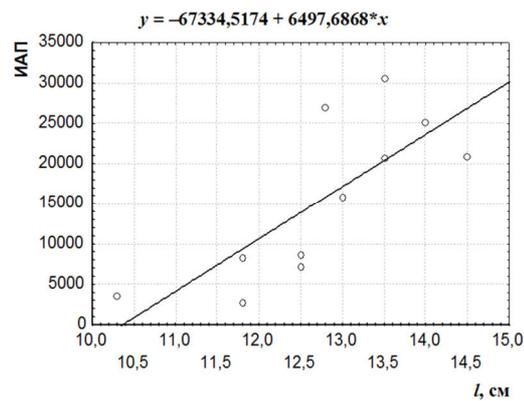
Индивидуальная абсолютная плодовитость серебряного карася оз. Севан по весовым группам (тыс. шт.), 2016 г.

Масса тела, г	Большой Севан			Малый Севан		
	ИАП		n	ИАП		n
	M ± m	lim		M ± m	lim	
До 39	5,29±0,99	1,50–9,62	8	5,83±2,33	3,50–8,17	2
40–59	12,74±1,12	6,28–17,93	11	8,60±2,69	2,83–15,79	4
60–79	13,02±1,34	8,51–19,50	8	28,86±1,78	27,08–30,64	2
80–111	28,75±4,18	21,79–36,25	3	22,17±1,42	20,63–25,00	3
До 111	12,43±1,36	1,50–36,5	30	15,48±2,99	2,83–30,64	11

Анализ литературных данных показал, что, с точки зрения одних авторов, ди- и триплоидные формы карася, различающиеся по типу размножения и обитающие симпатрично [26–28], морфологически почти не отличаются [24, 30, 31]. Другие авторы сообщают, что при анализе пластических и меристических признаков диплоидных и триплоидных карасей (на примере карасей из трех озер междуречья Тобол – Тавда (Кучаково, Тангач, Андреевское), дифференцированных по плоидности цитометрическим методом, наблюдаемые различия средних выборочных показателей в некоторых случаях становятся недостоверными при сравнении более узких выборок одноразмерных самок, близких по возрасту [32], т. е. в каждом из вышеуказанных озер морфологические различия диплоидов и триплоидов специфичны и незначительны [32].

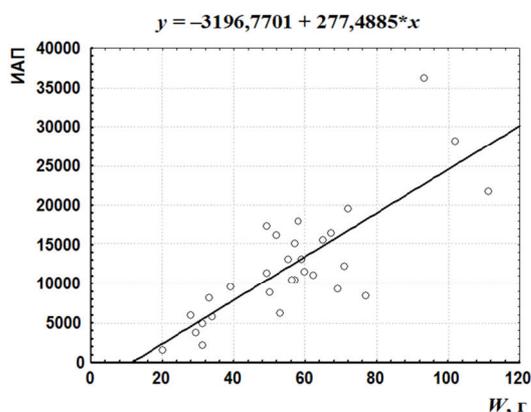


Большой Севан

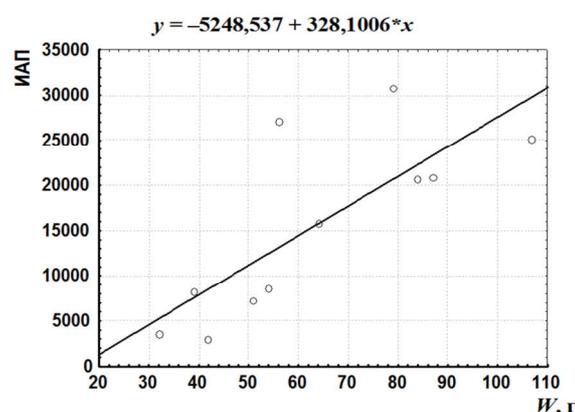


Малый Севан

Рис. 4. Соотношение индивидуальной абсолютной плодовитости и длины тела серебряного карася оз. Севан в 2016 г.



Большой Севан



Малый Севан

Рис. 5. Соотношение индивидуальной абсолютной плодовитости и массы тела серебряного карася оз. Севан в 2016 г.

Анализ данных по всем пластическим и меристическим признакам карасей из оз. Севан также выявил отсутствие статистически достоверных различий у карасей с мелкими и крупными ядрами эритроцитов.

Результаты исследований популяций серебряного карася из водоёмов юга Западной Сибири, в которых отмечается преобладание самок, могут свидетельствовать о небольшом распространении диплоидной формы и относительно благоприятных условиях обитания вида в регионе [33]. Результаты изучения карасей из трех озер междуречья Тобол – Тавда также свидетельствуют о том, что при благоприятных условиях лучшую реализацию потенциала роста имеют триплоиды, при неблагоприятных – диплоиды [32]. В случае с серебряными карасями из оз. Севан мы установили, что в нерестовой популяции доля самцов составляет 38 %. Это свидетельствует о преобладании доли самок, что, в свою очередь, может косвенно свидетельствовать о наличии в популяции триплоидных самок. Кроме того, результаты расчетов по соотношению объемов ядер как самих эритроцитов, так и количества ядрышек в ядрах эритроцитов у карасей может также свидетельствовать о существовании триплоидных карасей в оз. Севан.

Выводы

Таким образом, в результате изучения морфологических характеристик, возрастной, половой структуры и плодовитости серебряных карасей оз. Севан было установлено, что караси с крупными ядрами эритроцитов по всем пластическим, меристическим признакам и ИАП прак-

тически не отличаются от карасей с мелкими ядрами. Однако соотношение объемов ядер как самих эритроцитов, так и количества ядрышек в ядрах эритроцитов у изученных карасей может свидетельствовать о существовании триплоидных особей в оз. Севан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оганесян Р. О., Смолей А. И. Карась в озере Севан // Биол. журн. Армении. 1985. Т. 38, № 8. С. 725–726.
2. Рубенян А. Р. Проблема серебряного карася оз. Севан // Экологические проблемы озера Севан: материалы науч.-практ. конф. в НС РА. Ереван, 1993. С. 67–68.
3. Оганесян Р. О., Парпаров А. С., Симомян А. А., Смолей А. И., Гезалян М. Г. Особенности прогнозирования ресурсов озера Севан // Проблемы исследования крупных озер. Л.: Наука, 1985. С. 220–224.
4. Экология озера Севан в период повышения его уровня / отв. ред. Д. С. Павлов, А. В. Крылов. Махачкала: Изд-во «Наука» ДНЦ, 2010. 348 с.
5. Габриелян Б. К. Рыбы озера Севан. Ереван: Гитутюн, 2010. 252 с.
6. Озеро Севан. Экологическое состояние в период изменения уровня воды / отв. ред. А. В. Крылов. Ярославль: Филигрань, 2016. 328 с.
7. Барсегян Н. Э. Экология серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1783) в условиях повышения уровня озера Севан: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ереван, 2014. 21 с.
8. Аналикова О. В. Филогенетический анализ двух форм серебряного карася *Carassius auratus gibelio* Bloch на основе изменчивости митохондриальной ДНК: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2008. 24 с.
9. Абраменко М. И. Адаптивные механизмы распространения и динамики численности *Carassius auratus gibelio* в Понто-Каспийском регионе (на примере Азовского бассейна) // Российский журнал биологических инвазий. 2011. № 2. С. 3–26.
10. Рухкян Р. Г., Григорян К. А. Диплоидный гиногенез у серебряного карася (*Carassius auratus gibelio* (Bloch)) оз. Севан // Биол. журн. Армении, 1999. Т. 52, № 2. С. 145–147.
11. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
12. Сагун О. Ф., Буцкая Н. А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов у рыб. Мурманск: Главрыбвод, 1963. 47 с.
13. Kuzminykh E. V., Petrov Yu. P. A simple model for the study of the extracellular matrix on the cell morphology in vitro // Biochem. Biophys. Acta. 2004. 1671. P. 18–25.
14. Felip A., Carrillo M., Herráez M. P., Zanuy S., Basurco B. Protocol K-Erythrocyte measurements [Practical guide of protocols: methods of verification of the ploidy] in Advances in fish reproduction and their application to bloodstock management: a practical manual for sea bass. Zaragoza: CIHEAM/CSIC-IATS. 2009. P. 71–74.
15. Howell W. M., Black D. A. Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-step method // Experientia. 1980. 36. P. 1014–1015.
16. Головинская К. А., Ромашев Д. Д., Черфас Н. Б. Однополые и двуполые формы серебряного карася (*Carassius auratus gibelio* Bloch) // Вопросы ихтиологии. 1965. Т. 37, № 5. С. 614–629.
17. Никольский Г. В. Экология рыб. М.: Высш. шк., 1974. 366 с.
18. Курпичников В. С. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука, 1987. 520 с.
19. Абраменко М. И. Закономерности функционирования популяций однополо-двуполого комплекса серебряного карася (*Carassius auratus gibelio*) Азовского бассейна: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Астрахань, 2008. 49 с.
20. Абраменко М. И. Закономерности функционирования популяций однополо-двуполого комплекса серебряного карася (*Carassius auratus gibelio*) Азовского бассейна // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2009. № 3. С. 19–32.
21. Takai A., Ojima Y. The assignment of the nucleolus organizer regions in the chromosomes of carp, the fauna and their hybrids (Cyprinidae, Pisces) // Proc. Jap. Acad. Ser. B. 1982. Vol. 58. P. 303–306.
22. Phillips R. B., Zajicek K. D., Ihssen P. E., Johnson O. Application of silver staining to the identification of triploid fish cells // Aquaculture. 1986. Vol. 54, iss. 4. P. 313–319.
23. Liu S. J., Qin Q. B., Xiao J., Lu W. T., Shen J. M., Li W., Liu J. F., Duan W., Zhang C., Tao M. et al. The formation of the polyploid hybrids from different subfamily fish crossings and its evolutionary significance. Genetics. 2007. 176 (2). P. 1023–1034.
24. Черфас Н. Б., Ильясова В. А. Индуцированный гиногенез у гибридов между *Cyprinus carpio* и *Carassius carassius* // Генетика. 1980. № 16. С. 1260–1269.
25. Пупоян С. Х., Рухкян Р. Г. Размножение и развитие серебряного карася *Carassius auratus gibelio* в водоемах Армении // Вопросы ихтиологии, 1998, Т. 38, № 3. С. 353–358.
26. Абраменко М. И., Кравченко О. В., Великоиваненко А. Е. Генетическая структура популяций в диплоидно-триплоидном комплексе серебряного карася *Carassius auratus gibelio* в бассейне Нижнего Дона // Вопросы ихтиологии. 1997. Т. 37, № 1. С. 62–71.

27. Бельченко Л. А. Биохимический полиморфизм в дальневосточных популяциях серебряного карася // Экологическая физиология и биохимия рыб: тез. докл. Всерос. конф. Ярославль, 2000. Т. 1. С. 28–29.
28. Брыков В. А., Апаликова О. В., Елисейкина М. Г., Ковалев Ю. М. Изменчивость митохондриальной ДНК у диплоидной и триплоидной форм серебряного карася *Carassius auratus gibelio* // Генетика. 2005. Т. 41, № 6. С. 811–816.
29. Черфас Н. Б. Анализ мейоза у однополых и двуполых форм серебряного карася // Тр. Всесоюз. НИИ прудового рыбного хозяйства. 1966. Т. 14. С. 63–82.
30. Васильева Е. Д. О морфологической дивергенции гиногенетической и бисексуальной форм серебряного карася *Carassius auratus* (Cyprinidae, Pisces) // Зоологический журнал. 1990. Т. 69, № 11. С. 97–110.
31. Васильева Е. Д., Васильев В. П. К проблеме происхождения и таксономического статуса триплоидной формы серебряного карася *Carassius auratus* (Cyprinidae) // Вопросы ихтиологии. 2000. Т. 40, № 5. С. 581–592.
32. Янкова Н. В. Эколого-морфологические особенности диплоидно-триплоидных комплексов серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) на примере озер междуречья Тобол-Тавда: дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2006. 159 с.
33. Жигилева О. Н., Култышева М. Е., Сватов А. Ю., Урюпина М. В. Генетическое разнообразие популяций серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Cyprinidae, Cypriniiformes) в зависимости от типа размножения и размера водоёма // Поволжский экологический журнал. 2016. № 4. С. 381–389.

Статья поступила в редакцию 18.04.2017

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Барсегян Нелли Эдиковна – Армения, 0014, Ереван; Институт гидрэкологии и ихтиологии Научного центра зоологии и гидрэкологии Национальной академии наук Республики Армения; канд. биол. наук; научный сотрудник кафедры ихтиологии; nelka.84@bk.ru.

Варданян Тигран Вагинакович – Армения, 0014, Ереван; Институт гидрэкологии и ихтиологии Научного центра зоологии и гидрэкологии Национальной академии наук Республики Армения; канд. биол. наук; научный сотрудник кафедры ихтиологии; vard-tigran@mail.ru.

Степанян Илона Эдуардовна – Армения, 0014, Ереван; Научный центр зоологии и гидрэкологии Национальной академии наук Республики Армения; канд. биол. наук; старший научный сотрудник кафедры цитогенетики; llona_stepanyan@yahoo.com.

Габриелян Бардуч Карленович – Армения, 0014, Ереван; Научный центр зоологии и гидрэкологии Национальной академии наук Республики Армения; д-р биол. наук, профессор; директор; gabrielb@sci.am.



N. Barseghyan, T. Vardanyan, I. Stepanyan, B. Gabrielyan

ECOLOGICAL AND CITO-GENETIC CHARACTERISTICS OF THE POPULATION STRUCTURE OF CRUCIAN CARP (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO*, BLOCH, 1782) FROM SEVAN LAKE (ARMENIA)

Abstract. The article studies the morphological characteristics, age, sex structure, fecundity and cytomorphological parameters of erythrocytes of Crucian carp (*Carassius auratus gibelio*, Bloch, 1782) from both subwatersheds (Big and Small) of Lake Sevan. The analysis of cytomorphological characteristics of nuclei and erythrocytes showed that the population of the Crucian

carp from the lake is heterogeneous as a whole, and consists of individuals with small (diploid) and large nuclei and erythrocytes (subgroups I and II). In sampling taken from both subwatersheds of Lake Sevan occurrence of individuals with the smallest nuclei (diploid individuals) made 38.8%. Crucian carps with the largest nuclei of red blood cells (subgroup II) are noted among females more than among males, with a low percentage of occurrences – 17.5%. The ratios of the volumes of the nuclei of erythrocytes and the number of nucleoli in the nuclei of erythrocytes of Crucian carps can be indicating the existence of triploid individuals in Lake Sevan. The number of Crucian carps with the largest nuclei of red blood cells (subgroup II, possibly triploids) is 17.5% in both subwatersheds of Lake Sevan. During the spawning period males prevailed to females in Small Sevan (1.5 ♂:1 ♀) and females prevailed to males in Big Sevan (1 ♂:1.6 ♀), which is the result of different spawning conditions in different parts of the lake. The highest role in the catch had individuals at the age of 3+. It has been established that the Crucian carp from Lake Sevan with large nuclei of erythrocytes do not differ statistically from individuals with small nuclei for all studied plastic and meristic characteristics and absolute individual fecundity.

Key words: Crucian carp, Lake Sevan, cytogenetic structure, erythrocytes, ecology.

REFERENCES

- Oganesian R. O., Smolei A. I. Karas' v ozere Sevan [Crucian carp of Lake Sevan]. *Biologicheskii zhurnal Armenii*, 1985, vol. 38, no. 8, pp. 725-726.
- Rubenian A. R. Problema serebrianogo karasia oz. Sevan [The problem of Crucian carp of Lake Sevan]. *Ekologicheskie problemy ozera Sevan. Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii v NS RA*. Yerevan, 1993. P. 67-68.
- Oganesian R. O., Parparov A. S., Simonian A. A., Smolei A. I., Gezalian M. G. Osobennosti prognozirovaniia resursov ozera Sevan [Characteristics of broadcasting resources of Lake Sevan]. *Problemy issledovaniia krupnykh ozer*. Leningrad, Nauka Publ., 1985. P. 220-224.
- Ekologiya ozera Sevan v period povysheniia ego urovnia* [Environment of Lake Sevan during its level increasing]. *Otvetstvennye redaktory D. S. Pavlov, A. V. Krylov. Makhachkala, Izd-vo «Nauka» DNTs*, 2010. 348 p.
- Gabrielian B. K. *Ryby ozera Sevan* [Fish species of Lake Sevan]. Yerevan, Gitutium Publ., 2010. 252 p.
- Ozero Sevan. Ekologicheskoe sostoianie v period izmeneniia urovnia vody* [Lake Sevan. Environmental conditions in the period of water level changing]. *Otvetstvennyi redaktor A. V. Krylov. Yaroslavl, Filigran' Publ.*, 2016. 328 p.
- Barsegian N. E. *Ekologiya serebrianogo karasia Carassius auratus gibelio (Bloch, 1783) v usloviakh povysheniia urovnia ozera Sevan. Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk* [Ecology of Crucian carp *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1783) in terms of increasing water level of Lake Sevan. Abstract of dis. cand. biol. sci.]. Yerevan, 2014. 21 p.
- Apalikova O. V. *Filogeneticheskii analiz dvukh form serebrianogo karasia Carassius auratus gibelio Bloch na osnove izmenchivosti mitokhondrial'noi DNK. Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk* [Phylogenetic analysis of two forms of Crucian carp *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1783) based on changeability of mitochondrial DNA. Abstract of dis. cand. biol. sci.]. Vladivostok, 2008. 24 p.
- Abramenko M. I. Adaptivnye mekhanizmy rasprostraneniia i dinamiki chislennosti *Carassius auratus gibelio* v Ponto-Kaspiiskom regione (na primere Azovskogo basseina) [Adaptive mechanisms of distribution and dynamics of abundance of *Carassius auratus gibelio* in the Ponto-Caspian region (the Azov basin is used as an example)]. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii*, 2011, no. 2, pp. 3-26.
- Rukhikyan R. G., Grigorian K. A. Diplodnyi ginogenez u serebrianogo karasia oz. Sevan [Diploid gynogenesis of Crucian carp (*Carassius auratus gibelio* (Bloch)) of Lake Sevan]. *Biologicheskii zhurnal Armenii*, 1999, vol. 52, no. 2, pp. 145-147.
- Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniiu ryb* [Instructions on fish study]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1966. 376 p.
- Sakun O. F., Butskaia N. A. *Opredelenie stadii zrelosti i izuchenie polovykh tsiklov u ryb* [Determining maturity stages and study of sexual cycles among fishes]. Murmansk, Glavrybvod, 1963. 47 p.
- Kuzminykh E. V., Petrov Yu. P. A simple model for the study of the extracellular matrix on the cell morphology in vitro. *Biochem. Biophys. Acta*, 2004, 1671, pp. 18-25.
- Felip A., Carrillo M., Herráez M. P., Zanuy S., Basurco B. Protocol K-Erythrocyte measurements [Practical guide of protocols: methods of verification of the ploidy] in *Advances in fish reproduction and their application to bloodstock management: a practical manual for sea bass*. Zaragoza: CIHEAM/CSIC-IATS. 2009. P. 71-74.
- Howell W. M., Black D. A. Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-srep method. *Experientia*, 1980, 36, pp. 1014-1015.
- Golovinskaia K. A., Romashev D. D., Cherkas N. B. Odnopolye i dvupolye formy serebrianogo karasia (*Carassius auratus gibelio* Bloch) [Homo- and hetero species of Crucian carp (*Carassius auratus gibelio* Bloch)]. *Voprosy ikhtiologii*, 1965, vol. 37, no. 5, pp. 614-629.
- Nikol'skii G. V. *Ekologiya ryb* [Ecology of fishes]. Moscow, Vysshiaia shkola Publ., 1974. 366 p.
- Kirpichnikov V. S. *Genetika i selektsiia ryb* [Genetics and selection of fish]. Leningrad, Nauka Publ., 1987. 520 p.

19. Abramenko M. I. *Zakonomernosti funktsionirovaniia populiatsii odnopolodno-dvupolodno kompleksa serebriannogo karasia (Carassius auratus gibelio) Azovskogo basseina: Avtoreferat dis. ... d-ra biol. nauk* [Mechanisms of functioning populations of homo- and hetero complex of Crucian carp (*Carassius auratus gibelio*) of the Azov basin. Abstract of dis. doc. biol. sci.]. Astrakhan, 2008. 49 p.
20. Abramenko M. I. *Zakonomernosti funktsionirovaniia populiatsii odnopolodno-dvupolodno kompleksa serebriannogo karasia (Carassius auratus gibelio) Azovskogo basseina* [Mechanisms of functioning populations of homo- and hetero complex of Crucian carp (*Carassius auratus gibelio*) of the Azov basin]. *Rybovodstvo i rybnoe khoziaistvo*, 2009, no. 3, pp. 19-32.
21. Takai A., Ojima Y. The assignment of the nucleolus organizer regions in the chromosomes of carp, the fauna and their hybrids (Cyprinidae, Pisces). *Proc. Jap. Acad., Ser. B.*, 1982, vol. 58, pp. 303–306.
22. Phillips R. B., Zajicek K. D., Ihssen P. E., Johnson O. Application of silver staining to the identification of triploid fish cells. *Aquaculture*, 1986, vol. 54, iss. 4, pp. 313–319.
23. Liu S. J., Qin Q. B., Xiao J., Lu W. T., Shen J. M., Li W., Liu J. F., Duan W., Zhang C., Tao M. et al. The formation of the polyploid hybrids from different subfamily fish crossings and its evolutionary significance. *Genetics*. 2007, 176(2), pp. 1023–1034.
24. Chervas N. B., Il'iasova V. A. Indutsirovannyi ginogenez u gibridov mezhdru *Cyprinus carpio* i *Carassius carassius* [Induced gynogenesis of hybrids between *Cyprinus carpio* i *Carassius carassius*]. *Genetika*, 1980, no. 16, pp. 1260-1269.
25. Pipoyan S. Kh., Rukhkian R. G., Razmnojenie i razvitie serebriannogo karasya *Carassius auratus gibelio* v vodoemah Armenii [Reproduction and development of silver crucian carp *Carassius auratus gibelio* in water bodies of Armenia. *Voprosy ikhtiologii*, 1998, vol. 38, no 3. pp. 353-358.
26. Abramenko M. I., Kravchenko O. V., Velikoivanenko A. E. Geneticheskaia struktura populiatsii v diploidno-triploidnom komplekse serebriannogo karasia *Carassius auratus gibelio* v basseine Nizhnego Dona [Genetic structure of populations in diploid-triploid complex of Crucian carp *Carassius auratus gibelio* in the Lower Don basin]. *Voprosy ikhtiologii*, 1997, vol. 37, no. 1, pp. 62-71.
27. Bel'chenko L. A. *Biokhimicheskii polimorfizm v dal'nevostochnykh populiatsiakh serebriannogokarasia* [Biochemical polymorphism of Crucian carp populations in the Far East]. *Ekologicheskaiia fiziologiia i biokhimiia ryb: tezisy dokladov Vserossiiskoi konferentsii*. Yaroslavl, 2000. Vol. 1. P. 28-29.
28. Brykov V. A., Apalikova O. V., Eliseikina M. G., Kovalev Iu. M. Izmenchivost' mitokhondrial'noi DNK u diploidnoi i triploidnoi form serebriannogo karasia *Carassius auratus gibelio* [Changeability of mitochondrial DNA of diploid and triploid species of Crucian carp *Carassius auratus gibelio*]. *Genetika*, 2005, vol. 41, no. 6, pp. 811-816.
29. Chervas N. B. Analiz meioza u odnopolodnykh i dvupolodnykh form serebriannogo karasia [Characteristics of meiosis in homo- and hetero species of Crucian carp]. *Trudy Vsesoiuznogo NII prudovogo rybnoho khoziaistva*, 1966, vol. 14, pp. 63-82.
30. Vasil'eva E. D. O morfologicheskoi divergentsii ginogeneticheskoi i biseksual'noi form serebriannogo karasia *Carassius auratus* (Cyprinidae, Pisces) [On morphological divergence of gynogenetic and bisexual species of Crucian carp *Carassius auratus* (Cyprinidae, Pisces)]. *Zoologicheskii zhurnal*, 1990, vol. 69, no. 11, pp. 97-110.
31. Vasil'eva E. D., Vasil'ev V. P. K probleme proiskhozhdeniia i taksonomicheskogo statusa triploidnoi formy serebriannogo karasia *Carassius auratus* (Cyprinidae) [On the problem of origin and taxonomic status of triploid species of Crucian carp *Carassius auratus* (Cyprinidae)]. *Voprosy ikhtiologii*, 2000, vol. 40, no. 5, pp. 581-592.
32. Iankova N. V. *Ekologo-morfologicheskie osobennosti diploidno-triploidnykh kompleksov serebriannogo karasia Carassius auratus gibelio (Bloch) na primere ozer mezhdurech'ia Tobol-Tavda: dis. ... kand. biol. nauk* [Environmental and morphological characteristics of diploid-triploid complexes of Crucian carp *Carassius auratus gibelio* (Bloch) at the example of lakes of interfluvies the Tobol-Tavda rivers. Dis. cand. biol. sci.]. Tyumen, 2006. 159 p.
33. Zhigileva O. N., Kultysheva M. E., Svatov A. Iu., Uriupina M. V. Geneticheskoe raznoobrazie populiatsii serebriannogo karasia *Carassius auratus gibelio* (Cyprinidae, Cypriniformes) v zavisimosti ot tipa razmnozheniia i razmera vodoema [Genetic diversity of populations of Crucian carp *Carassius auratus gibelio* (Cyprinidae, Cypriniformes) related to reproduction type and water reservoir size]. *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal*, 2016, no. 4, pp. 381-389.

The article submitted to the editors 18.04.2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Barseghyan Nelli – Armenia, 0014, Yerevan; Institute of Hydroecology and Ichthyology of Scientific Centre of Zoology and Hydroecology of National Academy of Sciences of Republic of Armenia; Candidate of Biology; Scientific Researcher of the Department of Ichthyology; nelka.84@bk.ru.

Vardanyan Tigran – Armenia, 0014, Yerevan; Institute of Hydroecology and Ichthyology of Scientific Centre of Zoology and Hydroecology of National Academy of Sciences of Republic of Armenia; Candidate of Biology, Scientific Researcher of the Department of Ichthyology; vardtigran@mail.ru.

Stepanyan Ilona – Armenia, 0014, Yerevan; Scientific Centre of Zoology and Hydroecology of National Academy of Sciences of Republic of Armenia; Candidate of Biology, Senior Researcher of the Department Cytogenetics; Ilona_stepanyan@yahoo.com.

Gabrielyan Bardukh – Armenia, 0014, Yerevan; Scientific Centre of Zoology and Hydroecology of National Academy of Sciences of Republic of Armenia; Doctor of Biology, Professor; Director; gabrielb@sci.am.

