

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР  
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА  
( ФГУП «ГОСРЫБЦЕНТР» )

Биология, биотехника разведения  
и состояние запасов сиговых рыб

BIOLOGY, BIOTECHNOLOGY OF BREEDING AND  
CONDITION OF COREGONID FISH STOCKS

Восьмое международное научно-производственное совещание

(Россия, Тюмень, 27-28 ноября 2013 года)

VIII International Scientific and Practical Workshop

(Tyumen, Russia, November, 27-28, 2013)

Материалы совещания

Научное издание

Под общей редакцией

доктора биологических наук А.И. Литвиненко,  
доктора биологических наук Ю.С. Решетникова

Тюмень  
ФГУП «Госрыбцентр»  
2013

# ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ОПТИМУМ И ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ГРАНИЦЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ СИГОВЫХ РЫБ

Голованов В.К.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН  
(ФГБУН ИБВВ РАН)

Принято считать, что сиговые виды рыб – одни из наиболее ценных в промысловом отношении. Вместе с лососевыми видами рыб они представляют существенный интерес при эксплуатации, сохранении и воспроизводстве естественных популяций рыб в водоемах России. Важно знать особенности их адаптаций к различным абиотическим и биотическим факторам среды и в практике аквакультуры. Дополнительный интерес ученых и специалистов рыбного хозяйства к таким объектам исследования возникает еще и потому, что, в отличие от привычных карповых, окуневых, щучковых и других видов рыб, сиговые и лососевые на температурной шкале жизнедеятельности рыб занимают совершенно другие термальные ниши. Если верхняя температурная граница жизнедеятельности карповых, например, расположена в диапазоне от 30 до 40 °С, а зона эколого-физиологического температурного оптимума – между 20 и 30 °С, то соответствующие примерные значения для лососевых и сиговых видов рыб существенно ниже. При этом лососевые в количественном отношении изучены на порядок больше, чем сиговые виды. Таким образом, каждый сиговый вид рыб как модельный объект эколого-физиологического исследования – уникален и неповторим.

К сожалению, количество данных, характеризующих температурные адаптации сиговых видов рыб, исключительно мало и исчисляется редкими работами, выполненными сравнительно давно. В середине прошлого века несколько работ было проведено Г.Л. Шкорбатовым (1966) и И.И. Мантельман (1958). Существует несколько публикаций, в которых рассмотрены особенности экологического оптимума, термоизбирания и летальных температур нескольких видов (Jobling, 1981; Cherry, Cairns, 1982; Козлова, Вещева, 1988; Козлова, 1997; Свирский, Валтонен, 2002). Нами были проведены исследования терморегуляционного поведения и верхней летальной температуры у сеголетков пеляди *Coregonus peled* Gmelin, безуспешная акклимация которой в Рыбинское водохранилище проходила в конце прошлого века (Голованов, 2013).

Более того, большие зарубежные сводки по термоизбиранию (термопреферендуму), а также верхним и нижним летальным температурам рыб, опубликованные за рубежом, также практически не включают в себя данные, из которых можно составить представления об эколого-физиологическом температурном оптимуме (ЭФО) и верхней температурной границе жизнедеятельности (верхняя летальная температура – ВЛТ) сиговых видов рыб (Cherry, Cairns, 1982; Beitinger et al., 2000).

Нами предпринята попытка свести единичные разрозненные данные такого профиля и кратко проанализировать их (таблица).

Таблица - Данные об эколого-физиологическом температурном оптимуме и температурных границах жизнедеятельности личинок и молоди сиговых рыб

Вид	Возраст	Температура акклимации, °С	ЭФО, °С	ВЛТ, °С	Ссылка
<i>Coregonus autumnalis</i> Pallas	10 суток	—	7,5*	26,7	Козлова, Вещева, 1988; Козлова, 1997; Мантельман, 1958
	50 суток	—	16,7*	30,6	
	90 суток	—	13,0*	—	
	140 суток	—	8*	—	
	1,5–4 месяца >4 месяцев	—	12–13 (9–17)* 10–11 (7–17)*	—	
Сиг чивыркуйский	5 суток	—	9–14	—	Козлова, Вещева, 1988
	10–30 суток	—	14–18	24–28	
	70 суток	—	7–14	—	
<i>Coregonus peled</i> Gmelin	Молодь	—	—	27–30	Козлова, Вещева, 1988; Шкорбатов, 1966; Голованов, 2013
	1–15 суток	7–8	11*	30–32	
		10–10,5	13*		
		12–13	15*		
0+	15	16–18**			
<i>Coregonus muksun</i> Pallas	Годовики	—	15 (день)** 9 (ночь)**	—	Свирский, Валтонен, 2002
<i>Coregonus albula ladogensis</i> Pravdin (уральский)	1–15 суток	3–4	11*	—	Шкорбатов, 1966
		8–10	13*	—	
		12–13	15*	—	
<i>Coregonus albula ladogensis</i> Pravdin (ладожский)	8–20 суток	12–13	15*	—	Шкорбатов, 1966
	30–32 суток	15–16	18*	—	
<i>Coregonus lavaretus maraenoides</i> Poliakov (Псков)	20–22 суток	12–13	15–17*	—	Шкорбатов, 1966
	30–32 суток	15–16	17*	—	

В-  
И  
И,  
кончание таблицы

Вид	Возраст	Температура акклимации, °С	ЭФО, °С	ВЛТ, °С	Ссылка
<i>Coregonus lavaretus</i>	20–22 суток	12–13	15*	–	Шкорбатов, 1966
<i>Coregonus maraenoides</i>	30–32 суток	15–16	17*	–	
Poliakov (Харьков)					
<i>Coregonus artedi</i> Lesueur	Молодь	–	18,1 18,5**	26,2	по: Jobling, 1981
<i>Coregonus clupeiformes</i> Mitchill	Молодь	–	13,5–16,8 12,7**	26,6	по: Jobling, 1981
Примечание – * избираемые температуры в коротких экспериментах (минуты, часы); ** окончательно избираемые температуры в длительных экспериментах или перерасчет коротких опытов.					

Из 24 видов сиговых, представленных в пятиязычном словаре названий животных (рыбы) (1989) и 14 видов, отмеченных в атласе пресноводных видов рыб России (2002) в таблице перечислены всего восемь. Отметим, что латинские названия, за исключением чивыркуйского сига, приведены по системе вышеуказанного атласа. Значения ЭФО и данные об избираемых температурах – ИТ (чаще), а также окончательно избираемых температурах – ОИТ (реже) даны в одной графе, поскольку значения ЭФО и ОИТ у многих видов рыб практически совпадают (Jobling, 1981; Голованов, 2013). Данные в принципе немногочисленны. Обращает на себя внимание тот факт, что приведенные результаты получены разными методами, кроме того, они фрагментарны. Не хватает информации по температурам предварительной акклимации особей. Мало данных по ростовым показателям личинок и молоди. Эксперименты в термоградиентных условиях чаще всего проведены (за исключением некоторых) непродолжительное время (минуты), что могло исказить полученные исходные данные (Голованов и др., 2012; Голованов, 2013). Очевидно также, что представлены далеко не все материалы, которые имеются в настоящее время в научной литературе. Иногда та или иная зависимость, например, рост значения ЭФО у байкальского омуля вначале вверх, потом вниз, не совпадает у разных авторов. Тем не менее, можно сделать некоторые выводы.

Для омуля показано, что значения ЭФО, определенные в коротких опытах по термоизбиранию, вначале возрастают, затем, к 4-5 месяцам развития, вновь уменьшаются. Отметим, что результаты двух приведенных работ несколько различаются по абсолютной величине. Максимальные значения ЭФО по данным Н.И. Козловой (1997) приходятся на возраст около 2 месяцев. Летальные температуры также возрастают у омуля, начиная с возраста 10 суток до 2 месяцев, несколько превышая в итоге уровень в 30 °С.

Интересны данные по окончательно избираемым температурам годовиков муксуна, которые свидетельствуют о наличии суточного ритма ОИТ у молоди данного вида.

Две популяции рипуса, выращенные на Урале и на Ладоге, по результатам Г.Л. Шкорбатова (1966), в самом начале своего развития показали увеличение значений ИТ с повышением уровня температуры акклимации. Такое же повышение ИТ было отмечено в возрасте до 32 суток и у двух групп рыб чудского сига из северных и южных регионов (Псков и Харьков). Следует отметить также совпадение данных по ЭФО и ОИТ у молоди озерной ряпушки и аналогичное совпадение данных у молоди американского сига (по: Jobling, 1981). Для этих двух видов единичные данные указывают на верхний порог ЛТ, равный 26-27 °С.

Для пеляди, исходя из экспериментов по определению избираемой температуры в непродолжительных опытах Н.И. Козловой (1997) и ОИТ, полученных у сеголетков в длительных опытах по определению ОИТ в экспериментальных термоградиентных условиях (Голованов, 2013), показано постепенное увеличение значений ЭФО до 16-18 °С, а также рост показателей ЛТ с 27-30 до 30-32 °С у сеголетков в течение первого лета жизни.

Суммируя приведенные выше данные, можно констатировать тот факт, что, как и у других видов рыб, лососевых, карповых, окуневых и шуковых, в начальный период развития, начиная от выклева и до возраста в 4-5 месяцев для сиговых, очевидно, характерно или постепенное возрастание оптимальных значений ЭФО, или возрастание значений ЭФО с последующим их снижением, как это показано у омуля (Голованов, Валтонен, 2000; Голованов, 2013). Очевидно, оптимальной зоной для роста и развития можно считать температуры в диапазоне от 8 до 18 °С, что, однако, нуждается в дополнительной экспериментальной проверке. Отметим тот факт, что такие данные в принципе совпадают с показателями ЭФО развития на первом году жизни для лососевых видов рыб.

Судя по небольшому количеству приведенных в таблице данных, происходит и увеличение значений верхней летальной температуры, которое может несколько (до 32°С) превышать уровень температуры в 30 °С, что примерно аналогично показателям, полученным для лососевых видов рыб.

Можно констатировать тот факт, что имеющихся экспериментальных данных, характеризующих ЭФО и верхнюю температурную летальную границу жизнедеятельности сиговых видов рыб, явно недостаточно. Необходимо расширение исследований подобного рода и сопоставление их с уже имеющимися результатами исследований на видах из других семейств рыб, как теплолюбивых, так и холодолюбивых.

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-719.2012.4 «Экологические аспекты адаптаций и популяционная организация у рыб».

## Список литературы

Атлас пресноводных рыб России : В 2 т. Том 1 / Под ред. д.б.н. Ю. С. Решетникова. - М. : Наука, 2002. - 379 с.

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

Голованов, В. К. Изменчивость термоадаптационных свойств радужной форели *Oncorhynchus mykiss* Walbaum в онтогенезе / В. К. Голованов, Т. Валтонен // Биол. внутр. вод. - 2000. - № 2. - С. 106-115.

Голованов, В. К. Окончательно избираемые и верхние летальные температуры у молоди некоторых видов пресноводных рыб / В. К. Голованов, А. К. Смирнов, Д. С. Капшай // Труды Карел. НЦ РАН. Сер. Эксперим. биология. - 2012. - № 2. - С. 70-75.

Козлова, Н. И. Экология байкальского омуля (*Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi) в раннем онтогенезе / Нина Ивановна Козлова // Автореф. дис. канд. биол. наук. - Иркутск, 1997. - 18 с.

Козлова, Н. И. Оптимальная и летальная температура воды для молоди некоторых сиговых рыб (омуль, сиг, пелядь) / Н. И. Козлова, Т. Н. Вещева // Пробл. экол. Прибайкалья : Тез. докл. 3 Всес. науч. конф., Иркутск, 5-10 сент., 1988. - Ч. 3. - Иркутск, 1988. - С. 121.

Мантельман, И. И. Распределение молоди байкальского омуля в условиях температурной градации // Научно-техн. бюл. Всес. н.-и. ин-т оз. и речн. рыбн. х-ва. - 1958. - № 6-7. - С. 55-58.

Пятиязычный словарь названий животных. Рыбы : (Латинский, русский, английский, немецкий, французский) : Около 11 700 названий. - М. : Русский язык, 1989. - 734 с.

Свирский, А. М., Валтонен Т. Суточный ритм терморегуляционного поведения молоди муксуна *Coregonus muksun* / А. М. Свирский, Т. Валтонен // Вопр. ихтиологии. - 2002. - Т. 42, № 6. - С. 811-819.

Шкорбатов, Г. Л. Избираемая температура и фототаксис личинок сигов // Зоол. ж. - 1966. - Т.45, № 10. - С. 1515-1525.

Beitinger, T. L., Bennet, W. A., McCauley, R. W. Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature // Environ. Biol. Fish. 2000. V. 58. N 3. P. 237-275.

Cherry, D. S., Cairns, J. Jr. Biological monitoring. Part V. Preference and avoidance studies // Water Res. 1982. Vol. 16. N 3. P. 263-301.

Jobling, M. Temperature tolerance and the final preferendum - rapid methods for the assessment of optimum growth temperature // J. Fish. Biol. 1981. V. 19. N 4. P. 439-455.

# ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL OPTIMUM TEMPERATURE AND UPPER TEMPERATURE LIMITS OF COREGONID FISH LIFE

Golovanov V.K.

*Federal State Institution of Science  
Institute for Biology of Inland Waters. I.D. Papanina Russian Academy of Sciences  
(FGBUN IBIW RAS)*

## Summary

A brief review of the experimental data in 8 species of Coregonid fish that characterize the values of their ecological and physiological optimum and upper temperature limits of life in the first year of life have been done.

## ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ТУГУНА, *COREGONUS TUGUN* (PALLAS), ПО МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИМ МАРКЕРАМ

Гордон Н.Ю.<sup>1</sup>, Бочкарев Н.А.<sup>2</sup>, Матвеев А.Н.<sup>3</sup>,  
Селюков А.Г.<sup>4</sup>, Политов Д.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН (ИОГен РАН)

<sup>2</sup>Институт систематики и экологии животных СО РАН (ИСиЭЖ СО РАН)

<sup>3</sup>Иркутский государственный университет (ИГУ)

<sup>4</sup>Тюменский государственный университет (ТюмГУ)

Тугун *Coregonus tugun* (Pallas) – эндемик России, один из ценнейших видов сиговых рыб, запасы которого неуклонно сокращаются практически во всех бассейнах, где он обитает (от Оби до Яны). Уязвимость этого вида подчеркивается тем, что в ряде притоков Оби (Томь, притоки Тобола) тугун исчез в прошлом веке (Москаленко, 1971). Как короткоцикловый вид, тугун признан перспективным объектом искусственного разведения в системах с замкнутым водоснабжением (Селюков и др., 2010).

Морфологические различия тугуна из бассейнов Оби и Енисея слабо выражены, в то время как ленский тугун выделяется Л.С. Бергом (1948) в отдельный подвид *C. t. lenensis* Berg на основании более крупной чешуи и более короткого спинного плавника. Однако Ф.Н. Кириллов (1972) подвергал эту идею критике, поскольку более тщательное изучение ленского тугуна показало вариабельность числа чешуй в боковой линии в пределах бассейна Лены и перекрывание пределов значений с типовым западным подвидом *C. t. tugun*, в частности, с енисейским тугуном. Тугун является немигрирующим жилым видом, обитающим в реках, и никогда не выходит в эстуарии и тем более в морские воды, хотя и доходит до низовьев рек. Расселение этого вида, таким образом, могло происходить лишь в позднеплейстоценовое время, когда ныне обособленные бассейны крупных сибирских рек были связаны. Понимание генетических связей и филогеографической истории тугуна возможно на основе анализа молекулярных маркеров, хорошо зарекомендовавших себя как эффективные инструменты анализа родственных взаимоотношений сиговых рыб (Бодали и