

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»**

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича)



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Материалы всероссийской конференции
ученых и специалистов,
посвященной 160-летию Н.М. Книповича**

(г. Мурманск, 27-28 октября 2022 г.)

**Мурманск
2023**

УДК 639.2(47)
А 43

А 43 **Актуальные** проблемы освоения водных биологических ресурсов Российской Федерации : материалы всероссийской конференции ученых и специалистов, посвященной 160-летию Н.М. Книповича (г. Мурманск, 27-28 октября 2022 г.) / Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича) ; ответственный редактор К.М. Соколов. – Мурманск: ПИНРО им. Н. М. Книповича, 2023. – 707 с.

ISBN 978-5-86349-286-5

Сборник подготовлен по материалам Всероссийской конференции ученых и специалистов «Актуальные проблемы освоения водных биологических ресурсов Российской Федерации», посвященной 160-летию со дня рождения выдающегося ученого-мороведа, ихтиолога и океанолога Н.М. Книповича. Организатор конференции – Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО».

В книге представлены результаты исследований в области оценки состояния запасов и распределения водных биологических ресурсов, изучения среды обитания, воспроизводства гидробионтов и особенностей формирования их сообществ, обозначены основные аспекты современного состояния и перспективы развития промысла в морских и пресноводных акваториях Российской Федерации. Включены доклады, освещающие историю океанографических исследований, изменчивость гидрологических и гидрохимических режимов различных водных объектов. Уделено внимание вопросам мониторинга загрязнения водоемов, антропогенного влияния на биоту экосистем, современным методам защиты экосистем. Рассмотрены перспективы биохимических исследований и направлений развития технологии переработки биологических ресурсов, а также проблемы в области стандартизации и отраслевого технологического нормирования. Проанализированы вопросы генетического разнообразия промысловых гидробионтов, использования полученных результатов в регулировании рыболовства.

Сборник предназначен для специалистов, интересующихся различными аспектами решения проблем, присущих современному отечественному рыбному хозяйству.

Редакционная коллегия :

*М.Ю. Анциферов, С.В. Баканев, А.В. Долгов, А.Ю. Жилин, В.Б. Забавников,
А.В. Зубченко, В.А. Ившин, А.Б. Карасев, Ю.А. Ковалев, И.Н. Мухина,
М.А. Новиков, А.А. Павленко, К.М. Соколов (ответственный редактор),
А.В. Стесько, Л.А. Шаповалова*

ISBN 978-5-86349-286-5

© «ПИНРО» им. Н. М. Книповича, 2023

РОСТ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИЩИ МОЛОДЬЮ СТЕРЛЯДИ *ACIPENSER RUTHENUS* В ГЕТЕРОТЕРМАЛЬНОЙ СРЕДЕ

В.В. Зданович

Московский государственный университет (МГУ), г. Москва

Отряд осетрообразные (*Acipenseriformes*) включает в себя 32 вида и подвида рыб, из которых 24 – из семейства осетровых (*Acipenseridae*), при этом 12 из них – на грани исчезновения. В водоемах России наличествуют 11 видов осетровых, 7 из них относятся к категории редких (Редкие и исчезающие..., 1994; Billard, Lecointre, 2000). Из объектов рыбного промысла осетровые в наибольшей степени подверглись продолжительному сильному антропогенному воздействию. Чрезмерный промысел, деградация среды обитания, зарегулирование стока рек, сокращение естественных нерестилищ привели к катастрофическому снижению численности осетровых в конце 20-го века, особенно в Евразии (Ходоревская, Рубан, Павлов, 2007).

Стерлядь *Acipenser ruthenus* – типично пресноводный вид осетровых рыб, в прошлом широко распространенный в реках бассейнов Черного, Азовского, Каспийского морей, в бассейнах рек Северная Двина, Обь, Енисей. В настоящее время стерлядь занесена в Красный список МСОП-96 и относится к категории «уязвимых видов», отдельные популяции которого находятся под угрозой полного исчезновения (Hochleithner, Gessner, 2012). Катастрофическое положение, складывающееся в естественных популяциях осетровых, в том числе и стерляди, привело к необходимости интенсивных исследований в области их биологии, искусственного воспроизводства и аквакультуры. В настоящее время стерлядь является третьим из наиболее широко культивируемых видов осетровых, выращиваемых в 15 странах мира (Billard, Lecointre, 2000; Bronzi, Rosenthal, Gessner, 2011).

С середины 20 века активно ведут свою деятельность осетровые рыбодоводные заводы, чья основная задача заключается в получении молоди для выпуска в естественные водоемы и развития аквакультуры осетровых. На настоящий момент искусственное воспроизводство осетровых является основным источником пополнения их естественных популяций. В бассейне Азовского моря рыбы естественного происхождения составляют 20-25 %, а 75-80 % осетровых – искусственного воспроизводства (Макаров, Баландина, 2000). В Волго-Каспийском бассейне доля рыб заводского воспроизводства в промысловых уловах составляет: у белуг – 97,5 %, осетра – 55,8 %, севрюги – 36,0 % (Ходоревская, Рубан, Павлов, 2007).

Среди абиотических факторов температура среды является наиболее важной, поскольку влияет на все физиологические процессы и поведение эктотермных животных, в том числе рыб. В индустриальном выращивании молоди рыб, как правило, используется постоянный уровень температуры, прогнозируемый в качестве оптимального для роста молоди того или иного вида осетровых. Отклонения температуры в ту или иную сторону от оптимальной, а тем более – перепады температуры, рассматриваются как нежелательные, провоцирующие упадки темпа роста и физиологического состояния рыб. Однако температурные условия и в естественных водоемах далеки от постоянства, практически всегда отвечая как горизонтальной, так и вертикальной температурной стратификации. Рыбы, перемещаясь в водной среде, постоянно испытывают на себе влияние температурных перепадов. В гетерогенной температурной среде рыбы проявляют термопреферендное поведение: занимают такие экотопы, где температурный диапазон наиболее соответствует потребностям организма рыбы (Голованов, 2013).

В настоящей работе представлены результаты сравнительного исследования темпа роста, энергетики и эффективности использования пищи на рост для молоди стерляди в оптимальной постоянной температуре, в условиях термоградиентного поля.

Молодь стерляди (масса 0,5-0,7 г) завозили в лабораторию кафедры ихтиологии МГУ с Конаковского рыбзавода (Тверская обл.). До начала опытов в течение недели подопытных содержали в аквариальных условиях при температуре 18-20 °С и концентрации кислорода в воде, близкой к полному насыщению (принудительная аэрация). Кормление осуществляли «по поедаемости» живым мотылем. Для определения оптимальной для роста молоди стерляди постоянной температуры по 10 экз. рассаживали в аквариумы водоизмещением 20 л и в течение недели выращивали при температурах 20, 22, 24 и 26 °С. Рыб взвешивали индивидуально до и после опыта на электронных весах WA (точность 0,01 г) и рассчитывали удельную скорость роста как отношение разности натуральных логарифмов конечной и начальной массы рыб к длительности опыта (C_w , % г/сут).

После выяснения оптимальной для роста постоянной температуры молодь стерляди выращивали при выбранном температурном режиме в аквариумах и термоградиентных лотках (длина – 150, ширина – 20, высота – 20 см), где горизонтальный градиент температуры поддерживался от 20 до 28 °С при помощи нагрева и охлаждения воды на противоположных концах лотков, с использованием терморегуляторов. Устройство термоградиентных лотков описано ранее (Зданович, 1999). Ежедневно в каждом аквариуме заменяли треть объема воды на свежую. В конце каждого опыта считали скорость роста, суточный прирост массы тела, суточный Р/В и кормовой коэффициенты, определяли интенсивность дыхания рыб, расход кислорода

на прирост 1 г массы тела. Кормовой коэффициент рассчитывали как отношение сырой массы потребленной рыбами пищи к массе прироста. Оценка величины потребления корма (живой мотыль) велась ежедневно по разнице количества задаваемого и изымаемого не потребленного рыбами корма. Величина суточного P/V-коэффициента оценивалась как отношение прироста массы рыб к общей массе за одни сутки опыта. Интенсивность дыхания определяли методом прерванного потока (Кляшторин, Саликзянов, 1979) с электрометрическим определением концентрации кислорода (на оксиметре модели N5221). В респирометры (объем 2,75 л) сажали по 5-6 рыб и при температуре 24 °С устанавливали интенсивность их дыхания (порядка 6-10 измерений) в каждом варианте опыта. Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью программы «Statistica» по методу попарных сравнений, с использованием критерия Стьюдента.

В предварительной серии экспериментов исследовали скорость роста молоди стерляди (нач. средняя масса 0,6 г) при постоянных температурах в диапазоне 20-26 °С. С повышением температуры от 20 до 24 °С закономерно возрастала и скорость роста молоди стерляди, достигая максимума при 24 °С. Дальнейшее ее повышение до 26 °С привело к некоторому снижению скорости роста рыб. На основании этих данных в качестве оптимальной стационарной для роста молоди стерляди была принята температура 24 °С. Таковую же или близкую к ней оценку оптимальной постоянной температуры для роста молоди стерляди приводят и другие авторы (Гершанович, Пегасов, Шатуновский, 1987; Волосников, 2017; Чемагин, 2018). Как было показано ранее (Константинов, Зданович, 1993), в термоградиентных лотках рыбы наиболее часто и на большие сроки заплывали в отсеки, где температура приближалась к оптимальной стационарной. Амплитуда перемещений рыб относительно этой температуры обычно не превышала 3-4 °С. Поэтому в термоградиентных лотках, где подращивали молодь стерляди, градиент температуры составлял 22-26 или 20-28 °С. Близким к выбранному температурному градиенту оказался и диапазон избираемых температур молоди стерляди, выявленный в экспериментальных условиях (Смирнов, 2009; Термоизбирание и термоустойчивость..., 2014).

В табл. 1 приведены экспериментальные данные о скоростях роста и продукционных показателях молоди стерляди в постоянном оптимальном для роста температурном режиме (24 °С) и в термоградиентных лотках. Как видно из таблицы, во всех опытах конечная средняя масса стерляди в лотках была достоверно выше, чем при постоянной температуре. Скорость роста стерляди, рассчитанная для совокупности всех данных, в лотках и при 24 °С составляла в среднем соответственно 9,7 и 7,9 % г/сут ($p < 0,05$). Скорость роста молоди стерляди в лотках с градиентом температуры в диапазоне 22-26 и 20-28 °С превышала наблюдавшуюся при постоянной температуре в

среднем соответственно в 1,31 и 1,21 раза. Средняя величина суточного прироста массы тела в условиях оптимальной для роста молоди стерляди постоянной температуры и в гетеротермальной среде – 0,23 и 0,30 г/сут ($p < 0,05$). Достоверно различалась и величина суточного Р/В коэффициента стерляди в условиях термоградиентного поля по сравнению с таковой при 24 °С – 0,099 и 0,085 соответственно ($p < 0,05$).

Таблица 1

Скорость роста и продукционные показатели молоди стерляди в термоградиентном лотке и при оптимальной для роста постоянной температуре

Термо-режим, °С	п, экз.	Дли-тельность опыта, сут	Средняя масса, г		C _w , % г/сут	Суточный прирост, г/сут	Суточный Р/В коэффициент
			начальная (M ± m)	конечная (M ± m)			
22~26	8	8	4,05±0,02	6,82±0,08*	6,5	0,35	0,064
24	8	8	4,06±0,02	6,06±0,1	5,0	0,25	0,049
22~26	8	8	4,12±0,04	5,37±0,12*	3,3	0,16	0,034
24	8	8	4,0±0,02	4,9±0,1	2,5	0,11	0,025
22~26	6	9	4,95±0,02	7,73±0,13*	4,9	0,31	0,049
24	6	9	4,02±0,01	5,62±0,1	3,7	0,18	0,037
20~28	10	19	0,7±0,02	4,44±0,38*	9,7	0,19	0,074
24	10	19	0,7±0,02	3,68±0,21	8,7	0,15	0,068
20~28	10	6	0,8±0,03	1,40±0,08*	9,3	0,10	0,091
24	10	6	0,8±0,03	1,23±0,1	7,1	0,07	0,069
20~28	10	6	1,44±0,02	4,04±0,03**	7,2	0,43	0,157
24	10	6	1,40±0,02	3,61±0,02	5,8	0,37	0,147
20~28	10	6	1,41± 0,02	4,08± 0,03**	17,7	0,44	0,160
24	10	6	1,43± 0,01	3,73± 0,02	15,7	0,38	0,147
20~28	10	6	1,40 ±0,02	4,11± 0,06*	17,9	0,45	0,163
24	10	6	1,43± 0,04	3,63± 0,08	15,6	0,37	0,146
20~28	10	5	1,88±0,16	3,18±0,23**	10,5	0,26	0,103
24	10	5	1,88±0,16	2,78±0,35	7,8	0,18	0,077

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

Табл. 2 содержит данные об интенсивности дыхания и эффективности использования пищи стерлядью на рост в испытанных терморегиме. Видно, что в условиях термоградиентного поля у рыб достоверно ниже интенсивность дыхания, наблюдается заметное снижение расхода кислорода на прирост единицы массы и кормового коэффициента. Интенсивность дыхания молоди стерляди, рассчитанная для совокупности данных, приведенных в табл. 2, в термоградиентных лотках и при 24 °С составляла в среднем соответственно 0,837 и 0,937 мг O₂/г·ч ($p < 0,01$), в среднем расход кислорода на прирост единицы массы тела -0,258 и 0,364 г ($p < 0,05$). Значения среднего кормового коэффициента – 3,1 и 4,2 ($p < 0,01$). В условиях термоградиента рыбы потребили за время опытов корма в среднем в 1,02 раза ($p > 0,05$) больше, чем при 24 °С, тогда как суммарный

прирост массы их тела превышал наблюдаемый при оптимальной для роста постоянной температуре в среднем в 1,29 раза ($p < 0,01$).

Таблица 2

Некоторые показатели энергетики и эффективности использования пищи на рост молодью стерляди в термоградиентном лотке и при оптимальной для роста постоянной температуре

Термо-режим, °С	Интенсивность дыхания, мгО ₂ /г·ч (M ± m)	Потреблено О ₂ за время опыта, г	Расход О ₂ на прирост 1 г массы тела, г	Потреблено корма за опыт, г	Суммарный прирост, г	Кормовой коэффициент
<u>22-26</u>	<u>0,95±0,01*</u>	<u>7,930</u>	<u>0,357</u>	<u>104,0</u>	<u>22,2</u>	<u>4,7</u>
24	1,0±0,02	7,795	0,487	97,0	16,0	6,1
<u>22-26</u>	<u>0,73±0,02**</u>	<u>5,306</u>	<u>0,531</u>	<u>45,0</u>	<u>10,0</u>	<u>4,5</u>
24	0,91±0,04	6,220	0,864	43,0	7,2	6,0
<u>22-26</u>	<u>0,95±0,02*</u>	<u>7,805</u>	<u>0,468</u>	<u>52,0</u>	<u>16,68</u>	<u>3,1</u>
24	1,0±0,03	6,078	0,633	52,0	9,6	5,4
<u>20-28</u>	<u>0,688±0,02**</u>	<u>8,063</u>	<u>0,215</u>	<u>112,0</u>	<u>37,4</u>	<u>3,0</u>
24	0,803±0,03	8,019	0,269	105,5	29,8	3,5
<u>20-28</u>	<u>0,635±0,01**</u>	<u>1,006</u>	<u>0,168</u>	<u>21,0</u>	<u>6,0</u>	<u>3,5</u>
24	0,808±0,05	1,181	0,275	22,5	4,3	5,2
<u>20-28</u>	<u>1,085±0,02*</u>	<u>4,281</u>	<u>0,164</u>	<u>55,9</u>	<u>26,0</u>	<u>2,1</u>
24	1,185± 0,01	4,274	0,193	63,8	22,1	2,9
<u>20-28</u>	<u>0,935± 0,03*</u>	<u>3,698</u>	<u>0,138</u>	<u>54,8</u>	<u>26,75</u>	<u>2,0</u>
24	0,996± 0,14	3,700	0,161	59,0	22,98	2,6
<u>20-28</u>	<u>0,924± 0,03</u>	<u>3,668</u>	<u>0,135</u>	<u>54,6</u>	<u>27,05</u>	<u>2,0</u>
24	0,931± 0,15	3,407	0,153	49,5	22,17	2,2
<u>20-28</u>	<u>0,636±0,03**</u>	<u>1,931</u>	<u>0,148</u>	<u>40,0</u>	<u>13,0</u>	<u>3,1</u>
24	0,798±0,15	2,231	0,248	35,0	9,0	3,9

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

Как было показано ранее (Константинов, Зданович, Шолохов, 1991), в условиях термоградиентного поля ускорение роста выращиваемой молоди рыб отмечено улучшением физиологического состояния. Например, молодь русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii*, выращенная в термоградиентном лотке (диапазон температур – 19-29 °С), имела большую скорость роста и лучшее физиологическое состояние в сравнении с молодью, взятой в любом постоянном терморежиме (19, 21, 23, 25, 27, 29 °С). В термоградиентных условиях скорость роста и среднесуточный прирост молоди осетра были выше соответственно в 1,30 и 2,59 раза ($p < 0,001$), чем при 25 °С, оптимальной для роста постоянной температуре. Молодь русского осетра, выращенная в термоградиентном лотке, оказалась устойчивее к такому набору факторов, как высокая температура, дефицит кислорода, повышенная соленость; она отличалась большей концентрацией

гемоглобина в крови и сниженной по сравнению с особями рыб, содержащимися при постоянных температурах, смертностью.

В настоящее время выращиванием посадочного материала осетровых в России занимается около 40 рыбоводных хозяйств. При этом отмечается низкая выживаемость, от икры до посадочного материала составляющая 0,5-15 %. Причинами высокой смертности выращиваемой и выпускаемой молоди осетровых часто называют плохое физиологическое состояние рыб, экологическую неадекватность условий заводского выращивания, низкий весовой стандарт (2-3 г) посадочного материала (Кривцов, 2002).

Наилучшие показатели темпа роста, энергетики, эффективности конвертирования пищи у молоди осетровых рыб в термоградиентном пространстве подтверждают, что ростовые потенции выращиваемой молоди наилучшим образом реализуются не при постоянных температурах, а в условиях температурного разнообразия, когда рыбы, перемещаясь в нем, сами создают себе наиболее благоприятный терморезим, способствующий оптимизации метаболизма и нормальному функционированию всех систем организма. Полученные в настоящем исследовании результаты показывают перспективность использования при выращивании молоди осетровых рыб в промышленных условиях термоградиентных лотков. «Лоточный» подход позволит экологически разнообразить среду и существенно повысить темпы роста рыб и продукционные показатели.

Список использованной литературы

Волосников, Г.И. Обзор данных по биологии стерляди *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758 / Г.И. Волосников // Вестник АГТУ. – 2017. – №2. – С.67-70.

Гершанович, А.Д. Экология и физиология молоди осетровых / А.Д. Гершанович, В.А. Пегасов, М.И. Шатуновский. – М.: Агропромиздат, 1987. – 215 с.

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

Зданович, В.В. Некоторые особенности роста молоди мозамбикской тилапии *Oreochromis mossambicus* при постоянных и переменных температурах / В.В. Зданович // Вопросы ихтиологии. – 1999. – Т.39, № 1. – С.105-110.

Кляшторин, Л.Б. Установка для автоматического измерения дыхания рыб и других гидробионтов при заданных температурных и кислородных условиях / Л.Б. Кляшторин, Р.Ф. Саликзянов // Вопросы ихтиологии. – 1979. – Т.19, №3. – С.558-561.

Константинов, А.С. Некоторые характеристики поведения молоди рыб в термоградиентном поле / А.С. Константинов, В.В. Зданович // Вестник МГУ, серия 16 : биология. – 1993. – №1. – С.32-38.

Константинов, А.С. Астатичность температурных условий как фактор оптимизации роста, энергетики и физиологического состояния рыб / А.С. Константинов, В.В. Зданович, А.М. Шолохов // Вестник МГУ. – 1991. – № 2. – С.38-44.

Кривцов, В.Ф. Повышение выживаемости молоди осетровых рыб на первых этапах онтогенеза / В.Ф. Кривцов // ВНИЭРХ: Пресноводная аквакультура. – 2002. – № 1. – С.3-20.

Макаров, Э.В.. Пути развития осетрового хозяйства в бассейне Азовского моря / Э.В. Макаров, Л.Г. Баландина // Воспроизводство рыбных запасов. – 2000. – С. 49-57.

Редкие и исчезающие животные. Рыбы / Д. С. Павлов, Л. И. Соколов, К. А. Савваитова [и др.]; под ред. В. Е. Соколова. – М.: Высшая школа, 1994. – 332 с.

Смирнов, А.К. Избираемая температура молоди стерляди *Acipenser ruthenus* L. / А.К. Смирнов // Биологические ресурсы Белого моря, водоемов Европейского Севера: материалы XXVIII Международной конференции. – Петрозаводск: КарНЦ РАН. – 2009. – С. 511-514.

Термоизбирание и термоустойчивость молоди стерляди *Acipenser ruthenus* L., выращенной в различных условиях / В.К. Голованов, Ю.В. Герасимов, Д.С. Капшай [и др.] // Вестник АГТУ, серия «Рыбное хозяйство». – 2014. – №1. – С.62-68.

Ходоревская, Р.П. Поведение, миграции, распределение и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна / Р.П. Ходоревская, Г.И. Рубан, Д.С. Павлов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 242 с.

Чемагин, А.А. Обзор некоторых аспектов экологии стерляди (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) / А.А. Чемагин // Вестник АГТУ. – 2018. – № 2. – С.115-119.

Billard, R. Biology and conservation of sturgeon and paddlefish / R. Billard, G. Lecointre // Reviews in Fish Biology and Fisheries. – 2000. – Vol.10, № 4. – P.355-392.

Bronzi, P. Global sturgeon aquaculture production: an overview / P. Bronzi, H. Rosenthal, J. Gessner // Journal of Applied Ichthyology, 2011. – Vol. 27. – P. 169-175.

Hochleithner, M. The sturgeons and paddlefishes (Acipenseriformes) of the world: Biology and Aquaculture (3rd Edition) / M. Hochleithner, J. Gessner. – Kitzbühel: AquaTech Publications, 2012. – 248 p.