

УДК 597.442–115.11+591.543.4.042
ББК [47.294:47.285]:28.082.082.17

В. К. Голованов, Ю. В. Герасимов, Д. С. Капшай, О. Л. Васюра

**ТЕРМОИЗБИРАНИЕ И ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТЬ
МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ *ACIPENSER RUTHENUS* L.,
ВЫРАЩЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ¹**

V. K. Golovanov, Yu. V. Gerasimov, D. S. Kapshay, O. L. Vasyura

**THERMOPREFERENCE AND THERMAL RESISTANCE
OF JUVENILE STERLET *ACIPENSER RUTHENUS* L.,
GROWN UNDER DIFFERENT CONDITIONS**

Цель исследований – определение окончательно избираемой температуры (ОИТ) в зимний сезон года у двух групп молоди стерляди, выращенной ранее в прудах и бассейнах. При определении в начальный период опыта избираемой температуры (ИТ) и стабильного участка выбора – ОИТ – использован метод конечного термопреферендума, при котором рыбам предоставляется возможность свободного выбора температуры в условиях термоградиента. Длительность экспериментов составляла 10 суток. Исходная температура акклимации рыб – 12 °С. У двух групп стерляди определена также верхняя летальная температура методом критического термического максимума при нагреве воды со скоростью 9 °С/ч до значения летальной температуры – окончания движения жаберных крышек. Значение ОИТ у прудовой формы стерляди (22,5 °С) существенно выше, чем у бассейновой формы (19,0 °С). Возможной причиной более низкой ОИТ может быть пониженный уровень информационной обогащенности среды, в которой выращивалась бассейновая молодь рыб в летний период года. В то же время термоустойчивость обеих групп рыб оказалась одинаковой (32,8 °С), что указывает на независимость верхней температурной границы жизнедеятельности молоди стерляди от условий предварительного выращивания рыб. Полученные данные могут быть использованы в качестве величин, характеризующих оптимальные и пессимальные условия жизнедеятельности молоди стерляди на первом году жизни.

Ключевые слова: рыбы, аквакультура, стерлядь, осетровые, избираемая температура, окончательно избираемая температура, верхняя летальная температура, критический термический максимум, летальная температура, сезон года.

The purpose of this study is to determine the final selected temperature (FST) during the winter period of two groups of young sterlet, previously grown in ponds and pools. During the initial period for determination of ST and stable area selection – FST the method of «final thermopreferendum» is used, where the fish has an opportunity of the free temperature choice in the thermal gradient conditions. The duration of the experiments was 10 days. Initial temperature of fish acclimation was 12 °C. The upper lethal temperature of both sterlet groups has been also defined by the critical thermal maximum in heating water at 9 °C/h up to the lethal temperature – last movement of the gill covers. FST value of the pond sterlet (22.5 °C) is significantly higher than that of the basin one – 19.0 °C. The possible reason for the lower FST can be the reduced level of information enrichment of the medium in which basin juvenile is grown in the summer period. At the same time, the thermal stability of both groups of fish was similar (32.8 °C), indicating that the independence of the ULT limit of life of young sterlet from the prior fish growing. The obtained data can be used as variables characterizing the optimum and pessimal conditions of the life activity for juvenile sturgeon in the first year of life.

Key words: fish, aquaculture, sterlet, sturgeon, selected temperature, final selected temperature, upper lethal temperature, critical thermal maximum, lethal temperature, season of the year.

¹ Исследование выполнено при поддержке Программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий» и Программы Президента РФ «Ведущие научные школы» НШ-2666.2014.4 «Экологические аспекты адаптаций и популяционная организация у рыб».

Введение

Осетровые – один из наиболее важных объектов пресноводной аквакультуры. Стерлядь *Acipenser ruthenus* L. – вид, обитающий в пресной воде, в том числе в водохранилищах Верхней Волги, интересна не только как ценный промысловый объект. Данный вид успешно культивируется в прудах и искусственных бассейнах. В настоящее время известен ряд экспериментальных данных по распределению стерляди в условиях термоградиентной среды [1–4 и др.]. А. С. Константинов и В. В. Зданович с соавторами подробно проанализировали энергетику, терморегуляционное поведение и рост в условиях осцилляции температуры среды у осетровых, преимущественно стерляди, русского осетра *Acipenser güldenstädti* Brandt и севрюги *Acipenser stellatus* Pallas [5–12]. Уже первые непродолжительные опыты по оценке поведения молоди стерляди показали, что по характеру распределения в термоградиентных условиях она существенно отличается от теплолюбивых карповых и окуневых видов рыб [13, 14]. Как и молодь других видов осетровых, сеголетки стерляди обычно выбирают диапазон значений температуры от 20 до 25 °С, в то время как зона окончательно избираемой температуры (ОИТ) у большинства карповых и окуневых располагается несколько выше – от 25 до 30 °С [15, 16]. Поскольку значение ОИТ высоко коррелирует с показателем эколого-физиологического оптимума (ЭФО) молоди рыб [15–17], оценка поведения и распределения сеголетков стерляди в условиях термоградиента представляет существенный интерес. При этом данные по термоустойчивости молоди стерляди у верхней границы ее жизнедеятельности практически отсутствуют.

Цель исследований – экспериментальная оценка терморегуляционного поведения и термоустойчивости молоди стерляди, выращенной в прудах и бассейнах, в зимний сезон года.

Материалы и методы исследования

Стерлядь получена из рыбоводного хозяйства (Ярославская обл.), где с весны 2011 г. выращивалась в прудах и бассейнах. Ранней осенью она была перевезена в аквариальную лабораторию экологии Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН. До опытов в декабре 2011 г. и январе 2012 г. сеголетков содержали в аквариумах вместимостью 200 л в условиях фотопериода 12С : 12Т. Рыб кормили личинками хирономид в объеме 5 % от массы рыб при температуре воды $12 \pm 1,5$ °С. Проведено 4 эксперимента по изучению распределения молоди стерляди (возраст 7–8 мес.). В каждом опыте использовано по 6 особей. Методика определения избираемой температуры (ИТ) и ОИТ, а также верхней летальной температуры (ВЛТ) с определением критического термического максимума (КТМ) и летальной температуры (ЛТ) при скорости нагрева воды 9 °С/ч у молоди рыб, так же как и схемы экспериментальных установок, подробно описаны ранее [15, 16, 18–20].

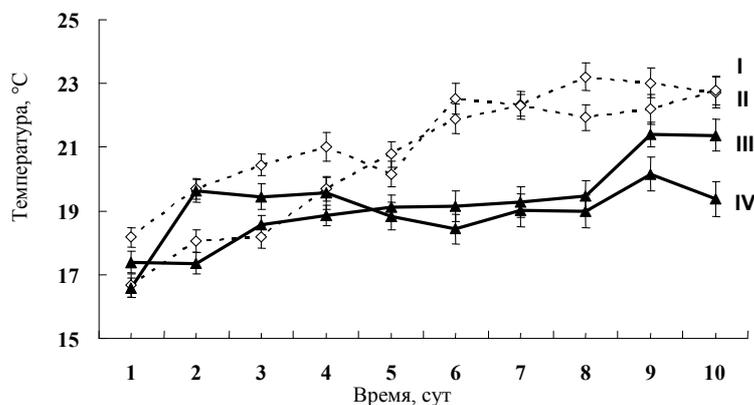
Диапазон значений температуры, создаваемый в градиентной установке с общей длиной всех рабочих камер 2,4 м, составлял от 10 до 30 °С. Высота слоя воды – 14 см. Температуру измеряли с помощью дистанционных датчиков температуры, расположенных в каждой камере установки. Распределение рыб, а также избираемую ими температуру на начальном этапе выбора обычно фиксировали 10 раз в светлое время суток с интервалом в 1–1,5 ч. За величину ИТ принимали температуру в отсеке, в котором находилась каждая особь в момент снятия показаний. Данные за каждые сутки опыта суммировали и делили на число наблюдений (для 10 рыб число наблюдений за сутки составляло от 80 до 100), получая средние значения ИТ. Если в течение 3-х суток и более средние значения ИТ достоверно не различались, эту температуру принимали за значение ОИТ, характеризующее зону стабильного выбора [15, 16]. Данные по ОИТ представлены в виде средних значений и их ошибок. Поскольку методические разработки А. М. Свирского и В. Г. Терещенко [21] и анализ многолетних данных [15, 16] показали, что ошибка определения ОИТ у группы особей в горизонтальных термоградиентных установках с учётом всех методических погрешностей составляет ± 1 °С, различия показателей, превышающие 1 °С, считались достоверными.

Для определения КТМ и ЛТ использовали 60-литровые аквариумы с интенсивной системой аэрации. В опытах с молодью стерляди, которая при нагреве воды со скоростью 9 °С/ч постоянно плавала, переворачиваясь боком и кверху брюшком, фиксация момента обычного переворота для определения стандартного КТМ была практически невозможна. Вследствие этого для определения ВЛТ был использован показатель ЛТ – прекращение движения жаберных крышек.

Длина тела и масса рыб, использованных в опытах с прудовой (12 экз.) молодь, составила $15,4 \pm 0,3$ см и $16,9 \pm 0,9$ г, с бассейновой (12 экз.) молодь – $13,6 \pm 0,6$ см и $13,6 \pm 0,9$ г соответственно.

Результаты исследования и их обсуждение

Общая картина терморегуляционного поведения молоди стерляди (4 опыта) в обеих группах представлена на рисунке.



Температура, избираемая молодь стерляди, выращенной в прудах (опыты I и II) и в бассейнах (опыты III и IV)

Распределение молоди стерляди, выращенной в прудах, в термоградиентных условиях характеризовалось стабильным повышением уровня ИТ с 1-х по 6-е сутки (с 16 до 23 °C). В этот период сеголетки продвинулись вверх по температурному градиенту на 5,0–5,5 °C. После этого, в течение последующих 6–10-ти суток, статистически значимых колебаний ИТ у молоди рыб не отмечено. Значения ОИТ составили $22,8 \pm 0,2$ и $22,2 \pm 0,2$ °C для 1-го и 2-го опытов соответственно. Среднее значение ОИТ для двух экспериментов – $22,5 \pm 0,1$ °C. Диапазон колебаний значений ИТ на протяжении опытов был различным. Динамика значений ИТ в течение первых суток выявила незначительное, но стабильное повышение (0,8 °C). В остальные дни наблюдались колебания значений ИТ (разница между наибольшим и наименьшим значением ИТ) в течение суток в пределах 2,0–6,1 °C. После достижения особями зоны ОИТ амплитуда колебаний показателя ИТ в течение суток находилась в пределах 3,0–3,7 °C.

Терморегуляционное поведение молоди стерляди, выращенной в бассейнах, характеризовалось выходом рыб в зону ОИТ на 5-е сутки опыта, где они оставались практически до окончания наблюдения. Уровень ОИТ за 5–8-е сутки составил $18,8 \pm 0,1$ и $19,3 \pm 0,1$ °C в 1-м и 2-м опытах соответственно. Среднее значение ОИТ по двум экспериментам – $19,0 \pm 0,1$ °C. Терморегуляционная активность в первый день опыта характеризовалась незначительным повышением ИТ – на 1,4–1,6 °C. Колебания ИТ в течение суток в зоне ОИТ находились в диапазоне 1,8–6,7 °C. Некоторые изменения уровня ИТ за сутки отмечены в конце опытов. Интересно отметить три поведенческие особенности стерляди. Первая – частое движение по отсекам установки кверху брюшком, вторая – периодическая «стойка» рылом вверх и передвижение между отсеками в таком положении, третья – сравнительно широкий диапазон постоянного передвижения по всему градиенту температуры в диапазоне от 14 до 29 °C.

Ранее было показано, что молодь стерляди массой 1,3–1,5 г в термоградиентных условиях избирает температуру $\sim 23,0$ °C [12]. В единичном опыте А. К. Смирнова [2] 4-месячные сеголетки стерляди, выращенные, начиная с икры, в экспериментальных лабораторных условиях (аквариумы 600 л), в сентябре, начиная с 5-го дня опыта, избирали ОИТ равную $23,6 \pm 0,2$ °C, что несколько выше полученных нами значений. Значение ОИТ 22,5 °C для прудовой группы стерляди близко по величине к этим данным, несмотря на то, что возраст стерляди в наших экспериментах значительно больше. Разница ОИТ у двух групп рыб составила 3,5 °C. Существенно то, что значение ОИТ у второй группы стерляди (19,0 °C) достоверно ниже. Более низкое значение ОИТ

у бассейновой стерляди в сравнении с прудовой может быть обусловлено пониженным уровнем информационной обогащенности среды, в которой выращивалась бассейновая молодь рыб в летний период года [22, 23]. Возможно, сказалась и более низкая температура воды, при которой выращивались сеголетки стерляди в бассейнах. Однако ВЛТ, определенная методом КТМ по показателю ЛТ (нагрев со скоростью 9,0 °С/ч), у двух исследованных групп стерляди не отличалась и составила 32,8 °С.

Не исключено, что именно различия в условиях среды при выращивании молоди стерляди (пруд и бассейн) являются причиной того, что значение ОИТ, чаще всего совпадающее с показателем оптимальной температуры роста и ЭФО [17], оказалось несколько пониженным у бассейновой формы стерляди. Развитие молоди стерляди в условиях сенсорной депривации не только приводит к закреплению у нее неадекватных поведенческих навыков, но и снижает уровень ее температурного оптимума, что, в свою очередь, влияет на эффективность роста и развития рыб. В то же время верхняя температурная граница жизнедеятельности молоди стерляди, очевидно, не зависит от условий предварительного выращивания рыб.

Впервые полученные в зимний сезон года данные по термоизбиранию и термоустойчивости молоди стерляди, которая выращивалась в различных условиях информационной обогащенности среды, характеризуют ее адаптационные возможности по отношению к температурному фактору. Значения ОИТ и ЛТ могут быть использованы в качестве исходных величин, характеризующих оптимальные и пессимальные температурные условия жизнедеятельности. Вполне очевидна необходимость продолжения исследований в другие сезоны года, а также проведения опытов по определению верхней температурной границы жизнедеятельности данного вида для получения не только результатов, характеризующих возможные оптимальные условия содержания или выращивания, но и уровень аномально высоких значений температуры, которые могут привести к гибели сеголетков летом.

Осетровые – исключительно важный модельный объект при изучении различных форм термоадаптаций рыб, в первую очередь потому, что их термальная ниша в диапазоне значений температуры жизнедеятельности не совпадает с термальными нишами многих других пресноводных видов (карповые, окуневые, сиговые и лососевые) рыб. Изучение температурных адаптаций осетровых рыб, в первую очередь температурного оптимума и верхних температурных границ жизнедеятельности, исключительно важно для нужд аквакультуры, а также для решения вопросов искусственного воспроизводства осетровых стад.

Заключение

Таким образом, в ходе исследований установлены различия ОИТ в зимний сезон года у двух групп молоди стерляди, выращенной ранее в прудах и бассейнах. Значение ОИТ у прудовой формы стерляди (22,5 °С) существенно выше, чем у бассейновой формы (19,0 °С). Возможной причиной более низкой ОИТ может быть пониженный уровень информационной обогащенности среды, в которой выращивалась бассейновая молодь рыб в летний период года. В то же время термоустойчивость обеих групп рыб оказалась одинаковой (32,8 °С), что указывает на независимость верхней температурной границы жизнедеятельности молоди стерляди от условий предварительного выращивания рыб. Полученные данные могут быть использованы в качестве величин, характеризующих оптимальные и пессимальные условия жизнедеятельности молоди стерляди на первом году жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабастер Дж. Критерии качества воды для пресноводных рыб / Дж. Алабастер, Р. Ллойд. М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1984. 344 с.
2. Герасимов Ю. В. Рост и питание молоди стерляди *Acipenser ruthenus* (*Acipenseridae*) в прудовых условиях при различной длительности предварительного содержания в бассейнах / Ю. В. Герасимов, О. Л. Васюра // Биол. внутр. вод. 2013. № 2. С. 64–72.
3. Голованов В. К. Температурный оптимум и температурные границы жизнедеятельности осетровых видов рыб / В. К. Голованов // Аквакультура осетровых рыб: Достижения и перспективы развития». IV Междунар. науч.-практ. конф., Астрахань, 13–15 марта 2006 г.: материалы докл. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. С. 21–24.
4. Голованов В. К. Температурные требования осетровых видов рыб. Оптимум и верхние границы жизнедеятельности / В. К. Голованов // Сохранение и восстановление биологических ресурсов Каспий-

ского моря (посвящается 100-летию Азербайджан. науч.-исслед. ин-та рыбного хоз-ва): сб. ст. Баку: Элм, 2013. С. 371–376.

5. Голованов В. К. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб / В. К. Голованов. М.: Полиграф-Плюс, 2013. 300 с.

6. Голованов В. К. Эколого-физиологические закономерности распределения и поведения пресноводных рыб в термоградиентных условиях / В. К. Голованов // Вопр. ихтиологии. 2013. Т. 53, № 3. С. 286–314.

7. Голованов В. К. Влияние скорости нагрева воды на термоустойчивость и пищеварительные карбогидразы карпа *Cyprinus carpio* (L.) в различные сезоны года / В. К. Голованов, А. К. Смирнов, И. Л. Голованова // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2011. № 1. С. 82–86.

8. Голованов В. К. Сравнительный анализ окончательно избираемой и верхней летальной температуры у молоди некоторых видов пресноводных рыб / В. К. Голованов, А. К. Смирнов, Д. С. Капшай // Тр. Карел. НЦ РАН. Сер.: Эксперим. биология. 2012. № 2. С. 70–75.

9. Голованов В. К. Особенности термоизбирания некоторых видов рыб, обитающих в водоемах Верхней Волги / В. К. Голованов, В. Б. Вербицкий, Д. С. Капшай, А. С. Маврин, И. А. Власова // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2013. № 3. С. 91–97.

10. Дзян Яо Цинн. Изменения предпочитаемых температур у некоторых видов осетровых рыб при разном уровне пищевого насыщения / Дзян Яо Цинн // Науч. сообщ. Ин-та физиол. АН СССР. 1959. Вып. 1. С. 125–127.

11. Касимов Р. Ю. Изменение отношения к свету и температуре у некоторых видов куриных осетровых в раннем онтогенезе / Р. Ю. Касимов // Осетровое хозяйство в водоемах СССР. М., 1963. С. 65–68.

12. Константинов А. С. Некоторые характеристики поведения молоди рыб в термоградиентном поле / А. С. Константинов, В. В. Зданович // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. 1993. № 1. С. 32–38.

13. Константинов А. С. Влияние колебаний температуры на процессы рыбопродукции / А. С. Константинов, В. В. Зданович // Водн. ресурсы. 1996. Т. 23, № 6. С. 760–767.

14. Константинов А. С. Влияние осцилляции температуры на гематологические показатели и метаболизм рыб / А. С. Константинов, В. В. Зданович // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. 2007. № 2. С. 14–18.

15. Константинов А. С. Рост и энергетика молоди стерляди *Acipenser ruthenus* в оптимальном стационарном терморегиме и при плавании в термоградиентном пространстве в зависимости от накопленности рыб / А. С. Константинов, В. В. Зданович, В. Я. Пушкарь, В. В. Речинский, Т. Н. Костоева // Вопр. ихтиологии. 2005. Т. 45, № 6. С. 831–836.

16. Константинов А. С. Энергобюджет молоди осетровых рыб при свободном плавании в термоградиентном пространстве / А. С. Константинов, В. Я. Пушкарь, В. В. Зданович, О. В. Аверьянова, В. В. Речинский // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. 2004. № 1. С. 38–43.

17. Константинов А. С. Величина и сопряженность изменения параметров роста и энергетики рыб, вызываемого осцилляцией температуры / А. С. Константинов, В. Я. Пушкарь, В. В. Зданович, Костоева Т. Н. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. 2007. № 4. С. 22–27.

18. Константинов А. С. Влияние колебаний температуры на рост, энергетiku и физиологическое состояние молоди севрюги *Acipenser stellatus* Pallas / А. С. Константинов, А. М. Шолохов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. 1993. № 2. С. 43–47.

19. Никоноров С. И. Эколого-генетические проблемы искусственного воспроизводства осетровых и лососевых видов / С. И. Никоноров, Л. В. Витвицкая. М.: Наука, 1993. 254 с.

20. Свирский А. М. Точность определения температуры, избираемой рыбами в установке с горизонтальным термоградиентом / А. М. Свирский, В. Г. Терещенко // Биол. внутр. вод. Информ. бюл. Л., 1992. № 92. С. 85–88.

21. Смирнов А. К. Избираемая температура молоди стерляди *Acipenser ruthenus* L. / А. К. Смирнов // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: материалы XXVIII Междунар. конф., 5–8 октября 2009 г., г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 511–514.

22. Jobling M. Temperature tolerance and the final preferendum – rapid methods for the assessment of optimum growth temperature / M. Jobling // J. Fish. Biol. 1981. Vol. 19, no. 4. P. 439–455.

23. Zdanovich V. V. Alteration of thermoregulation behavior in juvenile fish in relation to satiation level / V. V. Zdanovich // Journal of Ichthyology. 2006. Vol. 46. Suppl. 2. P. 188–193.

REFERENCES

1. Alabaster Dzh., Lloid R. *Kriterii kachestva vody dlia presnovodnykh ryb* [Criteria of the water quality for freshwater fish]. Moscow, Legkaia i pishchevaia promyshlennost' Publ., 1984. 344 p.

2. Gerasimov Iu. V., Vasiura O. L. Rost i pitanie molodi sterliadi *Acipenser ruthenus* (Acipenseridae) v prudovykh usloviakh pri razlichnoi dlitel'nosti predvaritel'nogo soderzhaniiia v basseinakh [Growth and diet of the sterlet juvenile *Acipenser ruthenus* (Acipenseridae) in pond conditions at different duration of the preliminary being in the basins]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2013, no. 2, pp. 64–72.

3. Golovanov V. K. Temperaturnyi optimum i temperaturnye granitsy zhiznedeiatel'nosti osetrovyykh vidov ryb [Temperature optimum and temperature limits of sturgeon life activity]. *Akvakul'tura osetrovyykh ryb: Dostizheniia i perspektivy razvitiia. IV Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia, Astrakhan', 13–15 marta 2006 g. Materialy dokladov*. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2006, pp. 21–24.
4. Golovanov V. K. Temperaturnye trebovaniia osetrovyykh vidov ryb. Optimum i verkhnie granitsy zhiznedeiatel'nosti [Temperature requirements of sturgeon. Optimum and upper limits of life activity]. *Sokhranenie i vosstanovlenie biologicheskikh resursov Kaspiiskogo moria (posviashchaetsia 100-letiiu Azerbaidzhanskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo khoziaistva)*. Sbornik statei. Baku, Elm Publ., 2013, pp. 371–376.
5. Golovanov V. K. *Temperaturnye kriterii zhiznedeiatel'nosti presnovodnykh ryb* [Temperature criteria of freshwater fish life activity]. Moscow, Poligraf-Plus Publ., 2013. 300 p.
6. Golovanov V. K. Ekologo-fiziologicheskie zakonomernosti raspredeleniia i povedeniia presnovodnykh ryb v termogradientnykh usloviakh [Ecological and physiological dependencies of distribution and behavior of freshwater fish in thermogradient conditions]. *Voprosy ikhtiologii*, 2013, vol. 53, no. 3, pp. 286–314.
7. Golovanov V. K., Smirnov A. K., Golovanov I. L. Vliianie skorosti nagreva vody na termoustoichivost' i pishchevaritel'nye karbogidrazy karpa *Cyprinus carpio* (L.) v razlichnye sezony goda [Influence of water heating rate on thermo-resistance and nutritional carbohydrase of carp *Cyprinus carpio* (L.) in different seasons of the year]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2011, no. 1, pp. 82–86.
8. Golovanov V. K., Smirnov A. K., Kapshai D. S. Sravnitel'nyi analiz okonchatel'no izbiraemoi i verkhnei letal'noi temperatury u molodi nekotorykh vidov presnovodnykh ryb [Comparative analysis of final selected and upper lethal temperatures of juvenile of some freshwater fishes]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. Seriya: Eksperimental'naiia biologii*, 2012, no. 2, pp. 70–75.
9. Golovanov V. K., Verbitskii V. B., Kapshai D. S., Mavrin A. S., Vlasova I. A. Osobennosti termoizbiraeniia nekotorykh vidov ryb, obitaiushchikh v vodoemakh Verkhnei Volgi [Specific features of thermo-preference of some fishes inhabiting the water basins of the upper Volga]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2013, no. 3, pp. 91–97.
10. Dzian Iao Tsinn. Izmeneniia predpochitaemykh temperatur u nekotorykh vidov osetrovyykh ryb pri raznom urovne pishchevogo nasyshcheniia [Changes in preferable temperatures of some sturgeon fishes at different level of food saturation]. *Nauchnye soobshcheniia Instituta fiziologii AN SSSR*, 1959, iss. 1, pp. 125–127.
11. Kasimov R. Iu. Izmenenie otnosheniia k svetu i temperature u nekotorykh vidov kurinskikh osetrovyykh v rannem ontogeneze [Change of the attitude to light and temperature of some sturgeon fish at the early ontogenesis]. *Osetrovoe khoziaistvo v vodoemakh SSSR*. Moscow, 1963, pp. 65–68.
12. Konstantinov A. S., Zdanovich V. V. Nekotorye kharakteristiki povedeniia molodi ryb v termogradientnom pole [Some characteristics of juvenile behavior within the thermogradient range]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya*, 1993, no. 1, pp. 32–38.
13. Konstantinov A. S., Zdanovich V. V. Vliianie kolebaniy temperatury na protsessy ryboproduktirovaniia [Influence of temperature fluctuations on the processes of fish reproduction]. *Vodnye resursy*, 1996, vol. 23, no. 6, pp. 760–767.
14. Konstantinov A. S., Zdanovich V. V. Vliianie ostsilliatsii temperatury na gematologicheskie pokazateli i metabolism ryb [Influence of temperature oscillation on hematological parameters and fish metabolism]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya*, 2007, no. 2, pp. 14–18.
15. Konstantinov A. S., Zdanovich V. V., Pushkar' V. Ia., Rechinskii V. V., Kostoeva T. N. Rost i energetika molodi sterliadi *Acipenser ruthenus* v optimal'nom statsionarnom termorezhime i pri plavanii v termogradientnom prostranstve v zavisimosti ot nakormlenosti ryb [Growth and energy of juvenile of sterlet *Acipenser ruthenus* at optimal stationary thermomode and while swimming in thermogradient area depending on fish saturation]. *Voprosy ikhtiologii*, 2005, vol. 45, no. 6, pp. 831–836.
16. Konstantinov A. S., Pushkar' V. Ia., Zdanovich V. V., Aver'ianova O. V., Rechinskii V. V. Energo-biudzheth molodi osetrovyykh ryb pri svobodnom plavanii v termogradientnom prostranstve [Energy supply of sturgeon fish while free swimming in thermogradient area]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya*, 2004, no. 1, pp. 38–43.
17. Konstantinov A. S., Pushkar' V. Ia., Zdanovich V. V., Kostoeva T. N. Velichina i sopriazhennost' izmeneniia parametrov rosta i energetiki ryb, vyzvaemogo ostsilliatsiei temperatury [Value and conjugation of changes of parameters of fish growth and energy influenced by temperature oscillations]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya*, 2007, no. 4, pp. 22–27.
18. Konstantinov A. S., Sholokhov A. M. Vliianie kolebaniy temperatury na rost, energetiku i fiziologicheskoe sostoianie molodi sevriugi *Acipenser stellatus* Pallas [Influence of temperature fluctuations on growth, energetics and physiological state of sterlet juvenile *Acipenser stellatus* Pallas]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16. Biologiya*, 1993, no. 2, pp. 43–47.
19. Nikonorov S. I., Vitvitskaia L. V. *Ekologo-geneticheskie problemy iskusstvennogo vosproizvodstva osetrovyykh i lososevykh vidov* [Ecological and genetic problems of artificial reproduction of sturgeon and salmon]. Moscow, Nauka Publ., 1993. 254 p.

20. Svirskii A. M., Tereshchenko V. G. Tochnost' opredeleniia temperatury, izbiraemoi rybami v ustanovke s gorizontaln'ym termogradientom [Accuracy of determination of temperature selected by fish in the installation with horizontal thermogradient]. *Biologiya vnutrennikh vod. Informatsionnyi biulleten'*. Leningrad, 1992, no. 92, pp. 85–88.

21. Smirnov A. K. Izbiraemaia temperatura molodi sterliadi *Acipenser ruthenus* L. [Selected temperature of sterlet juvenile]. *Biologicheskie resursy Belogo moria i vnutrennikh vodoemov Evropeiskogo Severa* [Biological resources of the White Sea and inland water basins]. *Materialy XXVIII Mezhdunarodnoi konferentsii, 5–8 oktiabria 2009 g., g. Petrozavodsk, Respublika Kareliia, Rossiia*. Petrozavodsk, KarNTs RAN, 2009, pp. 511–514.

22. Jobling M. Temperature tolerance and the final preferendum – rapid methods for the assessment of optimum growth temperature. *J. Fish. Biol.*, 1981, vol. 19, no. 4, pp. 439–455.

23. Zdanovich V. V. Alteration of thermoregulation behavior in juvenile fish in relation to satiation level. *Journal of Ichthyology*, 2006, vol. 46, suppl. 2, pp. 188–193.

Статья поступила в редакцию 17.02.2014

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Голованов Владимир Константинович – Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, Ярославская обл., пос. Борок; г-р биол. наук, старший научный сотрудник; ведущий научный сотрудник лаборатории экологии рыб; vkgolovan@mail.ru.

Golovanov Vladimir Konstantinovich – I. D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Yaroslavl region, Borok; Doctor of Biology, Senior Research Scientist; Principal Research Scientist of the Laboratory of Fish Ecology; vkgolovan@mail.ru.

Герасимов Юрий Викторович – Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, Ярославская обл., пос. Борок; г-р биол. наук, профессор; зав. лабораторией экологии рыб; gu@ibiw.yaroslavl.ru.

Gerasimov Yuriy Victorovitch – I. D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Yaroslavl region, Borok; Doctor of Biology, Professor; Head of Laboratory of Fish Ecology; gu@ibiw.yaroslavl.ru.

Капшай Дмитрий Сергеевич – Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук Ярославская обл., пос. Борок; лаборатория экологии рыб, аспирант; kapshbio@rambler.ru.

Kapshay Dmitriy Sergeevich – I. D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Yaroslavl region, Borok; Laboratory of Fish Ecology, Postgraduate Student; kapshbio@rambler.ru.

Васюра Ольга Леонидовна – Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук, Ярославская обл., пос. Борок; лаборатория экологии рыб, аспирант; Vasura08@mail.ru.

Vasyura Olga Leonidovna – I. D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Yaroslavl region, Borok; Laboratory of Fish Ecology, Postgraduate Student; Vasura08@mail.ru.