

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ОЗЕРНОГО И РЕЧНОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА (ГосНИОРХ)**

На правах рукописи

**ХОВАНСКИЙ Игорь Евгеньевич**

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ  
УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКИХ  
ЛОСОСЕЙ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ  
МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**03.00.10 — Ихтиология**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Санкт-Петербург — 1992

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ОЗЕРНОГО И РЕЧНОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА (ГосНИОРХ)

На правах рукописи

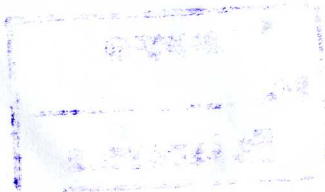
ХОВАНСКИЙ Игорь Евгеньевич

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ  
УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКИХ  
ЛОСОСЕЙ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ  
МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

03.00.10 — Ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук



Санкт-Петербург — 1992

Работа выполнена в Государственном научно-исследовательском институте озерного и речного рыбного хозяйства и в Лаборатории рыбоводства Охотского бассейнового управления по охране и воспроизводству рыбных запасов.

Научный руководитель — доктор биологических наук, профессор  
**И. Н. Остроумова**

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор  
**И. А. Баранникова**  
доктор биологических наук  
**Р. В. Казаков**

Ведущая организация — Магаданское отделение Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии

Защита диссертации состоится « 26 » мая 1992 г. в 13 часов

на заседании специализированного совета К 117.03.01 при Государственном научно-исследовательском институте озерного и речного рыбного хозяйства по адресу: 199053, Санкт-Петербург, В-53, наб. Макарова, 26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГосНИОРХ.

Автореферат разослан « 15 » апреля 1992 г.

Ученый секретарь специализированного совета  
кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник

**М. А. Деметьева**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Одним из основных путей восстановления запасов ценных промысловых рыб, в том числе и тихоокеанских лососей является искусственное разведение (Смирнов, 1975; Рухлов, 1980, 1989; Канидьев, 1984). В современном отечественном рыбоводстве следует выделить проблему увеличения промысловых возвратов на основе улучшения качества молоди, выпускаемой рыбоводными заводами (Остроумова, 1966; Маликова, 1968; Канидьев и др., 1970; Рослый, 1980). В силу большой географической протяженности тихоокеанского побережья России и значительных различий в природно-климатических условиях отдельных регионов, биотехнологии искусственного разведения лососей в каждом из них должны иметь существенные отличия (Марковцев, 1989).

Широкий размах начинает приобретать искусственное воспроизводство кеты, горбуши, кижуча, нерки на Северо-Востоке страны. В настоящее время в Магаданской области уже введены в действие два рыбоводных предприятия — Ольская экспериментальная производственно-акклиматизационная база (ОЭПАБ) и Арманский лососевый рыбоводный завод (АЛРЗ); оговаривается строительство Тауйского ЛРЗ, проектируются заводы на других реках. Разработка методов получения физиологически полноценной лососевой молоди — одна из основных задач, стоящих перед рыбоводной наукой и практикой в регионе. Только высокожизнестойкая молодь способна дать высокий промысловый возврат, который является конечной целью всех рыбоводных мероприятий. А величина возврата по основному искусственно воспроизводимому виду — кете — в настоящее время не превышает 0,2—0,5%, в то время как в странах с развитым лососевым хозяйством, например Японии, — достигает 2—3%. Поэтому важнейшим этапом в повышении эффективности искусственного воспроизводства лососевых рыб в Североохотоморском регионе страны является выполнение работ по оценке физиологического состояния молоди и разработка способов улучшения качества поклатников.

**Цель и задачи исследования.** Основная цель настоящей работы: на основе комплексного изучения физиологического состояния естественной лососевой молоди, а также заводской, выращенной в различных экспериментальных условиях, разработать рыбоводный стандарт и предложить более совершенную биотехнологию содержания и

выращивания молоди лососевых рыб на рыбоводных заводах Северо-охотоморского региона.

В связи с этим поставлены следующие основные задачи.

1. Подобрать из имеющихся и разработать новые методы физиологической и функциональной оценки молоди лососевых рыб.

2. Изучить влияние на рыб различных экологических условий и провести комплексную функциональную оценку естественной и заводской молоди кеты, горбуши, кижуча и нерки, используя основные группы физиологических показателей (морфофизиологические, гематологические, гистологические и биохимические).

3. Определить устойчивость лососевой молоди к основным лимитирующим факторам среды — повышенной скорости течения и солености, апробировать способы подготовки рыб к жизни в морской воде.

4. Разработать рыбоводный стандарт для молоди лососевых рыб, выращиваемой на рыбоводных заводах региона, и рекомендовать конкретные способы улучшения качества рыбоводной продукции.

**Научная новизна.** Впервые получены данные по физиологическим показателям молоди различных видов тихоокеанских лососей, выращенной в производственных, а также смоделированных экспериментальных условиях на рыбоводных предприятиях Магаданской области. Для сравнительной оценки проведено комплексное изучение характеристик естественной молоди. Определены механизмы, дополняющие картину формирования функциональных адаптаций молоди лососевых рыб к изменениям факторов внешней среды — температуры, скорости течения, солености и др. Исследованы процессы роста, морфогенеза и физиологические характеристики лососевых поклатников, выращенных при повышенных температурах. Изучены физиологические показатели молоди кеты, кижуча и нерки при выращивании в морской воде.

**Практическая значимость.** Показана возможность использования естественных водоемов региона для подращивания молоди горбуши и кеты, и получения при этом полноценных поклатников. На основании физиологического обоснования рекомендовано широкое использование на рыбоводных заводах региона методов повышения функциональной устойчивости молоди к течению и соевых диет. Апробированы и рекомендованы режимы перевода в морскую воду сеголетков кижуча и нерки, полученных при ускоренном подращивании. Разработаны рыбоводные стандарты для заводской молоди лососевых рыб региона, а также предложены основные направления совершенствования биотехники искусственного воспроизводства кеты, горбуши, кижуча и нерки.

Основные результаты работы используются в практике разведения лососевых рыб на рыбоводных заводах Магаданской области. При оценке качества поклатников применяются предложенные критерии физиологической оценки. На заводах широко используется подращи-

вание лососевой молоди в естественных водоемах, начаты работы по ускоренному получению в производственных условиях поклатников-сеголетков кижуча и нерки. Представленная работа вошла в тематику и выполнялась в соответствии с Комплексной целевой программой «Лосось».

**Апробация работы.** Основные положения и выводы диссертационной работы доложены и обсуждены на XV Всесоюзной конференции по физиологии пищеварения и всасывания (Краснодар, 1990); на V Всесоюзной конференции по раннему онтогенезу рыб (Астрахань, 1991); на Всесоюзной конференции по рациональному использованию биоресурсов Тихого океана (Владивосток, 1991); на научных семинарах лаборатории физиологии и кормления рыб ГосНИОРХ (1989, 1990, 1991) и лаборатории рыбоводства Охотскрыбвода (1990, 1991).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 11 работ. Несколько работ находится в печати.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, обсуждения, выводов, практических рекомендаций, списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 251 машинописных страницах, содержит 125 страниц текста, 29 таблиц и проиллюстрирована 46 рисунками, включающими 64 микрофотографии. Список литературы на 42 страницах состоит из 282 отечественных и 107 иностранных источников.

## Глава I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Литературный обзор состоит из трех разделов: первый посвящен естественному воспроизводству лососевых рыб в Магаданском регионе; второй — росту, развитию лососевой молоди, смолтификации и морфофункциональным особенностям поклатного периода; третий — искусственному разведению лососевых рыб и проблемам качественного улучшения рыбоводной продукции.

В главе представлены основные данные по биологии горбуши, кеты, кижуча и нерки; по особенностям водно-солевого обмена у рыб в пресной и морской воде; по формированию в организме молоди морфофункциональных перестроек в процессе смолтификации. Значительная часть материала посвящена методам физиологической оценки молоди рыб, влиянию факторов внешней среды на состояние молоди и разработке способов улучшения качества поклатников в условиях рыбоводных заводов.

## Глава II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор использованного в работе материала осуществлялся с 1987-го по 1991-й годы на рыбоводных предприятиях Магаданской области — Ольской ЭПАБ, Арманском ЛРЗ, а также на лососевых реках региона — Оле, ее притоке Углеканке и Ольском лимане. Объектом исследова-

дования служила молодь кеты, горбуши, кижуча и нерки. Изучалась естественная молодь, а также заводская, выращенная в производственных и экспериментальных условиях. Общее количество обработанных экземпляров молоди составило по видам: кета — 40255 шт., горбуша — 2054 шт., кижуч — 2963 шт., нерка — 1980 шт.

В заводских производственных условиях молодь подращивалась 1,5—4 месяца при плотностях посадок 8—25 тыс. шт./м<sup>2</sup> и средней температуре воды 1°С (цех-питомник) и 2—3°С (естественные выростные пруды). В экспериментальном цехе выращивание проводилось при температурах 1, 1,6—2, 5, 6—8 и 10°С в круговых бассейнах ИЦА-1, в которых содержалось по 1—2,5 тыс. шт. молоди. Для физической тренировки мальков в бассейнах путем изменения угла атаки и силы струи водоподающего крана создавался круговой ток воды (средняя скорость потока 0,1—0,25 м/с).

Результаты опытов и качество молоди оценивались по комплексной системе. Изучались следующие группы показателей:

- 1) рыбоводные (приросты, выживаемость, затраты корма);
- 2) морфофизиологические (морфометрия, упитанность, индексы внутренних органов);
- 3) гематологические (содержание гемоглобина в крови, количество эритроцитов и лейкоцитов, соотношение форменных элементов и плазмы, лейкоцитарная формула, показатели эритропоэза);
- 4) биохимические (сухая масса, содержание общих липидов, концентрация электролитов в теле и плазме крови);
- 5) гистологические (данные светооптической и электронной микроскопии, соотношение клеток и пустот на гистосрезе, количество эндоцитозных везикул на определенной площади апикальной зоны клетки, данные энзимохимического анализа);
- 6) функциональные (плавательная способность на стандартной повышенной скорости течения, термоустойчивость, устойчивость к переходу в соленую воду).

Морфометрический анализ выполнялся по схеме И. Ф. Правдина (1966). При использовании метода морфофизиологических индикаторов (Шварц и др., 1968; Смирнов и др., 1972) определяли индексы (относительные массы) сердца, печени, желудочно-кишечного тракта, мозга и жабр. Гематологические показатели и морфологическая картина крови оценивались по наиболее употребляемым схемам (Остроумова, 1957, 1966; Канидьев, 1966, 1968; Глаголева, 1981).

При светооптическом исследовании изучали морфологическое состояние желудочно-кишечного тракта, печени, мышц и кожного покрова; при электронномикроскопическом (сканирующая и трансмиссионная электронная микроскопия) — кардиальный и шлорический отделы желудка, передний и задний отделы кишечника, жабры.

Плавательную способность молоди (время устойчивости при повышенной скорости течения) определяли в гидродинамическом лотке

(Павлов, 1979). Солеустойчивость покатников оценивали по выживаемости в морской воде, а также по способности электролитов в теле и плазме крови при переводе в морскую соленость 27—35‰. Кроме того, для оценки успешности солевой адаптации использовали показатель гематокрита, а также данные световой и электронной микроскопии.

Полученные результаты обработаны общепринятыми методами вариационной статистики (Рогицкий, 1961; Лакин, 1980).

### Глава III. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ БАЗОВЫХ РЕК ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ И РЫБОВОДНО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕННЫХ ПОКАТНИКОВ

Основными рыбоводными проблемами при получении на Северо-Востоке высококачественных лососевых покатников являются нехватка выростных площадей и низкие температуры воды при подращивании молоди. Все это приводит к переуплотнению посадок, плохому потреблению корма и физиологической неполноценности молоди, неспособной дать высокий промысловый возврат.

Для выхода из создавшегося положения на Ольской ЭПАБ с 1987 года начата апробация биотехнологии, при которой молодь кеты для основного подращивания переводится в отгороженные участки проток и ключей — естественные выростные пруды. Определенный рыбоводный опыт по использованию естественных прудов в лососеводстве уже накоплен (Алм, 1937; Леванидов, 1957; Канидьев, 1966, 1984; Жуйкова, 1969; Бардач и др., 1978). Наши исследования, проведенные на реках Магаданской области, показали, что и в суровых климатических условиях Северо-Востока имеются незамерзающие протоки и участки рек с выходом относительно теплых грунтовых вод, где даже в зимние месяцы температура воды не опускается ниже 1,5—2,0°С (на рыбоводных заводах температура в отдельные годы понижалась до 0,2—0,4°С).

Перевод молоди кеты из цеха-питомника в естественные выростные пруды приводит к снижению кормовых затрат, ускорению роста (средняя масса молоди при выпуске 0,6—0,8 г против 0,3—0,5 г) (рис. 1), более эффективному функционированию кровеносной и пищеварительной систем организма. В крови повышается содержание гемоглобина и количество эритроцитов (табл. 1), усиливается эритропоэз. В желудочно-кишечном тракте происходит более интенсивное функционирование эпителиальных клеток с усилением основных клеточных процессов — эндоцитоза, белкового синтеза и клеточной энергетики. Следует отметить, что заводская прудовая молодь не уступает по качеству природным покатникам, а по ряду показателей даже превосходит их (см. табл. 1).

Таблица 4

**Морфофизиологические показатели молоди кеты, выращенной в различных условиях**

Условия выращивания	Длина, мм	Масса, мг	Гемоглобин, г%	Количество эритроцитов, млн./мм <sup>3</sup>
Естественный водоем	37,9±0,42	439,1±22,1	7,6±0,34	0,86±0,05
Цех-питомник, t° = 1°С				
— плотность посадки 25 тыс. шт./м <sup>2</sup>	36,9±0,26	368,0±11,8	6,1±0,15	0,81±0,03
— плотность посадки 8 тыс. шт./м <sup>2</sup>	39,1±0,31	502,8±14,5	7,6±0,16	0,93±0,04
Естественный выростной пруд, t° = 2—3°С	42,3±0,62	616,7±24,6	7,2±0,22	0,87±0,05
Экспериментальный цех t° = 5—8°С	72,2±0,93	3072,9±104,0	8,1±0,11	0,99±0,05

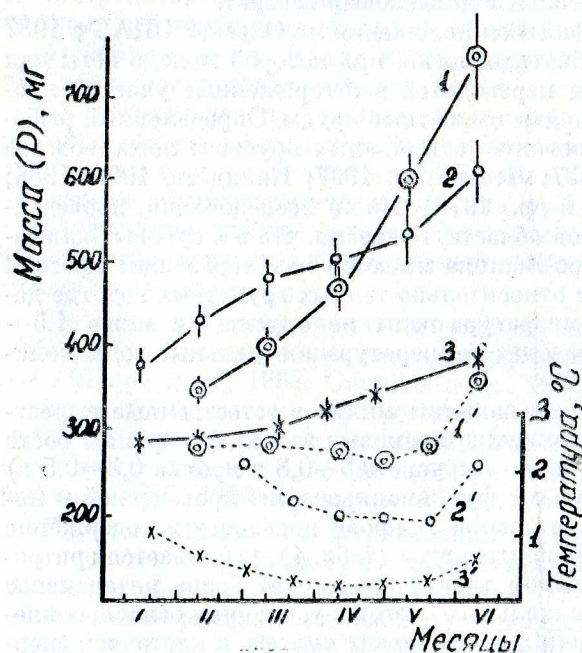


Рис. 1. Температура воды (1'—3') и рост молоди кеты (1—3):

1—1' — Арманский ЛРЗ, пруд (1989 г.);  
 2—2' — Ольская ЭПАБ, пруд (1987 г.);  
 3—3' — Ольская ЭПАБ, цех (1987 г.)

Проведены эксперименты по использованию естественных водоемов и для получения покатной молоди горбуши. Икру инкубировали на заводе, затем на вылупление выставляли в искусственно расширенный и промелиорированный ручей. Так как молодь горбуши в реке почти не питается, то здесь приемлемы более низкие температуры, чем для кеты — лишь бы водоем не замерзал. После вылупления (вторая половина октября) личинки «закапываются» в галечный грунт и находятся там до мая, после чего поднимаются на плав и скатываются в море.

Прудовая биотехнология применяется на рыбоводных заводах уже несколько лет и, по всей видимости, именно с этим связано увеличение возвратов рыб в последние годы.

Конечно, нельзя не сказать и о недостатках при выращивании молоди в прудах. Из них следует выделить неуправляемость водного режима, трудности при уходе за молодой, частичную покрываемость зеркала льдом. Поэтому основным базовым предприятием для искусственного воспроизводства лососей на определенной реке должен быть, как правило, рыбоводный завод. А уже его специалистам нужно использовать все возможности для улучшения качества выпускаемых смолтов, в том числе применять для выращивания и естественные водоемы.

#### Глава IV. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОКАТНОЙ ЛОСОСЕВОЙ МОЛОДИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ

Важным аспектом повышения эффективности лососеводства является оптимизация заводских условий содержания молоди. Одним из путей улучшения качества молоди кеты при выращивании в цехе-питомнике при низких температурах воды может стать снижение плотностей посадок. Показано, что разрежение плотностей с 25 тыс. шт./м<sup>2</sup> до 8 тыс. шт./м<sup>2</sup> приводит к достоверному увеличению ( $p < 0,001$ ) как размерно-весовых, так и гематологических показателей (см. табл. 1).

Эффективным способом улучшения качества покатинок кеты, кижуча и нерки является применение физической тренировки рыб в круговых бассейнах. Тренировка осуществлялась путем увеличения средней скорости кругового тока воды до 0,2—0,25 м/с в течение 1,5—3 месяцев. Найдено, что даже выращенная при обычном низком температурном режиме ( $t° = 1°С$ ) опытная молодь кеты после 1,5 месяцев тренировки превосходила контрольную как по массе ( $467,2 \pm 16,7$  мг против  $413,8 \pm 17,0$  мг;  $p < 0,05$ ), так и по гематологическим показателям (количество гемоглобина —  $7,5 \pm 0,31$  г% против  $6,3 \pm 0,28$  г%;  $p < 0,01$ ). Хороший эффект дает сочетание физической нагрузки с подогревом воды до  $5°С$  (масса молоди  $1308 \pm 35$  мг против  $1196 \pm 36$  мг,  $p < 0,05$ ; гемоглобин —  $8,3 \pm 0,35$  г% против

$7,4 \pm 0,19$  г%;  $p < 0,05$ ). В большинстве поставленных опытов обнаружено достоверное увеличение относительной массы сердца тренированных покатников ( $2,98 \pm 0,06\%$  против  $2,70 \pm 0,06\%$ ;  $p < 0,001$ ). По плавательной способности (времени устойчивости к стандартной скорости течения  $0,3-0,45$  м/с) молодь опытных групп превосходила контрольных в 2—4 раза.

Ультраструктурный анализ эпителиоцитов пищеварительного тракта молоди, проведенный с помощью методов электронной микроскопии, позволил выявить конкретные клеточные механизмы улучшения физиологического состояния смолтов. Для эпителиоцитов тренированных рыб характерна исключительно высокая интенсивность эндоцитоза, сократительная активность микроворсинок щеточной каймы, многочисленность функционально активных митохондрий. По количеству эндоцитозных везикул на стандартном по площади ( $25 \text{ мкм}^2$ ) участке апикальной зоны энтероцита тренированная молодь превосходила нетренированную более чем вдвое —  $160,5 \pm 1,0$  шт. против  $64,5 \pm 0,7$  шт. ( $p < 0,001$ ). Существенно различались и значения ширины зоны, занятой везикулами — в среднем 5 мкм и более против 2—2,5 мкм.

Важнейшим абиотическим фактором внешней среды, влияющим на интенсивность обменных процессов, скорость морфогенеза и темп роста лососевой молоди, является температура воды (Рыжков, 1976). Использование теплых вод является перспективным направлением увеличения эффективности лососеводства (Donaldson, 1978; Басов, 1986; Kazakov et al., 1988; Кляшторин, Смирнов, 1990). В ходе работы получены и приведены экспоненциальные кривые роста молоди кеты, горбуши, кижуча и нерки, выращенной при разных температурах. Показано, что подогрев воды до  $5-8^\circ\text{C}$  позволяет получать за 4—6 месяцев молодь массой более 3 г, в то время как при низкой температуре ( $1^\circ\text{C}$ ) масса молоди не превышает  $0,2-0,5$  г. Это дает возможность вырастить за один рыбоводный цикл смолтифицирующуюся молодь кижуча и нерки, в то время как в природе на это требуется 2—3 года.

Повышение температуры воды приводит к увеличению показателей гемоглобина ( $6,7-9,7$  г% против  $6,0-6,4$  г%) и количества эритроцитов в крови ( $0,80-0,98$  млн./мм<sup>3</sup> против  $0,64-0,81$  млн./мм<sup>3</sup>), способствует усилению процессов кроветворения и обуславливает нормальный лимфоидный характер белой крови.

## Глава V. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СМОЛТИФИКАЦИЮ ЛОСОСЕВЫХ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ МОЛОДИ

Сформированность осморегуляторной системы лососевой молоди является одним из важнейших критериев ее рыбоводного качества

(Баранникова и др., 1983; Краюшкина, 1983; Смирнов, Кляшторин, 1988, 1989). Анализ механизмов приспособления к воде разной солености представляет неизменный интерес при определении сроков «созревания» смолтов и времени начала миграции рыб из пресной воды в море (Наточин, Лаврова, 1984). Ввиду исключительной важности повышения солеустойчивости в период подготовки молоди к скату материал по влиянию различных факторов на осморегуляторные процессы и смолтификацию выделен в специальную главу. В ней рассмотрено влияние на осморегуляторную способность физической нагрузки, солевых добавок в рационы и постепенной акклимации молоди к воде нарастающей солености. В отдельном разделе приведены физиологические показатели лососевой молоди при выращивании в морской воде.

При переводе в морскую воду тренированной и нетренированной молоди кеты выявлена различная степень солевой толерантности. Для сравнения степени изменения концентрации ионов у различных экспериментальных групп молоди в морской воде был применен относительный показатель накопления электролитов в теле молоди через 72 ч после перевода в соленость по сравнению с их уровнем в пресной воде (рис. 2). Особенно резкое различие между тренированной и нетренированной молодью характерно для содержания двухвалентных катионов. Выделение этих ионов осуществляется, в основном, почками и необходимо отметить положительное влияние физических нагрузок на становление ионсекретирующей функции этого органа. Показательно сравнение магнийрегулирующей функции тренированных и нетренированных рыб, выращенных с подогревом воды (рис. 3). У тренированных смолтов через 72 ч содержание магния в теле почти полностью возвращается к исходному уровню, в то время как у нетренированных оно значительно превышает его —  $164,4 \pm 13,3\%$ .

Введение в течение месяца в рационы для молоди кеты добавок поваренной соли в количестве 12% от массы корма также способствует становлению адаптационных механизмов к гипертонической среде. При этом усиливается активность транспортных ферментов пищеварительного тракта, наблюдаются приспособительные изменения в структуре тканей желудка и кишечника. Это выражается в раскрытии протоков желез, формировании мощной дренажной системы, соединяющей просвет кишечника с подслизистым слоем. В энтероцитах происходит поляризация структурных элементов клетки, смещение митохондрий в базальную область, просветление апикальной зоны, образование многочисленных разноразмерных везикул.

Весьма интересно изучение клеточных механизмов реакций пищеварительного тракта молоди в ходе адаптации к соленой воде. Известно, что морские рыбы для предотвращения дегидратации пьют морскую воду, а жабрами и почками экскретируют избыток электролитов. Поэтому состояние эпителия желудочно-кишечного тракта при

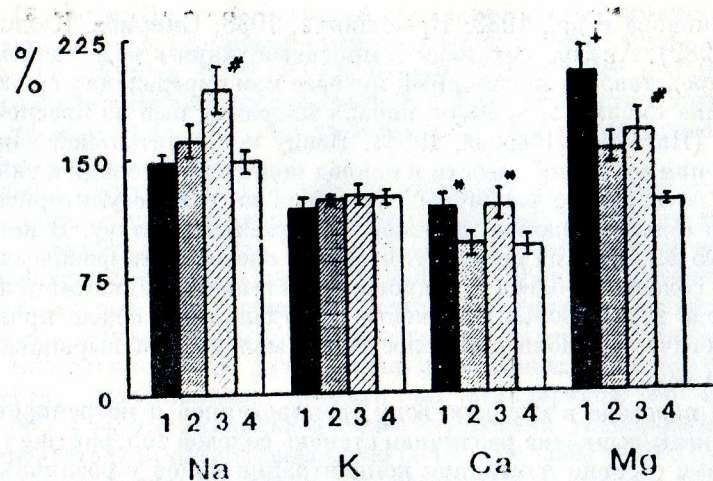


Рис. 2. Содержание электролитов в теле молоди кеты (по сравнению с пресной водой, в %) после 72-час. выдерживания в морской воде: 1 — 1,6–2° С, < 0,05 м/с; 2 — 1,6–2° С, 0,2 м/с; 3 — 6–8° С, < 0,05 м/с; 4 — 6–8° С, 0,2 м/с. Достоверность отличий: \* —  $p < 0,05$ ; + —  $p < 0,01$ ; # —  $p < 0,001$ .

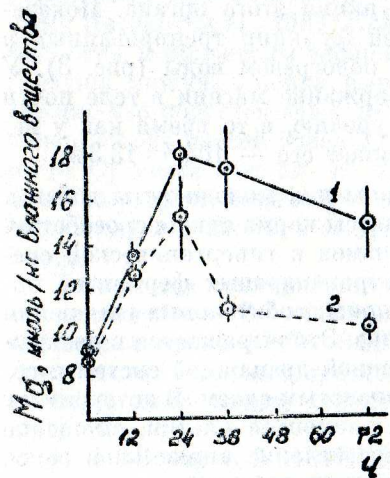


Рис. 3. Динамика содержания магния в теле тренированной и нетренированной молоди кеты при переводе в соленость 30‰: 1 — нетренированная молодь; 2 — тренированная молодь

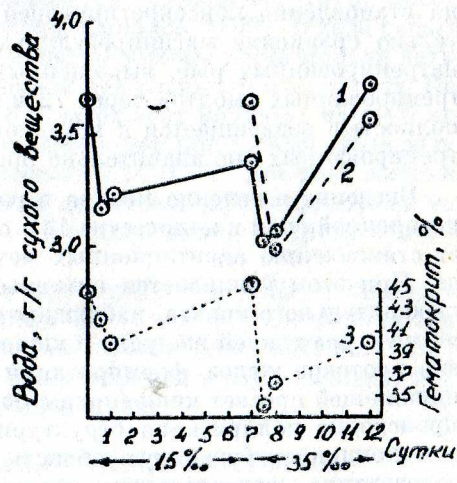


Рис. 4. Содержание воды в теле (1—2) и величина гематокрита (3) у молоди кижуча в ходе адаптации к соленой воде: 1,3 — постепенный перевод; 2 — резкий перевод

перевод в соленость тоже служит одним из характерных показателей качества смолтов. По данным сканирующей электронной микроскопии при переводе в морскую воду (35‰) контрольной молоди в желудочно-кишечном тракте наблюдаются разрушения и разрывы эпителиального пласта, для тренированной характерно четкое контурирование клеточных границ энтероцитов, хотя разрывов эпителия не обнаружено, и самая лучшая картина найдена у молоди, которой вводили в рацион добавки поваренной соли — явных патологических нарушений не обнаружено.

Полученные данные хорошо скоррелированы с выживаемостью молоди (отход в отдельных контрольных группах до 40% против 1–12% в опытах) и данными по концентрации натрия в плазме крови после 24-час. выдерживания в морской воде. Так, у контрольной заводской молоди содержание натрия повышалось с  $136,8 \pm 6,9$  ммоль/л (пресная вода) до  $184,9 \pm 10,2$  ммоль/л, у молоди кеты, выращенной с физической тренировкой — до  $161,4 \pm 5,1$  ммоль/л, и у молоди, получавшей солевую диету — до  $167,1 \pm 5,4$  ммоль/л. При переводе в морскую соленость контрольной молоди, предварительно выдержанной неделю в солоноватой воде (15‰), концентрация натрия в плазме была ниже, чем при резком переводе, и составляла  $165,2 \pm 9,3$  ммоль/л. Постепенный перевод в морскую воду оказался также более эффективным для сеголетков кижуча и нерки. При резком переводе в морскую соленость кижуча (масса особей 2–4 г) концентрация натрия повышалась до  $184,6 \pm 11,5$  ммоль/л, при постепенном — только до  $166,0 \pm 11,6$  ммоль/л. Молодь нерки (масса 1 г) не выдерживала резкого перевода в соленость 35‰ — концентрация натрия повышалась до  $233,5 \pm 11,6$  ммоль/л и рыба на вторые сутки погибала. При постепенном переводе, с предварительным выдерживанием в солоноватой воде, концентрация натрия составляла  $183,8 \pm 7,3$  ммоль/л и погибало только 30% молоди (наиболее мелкой).

Параллельно с определением концентрации натрия исследовалась величина дегидратации тела молоди, а также измерялось соотношение форменных элементов и плазмы (гематокрит) (рис. 4). Данные показатели оказались скоррелированы между собой и, по всей видимости, показатель гематокрита также можно использовать для охарактеризования успешности солевой адаптации.

Таким образом, искусственным путем можно способствовать становлению осморегуляторных способностей молоди лососевых рыб.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Улучшению качественных показателей и физиологической полноценности молоди тихоокеанских лососей, выпускаемой заводскими предприятиями Магаданской области, способствует оптимизация биотехники выращивания, заключающаяся в использовании естественных водоемов, а также в улучшении заводских условий содер-



жания молоди (снижение плотностей посадок, повышение температуры воды, физический тренинг рыб в круговых бассейнах, введение солевых добавок в рационы, постепенный перевод молоди в морскую воду).

Большой интерес вызывает анализ влияния факторов внешней среды на становление и развитие различных функциональных систем организма. Одним из основных индикаторов полноценности молоди является кровь. Увеличение гематологических показателей (содержания гемоглобина, количества эритроцитов и лейкоцитов) происходит при разрежении плотностей посадок, переводе молоди в естественные выростные пруды, физическом тренинге, повышении температуры. Подобные зависимости на других видах рыб обнаружены и другими исследователями (Остроумова, 1957, 1960, 1966; Глаголева, 1981; Волков и др., 1984). Можно заключить, что увеличение показателей крови тесно связано с повышением интенсивности обменных процессов в организме. Быстрый рост личинок и мальков связан с усилением кроветворения и повышением процентного содержания незрелых форм эритроцитов. Но при этом следует учитывать, что с возрастом эритропоэз замедляется. Лейкоцитарная формула лососевой молоди в норме имеет четко выраженный лимфоидный характер (70—90% лимфоцитов). При низких температурах, переуплотнении, соленостной адаптации увеличивается количество моноцитов и полиморфноядерных лейкоцитов.

Увеличение сердца рыб найдено при физической тренировке, переводе в соленую воду. Интересно отметить, что молодь быстрорастущих видов лососей с коротким пресноводным периодом (горбуша, кета) имеет более высокий индекс сердца, чем молодь с длительным пресноводным периодом (кижуч, перка). Вероятно, гипертрофированное сердце позволяет молоди лучше адаптироваться к физическим и солевым нагрузкам. В литературе также показаны различия относительной массы сердца у лососей из больших и малых рек (Рухлов, 1979), у быстро- и медленно растущих рыб (Смирнов и др., 1972; Добринская и др., 1978), у тренированных и нетренированных особей (Михайленко, 1990).

Характерным показателем качества молоди и адекватности условий выращивания может служить состояние пищеварительной системы. В ряде случаев найдено уменьшение относительной массы желудочно-кишечного тракта молоди, выращенной при повышенной температуре воды. Недоразвитие пищеварительной системы при акселерации уже отмечено в литературе для молоди кеты (Городилов и др., 1987). М.-Л. Альбрехт (Albrecht, 1969) связывает уменьшение относительной массы внутренних органов рыб на теплых водах с усилением стрессовых воздействий. Но в литературе имеется и другое мнение, согласно которому высокая температура увеличивает эффектив-

ность усвоения пищи, других физиологических процессов и, таким образом, прирост биомассы на единицу длины кишечника оказывается выше (Остроумова, 1983). Вернее всего, последнее является более обоснованным, так как в нашем случае молодь хорошо росла, по другим показателям была физиологически полноценна и успешно адаптировалась к морской воде, что является одним из основных показателей ее качества.

Высокую демонстративность функциональных процессов в пищеварительном тракте лососевой молоди показали данные энзимохимического и ультраструктурного гистологического анализа. Перевод на подрачивание в естественные водоемы, повышение температуры воды и физическая тренировка рыб приводят к усилению активности ферментов и интенсификации функций эпителиальных клеток желудка и кишечника: увеличивается ядерно-плазматический обмен, усиливается эндоцитоз, проявляется сократительная активность микроворсинок щеточной каемки.

Одним из основных критериев физиологической полноценности молоди лососевых рыб является сформированность осморегуляторной системы. Успешная адаптация молоди связана с перестройкой нейрогормональных механизмов осмо- и ионорегуляции, восстановлением водного и электролитного баланса, сохранением цитоскелета, увеличением количества митохондрий, интенсивной везикуляцией апикальной зоны клеток пищеварительного тракта и жабр. Проведенный в пресной воде во время заводского выращивания физический тренинг и введение солевых добавок в рационы способствуют форсированию адаптационных механизмов и существенно снижают элиминацию молоди в морской воде. Ранний морской период жизни является особо важным в биологии лососей, одним из основных факторов, лимитирующих их численность. Поэтому необходимо обязательно брать его под рыбоводный контроль — применять постепенный перевод молоди в соленость, проводить подрачивание рыб в солоноватой и морской воде.

Результаты, полученные в настоящей работе, свидетельствуют о том, что физиологические показатели рыб значительно отличаются в зависимости от условий выращивания молоди. Для лососей свойственны и специфические видовые особенности. Это необходимо учитывать при установлении рыбоводного стандарта. Рекомендуемая рыбоводная шкала качественного состояния молоди представлена в таблице 2 (сокращенный вариант). Для получения полноценной высокожизнестойкой молоди необходимо строго соблюдать биотехнику искусственного воспроизводства и применять предложенные вышеперечисленные методы улучшения качества лососевых покатников.

Для повышения промысловых возвратов главное направление рыбоводства должно быть нацелено не на увеличение количества выпускаемой заводами молоди, а, прежде всего, на улучшение качества ло-

Рыбоводные стандарты физиологической полноценности молоди лососевых рыб для получения на рыбоводных заводах Магаданской области при различных условиях содержания

Показатели рыбоводного качества	Виды рыб, условия выращивания молоди						
	Кета: цех-питомник, t° = 1-2° C, 4 мес	Кета: естественный пруд, t° = 2-3° C, 2-3 мес	Кета: круговые бассейны, t° = 5-8° C, 2 мес	Кета: круговые бассейны, t° = 5-8° C, 4 мес	Кета: круговые бассейны, t° = 10° C, 2 мес	Кижуч: круговые бассейны, t° = 5-8° C, 5-6 мес	Нерка: круговые бассейны, t° = 5-8° C, 5-6 мес
Длина (ас), мм	39-40	42-45	49-51	70-15	54-58	70-75	48-52
Масса (Р), г	0,5	0,6-0,8	0,9-1,0	3,0	4,5	3,0-4,0	0,8-1,1
Коэффициент ухитанности по Фульгону (Кф)	1,20-1,25	1,20-1,25	1,05-1,10	1,05-1,15	1,05-1,15	1,25-1,35	1,20-1,35
Гемоглобин, г%	7,0-8,0	7,0-8,0	7,5-9,0	8,5-9,0	8,0-9,0	8,0-9,0	8,0-9,0
Количество эритроцитов, млн./мм <sup>3</sup>	0,8-0,9	0,8-0,9	0,9-1,0	0,9-1,1	0,8-1,0	0,8-1,0	0,9-1,0
Лимфоциты, %	70-80	70-80	85-90	85-90	80-90	85-95	80-90
Моноциты, %	5-10	5-10	1-2	0,5-2	0,5-2	0,5-2	0,5-2
Полиморфноядерные лейкоциты, %	10-20	10-20	8-13	8-17	8-17	5-13	8-17
Относительная площадь жировых пустот печени, %	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Плавательная способность при скорости течения 0,35 м/с или 0,45 м/с (+), мин	>5	>5	>10	>10+	>10+	>10+	>4+
Выживаемость в морской воде (35‰), %	75	75	100	100	100	100	>70

сосевых смолтов. Только физиологическая полноценность молоди определяет экологическую и экономическую результативность лососеводства (Кляшторин, Смирнов, 1990). И, несомненно, само по себе широкое использование методов физиологической оценки заводской молоди требует скорейшего внедрения в производство эффективных способов улучшения качества покатников. Но до тех пор, пока главными нормативными критериями оценки деятельности рыбоводных заводов и бассейновых управлений по воспроизводству рыбных запасов будут только количественные показатели выпуска, решение проблемы увеличения численности лососевых стад будет постоянно сталкиваться со многими трудностями. Естественный выход из сложившейся ситуации — перевод рыбоводных предприятий страны в условия экономической зависимости от величины промыслового возврата, в чем мы видим перспективность и будущее нашего рыбоводства.

## ВЫВОДЫ

1. Улучшению качества и физиологической полноценности молоди тихоокеанских лососей на рыбоводных заводах Магаданского региона способствует оптимизация биотехники выращивания, заключающаяся в использовании естественных водоемов, а также в улучшении заводских условий содержания молоди (снижение плотностей посадок, повышение температуры воды, физический тренинг рыб в круговых бассейнах, введение солевых добавок в рационы, постепенный перевод молоди в морскую воду).

2. Перевод молоди кеты из цеха-питомника в естественные выростные пруды приводит к снижению кормовых затрат, ускорению роста, более эффективному функционированию кровеносной и пищеварительной систем организма. В крови повышается содержание гемоглобина и количество эритроцитов, усиливается эритропоэз. В эпителиальных клетках желудочно-кишечного тракта происходит усиление основных клеточных процессов — эндоцитоза, белкового синтеза и клеточной энергетики.

3. Повышение температуры воды в бассейнах до 5—10°С значительно улучшает качественные показатели молоди всех видов лососевых: приводит к существенному увеличению навески покатников горбуши и кеты, а также позволяет менее чем за один год получать жизнестойкую молодь кижуча и нерки, способную успешно адаптироваться к морской воде. При этом улучшаются гематологические показатели, стимулируется эритропоэз и происходит нормализация соотношения форменных элементов белой крови. Эпителий желудочно-кишечного тракта демонстрирует пример высокой функциональной активности, которая выражается в усилении процессов эндоцитоза. Образуется многочисленные инвазии и эндосомы, повышается ширина зоны, занятая эндоцитозными везикулами.

4. Применение физического тренинга рыб путем увеличения скорости течения воды в круговых бассейнах до 0,1—0,25 м/с в большинстве случаев приводит к повышению массы молоди по сравнению с контролем. При физических нагрузках у молоди кеты, кижуча и нерки увеличиваются индексы внутренних органов, особенно индекс сердца, повышаются значения гематологических показателей. В эпителиальных клетках кишечника усиливается эндоцитоз и возрастает количество митохондрий. Тренированные рыбы отличаются более высокой физической выносливостью на течении и по плавательной способности более чем вдвое превосходят контрольную молодь.

5. Увеличение скорости течения в круговых бассейнах оказывает положительное влияние на становление системы осморегуляции и ионной регуляции, а также способность заводской молоди адаптироваться к морскому образу жизни. Лучшая приспособленность тренированной молоди к соленой воде отражается на выживаемости, степени и продолжительности дегидратации, динамике и уровне накопления электролитов в организме. Состояние системы регуляции обмена магния в морской воде значительно улучшается при сочетании физической тренировки с повышением температуры воды.

6. Введение в рационы молоди кеты добавок поваренной соли в количестве 12% от массы корма способствует становлению адаптационных механизмов к гипертонической среде. При этом усиливается активность транспортных ферментов пищеварительного тракта, наблюдаются приспособительные изменения в структуре тканей желудка и кишечника. Это выражается в раскрытии протоков желез, формировании мощной «дренажной» системы, соединяющей просвет кишечника с подслизистым слоем. В энтероцитах происходит поляризация структурных элементов клетки, смещение митохондрий в базальную область, просветление апикальной зоны, образование многочисленных мелких, крупных и продолговатых везикул.

7. При переводе в морскую воду тренированной молоди кеты и молоди, получавшей солевую диету, у покатников, наряду с лучшей выживаемостью и стабилизацией водно-солевого баланса, обнаружена высокая сохранность эпителиальных структур желудочно-кишечного тракта, в то время как в контроле наблюдались нарушения целостности эпителия, глубокие межклеточные разрывы, разрушение и потеря щеточной каемки.

8. При постепенном наращивании солености воды происходит перестройка осморегуляторной системы даже сравнительно небольшой молоди кижуча и нерки (массой 1—5 г) — лососей, для которых в естественных условиях характерен длительный пресноводный период. У рыб восстанавливаются водный баланс и уровень натрия в плазме крови, в отделах желудочно-кишечного тракта значительно менее выражены деструктивные изменения эпителиальных покровов и внутриклеточных органелл.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработан комплекс мероприятий и рекомендаций с целью повышения качества выращиваемой молоди различных видов тихоокеанских пососей, включающий как использование площадей естественных водоемов, так и оптимизацию биотехники содержания молоди в условиях рыбоводных заводов. Для Магаданского региона предлагается следующая общая схема получения физиологически полноценных лососевых покатников:

а) горбуша — инкубация икры на заводах, вылупление и выдерживание личинок в естественных водоемах с приемлемыми экологическими условиями и обязательным рыбоводным контролем;

б) кета — использование естественных выростных прудов для подращивания молоди, применение методов улучшения качества покатников на заводах — подогрев воды, оптимизация плотностей посадок, физический тренинг, введение солевых добавок в рационы, подращивание молоди в морской воде;

в) кижуч и нерка — ускоренное подращивание с использованием подогрева воды, сокращение пресноводного периода до одного года и перевод незадолго до выпуска в солоноватую и морскую воду с постепенным наращиванием солености.

2. Для оценки физиологического состояния лососевой молоди рекомендуется применять следующий комплекс показателей и тестов:

а) размерно-весовые и морфофизиологические показатели — масса, длина, упитанность, индексы внутренних органов;

б) гематологические и гистологические показатели — содержание гемоглобина в крови, количество эритроцитов и лейкоцитов, лейкоцитарная формула, относительная площадь жировых пустот печени, по возможности, морфологическая картина отделов желудочно-кишечного тракта и количество эндоцитозных везикул на определенной площади апикальной зоны энтероцита;

в) показатели функциональной устойчивости — плавательная способность при повышенной скорости течения, выживаемость в морской воде, показатели стабилизации водно-солевого баланса после перевода в морскую воду.

Нормативные значения показателей для различных условий выращивания молоди приведены в предлагаемой шкале рыбоводного стандарта (с. 16).

#### СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Хованский И. Е. Морфофизиологическая и функциональная оценка заводской молоди кеты, выращенной при различных гидрологических режимах //Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1990. Вып. 306. С. 121—128.

2. Скопичев В. Т., Ноздрачев А. Д., Ряховская Л. В., Фомин А. В., Хованский И. Е. Влияние состава и консистенции кормов на структурно-функциональную организацию желудочно-кишечного тракта молоди кеты //Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1990. Вып. 306. С. 129—143.

3. Хованский И. Е. Выдерживание личинок горбуши в условиях искусственного канала //Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1990. Вып. 307. С. 157—168.

4. Хованская Л. Л., Хованский И. Е., Фомин А. В. Влияние даводков на интенсивность ската заводской молоди кеты и сравнительная физиологическая оценка природных и заводских покатников //Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1990. Вып. 307. С. 206—214.

5. Скопичев В. Т., Ноздрачев А. Д., Ряховская Л. В., Эпштейн Н. З., Хованский И. Е., Фомин А. В. Морфофункциональная характеристика процессов пищеварения у молоди кеты при выращивании на рыбоводных заводах //Физиология пищеварения и всасывания. Тез. докл. XV Всес. конф. — Краснодар, 1990. — С. 249.

6. Хованский И. Е., Фомин А. В., Сафроненков Б. П. Использование естественных водоемов для выращивания заводской молоди кеты //Рыб. хоз-во. 1991, № 10. С. 22—23.

7. Скопичев В. Т., Ноздрачев А. Д., Ряховская Л. В., Хованский И. Е., Фомин А. В. Морфологические показатели состояния желудочно-кишечного тракта молоди кеты при физических нагрузках //Вестник ЛГУ. Сер. 3. 1991. Вып. 4. № 24. С. 73—80.

8. Хованский И. Е., Шахматова Е. И., Карпенко Л. А. Электролитный состав кеты и горбуши в эмбриональный и ранний постэмбриональный периоды развития //Тез. докл. V Всес. конф. по раннему онтогенезу рыб. Астрахань, 1—3 окт., 1991. — М., 1991. — С. 91.

9. Хованский И. Е. Сравнение качественных показателей природной и заводской молоди кеты Северо-Востока СССР //Тез. докл. V Всес. конф. по раннему онтогенезу рыб. Астрахань, 1—3 окт., 1991. — М., 1991. — С. 203—204.

10. Хованский И. Е. Основные направления совершенствования биотехники искусственного воспроизводства различных видов тихоокеанских лососей в Магаданской области //Рациональное использование биоресурсов Тихого океана. Тез. докл. Всес. конф. — Владивосток, 1991. — С. 213—214.

11. Хованский И. Е. Возможность ускоренного получения смолтов кижуча //Рыб. хоз-во. 1992. № 3. С. 25—28.

