

БИОЛОГИЯ

УДК 597-639.215 (282.247.41)

DOI: 10.21779/2542-0321-2023-38-2-117-129

А.В. Конькова¹, Д.Р. Файзуллина¹, Ю.М. Ширина¹, И.А. Богатов¹, С.С. Астафьевы¹, К.А. Жукова²

Современное состояние леща (*Abramis brama*) и серебряного карася (*Carassius gibelio*) дельты Волги

¹ Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева; Россия, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а; d_faizulina@mail.ru;

² Университет МГУ-ППИ в Шэнъчжэне: Китай, 517182, г. Шэнъчжэнь, ул. Гоцзидасюеюань, 1

Аннотация. Цель работы – комплексная оценка состояния леща и серебряного карася дельты Волги. Материалом исследования послужили половозрелые лещи и серебряные караси, собранные весной, летом и осенью 2021 г. Комплекс используемых методов включал в себя морфометрический, гематологический, биохимический и паразитологический анализы. Была проведена единовременная биологическая оценка состояния леща и серебряного карася по ряду морфо- и физиологических показателей. Меристические и большинство пластических признаков у обоих видов варьировали слабо. В ходе нереста снижалось абсолютное количество эритроцитов, уровень гемоглобина, количество лейкоцитов, уровень общего сывороточного белка, β-липопротеидов, холестерина, при увеличении количества нормобластов. Серебряный карась, как более экологически пластичный вид, характеризовался высокими уровнями гемоглобина, глюкозы и холестерина по сравнению с лещом. Суммарное разнообразие паразитов двух видов карповых рыб насчитывало 11 видов (лещ – 8 видов, серебряный карась – 8 видов). Паразиты в момент исследования со своими хозяевами находились на уровне бессимптомного паразитоносительства. Полученные результаты указывают на достаточно высокий адаптационный потенциал леща и серебряного карася к условиям обитания в дельте Волги. Полученные данные могут быть использованы при экологическом мониторинге дельты Волги и санитарно-гигиенической экспертизе.

Ключевые слова: лещ, серебряный карась, морфометрия, гематология, белок, холестерин, липопротеиды, глюкоза, паразитофауна.

Исследование было проведено в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» (Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева).

Введение

Лещ (*Abramis brama*, L., 1758) и серебряный карась (*Carassius gibelio*, B., 1782) являются традиционными объектами промысла повсеместно на реке Волге. В Волго-Каспийском бассейне встречается как типичная полупроходная форма леща, так и туводная. Серебряный карась – жилая рыба, однако в последние годы он стал заселять и слабосолоноватые участки северной части Каспийского моря. Серебряный карась является пластичным видом, эврифагом, устойчивым к дефициту кислорода (до 0,5 мг/л), приспособлен к пересыханию водоемов, имеет порционный нерест, способен к гиноге-

нетическому, смешанному размножению и гибридизации. Лещ – малопластичный вид, типичный бентофаг, требующий большего количества кислорода (до 4 мг/л), характерно преимущественно единовременное икрометание [1–3].

В последние годы объем вылова леща в низовьях Волги и волжской дельте снизился и составляет от 9,8 до 14 тыс. т, уловы серебряного карася колеблются в пределах 2,72–7,18 тыс. т [4]. Это связано с тем, что в настоящее время условия обитания указанных видов рыб здесь несколько изменились из-за снижения объема и изменения характера весеннего стока реки Волги. Как следствие, нарушен процесс сопряженности водного и термического режимов весной, нерестилища не полностью заливаются, отмечена неблагоприятная гидрологическая обстановка. На состояние рыб также влияют негативные антропогенные факторы, главным образом загрязнение. Невосполнимый ущерб рыбным запасам наносит и незаконный промысел, которой у леща может достигать до 50 % от официального [4; 3]. Чтобы проанализировать состояние организма рыбы под воздействием как эндогенных, так и экзогенных факторов, используют специфические биомаркеры. К ним можно отнести морфометрические (меристические и пластические) признаки, гематологические и биохимические показатели крови, особенности состава паразитофауны. Совокупность этих показателей позволяет значительно расширить объемы биологических знаний и достоверной информации о функциональном состоянии рыб на различных этапах годового цикла в условиях современной экологической обстановки.

Цель работы – оценка состояния леща и серебряного карася дельты Волги, включающая в себя определение морфометрических, гематологических, биохимических и паразитологических показателей.

Материалы и методы

Объектами исследования послужили половозрелые особи леща в возрасте 3–6 лет (22 экз.) и серебряного карася в возрасте 4–7 лет (35 экз.), собранные в притоке реки Волги (рукав Хурдун) в координатах 46°06'03"–46°00'03"с. ш., 47°44'36"–47°32'56" в. д. в районе с. Икряное (РФ, Астраханская область) весной, летом и осенью 2021 г.

Измерения меристических и пластических признаков выполнены на свежевыловленных особях с помощью штангенциркуля (точностью до 1 мм) и линейки по общепринятым методикам. Возраст определяли по чешуе по общепринятым методикам [5]. Оценку стабильности развития популяции карася серебряного и леща проводили по показателям флюктуирующей асимметрии билатерально расположенных меристических признаков.

Для гематологического и биохимического анализов была отобрана кровь рыб из хвостовой вены. В образцах цельной крови было изучено количество гемоглобина (методом Драбкина), эритроцитов (подсчет в камере Горяева) и скорость оседания эритроцитов (на СОЭ-метре Панченкова ПР-3). Приготовленные мазки крови были фиксированы в растворе этилового спирта (96 $^{\circ}$) и окрашены по Романовскому–Гимзе. С помощью микроскопа Olympus CX43 (Япония) были определены лейкоцитарная формула и патологии эритроцитов [6; 7]. В сыворотке крови колориметрическими методами (спектрофотометр Экрос ПЭ5300, Россия) определяли количество: общего сывороточного белка, β -липопротеидов, глюкозы и холестерина. Были использованы готовые наборы реагентов («Агат», «Ольвекс диагностикум», Россия).

Сбор и обработку паразитологического материала проводили по общепринятым методикам [8; 9]. Статистический анализ данных проводился в виде описательной статистики. Данные представлены как среднее значение (M), стандартная ошибка (m), дополнены коэффициентом вариации выборки данных (CV, %). При нормальном распределении данных различия считались достоверными согласно параметрическому критерию Стьюдента ($p < 0,05$), при выявление ненормального распределения данных различия между выборками оценивали согласно непараметрическому критерию Манна–Уитни ($p < 0,05$). Статистическую взаимосвязь изученных параметров определяли с помощью коэффициента корреляции Пирсона (r).

Результаты

Морфометрические показатели. Для оценки состояния популяции леща использовали морфометрические признаки, приведенные в таблице 1. При анализе полученных данных по биометрической характеристике леща были выявлены следующие диагностические признаки: число тычинок на I жаберной дуге составляло 15–16, число лучей в спинном плавнике D III–IV – 10, в анальном плавнике A II–III – 17–23, обычно 22. Глоточные зубы у леща однорядные, 5–5. Формула боковой линии 49 $\frac{12 \dots 14}{6 \dots 8}$ 58. По каждому признаку отдельно и в целом по выборке в наших исследованиях коэффициент вариации не превышал 20 %.

Анализ изменчивости пластических признаков проводили для особей одного возраста, т. к. для рыб характерна возрастная изменчивость пропорций тела. Меньше всего достоверных различий было между выборками леща, выловленными в весенний и летний периоды, где наблюдались незначительные колебания в массе и промысловой длине. Достоверные различия отмечены при измерении постдорсального расстояния, что можно объяснить влиянием темпа роста на формирование этого признака.

Таблица 1. Морфометрическая характеристика особей леща дельты Волги в 2021 г. ($M \pm m$, CV)

Показатель	Период					
	Весенний		Летний		Осенний	
	M \pm m	CV	M \pm m	CV	M \pm m	CV
Длина промысловая, см	28,31 \pm 0,52	6,90	28,52 \pm 1,81	14,21	28,09 \pm 1,50	18,20
Масса, г	343,50 \pm 25,34	7,44	349,80 \pm 46,82	13,41	351,20 \pm 22,51	6,41
Меристические признаки						
ll	50,20 \pm 0,45	2,51	51,10 \pm 0,51	2,60	50,1 \pm 0,41	2,22
D	9,70 \pm 0,15	4,83	9,64 \pm 0,31	5,11	9,00 \pm 0,01	0,01
A	22,71 \pm 0,41	6,80	17,81 \pm 1,30	14,13	21,50 \pm 0,31	2,70
sp.br	15,63 \pm 0,92	1,81	15,82 \pm 0,90	1,83	15,91 \pm 0,90	0,91
Пластические признаки в % от длины головы						
an	29,33 \pm 0,91	11,70	25,44 \pm 1,84	13,90	21,60 \pm 2,40	21,95
np	22,84 \pm 0,60	8,91	25,74 \pm 1,82	14,21	34,33 \pm 1,71	9,71
po	52,61 \pm 0,97	6,48	47,66 \pm 2,13	8,92	47,72 \pm 2,72	11,44
nn	35,12 \pm 1,98	20,33	38,48 \pm 2,81	14,81	36,85 \pm 1,33	7,02
lm	73,48 \pm 1,14	5,62	67,81 \pm 0,87	2,54	67,14 \pm 4,27	12,50

Пластические признаки в % от промысловой длины						
ao	22,55±0,31	4,95	22,42±0,78	6,66	20,57±0,30	2,70
qh	36,61±0,62	5,65	34,73±2,21	12,63	40,71±0,91	4,30
ik	10,74±0,25	5,21	10,71±0,45	8,33	11,33±0,72	12,55
aq	57,04±0,66	3,60	54,22±1,85	6,54	50,18±5,038	20,11
rd	12,22±0,32	7,78	33,75±1,04	6,28	26,34±3,54	26,72
fd	16,23±0,38	7,81	14,35±0,50	6,97	15,11±0,66	7,91
qs	13,54±0,2	6,52	13,20±0,20	3,31	12,81±0,46	6,84
tu	21,80±0,84	13,55	19,40±2,86	28,62	25,61±0,82	6,62
yy ₁	22,61±0,53	7,61	19,55±1,33	12,92	25,42±1,41	10,83
ej	17,20±0,35	6,54	16,18±0,32	3,34	18,23±0,54	5,81
vx	21,11±0,46	7,03	20,79±0,37	3,02	18,94±0,91	9,72
zz ₁	16,76±0,47	8,70	16,91±0,58	6,31	19,44±1,62	16,54
vz	20,66±0,31	5,98	20,61±1,71	16,61	22,97±1,97	16,97
zy	19,70±0,42	7,70	20,13±0,90	9,90	22,91±1,51	13,41

Для оценки состояния популяции серебряного карася использовали морфометрические признаки, приведенные в таблице 2. Были выявлены следующие диагностические признаки: число тычинок на I жаберной дуге равнялось 42–45, число лучей в спинном плавнике D III–IV – 20, а чаще 18–19, в анальном плавнике A II–III – 6–7, обычно 7. Глоточные зубы у серебряного карася однорядные, 4–4. Формула боковой линии 30 $\frac{8...6}{6...7}32$. По каждому признаку отдельно и в целом по выборке в наших исследованиях коэффициент вариации не превышал 22 %. Меньше всего достоверных различий было между выборками, выловленными в весенне-летний период. Достоверные различия отмечены в длине основания анального плавника, что также объясняется влиянием темпа роста.

Таблица 2. Морфометрическая характеристика особей серебряного карася дельты Волги в 2021 г. (M±m, CV)

Показатель	Период					
	Весенний		Летний		Осенний	
	M±m	CV	M±m	CV	M±m	CV
Длина промысловая, см	25,10±0,54	6,43	25,9±0,47	6,48	26,01±0,41	6,11
Масса, г	422,11±26,5 7	18,89	431,5±26,1	20,01	438,12±18,7 0	21,8
Меристические признаки						
ll	30,20±0,45	1,05	32,4±0,51	1,10	32,71±0,54	1,15
D	18,33±0,67	10,91	18,49±0,49	9,16	18,22±0,41	8,90
A	6,44±0,24	1,27	7,00±0,01	0,01	7,00±0,01	0,01
sp.br	42,64±0,53	2,80	44,58±0,57	3,01	45,14±0,59	0,62
Пластические признаки в % от длины головы						
an	27,28±0,85	9,32	27,4±1,1	12,87	26,50±0,70	10,40
np	17,89±0,68	11,38	20,1±0,5	8,02	17,91±0,31	7,17
po	57,59±0,54	2,84	58,2±1,53	8,90	57,32±0,82	5,44

nn	42,27±1,45	10,27	42,9±1,6	12,4	41,94±0,87	7,80
lm	75,09±1,66	6,62	76,9±1,59	7,24	69,45±1,61	8,70
Пластические признаки в % от промысловой длины						
ao	26,01±0,52	5,97	26,5±0,51	6,95	24,85±0,44	6,11
qh	39,16±0,57	4,36	39,3±0,56	4,74	39,40±0,54	4,64
ik	16,67±0,32	5,76	16,9±0,28	5,80	15,81±0,33	6,64
aq	48,27±0,71	4,39	49,1±0,56	3,96	45,72±0,67	4,74
rd	14,17±0,59	12,57	16,5±0,49	9,83	16,93±0,47	9,60
fd	13,43±0,56	12,47	13,8±0,46	11,11	15,37±0,55	12,11
qs	37,47±1,05	8,43	38,6±0,65	6,18	36,61±0,87	8,00
tu	16,77±0,50	8,94	17,2±0,5	10,27	15,94±0,24	5,86
yy ₁	12,61±0,53	12,63	13,8±0,2	7,24	11,45±0,22	7,87
ej	4,84±0,04	2,75	4,87±0,45	3,22	4,97±0,33	3,54
vx	17,19±0,93	16,17	17,5±0,53	10,24	17,61±0,41	9,47
zz ₁	20,34±0,29	4,23	20,8±0,41	7,31	19,60±0,41	7,71
vz	19,86±0,67	10,10	20,3±0,38	6,32	21,63±0,34	6,21
zy	27,97±1,07	10,86	28,6±0,51	5,90	29,41±0,64	7,70

Анализ значений коэффициента вариации показывает, что меристические и большинство пластических признаков у леща и серебряного карася в весенне-осенний период имеют слабую вариабельность ($CV < 10\%$). Средней степенью варьирования ($10\% < CV < 20\%$) у леща отмечены промысловая длина, масса тела с внутренностями, у серебряного карася отмечены пропорции головы – длина рыла, диаметр глаза, высота головы у затылка, длина спинного и анального плавников.

Гематологические показатели. Эритроциты самок и самцов леща и карася были представлены преимущественно зрелыми формами (98–99%). Количество эритробластов у самок леща значительно снижалось сразу после нереста в отличие от самок карася. У самок двух этих видов рыб относительное количество молодых форм (базофильные и полихроматофильные нормобласты) увеличивалось от преднерестового к концу нерестового периода, достигая максимума у самок после нереста. Абсолютное количество эритроцитов, как и уровень гемоглобина, у леща так же увеличивалось в нагульный период ($p < 0,05$). Средний годовой уровень гемоглобина у серебряного карася был выше, чем у леща ($p < 0,05$). Уровень СОЭ у леща и карася незначительно менялся, составляя в среднем за все сезоны исследования 2,91 и 2,27 соответственно (табл. 3, 4). Зависимости уровня СОЭ от пола и стадии зрелости не было выявлено. Исследование в течение года встречаемости особей леща с патологиями эритроцитов показало: гипохромазию у 40 % особей, вакуолизацию цитоплазмы – у 4,5 %, нарушение осморезистентности – у 4,5 %. У серебряного карася фиксировали анизоцитоз – у 31 % особей, амитоз – у 3 %, агглютинацию – у 11 %, инвагинацию ядра – у 9 %. В равной степени встречались особи с такими патологиями, как смещение ядер к периферии (5 %), пикноз (13 %), ядерные тени (95 %), лизисные клетки (88 %).

Белая кровь леща и серебряного карася во все сезоны была преимущественно лимфоидного характера – зрелые лимфоциты в зависимости от стадии зрелости составляли 83,12–93,50 % и 80,45–94,00 % соответственно. Их относительное количество уменьшалось в процессе нереста. Далее по распространённости шли нейтрофилы и молодые лейкоциты миелоидного ряда, моноциты, эозинофилы и базофилы были единичны.

Биохимические показатели. Минимальное количество сывороточного белка у леща отмечено сразу после нереста, у самок карася – в преднерестовый период. В процессе нагула уровень ОСБ у самок леща был в 1,2 раза ниже, чем у самок карася (табл. 3, 4). Максимальные значения уровня β -липопротеидов у самок леща и карася –липопротеидов в крови самок карася в нерестовый период было значительно выше, чем у леща ($p < 0,05$). Это, видимо, связано с порционностью и растянутостью нереста карася. У самок карася максимальные значения количества холестерина зафиксированы перед нерестом и во время него. Лещу оказались свойственны более низкие, чем карасю, концентрации холестерина в крови ($p < 0,05$) и такое же снижение его уровня в процессе нереста. Максимум этого показателя у леща отмечен в процессе нагула, что, вероятно, связано с особенностями его питания бентосом, богатым липидами. Также и уровень глюкозы в крови у особей популяции леща был ниже (в 6 раз), чем у особей карася ($p < 0,05$).

Таблица 3. Гематологические и биохимические показатели крови леща дельты Волги в 2021 г. ($M \pm m$)*

Эритроциты, млн/мкл	СОЭ, мм/ч	Гемоглобин, г/л	Общий сывороточный белок, г/л	β -липопротеиды, мг%	Холестерин, г/л	Глюкоза, ммоль/л
φ IV						
0,31 \pm 0,04	2,50 \pm 32,19	60,74 \pm 1,98	38,60 \pm 7,85	36,00 \pm 1,41	1,34 \pm 0,50	1,60 \pm 0,58
φ V						
0,31 \pm 0,01	2,25 \pm 33,77	66,67 \pm 9,39	28,79 \pm 6,16	13,50 \pm 5,50	0,81 \pm 0,28	1,71 \pm 0,83
φ VI-II						
0,29 \pm 0,03	3,00 \pm 0,45	65,48 \pm 6,32	21,85 \pm 4,30	12,00 \pm 6,00	0,59 \pm 0,12	0,92 \pm 0,26
φ II						
0,87 \pm 0,01	2,00 \pm 0,00	70,91 \pm 4,96	40,38 \pm 6,06	13,00 \pm 1,00	1,94 \pm 0,89	5,58 \pm 0,02
φ III						
0,76 \pm 0,14	2,00 \pm 0,41	75,00 \pm 6,47	32,94 \pm 2,75	16,50 \pm 5,50	2,20 \pm 0,45	3,37 \pm 0,56
δ VI-II						
0,35	2,0	72,10	18,97	9,00*	0,73	1,68
δ II						
0,59 \pm 0,13	1,75 \pm 0,75	57,01 \pm 5,60	35,01 \pm 3,22	13,00 \pm 6,00	0,84 \pm 0,18	0,98 \pm 0,45

* – φ – самка, δ – самец, римские цифры указывают стадию зрелости гонад

Таблица 4. Гематологические и биохимические показатели крови серебряного карася дельты Волги в 2021 г. ($M \pm m$)*

Эритроциты, млн/мкл	СОЭ, мм/ч	Гемоглобин, г/л	Общий сывороточный белок, г/л	β -липопротеиды, мг%	Холестерин, г/л	Глюкоза, ммоль/л
φ IV						
0,17 \pm 0,01	2,57 \pm 0,30	72,10 \pm 4,17	34,02 \pm 3,74	77,83 \pm 11,98	1,64 \pm 0,12	3,65 \pm 0,90

♀ V							
0,14 \pm 0,01	2,00 \pm 0,00	94,81 \pm 18,27	44,49 \pm 1,31	128,00 \pm 49,00	1,96 \pm 0,13	4,34 \pm 3,93	
♀ VI-II							
0,45 \pm 0,05	2,36 \pm 0,20	70,46 \pm 3,44	39,77 \pm 2,08	47,82 \pm 7,86	3,75 \pm 0,30	13,88 \pm 2,42	
♀ III							
0,61 \pm 0,07	3,92 \pm 0,26	82,68 \pm 3,31	40,97 \pm 3,94	20,38 \pm 3,09	1,94 \pm 0,10	12,15 \pm 2,84	
♂ III							
0,50 \pm 0,12	1,50 \pm 1,50	76,73 \pm 8,65	38,43 \pm 1,37	14,00 \pm 4,00	1,80 \pm 0,46	27,04 \pm 17,70	

* – ♀ – самка, ♂ – самец, римские цифры указывают стадию зрелости гонад

Паразитологические показатели. У обследованных половозрелых особей леща и карася суммарно было выявлено 11 видов паразитов, относящихся к 6 систематическим группам: цестоды (*Cestoda*), моногенеи (*Monogenea*), trematоды (*Trematoda*), нематоды (*Nematoda*), скребни (*Acanthocephala*), ракообразные (*Crustacea*) (табл. 5). Видовой состав паразитов в зависимости от вида рыб варьировал. Так, у карася отсутствовали представители цестод и моногеней, а у леща – нематод, скребней и ракообразных. У обоих видов рыб широко были распространены trematоды, которые поражали до 63,64 % рыб с интенсивностью инвазии, достигавшей 306 паразитов на рыбу, такие, например, как дигенетические сосальщики *Paracoenogonimus ovatus*.

Таблица 5. Паразитофауна леща и серебряного карася дельты Волги в 2021 г.*

Вид паразита, систематическая группа	Стадия	Локализация	Лещ		Карась	
			Экстенсивность инвазии (индекс обилия)	Интенсивность инвазии (средняя интенсивность инвазии)	Экстенсивность инвазии (индекс обилия)	Интенсивность инвазии (средняя интенсивность инвазии)
<i>Цестоды (Cestoda)</i>						
<i>Caryophyllaeus laticeps</i>	<i>a</i>	К	4,55 (0,05)	1 (1,00)	–	–
<i>Моногенеи (Monogenea)</i>						
<i>Dactylogyurus sp.</i>	<i>a</i>	Ж	13,64 (0,36)	1–5 (2,67)	–	–
<i>Diplozoon paradoxum</i>	<i>a</i>	Ж	13,64 (0,18)	1–2 (1,33)	–	–
<i>Tрематоды (Trematoda)</i>						
<i>Apophallus muehlingi</i>	<i>l</i>	П	9,09 (0,09)	1 (1,00)	2,86 (0,03)	1 (1,00)
<i>Bolboforus confusus</i>	<i>l</i>	М	4,55 (0,09)	2 (2,00)	–	–
<i>Diplostomum spathaceum</i>	<i>l</i>	Г	36,36 (6,27)	1–53 (17,25)	11,43 (0,29)	1–7 (2,50)
<i>Hystericomorpha triloba</i>	<i>l</i>	М	–	–	2,86 (0,06)	2 (2,00)

<i>Paracoenogonimus ovatus</i>	<i>l</i>	П	27,27 (8,00)	2–82 (29,33)	–	–
<i>Paracoenogonimus ovatus</i>	<i>l</i>	М	50,00 (43,00)	2–306 (86,00)	2,86 (0,06)	2 (2,00)
<i>Paracoenogonimus ovatus</i>	<i>l</i>	ПМ	63,64 (51,00)	2–306 (80,14)	2,86 (0,06)	2 (2,00)
<i>Posthodiplostomum cuticola</i>	<i>l</i>	П	4,55 (0,05)	1 (1,00)	–	–
<i>Posthodiplostomum cuticola</i>	<i>l</i>	М	–	–	2,86 (0,06)	2 (2,00)
<i>Нематоды (Nematoda)</i>						
<i>Eustrongylides excisus</i>	<i>l</i>	ВН	–	–	2,86 (0,03)	1 (1,00)
<i>Скрепни (Acanthocephala)</i>						
<i>Pomphorhynchus laevis</i>	<i>a</i>	ВН	–	–	2,86 (0,03)	1 (1,00)
<i>Ракообразные (Crustacea)</i>						
<i>Lernea cyprinacea</i>	<i>a</i>	Ж	**	–	5,71 (0,06)	1 (1,00)

* *a* – adult (половозрелая особь паразита), *l* – larva (личиночная стадия паразита), *K* – кишечник, *Ж* – жабры, *П* – плавники, *М* – мышцы, *ПМ* – плавники и мышцы суммарно, *ВН* – внутренние органы, ** – паразит не зарегистрирован

Основные места локализации отмеченных паразитов были зафиксированы на жаберных лепестках, в хрусталике глаза, на плавниках и мышечной ткани, в просвете кишечника, в свободном состоянии на внутренних органах.

Обсуждение

Основные морфометрические показатели леща и серебряного карася были аналогичны пределам признаков видов [1]. Число лучей в грудном и брюшном плавниках леща и серебряного карася практически не изменялось, что говорит о наличии жесткого отбора по величине этих признаков, снижающего их вариабельность. Сходная картина наблюдалась у леща Верхней и Средней Оби, где D III – 9–10 (в среднем $9,03 \pm 0,02$), A III – 23–29 (в среднем $26,05 \pm 0,12$) [10]. Меристические признаки карася серебряного также мало подвержены возрастным изменениям и относительно одинаковы у всех возрастных групп. Так, число ветвистых лучей в спинном и анальном плавниках было сходным с карасем Куйбышевского водохранилища (спинной – 18,34 и 17,51 и анальный – 6,8 и 4,99 соответственно) [11].

У исследованных карповых рыб выявлено преобладание зрелых форм эритроцитов, однако абсолютное среднее количество эритроцитов у них было низким, как, например, и у леща из наиболее загрязненной части Куйбышевского водохранилища [12]. У леща и карася от весны к осени, с увеличением температуры воды летом, количество эритроцитов в крови повышалось. Увеличение относительного количества молодых форм эритроцитов у исследованных карповых рыб после нереста свидетельствует об усилении эритропоэза, хотя различия были не достоверны ($p > 0,05$). Однако такие тенденции отмечались авторами и раньше [13]. Наиболее часто особи изученных карповых рыб с патологическими эритроцитами отмечены в весенне-летний период, что

связано с усилением эритропоэза и с повышением температуры воды, когда проницаемость тканей и их способность аккумулировать токсические вещества возрастает.

Относительное количество лимфоцитов леща и серебряного карася снижалось в летний период по сравнению с весенним на 3 и 11 % соответственно. Далее в процессе нагула их количество незначительно увеличилось ($p < 0,05$). Сезонное изменение относительного количества миелоцитов, палочкоядерных нейтрофилов и эозинофилов имело противоположное направление. Схожая сезонная динамика клеток белой крови наблюдалась у серебряного карася оз. Каменик Костромской области [14]. Таким образом, невысокое содержание моноцитов, эозинофилов, бластных клеток в крови как леща, так и серебряного карася, свидетельствует о ненапряженном состоянии иммунной системы.

Сывороточные белки принимают непосредственное участие в метаболических процессах, используются в качестве энергетического субстрата, в том числе в процессе нереста. Поэтому минимальные значения этого показателя у леща и карася отмечены в период подготовки и осуществления нереста. Далее в процессе нагула у особей с гонадами III стадии зрелости белковая картина крови незначительно восстанавливалась ($p > 0,05$) (табл. 3, 4). Достоверных половых различий в значении этого показателя не выявлено. Максимальные показатели β -липопротеидов в нерестовый период у изученных карповых рыб связаны с тем, что эти липопротеиды переносят липовителлин, который вместе с фосфитином образуют вителлогенин – основной структурный компонент желткового белка ооцита. Более низкий уровень холестерина весной – у полупроходного леща по сравнению с карасем (на IV и V стадиях зрелости гонад согласно критерию Стьюдента $p < 0,05$). Снижение этого показателя в процессе нереста у всех исследованных рыб связано с тем, что рыбы могут использовать значительное количество накопленных ими липидов, в том числе холестерина, во время миграции и нереста [15]. В клинических исследованиях уровень глюкозы, как правило, используется как индикатор стрессового состояния рыб. Этот показатель у леща разнился в зависимости от степени созревания половых желез, при этом минимальный уровень отмечен сразу после нереста. Видимо, запасы этого легко мобилизуемого субстрата были значительно использованы на нужды энергоемкого нерестового процесса. У карася же наблюдается значительное увеличение уровня глюкозы сразу после нереста и далее в процессе нагула ($p > 0,05$). При этом показатель глюкозы был значительно выше референсных показателей карповых рыб и имел высокий коэффициент вариации во все периоды исследования (CV 56–128 %) [16]. Видовая разница в значениях данного биохимического показателя, видимо, связана с биологическими особенностями карася как более экологически пластичной рыбы, способной обитать в менее благоприятных условиях среды.

Выявленные в ходе паразитологического обследования 11 видов паразитических организмов были характерными для половозрелых особей леща и карася, обитающих в различных речных системах Евразии, в том числе по всему бассейну реки Волги и ее дельты [17]. Несмотря на то, что оба вида обследованных рыб заходят на нагул в мелководные районы северной части Каспийского моря, идентифицируемые паразитические организмы являлись преимущественно пресноводными. Вероятно, это связано с биологией указанных представителей ихтиофауны в изучаемом районе, которые заходят в морскую зону, однако придерживаются слабо солоноватоводных участков. Поэтому риск подвергнуться инвазии паразитами морского комплекса снижается по сравнению с другими видами рыб, активно осваивающими акваторию моря с более высокой соленостью [18]. Выделенные паразиты, принадлежащие 6 систематическим группам, главным образом имели сложный жизненный цикл и находились на личиночной стадии

развития. Трематода *P. Ovatus*, оказалось самым многочисленным паразитом у рыб, поразившим более половины выборки. На территории Астраханского биосферного заповедника в периоды сезонных миграций сосредоточены массовые скопления птиц (главных хозяев) и в достаточном количестве представлены моллюски рода *Viviparus* (промежуточные хозяева), что суммарно способствует активному функционированию инвазии *P. ovatus* в регионе дельты Волги. Следовательно, данный паразит широко распространен у различных представителей ихтиофауны, в т. ч. и у обследованных рыб (леща и карася). Несмотря на одногодичный цикл пребывания в организме рыб, в проанализированных образцах мышечного слоя у обследованных особей рыб не было зарегистрировано ни одного случая визуализации пустых или поврежденных цист, что свидетельствовало о свежем заражении текущего года. У карася по сравнению с лещом были отмечены более низкие показатели зараженности *P. ovatus*, что могло быть связано с перераспределением инвазированных промежуточных хозяев на определенной территории, где проходили скопления обоих видов рыб, а также с тем, что у карася более плотная чешуя, которая выступает надежным барьером, препятствующим массовому проникновению паразита. Практически у всех зарегистрированных в данном исследовании паразитов дефинитивными хозяевами являлись представители орнитофауны, которые в большом количестве присутствуют в периоды массовых миграций (весна–осень) в волжской дельте. Вероятнее всего характерной особенностью формирования фауны паразитов рыб, обитающих в нижнем течении р. Волги, будет доминирование паразитических организмов, включающих виды, окончательными хозяевами которых в большинстве случаев являются водоплавающие (околоводные) рыбоядные птицы. В целом небольшие показатели интенсивности инвазии и характер локализации свидетельствовали о том, что паразиты в момент исследования представителей ихтиофауны, выловленных на данной акватории, не оказывали значительного влияния на состояние здоровья обследованных особей рыб и находились со своими хозяевами на уровне бессимптомного паразитоносительства.

Результаты проведенного корреляционного анализа свидетельствовали о том, что у леща с возрастом увеличивалось среднее содержание холестерина в крови. С ростом количества нейтрофилов, увеличивалось и количество моноцитов, что, видимо, связано с участием и тех и других в фагоцитарных реакциях. Подобное одновременное увеличение этих клеток белой крови отмечали, например, при паразитарных инвазиях *Dactylogyrus extensus* у карпа [19]. Положительная достоверная корреляция отмечена между количеством лизисных клеток и ядра-теней. Их появление – это последовательные этапы гибели эритроцита. Положительная корреляция сывороточного белка с наличием и размерами паразитов у рыб выявлялась другими авторами [20], однако в отношении *D. spathaceum* таких данных обнаружено не было. Интенсивность инвазии *P. ovatus* увеличивалась у особей большей массы.

Заключение

Таким образом, выявленные отсутствие аномалий меристических и пластических показателей и уровень изменчивости морфометрических признаков леща и серебряного карася дельты Волги указывают на их высокий адаптационный потенциал к изменяющимся условиям среды обитания. Гематологические и биохимические показатели изменились согласно репродуктивному состоянию. Некоторые показатели, такие, как низкий уровень количества эритроцитов, высокий уровень глюкозы у серебряного карася, свидетельствуют о неблагоприятном влиянии факторов среды. Однако основной массив данных входил в пределы референсных значений для этих рыб из других

водоемов. Как свидетельствуют гематологические и биохимические показатели рыб, паразиты не оказали существенного влияния на состояние леща и карасей. Характерной особенностью паразитофауны было доминирование паразитических организмов, основа состава которых формируется в соответствии с численностью и видовым разнообразием окончательных хозяев – водоплавающих (околоводных) рыбоядных птиц в низовьях Волги. В целом полученные результаты морфометрических, гематологических, биохимических и паразитологических исследований леща и серебряного карася свидетельствуют об их достаточных функциональных возможностях к изменяющимся условиям дельты Волги в течение годового цикла.

Литература

1. Атлас пресноводных рыб России / под ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Наука, 2002. Т. 1. – 379 с.
2. Ермилова Л.С. Биология и промысел серебряного карася (*Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском рыбохозяйственных подрайонах (Астраханская область) // Рыбное хозяйство. 2018. № 4. – С. 64–66.
3. Левашина Н.В. Формирование популяции леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) и промысловое использование его запасов в Волжско-Каспийском бассейне: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Астрахань: КаспНИРХ, 2020. – 28 с.
4. Мирзоян А.В., Ходоревская Р.П. Биоразнообразие объектов водных биологических ресурсов Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2017. № 4. – С. 49–60.
5. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
6. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб: Сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 80 с.
7. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб 1999 (Утв. 2 февраля 1999 г. № 13–4–2/1487 Министерством сельского хозяйства и природопользования Российской Федерации). Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. – М.: Отд. маркет. АМБ-агро, 1999. Ч. 2. – С. 69–97.
8. Лабораторный практикум по болезням рыб / ред. Мусселиус В.А., Ванятинский В.Ф., Вихман А.А. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 296 с.
9. Bush A.O., Lafferty K.D., Lotz J.M., Shostak A.W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited // The Journal of Parasitology. 1997. Vol. 83 (4). – Pp. 575–583.
10. Дорогин М.А., Морози И.В., Ростовцев А.А. Дифференциация морфометрических показателей и темпа роста леща Верхней и Средней Оби // Вестник НГАУ. 2011. № 1 (17). – С. 60–64.
11. Михеев В.В. Экология серебряного карася *Carassius gibelio* Bloch центральной части Куйбышевского водохранилища: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ульяновск: УГУ, 2006. – 158 с.
12. Богатов В.В., Назаренко В.А. Об использовании гематологических показателей для мониторинга экосистем на примере популяции леща *Abramis brama* Верхнеуральского плеса Куйбышевского водохранилища // Самарская Лука: Бюллетень. 2004. № 15. – С. 300–302.

13. Soldatov A.A., Pashkova Y.V., Kukhareva T.A. Micronuclei inclusions in erythrocytes of round goby at various intensity of erythropoietic processes // Hydrobiological Journal. 2012. Vol. 48 (6). – Pp. 81–85.
14. Мурадова Л.В., Сиротина М.В. Мониторинг состояния популяции карася серебряного (*Carassius gibelio*) озера Каменик Костромской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 2. – С. 150–154.
15. Лезговка Н.А., Сергеева С.Г., Войкина А.В., Бугаев Л.А. Динамика диагностических показателей сыворотки крови самок азовской камбалы-калкан *Scophthalmus maeoticus torosus* (Rathke, 1837) в начале и конце нагульного периода // Ветеринарная патология. 2019. № 4 (70). – С. 78–86.
16. Пронина Г.И., Корягина Н.Ю. Референсные значения физиологико-иммунологических показателей гидробионтов разных видов // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2015. № 4. – С. 103–108.
17. Воронина Е.А., Терпугова Н.Ю., Володина В.В. Заболевания промысловых видов рыб дельты Волги // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2021. № 1 (49). – С. 18–24.
18. Конькова А.В., Иванов В.П., Федорова Н.Н., Чепурная А.Г. Паразитофауна и болезни молоди леща и воблы дельты Волги и северной части Каспийского моря. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2018. – 210 с.
19. Головина Н.А. Изменения в составе белой крови карпа при заражении *Dactylogytrus extensus* (Monogenoidea, Dactylogytridae) в свете новой классификации форменных элементов // Паразитология. 1976. Т. 10, № 2. – С. 178–182.
20. Hassanine R., Al-Hasawi Z. Acanthocephalan worms mitigate the harmful impacts of heavy metal pollution on their fish hosts // Fishes. 2021. Vol. 6, no. 4. – Pp. 49–57.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Поступила в редакцию 30 марта 2023 г.

UDC 597-639.215 (282.247.41)

DOI: 10.21779/2542-0321-2023-38-2-117-129

The Current State of Bream (*Abramis brama*) and Prussian carp (*Carassius gibelio*) in the Volga Delta

**A.V. Konkova¹, D.R. Faizulina¹, Yu.M. Shirina¹, I.A. Bogatov¹, S.S. Astaf'eva¹,
K.A. Zhukova²**

¹ Tatishchev Astrakhan State University; Russia, 414056, Astrakhan, Tatishchev st., 20a; d_faizulina@mail.ru;

² Faculty of Biology University of Moscow State University-FPI in Shenzhen; China, 517182, Shenzhen, Guojidaxueyuan st., 1

Abstract. The aim of the work is a comprehensive assessment of the state of bream and Prussian carp in the Volga delta. The material of the study was sexually mature bream and Prussian carp collected in the spring, summer and autumn of 2021. The complex of studies for the detection of mor-

phometric, hematological, biochemical and parasitological analyzes. A one-time biological assessment of the state of bream and Prussian carp was carried out according to a number of morphological and calculation indicators. Meristic and residual parts of plastic characters in species reproduce weakly. During spawning, the number of erythrocytes, the level of hemoglobin, the number of leukocytes, the level of total serum protein, β -lipoproteins, cholesterol, while recruiting the number of normoblasts. Prussian carp, as a more ecologically plastic species, was characterized by an increase in the level of hemoglobin, an increase in the level and cholesterol in comparison with bream. The total number of parasites of two species of cyprinids was 11 species (bream – 8 species, silver carp – 8 species). Parasites at the time of the study with their owners are present at the level of asymptomatic parasitism. The results obtained remain at a sufficiently high adaptation potential of bream and silver carp to habitat conditions in the Volga delta. The data obtained were used in the environmental monitoring of the Volga delta and sanitary and hygienic expertise.

Keywords: bream, prussian carp, morphometry, hematology, protein, cholesterol, lipoproteins, glucose, parasite fauna.

Received 30 March 2023