

Ж-34348

На правах рукописи

*Мартынова*

Мартынова Вера Валентиновна

**ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ СОЛЕННОСТИ НА РОСТ, ЭНЕРГЕТИКУ  
И РЫБОВОДНЫЕ КАЧЕСТВА МОЛОДИ РЫБ**

03.00.10 – Ихтиология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой  
степени кандидата биологических наук

САРАНСК – 2003

11 11 03

Работа выполнена на базах рыбсовхоза «Рассвет» Ставропольского края и кафедре зоологии Мордовского государственного университета имени Н. П. Огарева

**Научный руководитель:**

доктор биологических наук,  
профессор Заслуженный  
деятель науки РФ

Константинов Александр Степанович

**Официальные оппоненты:**

доктор биологических наук  
кандидат биологических наук,

Бурлаков Александр Борисович

Шестерин Иван Семенович

**Ведущая организация:** кафедра аквакультуры Тимирязевской  
сельскохозяйственной академии

Защита состоится 27 января 2004 г. в 11 часов на заседании Диссертационного совета Д. 307. 003. 01. при Всероссийском научно - исследовательском институте пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ) по адресу: 141 821, Московская обл., Дмитровский р-н, пос. Рыбное, ВНИИПРХ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИИПРХ

Автореферат разослан 23 декабря 2003 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат биологических наук

Подоскина Т. А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

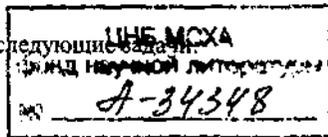
Актуальность темы. Эффективность современного рыбоводства связана главным образом с его интенсификацией за счет технологий разработанных с учетом действительно оптимальных условий для роста и развития рыб.

В то же время вопрос о понимании оптимума и его конкретных значениях, до сих пор нельзя считать закрытым. При разработке и реализации той или иной технологии промышленного выращивания рыб, как правило, в качестве оптимальных принимают константные значения требуемых параметров. Однако большинство живых организмов, в том числе рыбы, эволюционно сформировались и существуют в динамичной среде. В связи с этим представляется крайне важным изучение отношения рыб к переменным условиям среды. В последние годы появился ряд работ доказывающих положительное влияние периодических колебаний экологических факторов (температура, содержание кислорода, pH, освещенность) на рост, энергетику и физиологическое состояние рыб. Ни в каких оптимальных стационарных режимах не наблюдались такие высокие значения скорости роста, как в переменных режимах (Константинов, Зданович, 1985, 1986, 1996, 2003; Константинов, Шолохов 1990; Константинов и др., 1997, 1998; Зданович 1990, 1997, 1999). На основании этих работ выдвигается новая концепция экологического фактора, согласно, которой не статичность факторов среды, а их динамичность в определенных пределах является оптимумом для рыб (Константинов, 1999).

В теоретическом плане эти исследования позволяют уточнить понятие оптимума, адаптации и стресса. С точки зрения практики это даст возможность разработки более рациональных биотехнологических приемов в рыбоводстве.

Цель и задачи исследования. С целью проверки приложимости данной концепции к солености среды и учитывая, что соленость является одним из лабильных во времени и пространстве экологических факторов, были проведены исследования по влиянию колебаний названного фактора на рост, энергетику и физиологическое состояние молоди рыб.

Исходя, из поставленной цели были определены следующие задачи:



1. Исследовать влияние константных и переменных значений солености на рост молоди рыб.
2. Определить влияние переменных значений солености на интенсивность дыхания рыб.
3. Изучить воздействие переменных значений солености на интенсивность питания и эффективность конвертирования пищи.
4. Исследовать влияние переменных значений солености на некоторые показатели физиологического состояния рыб.
5. Выявить характер и параметры изменения солености, способствующих повышению жизнестойкости молоди рыб.

Научная новизна. Впервые показано, что колебания солености воды в пределах экологической валентности исследуемых видов рыб существенно ускоряют темп их роста. Причем это ускорение сопровождается снижением интенсивности дыхания и величины суточного рациона, увеличения эффективности конвертирования пищи на рост и улучшением физиологического состояния. Выявлены закономерности ускорения роста рыб в зависимости от режима колебания солености. Установлено, что в наиболее благоприятных для роста рыб переменных режимах улучшаются рыбоводные характеристики молоди рыб: снижается вариабельность весовых размеров, возрастает устойчивость к экстремальным воздействиям.

Практическая ценность. Полученные данные могут быть рекомендованы для разработки способов ускорения роста и улучшения физиологического состояния и качества молоди рыб в условиях их хозяйственно-промышленного выращивания.

Апробация работы. Материалы, представленные в диссертации, докладывались и обсуждались на 6 конференции молодых ученых Мордовского госуниверситета (Саранск, 2001), На международной научной конференции «Биотехнология на рубеже двух тысячелетий» (Саранск, 2001). По материалам диссертации опубликовано 8 печатных работ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследований, результатов собственных исследований и их обсуждения (3 главы), выводов и библиографического списка. Работа изложена на 128 страницах машинописного текста, иллюстрирована 18 таблицами и 12 рисунками. Список использованной литературы содержит 212 источников.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования проведены на молоди 6 видов рыб с разными биоэкологическими особенностями: карпа – *Cyprinus carpio* L. – главный объект прудового выращивания; белого амура *Scheuchzeria palustris* L. – растительноядный вид, питающийся высшими растениями, традиционный объект прудовой поликультуры; пестрого толстолоба *Aristichthys nobilis* Rich – фильтратор, питающийся зоопланктоном и фитопланктоном, традиционный объект поликультуры; русского осетра *Acipenser gueldenstaedti* Brandt – бентосоядный, проходной, эвригалинный вид, ценный промысловый объект; тилляпии мозамбикской *Oreochromis mossambicus* Peters – вид со смешанным типом питания, питается водными растениями и мелкими беспозвоночными перспективный объект аквакультуры в термальных водах; данно рерио *Branhydanio tetraodon* (Ham – Buch.) модельный объект лабораторных исследований.

В общей сложности в результативных опытах использовано особей карпа – 1040; белого амура – 873; пестрого толстолоба – 720; тилляпии – 992; русского осетра – 90; данно рерио 140. Общее число опытов 195 в 42 сериях. Все опыты проведены в 3 – 5 кратных повторностях. Во всех случаях использовались рыбы, предварительно акклимированные к лабораторным условиям. Ростовые эксперименты проводили в 20 – литровых аквариумах, снабженных губчатыми фильтрами и аэраторами воды. В каждый сосуд сажали от 8 до 50 особей рыб в зависимости от их размеров. Нужная соленость воды создавалась внесением NaCl (постоянный

режим), чередованием осолонения с распреснением (колебательный режим). Уровень солености не превышал 10‰. Смена альтернативных соленостей проводилась одновременно или ступенчато через одинаковые в каждом опыте промежутки времени (от 6 до 48 ч.). При ступенчатом изменении солености на каждой ступени осолонение или опреснение воды возрастало на 1/4 от всей запланированной разности в ее максимальном выражении. В некоторых случаях оценивался эффект периодического (раз в сутки) повышения солености на небольшие сроки (2, 4, 6 ч.). Условия по всем факторам среды, кроме исследуемого были идентичны. Необходимая температура в аквариумах поддерживалась с помощью терморегуляторов на уровне  $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$ . Во избежание «хеддинга» каждая смена соленостей сопровождалась такой же операцией в отношении контрольных особей. Для смены использовалась отстоянная водопроводная вода или речная вода той же температуры, которая была в данный момент в экспериментальных сосудах. Для каждой серии опытов бралась молодь, имевшая изначально сходную массу. Длительность опытов обычно равнялась 7 – 10, в хронических экспериментах 30 – 35 суткам.

Перед началом и в конце опыта определялась средняя масса тела рыб. Среднесуточная удельная скорость роста рыб вычислялась как отношение разности натуральных логарифмов конечной и начальной массы рыб к длительности опытов в сутках (Шмальгаузен, 1935). Для оценки изменения вариабельности ростовых показателей при постоянных и переменных значениях солености использовали коэффициент вариации векового роста рыб (CV). Упитанность рыб определяли по Фультону (Fulton, 1902).

Интенсивность дыхания рыб (русский осетр, карп, белый амур) определялась методом замкнутых сосудов (Винберг, 1956; Методики морфофизиологических и биохимических исследований рыб, 1972). В эксперименте использовали респирометры объемом 2 – 3 л. Количество рыб, помещавшихся в респирометры и время экспозиции подбирались так,

чтобы концентрация кислорода к концу опыта уменьшалась не менее чем на 1/5 и не более чем на 1/3 часть от исходной. Исходная концентрация кислорода колебалась в пределах 8 – 12 мг  $O_2$  /л. Количество опытов, проводившихся на одних и тех же особях было не менее 5. Содержание растворенного в воде кислорода определялось по Винклеру (Строганов, Бузинова, 1980).

При определении суточного рациона рыб использовали метод прямого учета поедаемой пищи по количеству задаваемого и изымаемого корма (Методическое пособие по изучению ..., 1974). В качестве показателей интенсивности питания рыб использовали абсолютное количество потреблявшегося корма за время эксперимента, на основе которого определяли суточный рацион, и эффективность использования потребленной пищи на рост (кормовой коэффициент).

Для оценки физиологического состояния определяли устойчивость молоди рыб к экстремальным условиям среды. При этом по окончании выращивания в различных условиях солености выявляли устойчивость молоди к действию таких факторов, как повышенная температура и соленость воды, пониженное содержание в воде кислорода. В качестве еще одного показателя использовалась величина отхода в каждом аквариуме, которая фиксировалась на протяжении выращивания молоди. После завершения ростовых экспериментов определяли концентрацию гемоглобина в крови подопытных особей по Ивановой (1983). Статистическая обработка цифрового материала была проведена по стандартной схеме с использованием метода парных сравнений (Лакин, 1980).

## ПОЛУЧЕННЫЕ ДАННЫЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние солености на рост молоди рыб. Сведения, имеющиеся в литературе, ограничены и противоречивы даже в отношении зависимости роста рыб от тех или иных константных значений солености. В связи с

этим представлялось необходимым в наших исследованиях осуществить предварительные эксперименты по выявлению наиболее оптимальных константных значений изучавшегося фактора. Полученные результаты отображены на рисунке 1. С достаточной достоверностью ( $P < 0,05$ ) найдено, что максимальный рост молоди карпа наблюдался не в пресной, а в осолоненной до 2‰ воде. Что соответствует и литературным данным (Брюхатова, 1939). В пресной воде скорость роста снижалась в 1,1 – 1,2 при 5‰ солености в 1,2 – 1,4 раза. Судя, по литературным данным оптимум стационарной солености для молоди белого амура лежит в пределах 2 – 3 ‰ (Klambi, 1980). В большинстве серий проведенных нами экспериментов скорость роста белого амура при 2‰ солености была в 1,2 – 1,3 раза выше, чем в пресной воде. При повышении солености до 4 и 6‰ скорость роста рыб замедлялась соответственно в 1,2 и 1,6 раза. Оптимум стационарной солености для молоди пестрого толстолоба, судя по нашим данным, составляет 2‰ солености. В пресной и осолоненной до 4‰ воде скорость роста была в 1,1 – 1,2 раза ниже. Судя по литературным данным (Гершанович и др., 1987, Касимов и др., 1966) оптимум стационарной солености для молоди русского осетра лежит в области 2 – 3‰. В наших опытах в воде осолоненной до 2‰ она росла в 1,1 раза быстрее, чем в пресной воде. Молодь мозамбикской тилапии чрезвычайно пластична в отношении солености среды, обнаруживая довольно сходные показатели в диапазоне 0 – 35‰ (Бретт, 1983). В наших опытах в пресной воде она росла в 1,1 – 1,2 раза хуже чем в осолоненной до 5, 8 и 10‰ воде ( $P < 0,05$ ). Скорости роста в различно осолоненной воде существенно не отличались друг от друга ( $P < 0,1$ ). В экспериментальных сериях с данио-рерио рыбы росли практически одинаково в пресной и осолоненной до 1‰ воде. В осолоненной до 3 ‰ воде скорость роста была в 1,1 раза выше, чем в пресной воде.

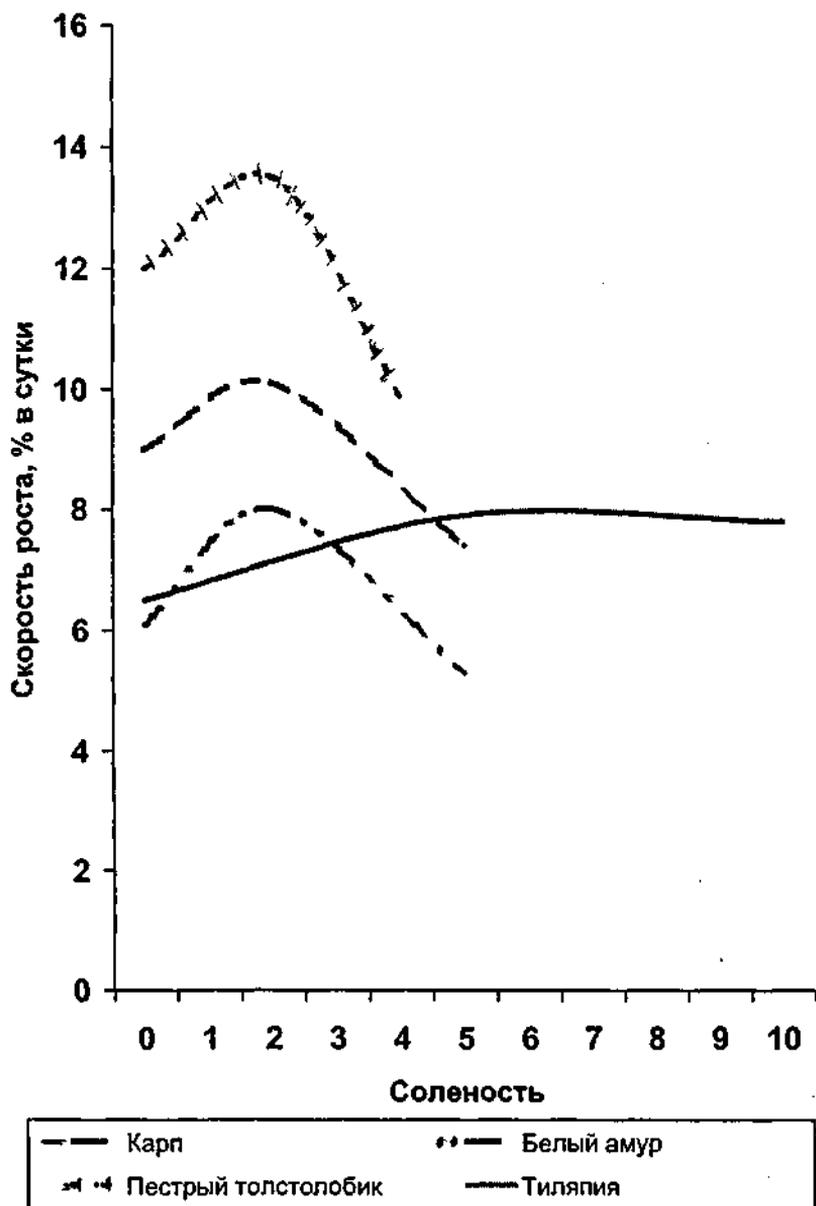


Рис. 1. Удельная скорость роста рыб при константных значениях солености.

В последующих экспериментах выявляли влияние на рост рыб переменных значений солености. Колебания солености осуществляли в пределах оптимальных константных значений, установленных в предварительных опытах (рис.1). Полученные данные свидетельствуют о том, что молодь всех исследованных рыб (каarp, белый амур, пестрый толстолоб, русский осетр, мозамбикская, тилапия данно-рерио) в переменных режимах с одномоментной сменой солености воды росли значительно лучше, чем в любом из стационарных. Эффект ускорения роста наблюдался в случаях когда продолжительность галопериода при суточном ритме смены солености составляла 24, 12, 6, 4 и 2 часа. Молодь карпа, белого амура и пестрого толстолоба в переменном режиме 0-2 ‰ солености в 1,1 – 1,4 раза обгоняла находящуюся при 2 ‰ солености и в 1,2 – 1,6 раза находящуюся в пресной воде. В переменном режиме 0-4 ‰ рыбы росли заметно лучше, чем в осолоненной до 4 ‰ и пресной воде, хотя и несколько хуже, чем в переменном режиме 0-2 ‰. Смена альтернативных соленостей оказывает явное стимулирующее влияние на ростовые процессы. И даже выход колебаний солености за пределы экологического оптимума не снял эффекта благоприятного влияния осмотического стресса на рост молоди. Несколько меньшее ускорение роста наблюдалось в случаях ступенчатого изменения солености.

В опыте с молодью русского осетра ускоряющий эффект роста в переменном режиме солености 0-2 ‰ был в 1,4 – 1,5 раза выше чем в стационарных режимах (2 и 0 ‰). Молодь тилапии мозамбикской во всех колебательных режимах (0-5, 0-8 и 0-10) росла намного лучше, чем в пресной и различно осолоненной воде (5, 8 и 10 ‰). Как правило это превышение достигало 30 – 60 % ( $P < 0,05$ ). В опытах с данно-рерио рыбы в переменном режиме 0-1 ‰ росли в 1,1 – 1,2 раза быстрее, чем в пресной и осолоненной до 1 ‰ воде. В режиме колебания солености 0-3 ‰ эффект ускорения роста по сравнению со стационарными режимами составил 30

– 40 % (  $P < 0,05$  ). Указанные закономерности иллюстрируют данные, приведенные в таблицах 1,2.

Таблица 1.

Рост молоди карпа и белого амура в режимах постоянной и переменной солености.

Соленость, ‰	Период колебания солености, ч	Галопериод, ч	Масса рыб (W), г			Удельная скорость роста, (CW%) в сутки
			W <sub>0</sub>	W <sub>t</sub>	ΔW	
<b>Карп</b>						
Опыт 1. Длительность 25 дней, n-30, корм зоопланктон						
0			0,015±0,001	0,448±0,07	0,433	13,6
2				0,488±0,06	0,473	13,9
4				0,359±0,07	0,344	12,7
0-2	48	24		0,689±0,06	0,674	15,3
0-2	48	24*		0,531±0,06	0,516	14,2
0-4	48	24		0,541±0,06	0,526	14,3
0-4	48	24*		0,439±0,06	0,424	13,5
Опыт 2. Длительность 12 дней, n-20, корм зоопланктон						
0			0,046±0,005	0,87±0,08	0,82	24,5
2				0,99±0,07	0,94	25,5
0-2	24	2-6		1,06±0,06	1,01	26,2
0-2	48	24		1,13±0,07	1,08	26,7
Опыт 3. Длительность 8 дней, n-30, корм зоопланктон						
0			0,280±0,05	0,580±0,08	0,300	9,1
2			0,263±0,04	0,593±0,06	0,330	10,1
5			0,281±0,04	0,511±0,08	0,230	7,5
0-2	48	24	0,280±0,04	0,671±0,06	0,391	11
0-5	48	24	0,245±0,04	0,483±0,06	0,238	8,5
2-5	48	24	0,244±0,04	0,493±0,06	0,249	8,9
<b>Белый амур</b>						
Опыт 4. Длительность 10 дней, n-50, корм зоопланктон						
0			0,053±0,08	0,161±0,05	0,108	11,1
2				0,172±0,04	0,119	11,8
4				0,133±0,05	0,080	9,2
0-2	48	24		0,190±0,04	0,137	12,8
0-4	48	24		0,180±0,04	0,127	12,2
2-4	48	24		0,169±0,04	0,116	11,6
Опыт 5. Длительность 10 дней, n-20, корм зоопланктон						
0			0,105±0,04	0,193±0,06	0,088	6,1
2				0,227±0,06	0,122	7,7
0-2	24	2-6		0,260±0,04	0,155	9,1
0-2	48	24		0,265±0,05	0,160	9,3
Опыт 6. Длительность 10 дней n-15, корм зоопланктон						
0			0,734±0,09	0,902±0,17	0,168	2,1
2			0,678±0,09	0,868±0,16	0,190	2,5
0-2	48	24	0,673±0,08	0,945±0,15	0,272	3,4
0-2	48	24*	0,683±0,09	0,910±0,15	0,227	2,8

\* - Опыты проведены со ступенчатым изменением солености.

Ускорение роста при колебании экологических факторов может быть первой фазой ответа на дестабилизацию условий среды, после чего возможно угнетение и ухудшение состояния рыб. Для выявления степени проявления эффекта ускорения роста были проведены длительные опыты на карпе, белом амуре и русском осетре. Отображенные на рисунке 2 данные показывают, что эффект ускорения роста рыб сохранялся и при длительных воздействиях колебаний солености. В среднем, скорость роста рыб была выше по сравнению со статичными режимами: у карпа и белого амура по сравнению с условиями выращивания в пресной воде на 15-20 %, по сравнению с 2‰ солености на 30-40 %, у осетра на 40-50 % выше контрольных статичных вариантов. Также было отмечено, что длительные воздействия колебаний солености вызывали кумулятивный эффект в ускорении роста и степень его проявления возрастала от начала к концу экспериментов.

Таблица 2.

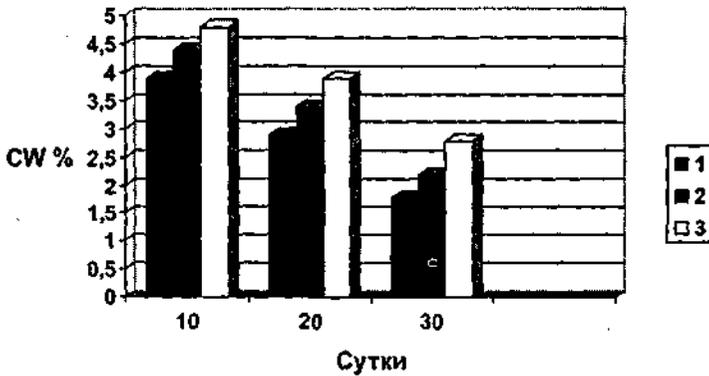
Зависимость роста молоди рыб с различной исходной массой от колебания солености.

Соленость, ‰	Масса рыб (W), г			Удельная Скорость Роста, (CW%) В сутки
	W <sub>0</sub>	W <sub>t</sub>	ΔW	
Карп. Длительность 10 дней, п-8, корм мотыль				
0	7,37±0,26	8,65±0,41	1,28	1,7
2	7,21±0,25	8,66±0,38	1,45	1,9
0-2*	7,14±0,28	8,83±0,36	1,69	2,2
0	13,72±0,51	16,05±0,62	2,33	1,5
2	13,33±0,48	16,03±0,58	2,70	1,8
0-2*	13,25±0,45	16,45±0,52	3,20	2,2
Тилapia мозамбикская. Длительность 7 дней, п-16, корм мотыль				
0	1,54±0,15	1,96±0,22	0,42	3,4
8	1,42±0,13	1,95±0,19	0,53	4,6
0-8*	1,40±0,14	2,09±0,16	0,96	5,7
0	3,12±0,30	3,65±0,45	0,53	2,1
8	3,11±0,31	3,80±0,43	0,69	2,8
0-8*	3,60±0,32	4,62±0,42	1,02	3,6

\*-Период колебания солености в опытах составлял 48ч., галопериод 24ч.

Результаты исследований реакции рыб всех изученных видов на колебания солености позволяет сделать вывод об универсальности отклика

молоди на этот фактор применительно к скорости роста. Ни в каком константном солевом режиме рыбы не реализуют так потенциалов роста, как в переменных режимах с определенными параметрами колебаний.



Р

ис.2. Динамика удельной скорости роста (CW%) в сутки молоди карпа в постоянных и переменных режимах солености в хроническом эксперименте.

1-0‰const; 2-2‰const; 3-0-2‰.

Положительное влияние колебаний солености на рост не специфическая реакция на изменение концентрации NaCl. Аналогичный эффект был обнаружен Строгановым (1963) при "купании" молоди русского осетра в растворах гипосульфита и соды. Сходная картина наблюдалась нами и в опытах попеременного содержания молоди рыб в речной и сильно минерализованной грунтовой воде (Константинов, Мартынова, 1992). Во всех опытных сериях рыбы хуже всего росли в грунтовой воде, значительно лучше – в речной, но наиболее быстро – при переменном содержании в грунтовой и речной воде. Следовательно, и в этом случае периодическое отклонение условий от константных не снижало, а повышало темп роста рыб. Установленные факты хорошо согласуются с имеющимися данными об ускорении роста рыб и при колебании ряда других экологических факторов (Константинов и др., 1995, 1998; Константинов, Зданович, 1985, 1986; Константинов, Шолохов, 1990). Эффект ускорения роста рыб,

вызванный колебаниями солености оказался сходным с ответной реакцией на другие экологические факторы (температура, освещенность, кислород, рН среды). И даже колебания концентрации видоспецифических экзометаболитов (биотические факторы) вызывали рост стимулирующий эффект у молоди карпа (Кузнецов, Лиманова, 1999). Все это указывает на неспецифичность действия колебаний солености и позволяет сделать вывод, что эффект ускорения роста обусловлен изменчивостью факторов среды и эволюционно выработанной адаптацией рыб к этой изменчивости.

Влияние колебаний солености на энергетику молоди рыб. Интенсивность дыхания является интегральным показателем скорости метаболических процессов и достаточно точно характеризует энергозатраты аэробных животных, в частности рыб. Чем ниже величина потребления кислорода при данной скорости роста, тем выше экономический эффект их выращивания, меньше затраты корма (Константинов и др., 1989). Отмеченный нами эффект ускорения роста рыб при выращивании в условиях колебания солености может быть вызван увеличением потребления корма, возрастанием энергозатрат, и тогда эффект будет вряд ли выгоден с экономической точки зрения. В связи с этим представлялось интересным выяснить, как влияют колебания солености (наиболее оптимальный режим) на интенсивность дыхания, и в какой степени вызываемое этими колебаниями ускорение роста коррелирует с другими параметрами метаболизма.

Приведенные на рисунке 3 данные показывают, что колебания солености вызывали снижение интенсивности дыхания молоди рыб. У русского осетра интенсивность дыхания в оптимальном переменном режиме была в 1,1 – 1,2 раза ниже, чем при 2 ‰ солености и в 1,2 – 1,3 раза ниже чем в пресной воде ( $P < 0,05$ ). Особенности влияния колебаний солености на газообмен еще более отчетливо были выражены у молоди карпа и белого амура. Интенсивность дыхания этих видов была в 1,2 – 1,3 раза ниже

чем при 2 ‰ солености и в 1,3 – 1,4 раза ниже чем в пресной воде ( $P < 0,01$ ). В целом, полученные результаты хорошо согласуются с аналогичными данными по другим факторам (Duthie, Houlihan, 1982; Константинов и др., 1993, 1996).

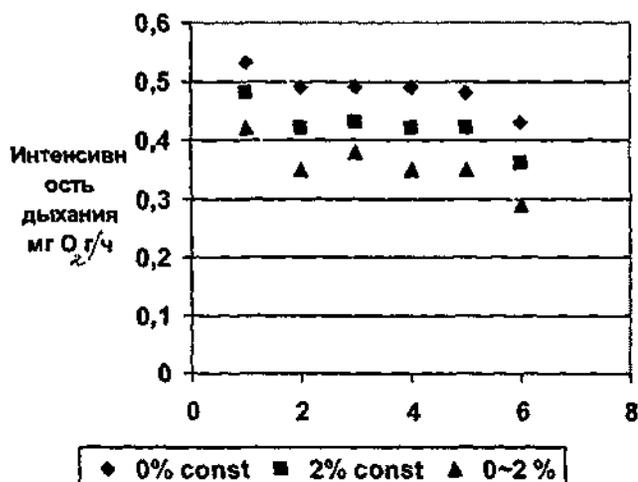


Рис.3. Интенсивность дыхания молоди рыб в переменном и стационарных режимах солености 1,2-белый амур массой 1,10 и 3,02 г; 3-4 русский осетр массой 2,03 и 3,75 г; 5-6; карп массой 2,62 и 4,12 г.

Согласно общепринятым представлениям (Ивлев, 1955, Бретт, 1983) в обычных условиях ускорение роста рыб сопровождается увеличением потребления пищи. В наших исследованиях прослеживалась иная зависимость. Как это видно из табл. 2, в переменном галорегиме наблюдалось заметное снижение интенсивности питания рыб. Имея большую массу, они потребляли примерно то же количество корма, т. е. их суточный рацион был ниже, чем у рыб в оптимальных стационарных режимах. Соответственно заметно лучше была эффективность использования потребляемой пищи на рост, снижался кормовой коэффициент. Кормовой коэффициент у молоди рыб (русский осетр, карп, белый амур) в благоприятном переменном режиме был на 20 – 30 % ниже, чем при 2 ‰ солености и

на 30 – 40 % ниже, чем в пресной воде. Для всей совокупности подопытных рыб снижение кормового коэффициента в переменном галорегиме было статистически достоверным ( $P < 0,01$ ).

Таблица 3.

Интенсивность питания и эффективность использования пищи на рост молоди карпа в переменном и стационарных режимах солености.

Соленость, ‰	Масса рыб (W), г		Суточный рацион, %	Кормовой коэффициент
	$W_0$	$W_t$		
Карп. Длительность опытных серий 10 дней, п-10, корм мотыль				
0	2,82±0,19	4,18±0,26	20,3±0,4	1,34
2	2,53±0,17	3,94±0,23	19,8±0,4	1,14
0-2	2,62±0,19	4,23±0,21	18,7±0,4	1,01
0	4,18±0,26	5,59±0,28	19,2±0,4	1,50
2	3,94±0,23	5,55±0,25	18,8±0,3	1,29
0-2	4,23±0,21	6,22±0,23	17,4±0,3	1,09
0	5,59±0,28	6,72±0,34	18,8±0,3	1,62
2	5,55±0,25	6,86±0,32	17,2±0,3	1,39
0-2	6,22±0,23	8,18±0,28	16,8±0,2	1,07

Полученные данные об ускорении роста рыб, снижении интенсивности дыхания и повышении эффективности конвертирования пищи на рост рыб могут свидетельствовать об оптимизации метаболизма в условиях колебания солености. Возможно, в переменных режимах изученного фактора повышение эффективности использования потребляемой пищи на рост происходит за счет увеличения доли энергии, идущей на пластический обмен.

Убедившись, что параметры метаболизма рыб в переменных режимах солености отличаются от наблюдаемых в стационарных условиях, мы попытались выяснить насколько конкордантны (согласованы, сопряжены) друг с другом изменения показателей роста и энергетики, вызываемые колебаниями солености. С этой целью полученные ряды величин показателей метаболизма сравнивались, и вычислялась степень их корреляции друг с другом. Для всех видов рыб коэффициенты корреляции между различными параметрами метаболизма были довольно высокими и статистически достоверными ( $P < 0,05$ ). Коэффициент корреляции повышения

скорости роста с понижением интенсивности дыхания и кормовым коэффициентом для молоди рыб был соответственно равен: для русского осетра -0,568 и -0,672; для карпа -0,658 и -0,785; для белого амура -0,643 и -0,798. Как видно на рисунке 4 с повышением скорости роста рыб сопряжено снижается интенсивность их дыхания, кормовой коэффициент, расход кислорода и пищи на прирост единицы массы тела. Поэтому в экспериментальной практике достаточно установить изменение одного параметра, чтобы судить об изменениях других более сложно определяемых параметров. Например, наблюдая снижение интенсивности дыхания рыб можно с высокой степенью достоверности говорить об ускорении скорости их роста.

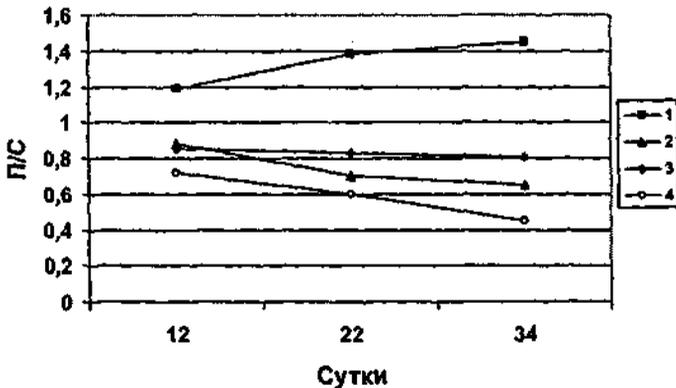


Рис. 4. Соотношение некоторых параметров метаболизма русского осетра в оптимальном стационарном (С) и переменном (П) режимах солености. 1-удельная скорость роста % в сутки, 2-кормовой коэффициент, 3- интенсивность дыхания, мг O<sub>2</sub>/гч 4-потреблено кислорода за время опыта O<sub>2</sub>/мг экз.

Влияние колебаний солености на физиологическое состояние и рыбопродуктивные качества молоди рыб. Приведенные выше результаты исследований показывают, что колебания солености стимулируют их энергетику. Однако характер роста и энергетики являются не единственными по-

казателями оптимизации условий выращивания рыб. Известно, что при улучшении условий существования вариabельность размеров особей снижается, а упитанность возрастает. Кроме того, оптимизация режима выращивания рыб приводит к увеличению их резистентности к экстремальным воздействиям рис. 5 (Никольский, 1955, 1974; Поляков, 1958, 1970; Константинов, 1993)

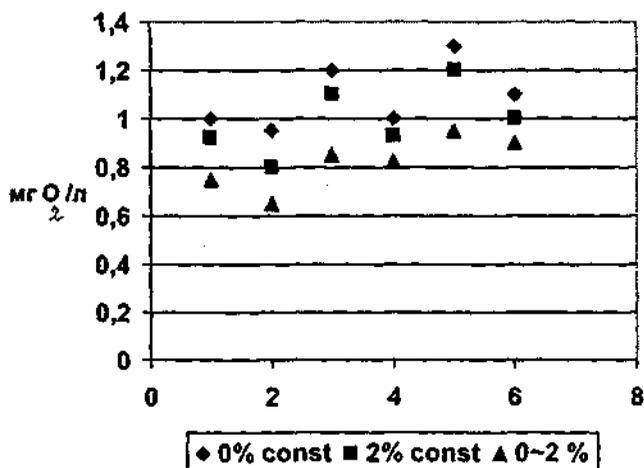


Рис. 5. Нижний кислородный порог молоди рыб в переменном и стационарных режимах. 1-2 карп массой 535 мг и 2,09г; 3-4 белый амур массой 500мг и 3,08г; 5-6 пестрый толстолоб массой 482 и 868 мг.

Ускорение роста рыб в условиях оптимальных колебаний солености сопровождалось снижением вариabельности их весовых размеров (рис.6,7). Коэффициент вариации массы тела особей за время опыта снизился: у молоди русского осетра на 1,3 – 1,5 %; у карпа на 2,2 – 3,2 %; у белого амура на 2,2 – 3 %; у тилляпи на 3,3 – 4,2 %; у данию рерио на 1,6 – 2,1 %. С оптимизацией условий роста тесно связана динамика их упитанности. Молодь выращенная в условиях переменных соленостей статистически достоверно ( $P < 0,05$ ) была более упитанной по сравнению с выращенной в статичных условиях. Упитанность молоди рыб (карп, белый

амур) была на 23 – 24 % выше, чем в пресной воде и на 15 – 17 % выше, чем при 2 ‰ солености. Молодь, выращенная в условиях переменных соленостей, обладала большей устойчивостью к дефициту кислорода, резкому повышению температуры и солености. Устойчивость молоди рыб (каarp, белый амур, пестрый толстолоб) к дефициту кислорода была в 1,2 – 1,3 раза выше, чем в пресной воде и в 1,1 – 1,2 раза выше, чем при 2 ‰ солености. Устойчивость к резкому повышению температуры была на 1,2–1,5° выше, чем в пресной воде и на 0,6–1° выше, чем при 2 ‰ солености; устойчивость к резкому повышению солености была на 1,1–1,7 ‰ выше, чем в пресной воде и на 0,5–1 ‰ выше, чем при 2 ‰ солености. Кровь, непосредственно участвующая в обменных процессах отражает изменения, происходящие в организме животного. Как известно, молодь рыб, отличающаяся более высоким темпом роста и повышенной жизнестойкостью, имеет в крови больше гемоглобина (Леоненко, 1968; Иванова, 1973; Зданович, 1990). Приведенные в таблице 5 данные показывают, что подращивание молоди рыб в переменных условиях солености обусловило увеличение концентрации гемоглобина в среднем на 16 – 18 % по сравнению с условиями выращивания в пресной воде и на 10 % по сравнению с 2 ‰ солености.

Таблица 5.

Некоторые показатели физиологического состояния рыб выращенных в условиях постоянных и переменных соленостей.

Вид рыб	Соленость, ‰	Период колебания ч.	Галопериод, ч.	Упитанность по Фультону	Концентрация гемоглобина, г/л	Индекс печени, %
Карп	0			2,5	68,8	1,80
	2			2,7	72,4	1,83
	0–2	48	24	3,1	79,9	1,95
Белый амур	0			1,8	57,5	1,62
	2			1,9	60,1	1,65
	0–2	48	24	2,1	66,2	1,77

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что колебания солености наряду с оптимизацией роста и энергетики рыб, благоприятно отражаются и на их физиологическом состоянии.

## ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования показали, что для каждого из исследованных видов рыб характерно определенное постоянное значение солености, при которой наблюдается наибольшая скорость роста: для молоди карпа, белого амура, пестрого толстолоба, русского осетра и данкио рерио 2 – 3 ‰. Для молоди тилапии характерен более широкий диапазон солености – от 5 до 10 ‰. При отклонении солености от ее оптимального стационарного значения рост рыб замедляется.

2. Удельная скорость роста молоди карпа, белого амура, пестрого толстолоба и русского осетра при переменных режимах солености с их одномоментной сменой и продолжительностью галопериодов 2, 4, 6, 12 и 24 часа была всегда выше (на 10 – 50 %) таковой при константных режимах солености. Молодь тилапии при переменных режимах солености с одномоментной сменой и продолжительности галопериода 24 ч. росла на 20 – 70 % быстрее, чем в пресной и осолоненной (5, 8, 10 ‰) воде.

3. Ростстимулирующее действие периодических колебаний солености проявляется в ограниченных пределах этих колебаний (экологически оптимальный диапазон). Выход колебаний солености за пределы экологической валентности снижает скорость роста рыб.

4. Периодические колебания солености в оптимальных пределах вызывают снижение интенсивности дыхания молоди рыб (в среднем на 20 – 30 %) по сравнению с таковой при константных значениях солености, причем данное снижение происходит на фоне ускорения роста рыб.

5. Отмечено, что рационы молоди рыб в динамичных условиях солености незначительно отличаются от наблюдаемых в статичных, в то же время эффек-

тивность конвертирования потребленной пищи на рост увеличивается на 20 – 40 % по сравнению с константными режимами солености.

6. Изменения отдельных параметров метаболизма рыб заметно скоррелированы друг с другом. Поэтому в экспериментальной практике достаточно установить изменения одного параметра, чтобы судить об изменениях других более сложно определяемых параметров.

7. Динамические условия солености воды повышают резистентность молоди к неблагоприятным изменениям среды (экстремально высокие температуры и соленость, дефицит кислорода), снижают отход, улучшают физиологическое состояние – повышается упитанность (на 15 – 20 %) , увеличивается содержание гемоглобина в крови (на 10 – 18 %), понижается вариабельность массы тела особей.

8. Установленные колебания солености воды, сопровождающиеся значительным повышением скорости роста, оптимизацией энергетики, улучшением физиологического состояния молоди рыб, могут рассматриваться в целом как оптимальные, что следует учитывать в биотехнологии рыборазведения.

#### Список опубликованных работ по теме диссертации:

1. Константинов А.С., Газиев У.С., Зданович В.В., Мартынова В.В., Парфенова В.М., Пелипенко М.Ю., Тихомиров Д.Г., Шолохов А.М. Эколого – физиологические аспекты оптимизации роста, энергетики и физиологического состояния молоди рыб // Применение научных разработок ученых – биологов в рыбном хозяйстве. / М. изд. МГУ, 1987. С. 38 - 43.

2. Константинов А.С., Мартынова В.В. Влияние колебаний солености на рост молоди рыб // Современное состояние и перспективы развития прудового рыбоводства / Тез. Докл. Всесоюз. Совещ. – М, 1987. – С. 128 – 129.

3. Константинов А.С., Мартынова В.В. Влияние колебаний солености на рост молоди рыб // Вопр. ихтиологии. – 1990. – Т. 30. – Вып. 6. – С. 1004- 1011.

4. Константинов А.С., Мартынова В.В. Влияние колебаний солености на энергетику молоди рыб // Вопр. ихтиологии. – 1992. – Т. 32 – Вып. 5. – С. 161 – 166.

5. Константинов А.С., Мартынова В.В. Влияние колебаний солености на рост и физиологическое состояние молоди рыб // Проблемы гидроэкологии на рубеже веков. Мат. Междунар. Конф / Сакт-Петербург. 2000. С. 81 – 82.

6. Константинов А.С., Мартынова В.В. Рост молоди рыб при переменных значениях солености // Биотехнология на рубеже двух тысячелетий. Мат. Междунар. Конф / Саранск 2001. С. 233 – 234.

7. Мартынова В.В., Аникин В.В. Влияние осцилляций солености на рост и эффективность конвертирования пищи у молоди рыб // Сборник трудов молодых исследователей географического факультета / Саранск: Изд-во Морд. Унта. 2002. С. 64 – 68.

8. Мартынова В.В. Конкордатность изменения параметров метаболизма молоди рыб при колебании солености воды // Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 3 / Саранск 2003. С. 34 – 37.

Подписано в печать 17.12.03. Объем 1, 25 п.л. Тираж 100 экз.

Заказ № 2005.

Типография Издательства Мордовского университета  
430000 Саранск, ул. Советская, 24

8/4

4

5

