БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННИХ ВОД, 2020, № 2, с. 156–161

ИХТИОЛОГИЯ

УДК 574.22:591.524.1

ИЗБИРАЕМАЯ ТЕМПЕРАТУРА И ТЕМПЕРАТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ОЗЕРНОГО ГОЛЬЯНА *Rhynchocypris percnurus*

© 2020 г. А. К. Смирнов[a], *, В. К. Голованов[a], И. Л. Голованова[a], О. Н. Артаев[b]

[a] *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия*

[b] *ФГБУ Заповедная Мордовия, Саранск, Республика Мордовия, Россия*

**e-mail: smirnov@ibiw.ru*

Поступила в редакцию 07.03.2019 г.
После доработки 11.06.2019 г.
Принята к публикации 22.07.2019 г.

В экспериментальных условиях впервые получены данные, характеризующие термоадаптационные показатели озерного гольяна *Rhynchocypris percnurus* (Pallas, 1814). Окончательно избираемая температура у взрослых рыб, предварительно акклимированных к температуре воды 15°С, была ~23°С. Значение сублетальной температуры, полученное методом критического термического максимума при скорости нагрева воды 8°С/ч, у сеголетков и взрослых рыб достигало 31.6–31.9°С, значение верхней летальной температуры – 33.5–33.8°С. Установленные термоадаптационные характеристики озерного гольяна оказались выше таковых гольяна обыкновенного *P. phoxinus* (L., 1758), что предположительно связано с различием в экологии данных видов.

Ключевые слова: гольян озерный, окончательно избираемая температура, термоустойчивость, верхняя сублетальная температура

DOI: 10.31857/S0320965220020138

ВВЕДЕНИЕ

Гольян озерный *Rhynchocypris percnurus* (Pallas, 1814) – типичный представитель мелких непромысловых рыб Евразии, имеющий весьма обширный, но прерванный ареал: Западная Европа (озера бассейнов рек Одер и Висла), европейская часть России (озера бассейнов рек Днепр, Ока, Кама), реки бассейнов Ледовитого и Тихого океанов (Рыбы..., 2010).

Этот вид рыб предпочитает стоячие воды, населяя различные озера, карьеры и даже торфяные болота, где ведет преимущественно придонный образ жизни (Зуев, 2007; Рыбы..., 2010).

В настоящее время появляется все больше информации о постепенном повышении температуры воды в естественных и искусственных водоемах, которое может носить и глобальный (климатические изменения), и локальный (термальные сбросы) характер (Голованов, 2013а, 2013б; Литвинов, Законнова, 2012; Никаноров, 1977; Barceló et al., 2016; Bitukov, Shagarov, 2017; Borzée, Jang, 2018; Farmer, Cook, 2013; Goyer et al., 2014; Neill, Magnuson, 1974). Рыбы, как и другие гидробионты, приспосабливаются к новым температурным условиям, используя целый ряд поведенческих и физиолого-биохимических механизмов. Термоадаптационные характеристики рыб сем. Cyprinidae исследованы достаточно подробно (Голованов, 2013а, 2013б; Лапкин и др., 1981; Смирнов, Голованов, 2005). В то же время крайне мало информации о температурных характеристиках гольянов (Маврин и др., 2010; Kamiński et al., 2006; Wolnicki et al., 2004). Существуют данные об избираемой и верхней летальной температурах обыкновенного гольяна *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) (Маврин и др., 2010), обитающего на мелководных участках рек с относительно быстрым течением. Подобные сведения для озерного гольяна фактически отсутствуют, поэтому изучение терморегуляционного поведения и верхней границы термоустойчивости озерного гольяна представляет интерес в сравнительном аспекте с другими видами рыб сем. Cyprinidae.

Цель работы – определить избираемую (ИТ) и окончательно избираемую температуру (ОИТ), а также верхнюю сублетальную (КТМ) и летальную температуру (ВЛТ) у гольяна озерного *Rhynchocypris percnurus*.

Сокращения: ВЛТ – верхняя летальная температура, ИТ – избираемая температура, КТМ – верхняя сублетальная температура, ОИТ – окончательно избираемая температура.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работу проводили в октябре 2016 г. на трех возрастных группах (0+, 1+ и 2+) озерного гольяна. Рыб отлавливали в прибрежье мелководного (средняя глубина <1 м) пруда в пос. Пушта (Мордовский государственный природный заповедник, 54.7176° с.ш., 43.2264° в.д.) мальковым неводом в летне-осенний период. Длина и масса тела сеголетков была 44 ± 1 мм и 1.0 ± 0.1 г (12 экз.), двухлетков – 62 ± 1 мм и 3.6 ± 0.1 г (16 экз.), трехлетков – 81 ± 1 мм и 8.2 ± 0.4 г (12 экз.). После вылова рыб транспортировали в пос. Борок (Ярославская обл.) в течение 12 ч в пластиковом баке (15 л) при непрерывной аэрации воды. Перед экспериментом рыб акклимировали к лабораторным условиям в течение ≥10 сут. Отсортированных по размеру особей содержали в аквариумах объемом 340 л при температуре ~15 °С в условиях постоянного фотопериода 12 : 12 ч. Во время температурной акклимации рыб кормили *ad libitum* личинками хирономид *Chironomus* sp. 1 раз в сутки.

ИТ и ОИТ определяли методом термопреферендума (Голованов, 2013а) в двухканальной горизонтальной термоградиентной установке, представляющей собой два параллельных лотка из прозрачного стекла размерами 420 × 37 × 17 см. Каждый лоток с помощью неполных перегородок был разделен на 12 сообщающихся отсеков, в которых находилось по два аэратора, создававших слабый ток воды для предотвращения вертикальной температурной стратификации. Горизонтальный градиент температуры от 15 до 30 °С получали путем нагрева и охлаждения воды на противоположных концах лотков, используя электронный четырехканальный терморегулятор (NM8036) и цифровые датчики температуры (SN18B20). Гольянов помещали в оба канала установки (по 8 экз.) в отсеки с температурой, равной температуре акклимации. Распределение рыб в установке фиксировали 10 раз в светлое время суток с помощью четырех цифровых wi-fi-видеокамер, на основании этих данных вычисляли среднесуточные значения ИТ. Рыб кормили ежедневно личинками хирономид. Корм вносили только в те отсеки установки, где на момент кормления присутствовали рыбы, с целью исключить влияние данного фактора на терморегуляционное поведение (Смирнов, 2013; Смирнов, Смирнова, 2019). Опыты длились 12 сут. Все опыты проводили в условиях постоянного фотопериода 12 : 12 ч.

КТМ и ВЛТ определяли методом критического термического максимума (Becker, Genoway, 1979; Beitinger et al., 2000). Для этого группу рыб (по 6 экз.) помещали в экспериментальный аквариум объемом 60 л, оборудованный системой нагрева (нагреватель мощностью 0.63 кВт) и аэрации (два распылителя соединенных с воздушным компрессором). Температуру воды в аквариуме повышали со скоростью 8°С/ч до потери рыбами равновесия (переворот на бок или кверху брюшком), сублетальное значение температуры фиксировали как КТМ. Продолжая нагрев до прекращения движения жабр, фиксировали значение ВЛТ. Выбор скорости нагрева воды обусловлен интенсивностью температурных изменений при аварийных сбросах подогретых вод тепловых и атомных электростанций. Поскольку опыты были непродолжительны по времени (<2 ч), рыб не кормили.

Результаты представлены в виде средних значений и их ошибок ($M \pm m$). Данные по температурным параметрам рыб из двух повторностей эксперимента объединяли. При сравнении результатов использовали непараметрический критерий Манна–Уитни (U). Различия показателей считали статистически значимыми при $p \leq 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Двухлетки гольяна, помещенные в термоградиентную установку, после непродолжительного периода адаптации к новым условиям начинали постепенно смещаться в направлении более высокой температуры (рис. 1). Уже в течение первых суток опыта средние значения ИТ превысили 18°С, а на вторые-третьи сутки достигли своего максимума 23.1–24.7°С. При этом в первые сутки опыта отмечена так называемая реакция избыточного реагирования, когда рыбы выбирали более высокую температуру по сравнению с последующим периодом. Начиная с четвертого дня среднесуточные значения ИТ изменялись в относительно узком диапазоне 21.2–23.6°С.

Несмотря на то, что в двух повторностях эксперимента использовали идентичных особей, взятых из одного акклимационного аквариума, они демонстрировали определенные различия в терморегуляционном поведении. Фактически в течение всего опыта средние значения ИТ у рыб из первой повторности были ниже, чем во второй. Лишь на 11–12 сут среднесуточные ИТ рыб из обеих выборок статистически не различались: 22.8 ± 0.1 и 23.1 ± 0.1°С (U = 38240, $p > 0.05$). В целом, в течение трех последних суток эксперимента рыбы выбирали близкие значения температуры 22.4–23.6°С. Однако и в этот период сохранялись различия в распределении особей из разных повторностей (рис. 2). Учитывая совокупность всех фактов, в том числе и наибольшую посещаемость двухлетками озерного гольяна отсеков с температурой 22–24°С, в качестве ОИТ можно указать значение ~23°С.

При нагреве воды со скоростью 8°С/ч достоверных различий в температурной устойчивости гольянов двух возрастных групп (сеголетков и трехлетков) не выявлено: значения КТМ были

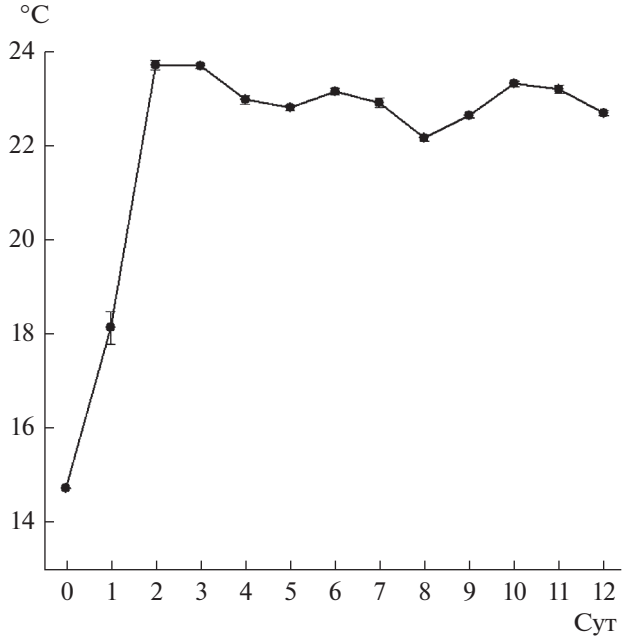

Рис. 1. Динамика температуры ($M \pm m$), избираемой двухлетками озерного гольяна в условиях 12-суточного эксперимента.

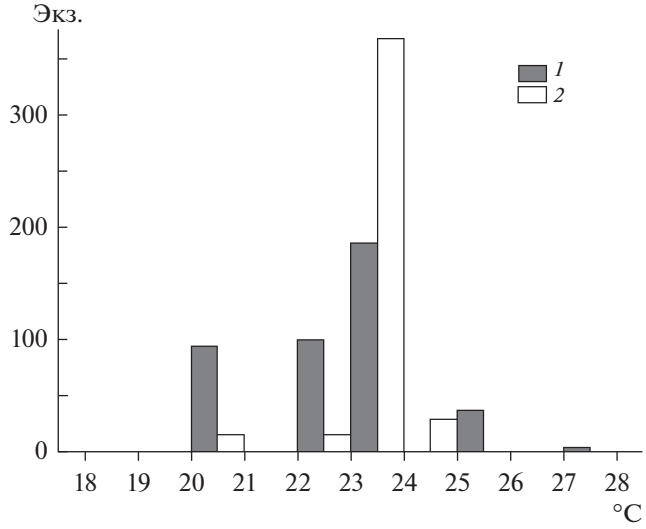

Рис. 2. Распределение двухлетков гольяна в температурно-неоднородной среде (ось абсцисс) на заключительном этапе опытов (10–12 сут) для первой (*1*) и второй (*2*) повторностей эксперимента.

31.6 ± 0.2 и 31.9 ± 0.2°C соответственно (U = = 59.5, $p > 0.05$). Значения ВЛТ у сеголетков и трехлетков превышали КТМ на ~6% – 33.5 ± 0.1 и 33.8 ± 0.1°C соответственно (U = 46.5, $p > 0.05$).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Использованные в работе особи озерного гольяна при попадании в температурно-неоднородную среду продемонстрировали обычную для многих видов рыб реакцию термопреферендума. После помещения их в отсеки установки с температурой, равной акклимационной, они целенаправленно перемещались в более теплую температурную зону. Процесс выбора сопровождался реакцией избыточного реагирования: на начальном этапе опыта ("переходный процесс") рыбы предпочитали более теплую воду, чем впоследствии в период "стабильного выбора". Такая реакция, возникающая в ответ на помещение в термоградиентное поле, характерна и для других ранее исследованных видов рыб (Лапкин и др., 1979, Свирский, 1996).

Детальный анализ поведения рыб из отдельных повторностей эксперимента выявил, что распределение особей в температурно-неоднородной среде, даже на заключительном этапе опытов, несколько различалось (рис. 2). Так, в одном случае гольянов регулярно отмечали в отсеках установки с более широким диапазоном температуры 20–26°C, в другом – рыбы сосредотачивались фактически в одном отсеке с температурой 23–24°C и относительно редко посещали остальные. Вследствие этого среднесуточные значения ИТ у гольянов несколько разнились и были 22.9 ± ± 0.1 и 23.3 ± 0.1°C соответственно. Возможно, это обусловлено как различиями в физиологическом статусе исследованных особей и особенностями их внутригруппового поведения, так и неполной идентичностью физических параметров среды в двух лотках термоградиентной установки. Однако разница в значениях ИТ в 0.4°C не столь существенна. Кроме того, к концу опытов частота встречаемости рыб в отсеках с температурой 22–24°C была высока в обеих повторностях эксперимента (68 и 90% соответственно), что согласуется с установленным значением ОИТ (~23°C) для двухлеток озерного гольяна.

Ранее в идентичных экспериментальных условиях показано, что ОИТ у взрослых особей (4–5+, длина рыб ~80 мм) широко распространенного обыкновенного гольяна *Phoxinus phoxinus* равна 17°C (Маврин и др., 2010). Такое же значение приведено в работе Киллена (Killen, 2014) для рыб длиной ~50 мм, которое получено в краткосрочных (8 ч) экспериментах, проведенных в установке "шаттл-бокс". Близкие значения ИТ зарегистрированы у сеголетков (длина рыб 20–27 мм) и двухлетков (50–60 мм) обыкновенного гольяна при его нахождении в вертикальном температурном градиенте – ~17 и 13°C соответственно (Ward et al., 2010). Видно, что разновозрастные особи данного вида избирают менее теплую воду в сравнении с гольяном озерным. Вероятно, это связано с экологическими особенностями рассматриваемых видов. *P. phoxinus* – типичный обитатель

небольших рек и ручьев, где он предпочитает чистую и прохладную воду, и только на севере ареала может встречаться в озерах. *R. percnurus*, напротив, населяет в основном озера, отмечаясь также в искусственно созданных водоемах, карьерах и торфяных болотах, в том числе и сильно зарастаемых (Зуев, 2007; Свердлова, Книжин, 2011; Рыбы..., 2010). Температурные условия обитания в столь разных биотопах, вероятно, обусловливают повышенную теплолюбивость гольяна озерного по сравнению с гольяном обыкновенным.

По данным Камински с соавт. (Kamiński et al., 2006), температурный оптимум для роста и развития эмбрионов и личинок озерного гольяна находится в диапазоне температуры 22–25°C. В работе Волницки с соавт. (Wolnicki et al., 2004) указаны схожие значения температуры, благоприятные для личиночного (25°C) и более поздних (22°C) этапов развития данного вида. Установленное в настоящей работе значение ОИТ (23°C) для двухлеток озерного гольяна хорошо согласуется с вышеприведенными данными. Это отвечает представлениям о совпадении у рыб оптимальной температуры роста и значений ОИТ, характеризующих зону эколого-физиологического оптимума (Jobling, 1981).

Постепенное удаление температуры среды обитания от зоны оптимума вызывает заметное угнетение жизненных процессов в организме, а при выходе за границу пессимума – смерть. В естественных условиях умеренного климата гибель гидробионтов от перегрева наблюдается относительно редко. Однако антропогенное воздействие, особенно в небольших водоемах, может значительно повышать риск возникновения подобных событий (Голованов, 2013б). Вследствие этого определение верхней сублетальной и верхней летальной температур, характеризующих зону эколого-физиологического пессимума, может быть полезно при оценке негативного воздействия роста температуры на водные экосистемы.

Выявленный в эксперименте уровень КТМ для разных возрастных групп озерного гольяна относительно высок (~32°C), что вполне согласуется с экологическими особенностями вида. Обитание в небольших мелководных водоемах, хорошо прогреваемых в течение теплого времени года, требует от его представителей достаточной теплоустойчивости. Значение КТМ у гольяна обыкновенного несколько ниже – 30.0°C при схожих скоростях нагрева воды и температуре акклимации (Маврин и др., 2010). Сравнивая эти виды, следует учитывать, что *P. phoxinus* относят к бореально-предгорному, а *R. percnurus* к бореально-равнинному фаунистическим комплексам (Коновалов, 2016), это также может определять различия их термоадаптационных характеристик. Примечательно, что обитающий в ручьях и небольших реках Северной Америки *Chrosomus (Phoxinus) erythrogaster* (Rafinesque, 1820) также менее теплоустойчив (значение КТМ равно 29.3°C при температуре акклимации 10°C) в сравнении с гольяном озерным (Scott, 1987).

КТМ – это критерий, соответствующий значению температуры, при которой наблюдается потеря локомоторной способности, вследствие чего гидробионты не могут покинуть некомфортную температурную зону (Becker, Genoway, 1979). Прекращение нагрева или перенос в воду с температурой на 3–4°C ниже сохраняет жизнеспособность рыб. В связи с этим, момент смерти (по прекращению движения жаберных крышек) всегда отмечается при более высоких значениях температуры в сравнении с КТМ. Эта разность тем больше, чем выше скорость нагрева воды (Becker, Genoway, 1979). В нашей работе скорость нагрева воды была относительно низкой (8°C/ч) и различия значений КТМ и ВЛТ были невелики (~6%).

В процессе онтогенеза температурные характеристики рыб претерпевают определенные изменения (Голованов, 2013б), наиболее значительные совпадают с периодом полового созревания (Лапкин и др., 1981; Свирский, Лапкин, 1987). Как правило, уровень ИТ и ВЛТ у молоди выше, чем у взрослых, что можно объяснить лучшей приспособленностью первых к жизни в хорошо прогреваемом прибрежье. Известно, что озерный гольян становится половозрелым в возрасте двух лет при длине 6 см и массе 3.5 г (Рыбы..., 2010). Однако в нашем эксперименте термоустойчивость неполовозрелых (длина рыбы 44 мм) и половозрелых (81 мм) особей не различалась. Это может быть обусловлено как видовой спецификой (обитание разновозрастных особей в сходных условиях), так и рядом неучтенных факторов (общим физиологическим состоянием, степенью развития половых продуктов, паразитарной инвазией и др.).

Выше отмечалось, что озерный гольян чаще населяет относительно небольшие, мелководные и сильно зарастающие водоемы. Нередко условия жизни в них бывают достаточно экстремальными, в том числе и по температурному фактору, что препятствует заселению их другими видами рыб. Это, например, характерно для водоемов бассейна верхнего течения р. Лена (Свердлова, Книжин, 2011) и бассейна р. Мокша (Артаев, Ручин, 2017; Artaev, Ruchin, 2017). В западной части ареала совместно с озерным гольяном иногда могут встречаться мелкий карась *Carassius* sp., линь *Tinca tinca* (L.) и верховка *Leucaspius delineatus* (Heckel, 1843) (Мовчан, Смирнов, 1981). Принимая во внимание широкий диапазон термотолерантности (~0–34°C), значения избираемой (~23°C), а также нерестовой (9–11°C) температуры (Рыбы..., 2010), исследованный вид можно отнести к экологической группе эвритермных рыб (Дрягин,

1973) и охарактеризовать как умеренно теплолюбивый (Голованов, 2013б).

Выводы. Установленная в эксперименте относительно высокая теплолюбивость и термоустойчивость озерного гольяна обусловлены экологическими особенностями этого вида. Полученные данные могут быть использованы в теоретических и прикладных исследованиях функционирования водных экосистем.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Н.С. Некрутову (Институт биологии внутренних вод РАН) за помощь в выполнении части экспериментальной работы.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания № АААА-А18-118012690102-9, а также при частичной поддержке темы Президиума РАН: 0122-2018-0001.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Артаев О.Н., Ручин А.Б. 2017. Рыбное население бассейна реки Мокши. Саранск.

Голованов В.К. 2013а. Эколого-физиологические закономерности распределения и поведения пресноводных рыб в термоградиентных условиях // Вопр. ихтиол. Т. 53. № 3. С. 286. https://doi.org/10.7868/S0042875213030016

Голованов В.К. 2013б. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб. Москва: Изд-во ПОЛИГРАФ-ПЛЮС.

Дрягин П.А. 1973. Экологическая классификация рыб по температурному фактору // Лимнология Северо-Запада СССР. 1. А–И. Таллин: АН ЭССР. С. 167.

Зуев И.В. 2007. Гольяны рода *Phoxinus* (сем. Cyprinidae) бассейнов рек Енисея и Пясины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск: Томск. гос. ун-т.

Коновалов А.Ф. 2016. Многолетние изменения структуры фаунистических комплексов рыб и круглоротых в водоёмах Вологодской области // Труды Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Т. 161. С. 115.

Лапкин В.В., Свирский А.М., Сопов Ю.Н. 1979. Избираемая температура и температура акклимации рыб // Зоол. журн. Т. 58. № 11. С. 1659.

Лапкин В.В., Свирский А.М., Голованов В.К. 1981. Возрастная динамика избираемых и летальных температур // Зоол. журн. Т. 60. Вып. 12. С. 1792.

Литвинов А.С., Законнова А.В. 2012. Термический режим Рыбинского водохранилища при глобальном потеплении // Метеорология и гидрология. № 9. С. 91.

Маврин А.С., Голованов В.К., Капшай Д.С. 2010. Поведение и распределение обыкновенного гольяна *Phoxinus phoxinus* L. в условиях градиента температур // Поведение рыб: Матер. докл. IV Всерос. конф. с международным участием. Москва: АКВАРОС. С. 209. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2574.2241

Мовчан Ю.В., Смирнов А.И. 1981. Т. 8. Вып. 2. Ч. 1. Киев: Наук. думка.

Никаноров Ю.И. 1977. Влияние сбросных вод тепловых электростанций на ихтиофауну и рыбное хозяйство водоемов-охладителей // Труды Всесоюзного гидробиологического общества. Т. 21. С. 135.

Рыбы в заповедниках России. 2010. Т. 1. Москва: Товарищество науч. изданий КМК.

Свердлова Т.В., Книжин И.Б. 2011. Биологические показатели и экологические особенности гольянов (*Rhynchocypris, Phoxinus*) водоемов бассейна верхнего течения реки Лена // Байкальский зоол. журн. № 3(8). С. 42.

Свирский А.М. 1996. Поведение рыб в гетеротермальных условиях // Поведение и распределение рыб: Доклады II Всероссийского совещания. Борок. С. 140.

Свирский А.М., Лапкин В.В. 1987. Сезонная и возрастная изменчивость избираемых температур у рыб Рыбинского водохранилища: 1. Окунь (*Perca fluviatilis* L.) // Биология внутренних вод: Информ. бюл. Ленинград: Наука. № 76. С. 45.

Смирнов А.К. 2013. Влияние наличия пищи в зоне температурного оптимума на поведение молоди речного окуня *Perca fluviatilis* L. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. № 1. С. 75.

Смирнов А.К., Голованов В.К. 2005. Сравнение термоустойчивости молоди некоторых видов рыб Рыбинского водохранилища // Вопр. ихтиол. Т. 45. № 3. С. 430.

Смирнов А.К., Смирнова Е.С. 2019. Поведение молоди окуня *Perca fluviatilis* (Percidae) в гетеротермальной среде при разной обеспеченности пищей // Зоол. журн. Т. 98. № 2. С. 182. https://doi.org/10.1134/S0044513419020168

Artaev O.N., Ruchin A.B. 2017. The ichthyofauna of the Moksha River, a tributary of the Volga River basin, Russia // Check List. V. 13. № 4. P. 185. https://doi.org/10.15560/13.4.185

Barceló C., Ciannelli L., Olsen E.M. et al. 2016. Eight decades of sampling reveal a contemporary novel fish assemblage in coastal nursery habitats // Global Change Biology. V. 22. P. 1155. https://doi.org/10.1111/gcb.13047

Becker C.D., Genoway R.G. 1979. Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish // Environ. Biol. Fish. V. 4. № 3. P. 245. https://doi.org/10.1007/BF00005481

Beitinger T.L., Bennet W.A., Mc Cauley R.W. 2000. Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature // Environ. Biol. Fish. V. 58. № 3. P. 237. https://doi.org/10.1023/A:100767632

Bitukov N.A., Shagarov L.M. 2017. Degradation of water protection function of the Western Caucasus mountain oakeries as a result of fellings // Nature Conservation Research. V. 2. № 3. P. 40. https://doi.org/10.24189/ncr.2017.006

Borzée A., Jang Y. 2018. Interference competition driven by hydric stress in Korean Hylids // Nature Conservation

Research. V. 3 (Suppl. 1). P. 120. https://doi.org/10.24189/ncr.2018.008

Farmer G.T., Cook J. 2013. Climate Change Science: A Modern Synthesis. V. 1. New York: Springer Dordrecht Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5757-8

Goyer K., Bertolo A., Pépino M. 2014. Effects of lake warming on behavioural thermoregulatory tactics in a cold-water stenothermic fish // PLoS ONE. V. 9. № 3. P. 1. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092514

Jobling M. 1981. Temperature tolerance and the final preferendum – rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures // J. Fish. Biol. V. 19. P. 439. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1981.tb05847.x

Kamiński R., Kamler E., Korwin-Kossakowski M. et al. 2006. Effects of different incubation temperatures on the yolk-feeding stage of *Eupallasella percnurus* (Pallas) // J. Fish Biol. V. 68(4). P. 1077. https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.01008.x

Killen S.S. 2014. Growth trajectory influences temperature preference in fish through an effect on metabolic rate // J. Anim. Ecol. P. 1. https://doi.org/10.1111/1365-2656.12244

Neill W.H., Magnuson J.J. 1974. Distributional ecology and behavioral thermoregulation of fishes in relation to heated effluent from a power plant at lake Monona, Wisconsin // Trans. Am. Fish. Soc. V. 103. № 4. P. 663. https://doi.org/10.1577/1548-8659(1974)103<663:DEABTO>2.0.CO;2

Scott N.L. 1987. Seasonal variation of critical thermal maximum in the redbelly dace, *Phoxinus erythrogaster* (Cyprinidae) // Southwestern Naturalist. V. 32. № 4. P. 435. https://doi.org/10.2307/3671475

Ward A.J.W., Hensor E.M.A., Webster M.M., Hart P.J.B. 2010. Behavioural thermoregulation in two freshwater fish species // J. Fish Biol. V. 76. P. 2287. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02576.x

Wolnicki J., Kamiński R., Korwin-Kossakowski M. et al. 2004. The influence of water temperature on laboratory-reared lake minnow *Eupallasella perenurus* (Pallas) larvae and juveniles // Arch. Polish Fish. V. 12. Fasc. 1. P. 61.

Preferred Temperature and Thermal Resistance of the Lake Minnow *Rhynchocypris percnurus*

A. K. Smirnov[1, *], V. K. Golovanov[1], I. L. Golovanova[1], and O. N. Artaev[2]

[1]*Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia*

[2]*Mordovsky Nature Reserve, Saransk, Republic of Mordovia, Russia*

**e-mail: smirnov@ibiw.ru*

In the experimental conditions the thermoadaptive characteristics of the lake minnow *Rhynchocypris percnurus* (Pallas, 1814) were obtained for the first time. The final preferred temperature in adult fish previously acclimated to a water temperature of 15°C was ~23°C. The value of sublethal temperature, determined by the method of a critical thermal maximum at a water heating rate of 8°C/h, in fingerlings and adult fish was 31.6–31.9°C, and the upper lethal temperature was 33.5–33.8°C. The established thermoadaptation characteristics of lake minnow were higher than those compared to common minnow *P. phoxinus* (L.), which may be due to the difference in the ecology of these species.

Keywords: Rhynchocypris percnurus, preferred and final preferred temperature, heat resistance, upper sublethal and lethal temperature