

УДК 597.551.2.591.523

ИЗБИРАЕМАЯ ЕВРОПЕЙСКИМ ГОРЧАКОМ *RHODEUS AMARUS* (ACHEILOGNATHIDAE) ТЕМПЕРАТУРА И ЕГО ДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ В ТЕРМОГРАДИЕНТНОМ ПОЛЕ

© 2024 г. В. В. Зданович¹, *

¹Московский государственный университет, Москва, Россия

*E-mail: zdanovich@mail.ru

Поступила в редакцию 18.12.2023 г.

После доработки 24.01.2024 г.

Принята к публикации 24.01.2024 г.

Представлены результаты экспериментальных исследований термопреферентного поведения и двигательной активности европейского горчака *Rhodeus amarus* в условиях термоградиентного поля. Термопреферентный диапазон горчака составил 17–29°C, в котором интервал температур 21–25°C был наиболее посещаем рыбами и представляется оптимальным для жизнедеятельности вида. Средняя избираемая температура составила 22.4°C. Температуры ниже 17 и выше 29°C горчак избегал при плавании в термоградиенте. Рыбы проявляли высокую двигательную активность, проплывая за час в среднем 84.7 м со средней скоростью 2.3 см/с. При перемещении в термоградиенте они испытывали перепады температуры, составлявшие в среднем 0.12°C/с. Полученные данные по термальной биологии европейского горчака могут расширить представления об инвазионном потенциале вида.

Ключевые слова: европейский горчак *Rhodeus amarus*, инвазивный вид, термопреферентное поведение, двигательная активность, термоградиент.

DOI: 10.31857/S0042875224040075 EDN: EXXMDB

Европейский горчак *Rhodeus amarus* — мелкий представитель отряда карпообразных (Cypriniformes), его ареал охватывает Европу, Восточное Закавказье и Малую Азию (Holcík, 1999; Атлас ..., 2003; Damme et al., 2007; Kozhara et al., 2007). Места обитания (прибрежная зона озёр, мелководные старицы и медленно текущие реки) горчака в основном связаны с областью распространения двустворчатых моллюсков (Bivalvia) — перловицы *Unio* sp. и беззубки *Anodonta* sp., в мантийные полости которых самки горчака с помощью отрастающих к периоду нереста яйцекладов откладывают икру (Holcík, 1999; Smith et al., 2004; Морева и др., 2017).

С 1950-х гг. до 1980-го численность популяций европейского горчака на всем известном ареале в Западной и Центральной Европе резко сократилась. Основной причиной снижения численности горчака посчитали антропогенное загрязнение водоёмов, приведшее к исчезновению популяций двустворчатых моллюсков, являющихся нерестовым субстратом для вида, а также низкие весенние температуры воды. Однако сокращение численности горчака было отмечено и в реках

с хорошим качеством воды и наличием большого числа двустворчатых моллюсков (Damme et al., 2007). Снижение численности популяций и области распространения европейского горчака было столь значительным, что вид внесли в Красные книги ряда стран Западной и Центральной Европы, а также некоторых регионов Центральной России как вид “находящийся под угрозой исчезновения”, “уязвимый” или вид, “сокращающий свою численность” (Kozhara et al., 2007).

Начиная с 1980-х гг. наблюдается быстрый рост численности популяций европейского горчака, значительное расширение его распространения в бассейнах рек западной, центральной, и восточной частей Европы, Закавказья и Малой Азии (Carpentier et al., 2003; Damme et al., 2007; Решетников и др., 2012; Kujawa, Piech, 2021; Özuluğ et al., 2023). Современное изменение климата в Европе (в сторону потепления), приводящее к повышению температуры воды в естественных водоёмах, может быть одним из возможных факторов, способствующих распространению европейского горчака (Kozhara et al., 2007; Britton et al., 2010).

В гетеротермальных условиях рыбы проявляют термопреферендное поведение, выражающееся в их перемещении в температурные зоны, наиболее благоприятные для жизнедеятельности (Jobling, 1981; Константинов, Зданович, 1993; Голованов, 2013). Работы, посвящённые исследованию температурных характеристик европейского горчака, малочисленны, а имеющиеся в них данные противоречивы, что не позволяет составить целостное представление о термопреферендном диапазоне и области экологического термального оптимума вида (Jobling, 1981; Souchon, Tissot, 2012; Голованов, 2013). Отсутствуют литературные данные и о двигательной активности европейского горчака при разной температуре.

Цель работы — определить диапазон предпочитаемых температур и уровень средней избирательной температуры, а также охарактеризовать двигательную активность европейского горчака в термоградиентном пространстве.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Европейского горчака отлавливали в р. Воря Московской обл. (12 экз., общая длина 2.5–3.0 см, средняя масса 1.8 г, возраст 1–2 года). До начала экспериментов рыб содержали в 40-литровом аквариуме и ежедневно кормили до насыщения живыми личинками *Chironomidae*. Изменения освещённости соответствовали естественному суточному ритму. Температуру поддерживали терморегулятором AquaEL (Польша) на уровне $21.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$. За счёт принудительной аэрации обеспечивали полное насыщение воды кислородом.

Наблюдения за термопреферендным поведением и двигательной активностью горчака проводили визуально в термоградиентной установке, в которой создавали горизонтальный температурный градиент 15–30°C. Установка представляла собой лоток из оргстекла ($1.50 \times 0.12 \times 0.15$ м), разделённый на 12 отсеков полуперегородками, позволяющими рыбам свободно перемещаться вдоль лотка. Градиент температуры в лотке создавали за счёт регулируемых нагрева и охлаждения воды расположенными в противоположных концах лотка нагревателем Juwel (Германия) и холодильником для аквариумов Hailea (Китай). Величина градиента составляла 0.1°C/см. Для контроля температуры воды в каждом отсеке устанавливали термометр с точностью измерения 0.1°C. Каждый из отсеков лотка был снабжён подсоединённым

к микрокомпрессору распылителем воздуха для аэрации и перемешивания воды, что исключало возникновение вертикальной температурной стратификации (Зданович, 1999).

Опыты проводили в осенне-зимний период в светлое время суток. Поскольку горчак ведёт стайный образ жизни, для проведения опыта в термоградиентную установку в отсек с температурой 21°C помещали 4 экз., которых случайным образом отлавливали из общего аквариума (№ 1). Опыты начинали через сутки пребывания горчака в лотке — за это время рыбы полностью адаптируются к условиям термоградиентного поля (Константинов, Зданович, 1993; Голованов, 2013). В установке рыб не кормили, чтобы исключить влияние фактора накормленности на поведение рыб (Константинов, Зданович, 1993; Пушкарёв и др., 2004; Zdanovich, 2006). В каждом опыте проводили от одного до трёх сеансов наблюдений за поведением рыб длительностью по 15–20 мин. В лотке визуально выделяли одну особь и в течение сеанса каждую секунду отмечали, в каком отсеке лотка она находится. Так получали цифровую этограмму перемещений этой рыбы. После завершения опыта горчаков возвращали в дополнительный аквариум (№ 2) с температурой воды $21.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$. После третьего опыта рыб из установки и аквариума № 2 пересаживали в опустевший аквариум № 1. Повторно такие циклы из трёх опытов проводили через 1–2 нед. В общей сложности выполнили 14 опытов, в которых провели 25 сеансов индивидуального прослеживания поведения горчака.

По цифровым этограммам рассчитывали несколько параметров поведения рыб в термоградиентном пространстве: границы и ширину термопреферендного диапазона (разница между крайними по температуре воды отсеками, в которые заходила рыба), число посещений рыбами отсеков, продолжительность разового пребывания рыбы в отсеках, число и параметры векторов перемещения рыб. Регистрировали только перемещение рыб из отсека в отсек. Было принято, что векторы этих перемещений параллельны продольной оси установки и могут быть только двух направлений: к зоне высоких или к зоне низких температур. Длину одного вектора считали равной расстоянию от середины длины начального сектора до середины длины конечного сектора. И в начальном, и в конечном секторах рыбы изменяют направление перемещения на противоположное. Путь особи

при однократном её перемещении принимали равным длине вектора (D) и вычисляли по формуле: $D = D_n/2 + \sum D_p + D_k/2$, где D_n , D_p , D_k — длина соответственно начального, промежуточных и конечного секторов, по которым проходил вектор перемещения рыбы. Длина одного сектора 12.5 см, число промежуточных секторов может быть от 0 до 10. Продолжительность одного перемещения (T) рассчитывали по формуле: $T = T_n/2 + \sum T_p + T_k/2$, где T_n , T_p и T_k — длительность пребывания рыб соответственно в начальном, промежуточных и конечном секторах, по которым проходил вектор перемещения рыбы. Температурный сдвиг при одном перемещении равен абсолютному значению разности температур воды в начальном и конечном секторах. Скорость изменения температуры при однократном перемещении определяли как частное от деления величины температурного сдвига на длительность перемещения. По сумме длин и длительностей перемещения за сеанс рассчитывали длину пути, проплавляемого рыбой за один час (Константинов, Зданович, 1993; Зданович, 1999). Кроме того, определяли среднюю избираемую температуру, взвешенную по времени пребывания рыб в отсеке: $t_{\text{pref}} = \sum(k_i t_i) / \sum k_i$, где i — номер отсека; k_i — суммарное время пребывания всех исследо-

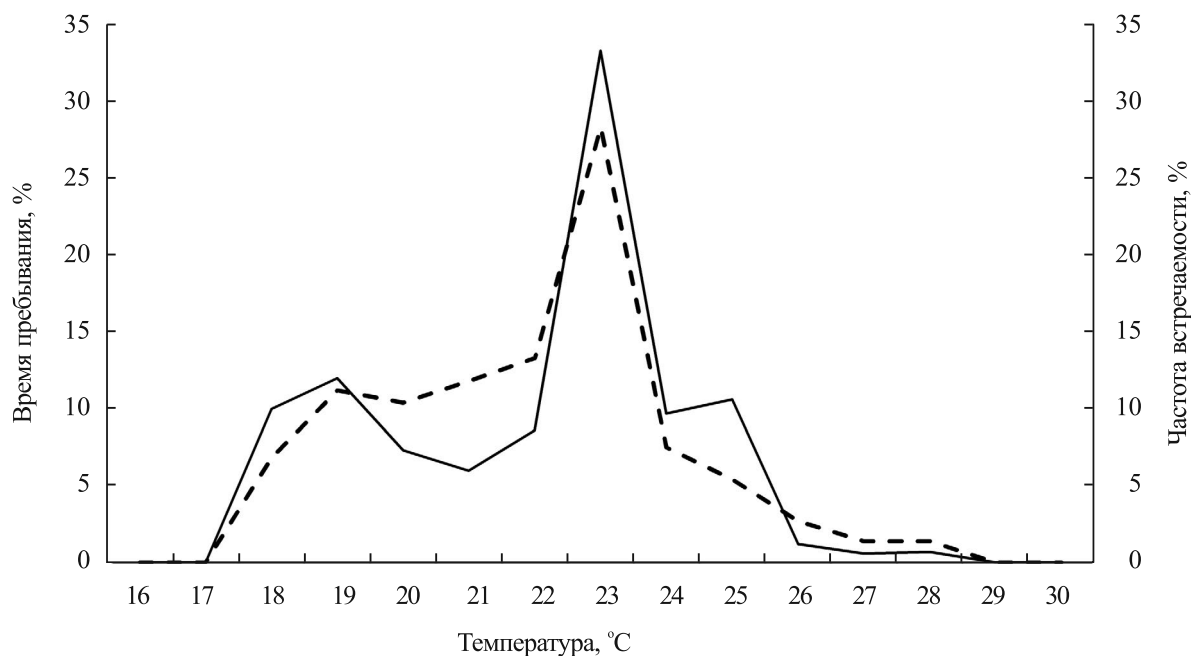
ванных особей в i -том отсеке, s ; t_i — температура в i -том отсеке, °C (Лакин, 1990). Оценивали величины избегаемых горчаком температур, соответствующих наибольшему и наименьшему уровням температуры в термоградиенте, при которых рыбы не встречались.

При статистической обработке полученных данных зависимость времени пребывания и частоты встречаемости рыб в отсеках термоградиентного лотка от температуры оценивали с помощью критерия χ^2 Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Европейский горчак через сутки пребывания в термоградиентном лотке не сосредотачивался в каком-либо отсеке лотка с определённой температурой, а перемещался в диапазоне 17–29°C (рисунок). При этом нижняя и верхняя границы предпочитаемого диапазона температур могли на протяжении опытов в разное время сдвигаться на 3–4°C (таблица), а ширина термопреферендного диапазона варьировала от 5 до 12 (в среднем 7.8)°C.

Из приведённого на рисунке распределения времени пребывания рыб по отсекам с разной температурой видно, что оно неслучайно. При полностью случайном распределении время



Время пребывания (—) и частота встречаемости (---) европейского горчака *Rhodeus amarus* в отсеках термоградиентной установки при определённой температуре воды.

Некоторые характеристики термопреферендного поведения и двигательной активности европейского горчака *Rhodeus amarus* в термоградиентном поле

Показатель	lim	$M \pm m$
Число перемещений за час	124–241	172 ± 15
Дальность перемещения, м	0.25–1.37	0.49 ± 0.04
Длительность перемещения, с	3–153	31.9 ± 4.2
Путь, проплываемый рыбой за час, м	61.1–118.8	84.7 ± 7.4
Скорость плавания, см/с	1.7–3.3	2.34 ± 0.20
Граница термопреферендного диапазона, °C:		
– нижняя	17–20	18.3 ± 0.3
– верхняя	25–29	26.7 ± 0.6
Ширина термопреферендного диапазона, °C	5–12	7.8 ± 0.4
Температурный сдвиг при перемещении, °C	2–10	4.0 ± 0.4
Скорость изменения температуры при перемещении, °C/с	0.03–0.67	0.12 ± 0.02
Средняя избираемая температура, °C	19.8–24.4	22.4 ± 0.6

Примечание. lim – пределы варьирования показателя, $M \pm m$ – среднее значение и его ошибка.

пребывания было бы или одинаковым для каждой из температур, или близким друг к другу. Статистический анализ подтверждает это предположение ($\chi^2 = 2732.106$, $df = 10$, $p < 0.0000001$). Аналогично подтверждается неслучайность распределения рыб и по числу заходов в отсеки во время эксперимента ($\chi^2 = 306.9979$, $df = 10$, $p < 0.0000001$).

Наибольшая посещаемость горчаком отсеков лотка наблюдалась в диапазоне 21–25°C (66.3% по частоте встречаемости и 68.2% по времени пребывания), при этом наиболее часто рыбы заходили и подолгу оставались в отсеке с температурой 23°C (соответственно 28.3 и 33.3%). Средний уровень предпочитаемой температуры составил 22.4°C и в разных опытах варьировал от 19.8 до 24.4°C, что хорошо укладывается в выявленный диапазон температур (21–25°C), в котором рыбы проводили большую часть времени и который можно считать оптимальным для жизнедеятельности европейского горчака.

В термоградиентном лотке горчак активно перемещался на расстояние от 61.1 до 118.8 (в среднем 84.7) м за час. Скорость плавания варьировала от 1.7 до 3.3 (в среднем 2.3) см/с. При перемещениях, переплывая из отсека в отсек, разница температуры в которых составляла от 2.0 до 10.0 (в среднем 4.0)°C, рыбы испытывали

изменения температуры со скоростью от 0.03 до 0.67 (в среднем 0.12)°C/с. При таких перепадах температуры не наблюдали никаких изменений в поведении опытных рыб.

ОБСУЖДЕНИЕ

В естественных условиях обитания европейского горчака в водоёмах Европы и Малой Азии в течение года температуры воды составляют 7.9–29.4°C (Koutrakis et al., 2003), 4.2–30.2°C (Sac, Özuluğ, 2017), 0.5–24.5°C (Horoszewicz, 1973). В экспериментах ранее было показано, что средняя температура, предпочитаемая европейским горчаком, лежит в пределах от 20.4°C (Голованов, 2013) до 25.0°C (Zahn, 1963), что вполне укладывается в разброс выявленных в наших опытах средних значений избираемой температуры. В экспериментальном термоградиенте горчак наиболее часто находился в диапазоне температур 20–25°C (Голованов, Капшай, 2015). Оптимальную температуру для роста горчака указывают как 24.3°C (Wohlgemuth, 1981), так и 29.9°C (Zahn, 1963). Разница в оценке этой температуры может быть связана с разной величиной суточного рациона или с разным возрастом рыб в опытах. В другом исследовании (Kujawa, Piech, 2021) в лабораторных условиях при насыщающем рационе и высоком качестве корма личинок европей-

ского горчака выращивали при 20 и 26°C в течение 6.5 мес. В конце выращивания масса горчака составляла соответственно 3.24 и 3.39 г, т.е. почти не различалась. Рыбы имели хорошо развитые вторичные половые признаки и проявляли преднерестовое поведение. Это указывает на значительный ростовой потенциал европейского горчака при наличии хорошего корма и температуре воды от 20 до 30°C.

Верхняя летальная температура для европейского горчака, по данным разных авторов, составляет от 31.0°C (Голованов, 2013) до 36.5°C (Horoszewicz, 1973). Нерестится горчак при температуре от 17 до 26°C (Konečná, Reichard, 2011; Kujawa, Piech, 2021), оптимальной для размножения температурой указывают 23°C (Smith et al., 2004; Souchon, Tissot, 2012), что полностью соответствует выявленным в нашей работе термопреферендному диапазону и среднему уровню избираемой температуры.

Установленные в нашем исследовании значения скорости плавания и расстояния, пропываемого европейским горчаком за час, указывают на довольно значительную двигательную активность рыб в термоградиентном поле, которая соизмерима или даже выше выявленной у некоторых карповых рыб (Cyprinidae) сходного размера в сходных условиях. Молодь карпа *Cyprinus carpio* (масса 1.3–4.1 г) в термоградиентном пространстве проплывала за час 60.7–79.8 м со скоростью 1.7–2.2 см/с, карась *Carassius auratus* (3.4–5.0 г) – соответственно 29.6–39.1 м и 0.8–1.1 см/с, белый амур *Ctenopharyngodon idella* (1.0 г) – 38.1 м и 1.1 см/с (Константинов, Зданович, 1993; Zdanovich, 2006). На двигательную активность европейского горчака в значительной степени оказывает влияние величина рациона. При постоянной температуре 22°C снижение суточного рациона с 30% массы тела до 15.0 и 7.5% вызывало повышение двигательной активности горчака соответственно в 1.4 и 1.9 раза (Пушкарь и др., 2004). Увеличение скорости плавания и расстояния, пропываемого рыбами за час, при снижении доступности пищи в гетеротермальной среде отмечали и для других видов рыб (Константинов, Зданович, 1993; Zdanovich, 2006).

Быстрое распространение европейского горчака в последнее время за пределы своего естественного географического ареала в первую очередь связано с наличием смежных систем водных путей и повышением температуры в связи с глобальным потеплением, также

и деятельность человека может способствовать этому процессу (Damme et al., 2007; Kozhara et al., 2007; Морева и др., 2017). В колонизированных горчаком водоёмах его численность быстро возрастает, и в сообществах рыб он становится доминантным видом (Carpentier et al., 2003; Tarkan et al., 2005; Решетников и др., 2012; Carosi et al., 2017).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных собственных и литературных данных европейского горчака следует отнести к экологической группе умеренно теплолюбивых эвритермных рыб (название группы по: Голованов, 2013). Можно предположить, что широкие диапазоны термотолерантности (0–36.5°C) (Horoszewicz, 1973), термопреферендного интервала (17–29°C), а также высокие значения средней предпочитаемой (22.4°C) и оптимальной для размножения (23°C) температуры (Smith et al., 2004) при потеплении в Европе будут способствовать успеху заселения европейским горчаком новых мест обитания, как инвазивным видом. Успеху его расселения может способствовать также довольно высокая двигательная активность рыб и устойчивость к перепадам температуры, с которыми инвазивный вид может сталкиваться при колонизации новых биотопов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю искреннюю благодарность В.А. Бурменскому (МГУ) за помощь в статистическом анализе полученных данных и А.О. Касумяну (МГУ) за ценные рекомендации при подготовке статьи к печати.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас пресноводных рыб России. 2003. Т. 1. М.: Наука, 379 с.
- Голованов В.К. 2013. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб. М.: Полиграф-Плюс, 300 с.
- Голованов В.К., Капшай Д.С. 2015. Сравнительный анализ температурного оптимума и верхней температурной границы жизнедеятельности у молоди рыб, обитающих в водоемах верхней Волги // Тр. ИБВВ РАН. № 72 (75). С. 80–90.
<https://doi.org/10.24411/0320-3557-2015-10014>
- Зданович В.В. 1999. Некоторые особенности роста молоди мозамбикской тиляпии *Oreochromis mossambicus* при постоянных и переменных температурах // Вопросы ихтиологии. Т. 39. № 1. С. 105–110.

- Константинов А.С., Зданович В.В. 1993. Некоторые характеристики поведения молоди рыб в термоградиентном поле // Вестн. МГУ. Сер. 16. Биология. № 1. С. 32–37.
- Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высш. шк., 351 с.
- Морева О.А., Предвижский М.А., Логинов В.В. и др. 2017. Морфологическая характеристика, особенности размножения и питания обыкновенного горчака *Rhodeus sericeus amarus* (Cyprinidae) реки Алатырь // Вопр. ихтиологии. Т. 57. № 5. С. 585–592. <https://doi.org/10.7868/S0042875217050149>
- Пушкар В.Я., Зданович В.В., Манухов А.И. 2004. Двигательная активность и интенсивность дыхания рыб в зависимости от накормленности // Тез. докл. Междунар. науч. конф. “Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов”. Петрозаводск: Изд-во ИБ КарНЦ РАН. С. 114.
- Решетников Ю.С., Дякина Т.Н., Королев В.В. 2012. Изменения в составе рыбного населения водоемов Калужской области за последние десятилетия // Экология. № 1. С. 55–64.
- Britton J.R., Cucherousset J., Davies G.D. et al. 2010. Non-native fishes and climate change: predicting species responses to warming temperatures in a temperate region // Freshw. Biol. V. 55. № 5. P. 1130–1141. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02396.x>
- Carosi A., Ghetti L., Cauzillo C. et al. 2017. Occurrence and distribution of exotic fishes in the Tiber River basin (Umbria, central Italy) // J. Appl. Ichthyol. V. 33. № 2. С. 274–283. <https://doi.org/10.1111/jai.13302>
- Carpentier A., Paillisson J., Marion L. et al. 2003. Trends of a bitterling (*Rhodeus sericeus*) population in a man-made ditch network // C. R. Biol. V. 326. Suppl. 1. P. 166–173. [https://doi.org/10.1016/s1631-0691\(03\)00054-4](https://doi.org/10.1016/s1631-0691(03)00054-4)
- Damme D.V., Bogutskaya N., Hoffmann R.C., Smith C. 2007. The introduction of the European bitterling (*Rhodeus amarus*) to west and central Europe // Fish Fish. V. 8. № 2. P. 79–106. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2679.2007.00239.x>
- Holcík J. 1999. *Rhodeus sericeus* // The freshwater fishes of Europe. V. 5. Pt. 1. Cyprinidae. Wiebelsheim: AULA-Verlag, p. 1–32.
- Horoszewicz L. 1973. Lethal and ‘disturbing’ temperatures in some fish species from lakes with normal and artificially elevated temperature // J. Fish Biol. V. 5. № 2. P. 165–181. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1973.tb04445.x>
- Jobling M. 1981. Temperature tolerance and the final preferendum—rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures // Ibid. V. 19. № 4. P. 439–455. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1981.tb05847.x>
- Konečná M., Reichard M. 2011. Seasonal dynamics in population characteristics of European bitterling *Rhodeus amarus* in a small lowland river // Ibid. V. 78. № 1. P. 227–239. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02854.x>
- Koutrakis E.T., Kokkinakis A.K., Tsikliras A.C., Eleftheriadis E.A. 2003. Characteristics of the European bitterling *Rhodeus amarus* (Cyprinidae) in the Rihios River, Greece // J. Freshw. Ecol. V. 18. № 4. P. 615–624. <https://doi.org/10.1080/02705060.2003.9664003>
- Kozhara A.V., Zhulidov A.V., Gollasch S. et al. 2007. Range extension and conservation status of the bitterling, *Rhodeus sericeus amarus* in Russia and adjacent countries // Folia Zool. V. 56. № 1. P. 97–108.
- Kujawa R., Piech P. 2021. Rearing of bitterling (*Rhodeus amarus*) larvae and fry under controlled conditions for the restitution of endangered populations // Animals. V. 11. № 12. Article 3534. <https://doi.org/10.3390/ani11123534>
- Özuluğ M., Gaygusuz Ö., Gaygusuz Ç.G. et al. 2023. Fishes encountered in the Turkish Thrace River systems (Northwestern Part of Turkey) // Inland Water Biol. V. 16. № 2. P. 341–356. <https://doi.org/10.1134/S1995082923020165>
- Sac G., Özuluğ M. 2017. Effects of environmental variables on the distribution of fish assemblages in an endorheic stream (İstanbul, Turkey) // Fresenius Environ. Bull. V. 26. № 12. P. 7150–7159.
- Smith C., Reichard M., Jurajda P., Przybylski M. 2004. The reproductive ecology of the European bitterling (*Rhodeus sericeus*) // J. Zool. V. 262. № 2. P. 107–124. <https://doi.org/10.1017/S0952836903004497>
- Souchon Y., Tissot L. 2012. Synthesis of thermal tolerances of the common freshwater fish species in large Western Europe rivers // Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst. № 405. Article 03. <https://doi.org/10.1051/kmae/2012008>
- Tarkan A.S., Gaygusuz O., Gürsoy C., Acipinar H. 2005. Life history pattern of a Eurasian cyprinid, *Rhodeus amarus*, in a large drinking-water system (Ömerli dam Lake-Istanbul, Turkey) // J. Black Sea/Medit. Environ. V. 11. № 2. P. 205–224.
- Wohlgemuth E. 1981. Nekteré vlastnosti populace horavky duhové (*Rhodeus sericeus*) z reky Jihlavy // Acta Sci. Nat. Mus. Moraviae Occid. Třebíč. V. 12. P. 29–34.
- Zahn M. 1963. Jahreszeitliche veränderungen der vorzugstemperaturen von scholle (*Pleuronectes platessa* Linn.) und bitterling (*Rhodeus sericeus* Pallas) // Verh. Dt. Zool. Ges. V. 27. P. 562–580.
- Zdanovich V.V. 2006. Alteration of thermoregulation behavior in juvenile fish in relation to satiation level // J. Ichthyol. V. 46. Suppl. 2. P. S188–S193. <https://doi.org/10.1134/S0032945206110087>

**TEMPERATURE PREFERENCE AND LOCOMOTOR ACTIVITY
IN A THERMOGRADIENT FIELD OF THE EUROPEAN BITTERLING
RHODEUS AMARUS (ACHEILOGNATHIDAE)**

V. V. Zdanovich^{1, *}

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

^{*}*E-mail: zdanovich@mail.ru*

The results of experimental studies on thermopreferential behavior and motor activity of the European bitterling *Rhodeus amarus* under thermogradient field conditions are presented. The thermopreferential range of the European bitterling was 17–29°C, within which, the temperature interval of 21–25°C was the most frequented by fish and appeared to be optimal for the life activity of the species. The mean preferred temperature was 22.4°C. Temperatures below 17°C and above 29°C were avoided by the bitterlings when swimming in the thermogradient. The fish showed high locomotor activity, swimming an average of 84.7 m per hour with an average speed of 2.3 cm/s. While moving in the thermogradient, the fish experienced temperature variations averaging 0.12°C/s. The data obtained on the thermal biology of the European bitterling can expand the understanding of the invasive potential of the species.

Keywords: European bitterling *Rhodeus amarus*, invasive species, thermopreferential behavior, locomotor activity, thermogradient.