

DAILY THERMOPREFERENDUM RHYTHMS OF FISHES. THE ANALYSIS AND INTERRELATIONS

V.K. Golovanov¹, D.S. Kapshay²

¹Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia

²Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia, golovan@ibiw.yaroslavl.ru

The data on a daily thermopreferendum rhythm of the juvenile and adult different species fishes are given. The fluctuations of temperatures at a level $\pm 2^{\circ}\text{C}$ and more, obviously, stimulate efficiency of digestion and accelerate growth of fishes. The analysis of the data shows, that the daily thermopreferendum and locomotory activity of fishes are interconnected and are defined by epiphysis function. Some hormones – dopamin, norepinefrine and thyroxine, and also acetylholine participate in fish thermoregulation. The physiological and biochemical mechanisms of thermoregulation and behavior thermoregulation of water animals are investigated insufficiently.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИЙ РЫБ В ЗОНЕ СУБЛЕТАЛЬНЫХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

В.К. Голованов, Г.М. Чуйко, В.А.Подгорная

Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
п. Борок, Ярославской обл., Россия
golovan@ibiw.yaroslavl.ru

Тенденция к потеплению климата и планируемый ввод в эксплуатацию крупных энергетических и промышленных объектов в России неизбежно приводят к повышению уровня температур в летние и зимние периоды года как в целом по регионам страны, так и в условиях конкретных водоемов, а также в местах непосредственного обитания рыб. Именно поэтому изучение верхних температурных границ жизнедеятельности рыб в последнее время становится все более актуальным и своевременным.

К числу возможных причин и механизмов гибели рыб в высоких температурах относят изменения структуры мембран, денатурацию белков и их коагуляцию в результате нагрева, термическую инактивацию ферментов (со скоростью, превышающей скорость их синтеза), недостаток кислорода, а также различия в температурном коэффициенте (Q_{10}) для взаимосвязанных метаболических реакций и нарушения водно-солевого баланса у рыб (Голованов, Смирнов, 2004; Шмидт-Ниельсен, 1982). В то же время, физиолого-биохимические явления и процессы, происходящие непосредственно в зоне сублетальных значений температур, обычно выше 30°C , у границы жизнедеятельности гидробионтов, во многом остаются малоизученными. Отметим, что известно всего несколько работ, в которых исследовано влияние нагрева воды на активность пищеварительных ферментов (карбогидраз) в различные сезоны года (Голованова, 2007; Голованова и др., 2002, 2005)

Цель работы состояла в изучении критического термического максимума (КТМ) у молоди речного окуня и карпа в летний сезон года с последующим определением активности фермента ацетилхолинэстеразы (АХЭ) и содержания водорастворимой фракции белка (ВРБ) в мозге подвергнутой нагреву рыб.

Для оценки КТМ, а также определения АХЭ и ВРБ использованы стандартные методы, применявшиеся ранее (Голованов, Смирнов, 2007; Смирнов, Голованов, 2004; Becker, Genoway, 1979; Чуйко и др., 2007; Ellman et al., 1961 в модификации Масловой, Резника, 1976). Температура предварительной акклимации рыб равнялась 20°C , количество рыб в каждом опыте составляло 6 экз. Повышение температуры воды производили в экспериментальном аквариуме (объемом 60 л) при скоростях – $0.08^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ (или $2^{\circ}\text{C}/\text{сут}$), $4.3^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, $8.3^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, $16.0^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, $32.6^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ и $46.7^{\circ}\text{C}/\text{ч}$. Метод оценки КТМ несколько модифицирован с целью не суммарного, а строго индивидуального определения биохимических показателей. Отдельная группа рыб в количестве 6 экз. использована в качестве физиолого-биохимического контроля.

КТМ у двухлетков окуня при нагреве с различной скоростью, от 0.08 до 46.7°C/ч составил в среднем 33.5, 33.2, 33.0, 32.8, 32.5 и 33.7°C соответственно, у двухлетков карпа – 40.2, 37.7, 36.2, 35.4, 35.5 и 36.1°C соответственно. КТМ у двухлетков карпа при всех скоростях нагрева всегда выше, чем у двухлетков окуня, а максимальные значения температур переворота и потери координации движения отмечены у карпа при самой медленной скорости, у окуня – при самой медленной и быстрой скоростях нагрева.

Усредненные данные по активности АХЭ целого мозга окуня и карпа, а также содержания ВРБ при разных (округленных) скоростях нагрева приведены в таблице. Данные биохимического анализа представлены в виде средних значений и их ошибок ($x \pm SE$). Результаты обрабатывали статистически, используя метод однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и процедуру LSD-теста при уровне значимости $p=0.05$ (Sokal, Rohlf, 1995). Статистический анализ результатов проводили с помощью пакета программ STATGRAPHICS Plus 2.1.

Активность ацетилхолинэстеразы и содержание водорастворимого белка в мозге рыб при разной скорости нагрева воды

Скорость нагрева, °С/ч	К-во рыб	Активность АХЭ		Содержание белка, мг/г ткани
		мкмоль/г/мин	нмоль/мг/мин	
		На 1 г ткани	На 1 мг белка	
Двухлетки окуня				
0 (контроль)	6	4.92 ± 0.71 ^{1,2}	63.8 ± 9.7 ^{1,2}	78.6 ± 6.5 ¹
0.08	8	–	–	–
4	6	3.41 ± 0.54 ²	40.2 ± 5.3 ³	83.7 ± 3.3 ¹
8	6	3.52 ± 0.09 ²	76.2 ± 2.4 ²	46.3 ± 0.3 ²
16	6	5.71 ± 0.73 ¹	68.9 ± 7.4 ^{1,2}	82.8 ± 4.9 ¹
32	6	5.27 ± 0.23 ¹	50.1 ± 3.6 ^{1,3}	106.8 ± 5.1 ³
46	6	5.39 ± 0.52 ¹	62.5 ± 8.8 ^{1,2}	88.7 ± 5.6 ¹
Двухлетки карпа				
0 (контроль)	6	3.98 ± 0.18 ³	43.6 ± 2.2 ³	96.6 ± 3.6 ⁵
0.08	6	3.03 ± 0.04 ¹	36.4 ± 0.4 ¹	83.4 ± 1.4 ³
4	6	3.59 ± 0.07 ²	81.7 ± 1.1 ⁴	44.0 ± 0.4 ¹
8	6	3.52 ± 0.09 ²	76.2 ± 2.4 ²	46.3 ± 0.3 ¹
16	6	5.47 ± 0.06 ⁴	115.3 ± 1.4 ⁵	47.5 ± 0.5 ¹
32	6	5.79 ± 0.04 ⁵	74.5 ± 1.2 ²	77.7 ± 1.1 ²
46	6	3.06 ± 0.10 ¹	33.6 ± 0.9 ¹	91.1 ± 0.6 ⁴

Как следует из приведенных данных, характер зависимости активности АХЭ в мозге двух видов рыб от скорости нагрева в целом одинаковый и различается, главным образом, при самых высоких приростах температуры. С увеличением интенсивности нагрева активность фермента снижается по сравнению с контролем, и в интервале 0.08–8°C/ч остается примерно на одном уровне. Начиная со скорости 16°C/ч, она становится выше контрольных значений и на этом уровне остается у окуня вплоть до скорости 46°C, а у карпа при этом режиме нагрева резко снижается до значений, несколько меньше контрольных. Характер изменений ВРБ также сходный, хотя имеются и различия. У окуня значения этого показателя в целом остаются на уровне контроля при разных режимах нагрева, лишь заметно снижаясь при скорости 8°C/ч и повышаясь при 32°C/ч. У карпа медленное снижение значений ВРБ наблюдается уже при 0.08°C/ч и в диапазоне 4–16°C/ч остается на низком уровне. При дальнейшем повышении скорости нагрева ВРБ возрастает, достигая при 46°C/ч контрольного уровня.

Исходя из данных по активности АХЭ, можно заключить, что в диапазоне скоростей нагрева до 8°C/ч организм рыб более легко, а при более высоких скоростях несколько труднее адаптируется к резко возрастающей температуре среды (за исключением только самой высокой скорости нагрева у карпа). В последнем случае у карпа, возможно механизмы температурной адаптации существенно затруднены. Аспекты адаптации АХЭ в столь высоких (35–40°C) и быстро меняющихся температурах среды требуют дальнейшего углубленного изучения.

Динамика изменения содержания ВРБ на всех скоростях, очевидно, объясняется адаптацией, в результате которой происходит повышение биохимического синтеза в организме. Пониженное содержание ВРБ у обоих видов также отмечается в диапазоне скоростей нагрева 8°C/ч (у окуня) и

4–16°C/ч (у карпа). Резкого повышения содержания ВРБ, возможно, связанного с начальным разрушением клеток и выходом образующих их белков в межклеточное пространство, не отмечено. Тем не менее, по динамике изменений содержания ВРБ в диапазоне скоростей нагрева от 4 до 32°C/ч, молодь карпа, вероятно, несколько устойчивее к нагреву.

Исследование ферментных систем различного уровня у рыб в зоне сублетальных температур позволит по-новому оценить как адаптационные возможности, так и физиолого-биохимические механизмы водных животных в процессе температурных адаптаций.

Работа выполнена в рамках Программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России».

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL ASPECTS OF FISH ADAPTATIONS IN A ZONE HIGH SUBLETHAL TEMPERATURES

V.K. Golovanov, G.M. Chuiko, V.A. Podgornaya

Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, Russia
golovan@ibiw.yaroslavl.ru

The critical thermal maximum (KTM) of the fingerlings of river perch and yearlings of carp are investigated. The brain enzyme acetylcholinesterase activity (ACE) and soluble protein content (SPC) of the fishes, subjected heating is determined. In a range of six rates of heating from 0.08 up to 46°C/h maximal KTM are marked at yearlings carp and fingerlings of the perch at the slowest speed. The character of dependence of brain activity ACE and contents SPC in fishes from rate of heating is various. Changes of activity ACE and contents ACE are discussed at different rates of heating.

ГИДРОЛИЗ УГЛЕВОДОВ У ПРЕСНОВОДНЫХ КОСТИСТЫХ РЫБ И ОБЪЕКТОВ ИХ ПИТАНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

И.Л. Голованова

Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод
им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Ярославской обл., Россия
golovan@ibiw.yaroslavl.ru

Известно, что эффективность питания рыб в значительной мере зависит от состояния ферментных систем желудочно-кишечного тракта. Пищеварительные карбогидразы, участвуя в деструктурировании объектов питания, обеспечивают начальные этапы ассимиляции углеводных компонентов пищи. В свою очередь, гидробионты, составляющие кормовую базу рыб, обладают достаточно высоким уровнем активности гидролаз, способных осуществлять процессы аутодеградации и принимать участие в пищеварении консументов (Кузьмина, 2005). Различные природные и антропогенные факторы могут оказывать значительное влияние на активность ферментов рыб и объектов их питания. При этом в естественных условиях природные и антропогенные факторы, как правило, действуют комплексно, в результате чего эффекты отдельных агентов могут усиливаться или ослабляться.

В настоящее время практически все водоемы загрязнены тяжелыми металлами. Даже биогенные элементы, такие как Cu и Zn, в малых количествах являющиеся жизненно необходимыми, в больших концентрациях токсичны для гидробионтов. Попадая в организм вместе с водой и пищей, они могут оказывать негативное влияние на морфофункциональные характеристики пищеварительного тракта рыб и физиолого-биохимические показатели беспозвоночных животных. Однако к моменту начала наших исследований практически отсутствовали данные по влиянию ионов тяжелых металлов на активность карбогидраз рыб и беспозвоночных животных, а действие температуры и pH традиционно изучалось раздельно.

Цель работы состояла в изучении раздельного и комплексного влияния температуры, pH и тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Hg) на гидролиз углеводов в пищеварительном тракте пресноводных костистых рыб, различающихся по типу питания, и в организме беспозвоночных животных и моллюсков, входящих в состав их кормовой базы.