

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕГОЛЕТКОВ  
АБОРИГЕННОГО (*Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1792))  
И ИНВАЗИОННОГО (*Perccottus glenii* (Dybowski, 1877)) ВИДОВ РЫБ  
В ПОЙМЕННОМ оз. КРУГЛОЕ (САРАТОВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ)**

© 2019 г. **В. В. Халько**<sup>1</sup>, **Е. В. Шемонаев**<sup>2, 3, \*</sup>, **Е. В. Кириленко**<sup>2</sup>, **Н. А. Халько**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, Россия

<sup>2</sup>Институт экологии Волжского бассейна РАН, Россия 455003 Тольятти, ул. Комзина, д. 10

<sup>3</sup>Тольяттинский государственный университет, Россия 445020 Тольятти, ул. Белорусская, 14

\*e-mail: fosfolipid00@mail.ru

Поступила в редакцию 02.08.2017 г.

После доработки 26.01.2018 г.

Принята к публикации 16.02.2018 г.

На примере оз. Круглое (Мордовинская пойма Саратовского водохранилища) приведен сравнительный анализ изменений физиолого-биохимических показателей сосуществующих в пределах общих биотопов сеголетков аборигенного (серебряный карась *Carassius auratus gibelio*) и инвазионного (ротан-головешка *Perccottus glenii*) видов. Выявлены межвидовые различия динамики массы тела, содержания белка, жира, воды и калорийности при увеличении длины особей в различные месяцы нагульного периода. Рассмотрены возможные причины и последствия их возникновения.

**Ключевые слова:** сеголетки, ротан-головешка, серебряный карась, длина тела, жир, белок, вода, калорийность

**DOI:** 10.1134/S0320965219010121

## ВВЕДЕНИЕ

Озеро Круглое – водоем в Мордовинской пойме Саратовского водохранилища с площадью водной поверхности 0.005 км<sup>2</sup>, в ихтиофауне которого, как и в подобных ему озерах поймы, по численности доминируют два вида рыб, имеющих общий биотоп обитания: аборигенный – серебряный карась (*Carassius auratus gibelio*) (Bloch, 1792) и амурский вселенец – ротан-головешка (*Perccottus glenii*) (Dybowski, 1877). Впервые последний обнаружен в водоемах Мордовинской поймы Саратовского водохранилища в 1998 г. [1]. Он быстро заселил все пойменные водоемы и стал видом-доминантом [2]. Озеро Круглое представляет собой непроточный замкнутый водоем рельефного происхождения с илистым дном, его глубина ≤4 м, средняя – ≤2 м. По физико-химическому состоянию озеро характеризуется средней щелочной средой рН 8.57–9.15 [3]. В последней декаде июня в нем интенсивно развиваются макрофиты: телорез (*Stratiotes aloides*), элодея канадская (*Elodea canadensis*), роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum*), многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrrhiza*), ряска ма-

ленькая (*Lemna minor*), с конца мая – рогоз (*Typha angustifolia*). В период половодья (последняя декада апреля – середина июня) озеро сообщается с Саратовским водохранилищем. С мая по сентябрь уровень воды в озере, как правило, снижается, и связь с водохранилищем прерывается [3]. Судьба двух сосуществующих в однотипных биотопах видов рыб – ротана-головешки и серебряного карася в водоемах Мордовинской поймы во многом зависит от физиолого-биохимического состояния разновозрастных ровесников в пополнении их популяций [6, 7]. Последнее обусловлено внутригенерационной разнокачественностью потомства и уровнем обеспеченности пищей быстро- и медленно растущих особей генерации. Какие-либо сведения о физиолого-биохимическом состоянии сеголетков ротана-головешки и серебряного карася в водоемах Мордовинской поймы в литературе отсутствуют.

Цель работы – выявление межвидовых особенностей динамики физиолого-биохимических показателей сеголетков разновозрастных групп серебряного карася и ротана-головешки в различные месяцы нагульного периода в водоемах Мордовинской поймы Саратовского водохранилища.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Синхронный отлов сеголетков серебряного карася и ротана в оз. Круглое проводили с июля по октябрь 2013 г. с интервалом в 15 сут. Рыб отлавливали сачком и мальковой волокушей в прибрежной зоне озера. Из каждого улова отбирали мальков обоих видов рыб всех встречавшихся размеров. Длину тела рыб (от конца рыла до конца чешуйного покрова) измеряли с точностью до 1 мм, массу тела рыб – до 0.002 г. Всех пойманных рыб сгруппировали в размерные группы с интервалом в 5 мм – 10–14, 15–19, 20–24, 25–29, 30–34 и 35–39 мм. Пробы сеголетков каждой размерной группы были суммарными и включали целых особей. Количество одноразмерных рыб в каждую пробу подбирали, исходя из их средней массы, стараясь набрать суммарную навеску каждой пробы мальков  $\geq 0.8$  г, достаточную для анализа липидного состава рыб. По каждой размерной группе сравниваемых видов рыб отобрано по 3–25 проб, которые фиксировали этиловым спиртом после предварительного измельчения ножницами и хранили при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$  до начала биохимических анализов. Общее содержание липидов определяли по методу Фолча с соавт. [11] в модификации В.И. Лапина и Е.Г. Черновой [5]. Об общем содержании белка судили по количеству сухого обезжиренного остатка в теле рыб на  $>90\%$  состоящего из белка [7–9]. Для этого обезжиренный и обезжиренный безбелковый (содержимое водно-метанольной фазы) остаток высушивали до постоянной массы при температуре  $104^{\circ}\text{C}$  и по сумме этих величин определяли количество сухого обезжиренного остатка. Содержание влаги оценивали по разности между сырой (начальной) и сухой (конечной) массаами, полученной суммированием величин сухого обезжиренного остатка, липидов и экстрактивных веществ в водно-метанольной фазе после их высушивания до постоянной массы. Калорийность ( $K$ ) рыб (кал/г сырого вещества) рассчитывали по их биохимическому составу, используя формулу:

$$K = 41B + 93Ж [4],$$

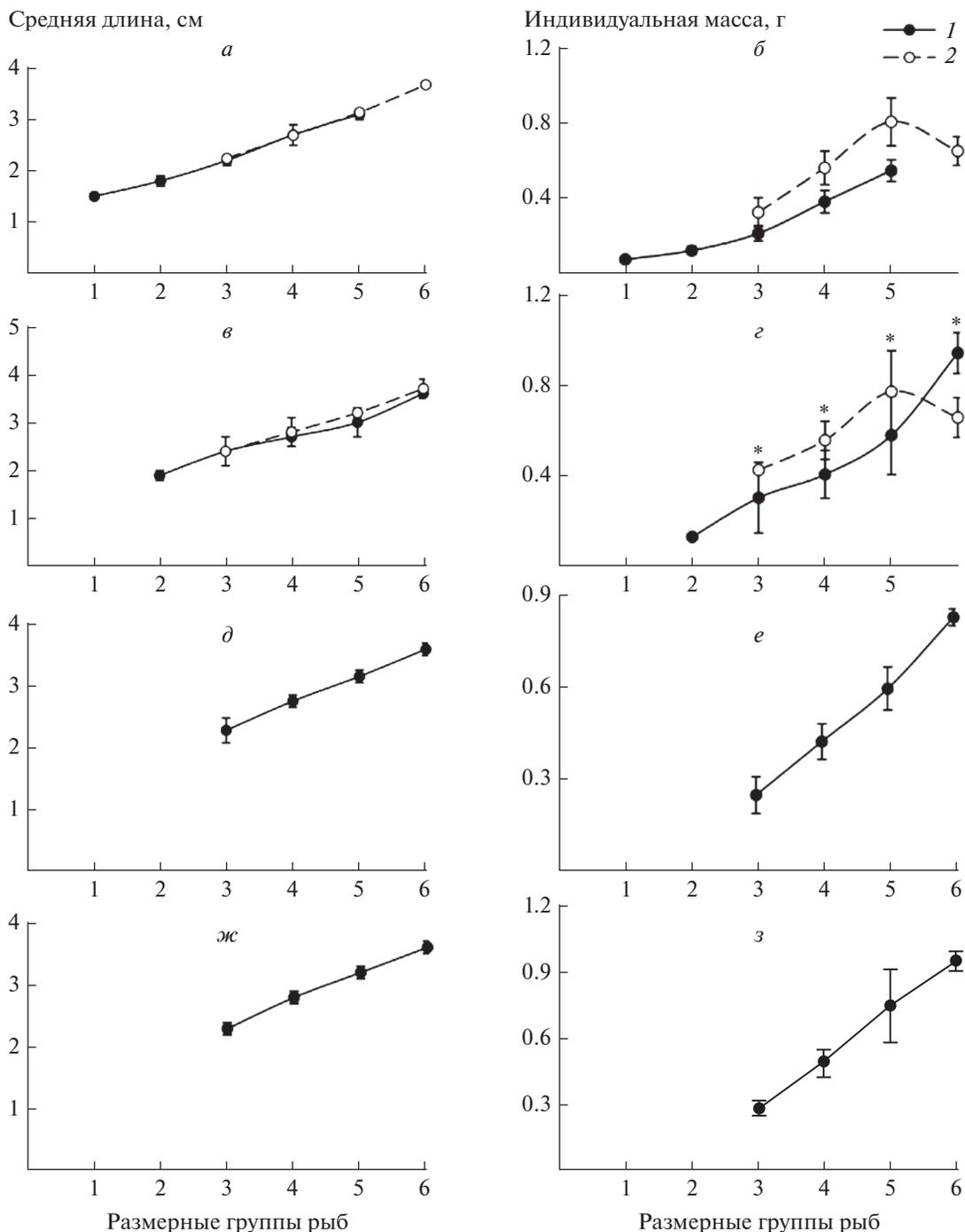
где  $B$  и  $Ж$  – соответственно содержание белка и липидов в сыром веществе, % [6].

За весь период наблюдений определены длина и масса тела, содержание белка, липидов, воды и калорийность особей в 87 пробах сеголетков карася и в 190 пробах сеголетков ротана. Достоверность межвидовых различий средних значений проанализированных ростовых и биохимических параметров молоди рыб определяли по критерию Стьюдента при  $p = 0.05$ . Статистический анализ результатов исследований проводили по работе [4].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенные исследования показали, что средняя длина тела у сеголетков ротана и серебряного карася одноразмерных групп была фактически одинаковой ( $p > 0.05$ ) и возрастала на протяжении нагульного периода у обоих видов рыб. При межвидовом сравнении динамики средней массы тела у одноразмерных особей, таковая у сеголетков ротана устойчиво возрастала с увеличением длины рыб, что отчетливо проявлялось ежемесячно с июля по октябрь. У молоди же серебряного карася подобная закономерность сохранялась в июле–августе только у рыб размером до 30–34 мм. У более крупных особей (35–39 мм) средняя масса тела существенно ( $p < 0.05$ ) снижалась в оба месяца наблюдений и в августе оказывалась достоверно ( $p < 0.05$ ) меньше, чем у ротана. При отсутствии существенных различий ( $p > 0.05$ ) средней длины тела между молодью карася и ротана одинаковых размерных групп – 20–24, 25–29 и 30–34 мм в июле–августе сеголетки серебряного карася по массе тела значительно ( $p < 0.05$ ) превосходили своих одноразмерных ровесников ротана (рис. 1).

Межвидовые различия средней массы тела одноразмерных особей и характера ее ростовой динамики отразились и на физиолого-биохимических показателях сравниваемых видов рыб. В качестве общей закономерности для молоди серебряного карася и ротана можно отметить ежемесячно отмечавшееся на протяжении всего периода наблюдений возрастание содержания белка в их организме при увеличении длины тела. При этом межвидовые различия в содержании белка у одноразмерных особей оказались наиболее выраженными ( $p < 0.05$ ) в июле, когда сеголетки ротана достоверно превосходили своих ровесников серебряного карася по величине этого биохимического показателя (рис. 2). Однофакторный дисперсионный анализ показал, что жирность сеголетков ротана ( $p > 0.05$ ) незначительно изменялась при увеличении длины тела в каждый месяц наблюдений и в большинстве случаев не отличалась ( $p > 0.05$ ) от жирности одноразмерных особей серебряного карася. Лишь в августе содержание общих липидов в теле у ротана размерной группы 35–39 мм было достоверно ( $p < 0.05$ ) выше, чем у молоди серебряного карася (рис. 2). Иной характер изменения жирности тела в зависимости от размера особи наблюдался у сеголетков серебряного карася, у которых величина этого биохимического показателя в июле достоверно ( $p < 0.05$ ) снижалась при увеличении длины тела рыб и оставалась фактически неизменной ( $p > 0.05$ ) – в августе (рис. 2). Содержание воды в организме сеголетков сравниваемых видов рыб изменялось противоположно изменению их жирности; достоверные различия в величине этого показателя между одно-

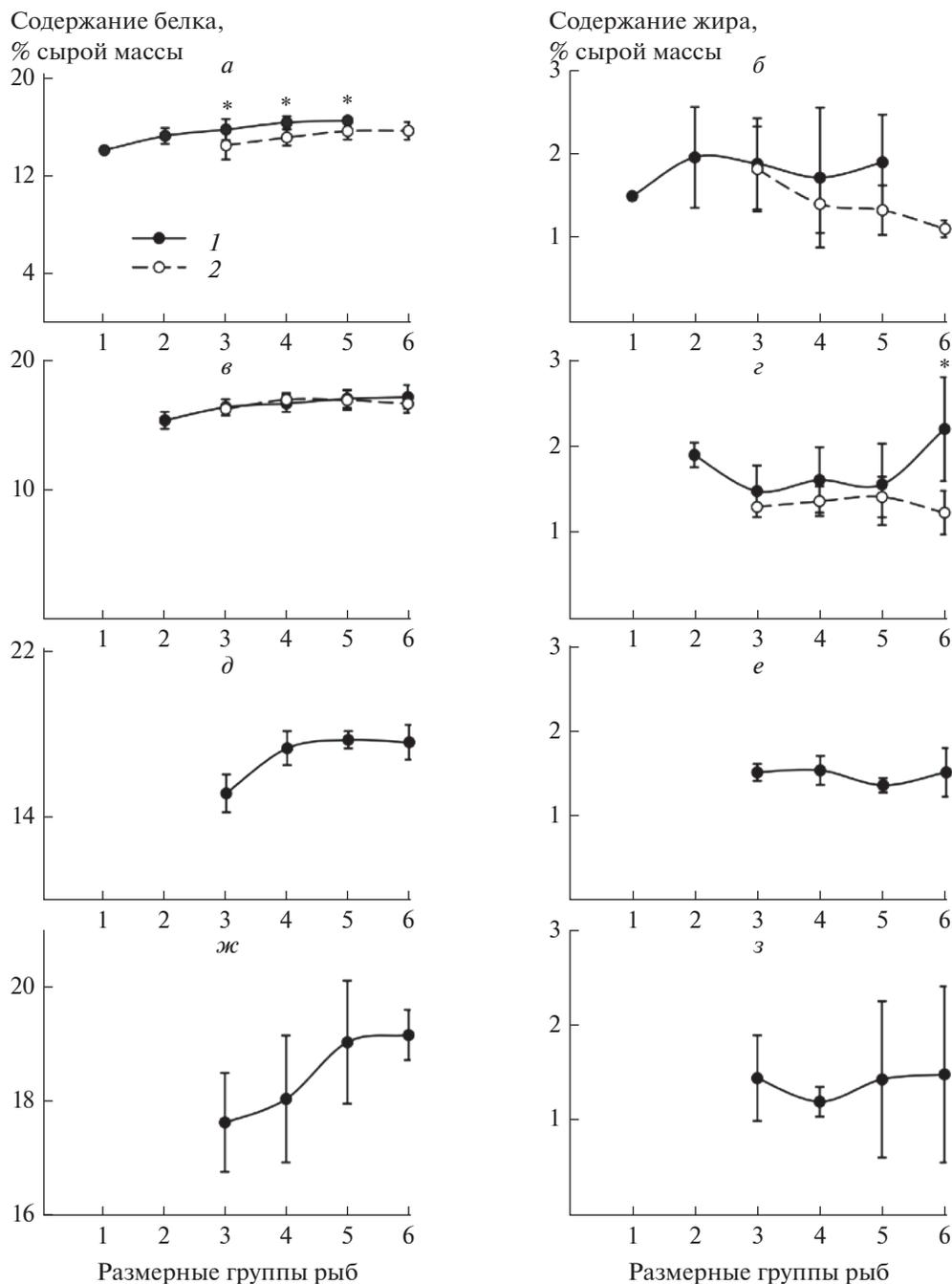


**Рис. 1.** Средняя длина (*а, в, д, ж*) и индивидуальная масса (*б, г, е, з*) сеголетков ротана (1) и серебряного карася (2) различных размерных групп в июле (*а, б*), августе (*в, г*), сентябре (*д, е*) и октябре (*ж, з*) 2013 г. в оз. Круглое. Размерные группы рыб: 1 – 10–14 мм; 2 – 15–19 мм; 3 – 20–24 мм; 4 – 25–29 мм; 5 – 30–34 мм; 6 – 35–39 мм. Межвидовые различия достоверны при  $p = 0.05$ ; приведены значения средней арифметической и ее среднеквадратических отклонений.

размерными особями карася и ротана проявлялись только в июле (рис. 3).

Межвидовые различия были выявлены и в калорийности одноразмерных особей. Калорий-

ность сеголетков ротана возрастала при увеличении длины тела рыб ежемесячно с июля по октябрь. Калорийность же молоди карася в летние месяцы снижалась по мере увеличения длины те-



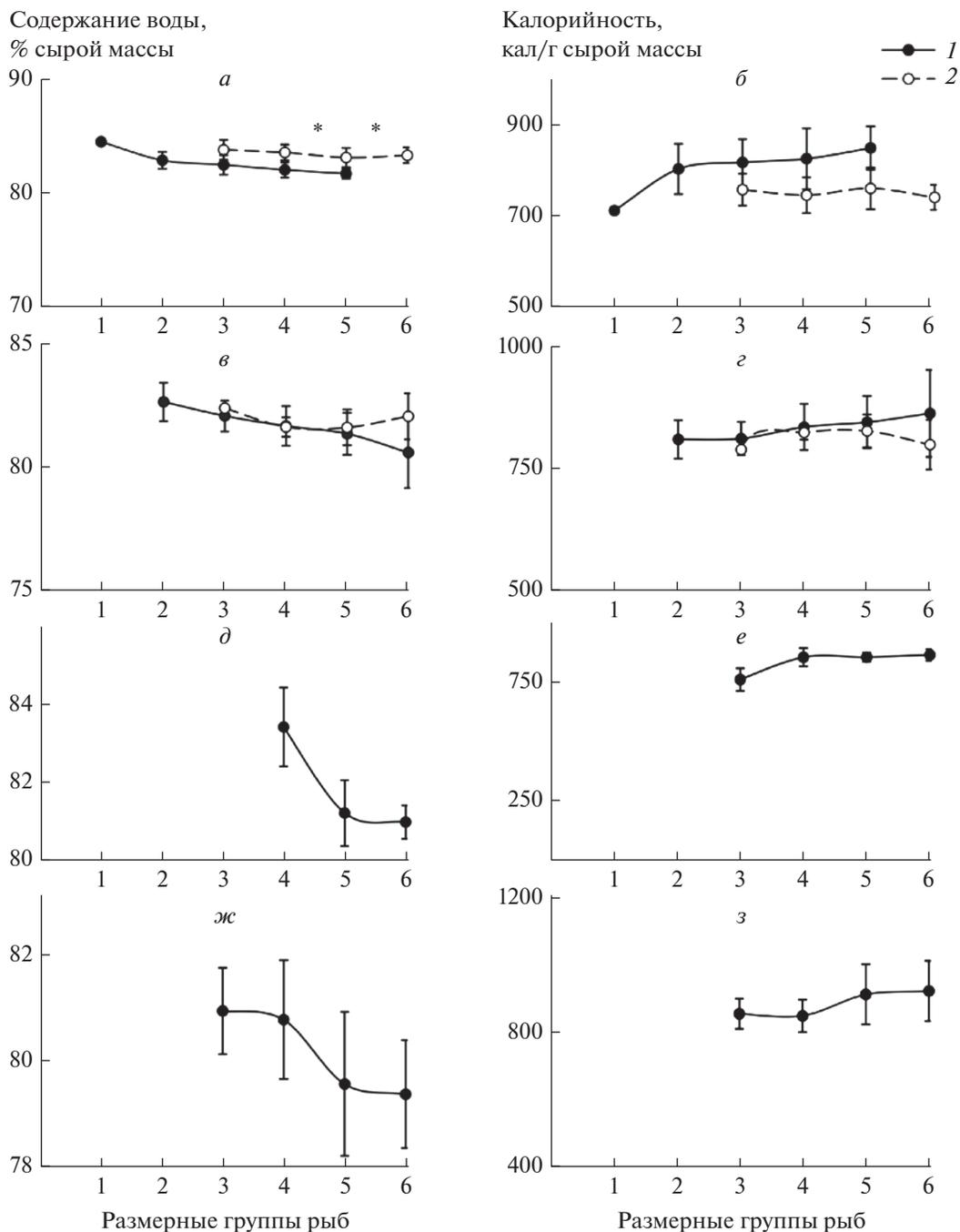
**Рис. 2.** Содержание белка (*а, в, д, ж*) и жира (*б, г, е, з*) у сеголетков ротана и серебряного карася различных размерных групп в июле (*а, б*), августе (*в, г*), сентябре (*д, е*) и октябре (*ж, з*) 2013 г. в оз. Круглое. Остальные обозначения, как на рис. 1.

ла особей, и в июле была существенно ниже, чем у одноразмерных ровесников ротана (рис. 3).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

У молоди многих видов рыб разных экологических групп при отсутствии энергетических затрат на генеративный обмен основная часть энер-

гии ассимилированной пищи расходуется на энергетический и пластический обмен [6, 7, 10]. В большинстве случаев это выражается в интенсивном увеличении линейных и массовых характеристик тела, сопровождающихся возрастанием содержания белка, снижением оводненности и повышением калорийности тела особи. Такая закономерность наиболее отчетливо проявляется у



**Рис. 3.** Содержание воды (а, в, д, ж) в теле и калорийность (б, г, е, з) сеголетков ротана и серебряного караса различных размерных групп в июле (а, б), августе (в, г), сентябре (д, е) и октябре (ж, з) 2013 г. в оз. Круглое. Остальные обозначения, как на рис. 1.

бореальных видов рыб в сезонном плане, когда устойчивое осеннее понижение температуры воды служит сигнальным фактором для интенсификации процесса жиронакопления, замедления процесса белкового роста, уменьшения оводненности организма и увеличения его калорийности. Одно из проявлений внутригенерационной разнокачественности потомства рыб – наличие сре-

ди ровесников особей с разным темпом роста. В результате этого в каждой генерации рыб присутствуют разноразмерные особи, что служит одним из адаптивных свойств вида, обеспечивающих его выживание в разных трофических ситуациях. Уровень обеспеченности пищей рыб зависит от ее экологической, физиологической и морфологической доступности [6]. В реальной

экологической ситуации трофические условия для разновозрастных особей генерации обычно неодинаковы. Как правило, с увеличением размеров тела сеголетки переходят на более крупные, энергетически "выигрышные" объекты питания [10]. Однако в зависимости от экологической обстановки, преимущество в питании, как правило, получают не все особи размерного ряда ровесников, а лишь те, для которых уровень обеспеченности пищей достаточен для реализации генетически заложенной интенсивности протекания обменных процессов в организме. В этом, по-видимому, и заключается один из механизмов естественного отбора в пополнении популяций рыб. В случаях, когда обеспеченность пищей (ее обилие, экологическая, морфологическая и физиологическая доступность) достаточна для молодежи всех размерных групп, содержание белка и жира в теле рыб обычно возрастает, а содержание воды — снижается при увеличении длины тела особей. Одновременно с этим повышается и калорийность рыб. Отклонения от этой закономерности, как правило, свидетельствуют о неблагоприятии условий нагула для особей отдельных размерных групп — возможных "кандидатов" на естественный отход при необратимости сложившейся трофической ситуации.

Подобная картина выявлена у сеголетков серебряного карася в июле—августе, когда с увеличением длины тела снижалась масса, жирность и калорийность его особей. Уменьшение жирности сеголетков серебряного карася по мере увеличения их размеров сопровождалось повышением содержания воды в организме (наиболее выражено в августе). Из этого следует, что уровень обеспеченности пищей сеголетков серебряного карася в июле—августе, вероятно, снижался по мере увеличения длины их тела. Условия же нагула для одноразмерных с карасем сеголетков ротана были лучше, так как показатели массового роста, содержание жира и калорийность у них возрастали, а содержание воды снижалось с увеличением длины тела сеголетков.

Принимая во внимание, что сеголетки серебряного карася и ротана могут служить пищей для хищных видов рыб, наиболее "выигрышная" в энергетическом плане для последних (при прочих равных условиях) молодежь ротана.

Отмеченные авторами особенности изменений ростовых и биохимических показателей у сеголетков серебряного карася позволяют предположить, что условия их нагула в оз. Круглое и в подобных ему водоемах Мордовинской поймы Саратовского водохранилища в летние месяцы хуже, чем для сеголетков инвазионного вида — ротана. При этом ухудшение условий нагула для молодежи серебряного карася возрастает по мере увеличения размеров сеголетков. Это позволяет

предположить, что к концу нагульного периода в пополнении популяции карася останутся мелкие, наименее подготовленные к зимовке особи — первоочередные "кандидаты" на естественный отход в подледный период. Соответственно, в ближайшие годы можно ожидать снижения численности пополнения популяции серебряного карася в водоемах Мордовинской поймы Саратовского водохранилища, подобных оз. Круглое.

**Выводы.** Сравнительный анализ изменения ростовых и физиолого-биохимических показателей сосуществующих в едином биотопе сеголетков аборигенного вида — серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1972) и инвазионного — ротана-головешки *Perccottus glenii* (Dybowski, 1877) в оз. Круглое — одном из водоемов Мордовинской поймы Саратовского водохранилища, выявил межвидовые различия в их ростовых и физиолого-биохимических показателях. Снижение массы тела, жирности и калорийности сеголетков серебряного карася по мере увеличения длины тела в летние месяцы свидетельствует о снижающемся уровне обеспеченности пищей потомства по мере его роста. Повышение аналогичных ростовых и биохимических показателей сеголетков ротана указывает на лучшую, по сравнению с молодежью серебряного карася, обеспеченность пищей особей всех размерных групп в генерации. На этом основании можно предположить, что преимуществом в выживании обладает потомство ротана, и численность его популяций в водоемах Мордовинской поймы Саратовского водохранилища в ближайшие годы, по-видимому, будет возрастать. Одновременно с этим следует ожидать снижения численности пополнения популяций серебряного карася и, соответственно, изменения популяционной структуры этого аборигенного вида рыб.

Работа выполнена в рамках государственного задания № АААА-А18-118012690123-4, АААА-А17-117112040040-3.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евланов И.А., Козловский С.В., Антонов П.И. Кадастр рыб Самарской области. Тольятти: Изд-во Института экологии волжск. бассейна РАН, 1998. 222 с.
2. Кириленко Е.В., Шемонаев Е.В. Данные о морфологии и биологии ротана-головешки *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 из озера Круглое Мордовинской поймы Саратовского водохранилища // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2011. Т. 13. № 1. С. 207—210.
3. Кириленко Е.В., Шемонаев Е.В. Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды // Матер. X Междунар. науч.-практ. конф. "Татисевские чтения: актуальные проблемы науки и практики". Тольятти: Волжск. ун-т им. В.Н. Татищева, 2013. С. 60—66.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.

5. Ланин В.И., Чернова Е.Г. О методике экстракции жира из сырых тканей рыб // Вопр. ихтиологии. 1970. Т. 10. Вып. 4. С. 753–756.
6. Шатуновский М.И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М.: Наука, 1980. 281 с.
7. Шульман Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1972. 368 с.
8. Шульман Г.Е., Кокос Л.М. Особенности белкового роста и жиронакопления у черноморских рыб // Биология моря. 1968. Вып. 15. С. 159–203.
9. Шульман Г.Е., Кокос Л.М. Содержание сухого обезжиренного вещества в теле некоторых черноморских рыб // Вопр. ихтиологии. 1971. Т. 11. Вып. 2. С. 339–344.
10. Халько В.В. Закономерности формирования продукционных показателей молоди рыб разных экологических групп: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1983. 24 с.
11. Folch J., Lees M., Stonley A. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. 1957. V. 226. № 1. P. 497–509.

## Physiological and Biochemical Parameters of Fingerlings of Native *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1792) and Invasive *Perccottus glenii* (Dybowski, 1877) Species of Fish in the Floodplain Lake Krugloe (Saratov Reservoir)

V. V. Khalko<sup>a</sup>, E. V. Shemonaev<sup>b, c, \*</sup>, E. V. Kirilenko<sup>b</sup>, and N. A. Khalko<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, 152742 Russia*

<sup>b</sup>*Institute of Ecology of Volga Basin Russian Academy of Sciences, Russia 455003 Tolyatti, ul. Komzina, 10*

<sup>c</sup>*Tolyatti State University, Russia 445020 Tolyatti, ul. Belorusskaya, d. 14*

\**e-mail: fosfolipid00@mail.ru*

On the example of the Lake Krugloe (the Saratov Reservoir Mordovian floodplain) the comparative analysis of the changes in the physiological and biochemical parameters of two abundant fish species inhabiting the same biotopes is done. The fish studies are aboriginal crucian carp (*Carassius auratus gibelio*) (Bloch, 1792) and invasive Amur sleeper (*Perccottus glenii*) (Dybowski, 1877). The study revealed differences between the compared species in the patterns of the dynamics of body weight and contents of protein, fat, water and caloric contents at the increase in body length during various months of the active feeding period. Potential reasons of determined differences and their consequences are discussed.

*Keywords:* juvenile fish, Amur sleeper, crucian carp, body length, fat, protein, water, caloric content