

на правах рукописи

УДК 639371.1

**ТАРАСИЮК Елена Васильевна**

**БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ  
И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
БИОТЕХНИКИ ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ  
ГОРБУШИ**

Специальность 03.00.10 - ихтиология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва, 2004

Работа выполнена в лаборатории лососевых рыб Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «СахНИРО»)

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор  
Микодина Екатерина Викторовна,  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии, г.Москва

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, старший научный сотрудник  
Кляшторин Леонид Борисович  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии, г.Москва

кандидат биологических наук  
Пукова Наталья Викторовна  
Департамент рыбохозяйственной политики  
Минсельхоза России, г. Москва

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский  
институт пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ)

Защита состоится 11 февраля 2005 г. в 11 часов на заседании диссертационного Совета Д 307.004.01 при Всероссийском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «ВНИРО») по адресу: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17

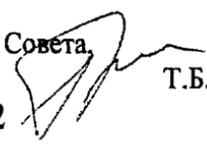
Отзывы на автореферат просьба присылать по адресу: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17, ВНИРО, ученому секретарю диссертационного Совета Д 307.004.01, факс (095) 264-91-87, электронная почта [vniro@vniro.ru](mailto:vniro@vniro.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии.

Автореферат разослан 10 декабря 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного Совета,  
кандидат биологических наук

2

  
Т.Б. Агафонова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Резервом для дальнейшего совершенствования существующей биотехнологии искусственного воспроизводства и увеличения коэффициентов возврата тихоокеанских лососей, среди которых важную роль играет горбуша, является возможность управления скоростью развития и роста. Такое управление должно основываться на знаниях количественных связей биологических показателей с факторами среды.

Применяемый в рыбоводной практике для количественного описания возраста эмбрионов и личинок показатель количества градусодней, вследствие его зависимости от температуры, не пригоден для этой цели. В качестве альтернативы Т.А. Детлаф (Детлаф, Детлаф, 1960) для осетровых рыб, а затем Ю.Н.Городиловым (Городилов, Свимонишвили, 1979) для атлантического лосося, был предложен метод «безразмерных характеристик», использующий относительные показатели: «тау-нулевое», и «тау-сомиты». Разработчиками метода впервые было предложено определение биологического возраста: *«биологическим возрастом зародыша называется численное выражение определенной степени морфологического развития, причем его величина постоянна и независима от условий среды, при которой происходит развитие»*) (Городилов, Свимонишвили, 1979). Использование безразмерных показателей позволяет измерять продолжительность развития с учетом видовой специфичности скорости развития (Детлаф, 2001).

Практическое применение метода безразмерных характеристик основано на использовании табличных значений, составление которых требует организации экспериментальных работ с привлечением биотехнологических систем, позволяющих проводить инкубацию икры при постоянных температурных режимах. По этой причине, применение метода «относительных характеристик» в рыбоводстве оказалось ограниченным. Не имея соответствующих табличных показателей безразмерных характеристик, описывающих развитие горбуши, мы попытались отыскать иной метод, осно-



ванный на понятии биологического возраста, но, в отличие от метода «относительных характеристик», использование которого было бы основано на более доступной информации. Разработанный метод мы назвали методом «масштабных характеристик», который затем был нами апробирован для количественного описания развития и роста горбуши.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы заключалась в разработке нового методологического подхода для количественного описания процессов развития и роста горбуши, и последующей подготовке, на основе его применения, рекомендаций по совершенствованию биотехники искусственного разведения этого вида. В связи с этим были поставлены следующие задачи.

1. Разработка нового метода определения биологического возраста горбуши на ранних этапах онтогенеза с использованием коэффициентов квадратичного экспоненциального уравнения.
2. Количественное описание развития горбуши с использованием концепции биологического возраста, определенного с помощью разработанного нами метода.
3. Определение оптимальных сроков выпуска молоди с лососевых рыбоводных заводов.
4. Разработка способа управления скоростью развития и роста молоди горбуши на ЛРЗ с помощью терморегуляции для получения молоди с заданными размерно-весовыми показателями в планируемые сроки.
5. Определение оптимального температурного режима для искусственного разведения горбуши на ЛРЗ юго-восточного Сахалина.

Научная новизна. В работе впервые разработан и апробирован на фактических данных метод «масштабных характеристик», предназначенный для количественного описания биологического возраста; дана хронология наступления этапов раннего онтогенеза горбуши в единицах «сутки биологического возраста»; выявлены регрессионные зависимости биологических показателей эмбрионов, свободных эмбрионов и личинок от биологиче-

ского возраста; выявлены зависимости темпа роста личинок от возраста начала кормления и температуры, связь между сроками ската дикой молоди горбуши и температурными условиями в прибрежье в период массовой покатной миграции у юго-восточного Сахалина. Рассчитан оптимальный температурный режим для искусственного разведения горбуши для ряда ЛРЗ юго-восточного Сахалина.

Практическая значимость работы. Определены оптимальные значения биологического возраста и условий среды для эффективного перевода личинок на экзогенное питание. На основе результатов исследований были разработаны и внедрены рекомендации по оптимизации сроков выпуска молоди горбуши и ее кормлению на сахалинских ЛРЗ. Оптимизация сроков выпуска и подращивание молоди позволили увеличить коэффициент возврата заводской молоди в 1990-е годы по сравнению с 1980-ми в среднем с 2,3% до 3,9%.

Предложенный в работе метод «масштабных характеристик» позволил с достаточной степенью точности прогнозировать сроки наступления значимых для биотехники разведения горбуши этапов ее развития и количественные характеристики биологических показателей.

Результаты моделирования биологических показателей с использованием биологического возраста могут быть использованы для разработки схем терморегуляции, планирования и оптимизации биотехнических процессов и экономических показателей ЛРЗ.

Метод «масштабных характеристик» может быть применен также и для других видов костистых рыб, являющихся объектами аквакультуры.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований были представлены на отчетной сессии СахНИРО в 2001 г., региональной конференции молодых ученых и специалистов Дальнего Востока «Биологические ресурсы шельфа, их рациональное использование и охрана» (Владивосток, 1981), научно-практической конференции «Экономические и социальные проблемы дальнейшего развития производительных сил Сахалинской

области» (Южно-Сахалинск, 1982), Третьем Всесоюзном совещании по лососевидным рыбам (Гольягти, 1988), Пятом Всероссийском совещании «Систематика, биология и биотехника разведения лососевых рыб» (Санкт - Петербург, 1994); конференции молодых ученых «Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов (Владивосток, 1997), международной научно-практической конференции «Прибрежное рыболовство - XXI век» (Южно-Сахалинск, 2001), всероссийской конференции «Ранние этапы развития гидробионтов как основа формирования биопродуктивности и запасов промысловых видов в Мировом океане» (Москва, 2001), 11-й ежегодной сессии НРАФС (Гонолулу, 2003).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, включающего 190 наименований, и 8 приложений. Работа изложена на 158 страницах машинописного текста, включает 28 таблиц и 34 рисунка.

Благодарности. Автор искренне признателен работникам ФГУ «Сахалинрыбвод» О.С.Любаевой, К.А. Князевой, В.Е. Дубровской, Л.К. Федоровой, Г.В. Никифоровой, а также руководителю ЗАО Пиленга В.М. Буркову, главному рыбоводу ЛРЗ Залом В.А. Белобржескому, оказывавшим практическую помощь в организации экспериментальных работ; главному специалисту СахНИРО Ф.Н.Рухлову, научному сотруднику ААКушнаревой за совместную работу и помощь в проведении экспериментов, научному руководителю, профессору Е.В.Микодиной за ценные замечания и рекомендации, сделанные в процессе работы над диссертацией, а также заместителю директора СахНИРО С.Н. Тарасюку за советы и помощь в подготовке диссертации.

## **Глава 1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ**

В основу работы положены материалы исследований, проведенных автором в 1985-1994 гг. на базе ЛРЗ Лесной, Охотский,

Березняковский, Соколовский, Залом, а также, на Пугачевском и Анивском заводах, расположенных в юго-восточной части острова Сахалин (рис.1).

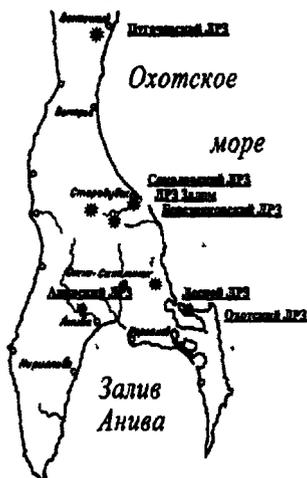


Рис 1 Схема расположения лососевых рыболовных заводов, на которых осуществлялся сбор материала

Для изучения длительности развития горбуши, использовали архивные рыбоводные данные за 1974—1996 гг. Анализировали материалы по длительности инкубации икры горбуши до массового вылупления (50%), и температуре, при которой протекало развитие эмбрионов (569 производственных партии).

Для описания хронологии наступления этапов эмбриогенеза горбуши использовали принятую для данного вида схему (Смирнов, 1975).

Наблюдения за развитием эмбрионов горбуши были проведены в трех экспериментальных вариантах, различающихся температурными условиями во время инкубации, на ЛРЗ

Лесной. До наступления VIII этапа развития отбор проб осуществляли ежедневно, затем - один раз в декаду. Отобрано 113 проб развивающейся икры. Большая часть наблюдений проведена на живых зародышах. Эксперименты по выдерживанию свободных эмбрионов горбуши в питомнике проводили на Лесном, Соколовском и Березняковском ЛРЗ, Пробы отбирали ежедекадно, эмбрионы фиксировали 4%-ным раствором формалина. Всего было отобрано 216 проб по 25 экз. Выдерживание личинок и мальков без искусственного кормления производили на Лесном, Соколовском, Охотском и Березняковском заводах. Пробы отбирали ежедекадно и фиксировали, собрано и проанализировано 47 проб.

Эксперименты по подращиванию молоди горбуши проведены на ЛРЗ Лесной, Охотский и Залом. При кормлении ис-

пользовали гранулированный корм японского производства, рацион составлял от 1,4 до 6,0 % от массы тела. Отобрано на биологический анализ 132 пробы.

Всего при проведении экспериментов в ходе инкубации, выдерживания и подращивания было собрано 515 проб, в которых проанализировано 16670 экз. молоди горбуши.

Для изучения динамики покатной миграции молоди горбуши с естественных нерестилищ использованы архивные материалы СахНИРО, собранные в апреле-июне 1971 - 1988 гг. на реке Бахура. Сезонную динамику температуры воды в прибрежье в период катадромной миграции анализировали с использованием информации гидрометеостанции «Стародубское» за апрель - июнь. Сроки выпуска отмечали по фактическим данным.

Для количественного описания зависимости длительности развития эмбрионов горбуши от температуры использовали двух и трехпараметрические функции, коэффициенты которых вычисляли способом наименьших квадратов. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью электронных программных средств, реализованных в Microsoft EXCEL и STATISTICA for Windows.

## **Глава 2. МЕТОД «МАСШТАБНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК» КАК НОВЫЙ МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПИСАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО - ВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАННЕГО ОНТОГЕНЕЗА ГОРБУШИ**

Инкубация икринок на рыбоводных заводах, расположенных на побережье юго-восточного Сахалина, протекает в диапазоне температур от 2 до 11°C, что входит в зону температурной толерантности для эмбрионального развития горбуши. Для количественного описания продолжительности развития ( $d$ , сутки) в зависимости от изменения температуры ( $T^{\circ}\text{C}$ ) были использованы 9 уравнений. Выяснено, что наилучшим образом исходные данные описывали 5 из них, в том числе, квадратичное экспоненциальное уравнение:  $d = 212,7427 \cdot e^{(-0,192295 \cdot T - 0,006427 \cdot T^2)}$  [1].

Уравнение [1] является усложненным вариантом экспоненциального уравнения Таути применяемого для описания скорости развития и для коэффициентов которого определен биологический смысл (Медников, 1977). Коэффициент 212,7427 соответствует длительности эмбриогенеза до вылупления при условной температуре 0°C, а коэффициенты 0,192295 и 0,006427 характеризуют прямолинейную связь между коэффициентом термолабильности Медникова и температурой, которая выявлена Ю.Н.Городиловым (1992). График уравнения (рис.2) хорошо описывает совокупность эмпирических точек в диапазоне от 2 до 11°C.

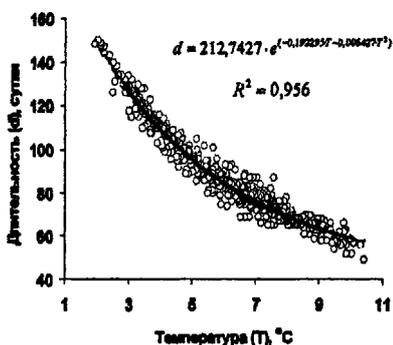


Рис. 2. График квадратичного экспоненциального уравнения, описывающего зависимость между длительностью эмбрионального развития горбуши и температурой

Выявленная связь легла в основу нового метода количественного описания биологического возраста. Предложенный нами метод был назван, по аналогии с методом «безразмерных характеристик» (Детлаф, Детлаф, 1960;-Городилов, Свимонишвили, 1979), **методом «масштабных характеристик»**.

Название определено тем, что в качестве единицы измерения в нем используется масштабный коэффициент квадратичного экспоненциального уравнения ( $a_i$ ), который определяется на каждый момент календарного времени, Поскольку при его вычислении возможно использование различных единиц измерения времени (сутки, часы, минуты), название метода дано во множественном числе. В пользу правомочности существования такой меры биологического возраста говорит то, что величина масштабного коэффициента ( $a_i$ ) не зависит от температуры, и представляет собой условную длительность развития до любого произвольно выбранного момента времени, протекающего

при стандартной, условной температуре 0°C. Такое значение температуры предопределено математическим смыслом натурального логарифма и не несет дополнительного биологического смысла. Величина ( $a_i$ ) является количественным выражением биологического времени, или биологического возраста (сутки, часы, минуты биологического возраста, в зависимости от размерности исходных данных).

Наиболее удобной единицей измерения биологического возраста для целей количественного описания процессов роста эмбрионов и личинок являются «сутки биологического возраста», далее - сутки б.в. Биологический возраст ( $a_i$ ) горбуши рассчитывается с использованием уравнения:

$$a_i = d_i \cdot e^{(0,192295 \cdot T - 0,006427 \cdot T^2)} \quad [2]$$

При расчете биологического возраста в условиях переменных значений среднесуточных температур используется показатель приращения биологического возраста за одни календарные сутки. Поскольку интервал наблюдений ( $d_i - d_{i+1}$ ) равен одним суткам, то:

$$(a_i - a_{i+1}) = e^{(0,192295 \cdot T + 0,006427 \cdot T^2)} \quad [3]$$

Уравнением удобно пользоваться при определении биологического возраста, начиная от нулевого значения, соответствующего дате оплодотворения и далее на каждые сутки наблюдений. На каждые последующие сутки необходимо к аккумулярованному значению биологического возраста добавлять соответствующее его приращение за прошедшие календарные сутки, используя значения температуры за пару смежных суток (табл. 1).

Биологический возраст, измеряемый методом «масштабных характеристик», по точности несколько уступает методу «безразмерных характеристик», но может применяться для прогнозирования наступления тех или иных этапов развития и количественного описания роста молоди горбуши в практическом рыбоводстве, где не требуется столь высокой точности, как в эмбриологических исследованиях.

Таблица 1

Пример подсчета биологического возраста эмбрионов горбуши на каждый день наблюдений на примере партии икры, заложённой на инкубацию 14.09.91, Лесной ЛРЗ

| Дата наблюдений | Среднесуточная температура ( $T^{\circ}\text{C}$ ) | Приращение биологического возраста ( $a_t - a_{t+1}$ ), (сутки б.в./календарные сутки) | Биологический возраст $a_t$ (сутки б.в.) |
|-----------------|--|--|--|
| 14.09.1991      | 10,6   | 0  | 0  |
| 15.09.1991      | 9,9  | 3,51   | 3,51                                     |
| 16.09.1991      | 10,0   | 3,53   | 7,04                                     |

Предлагаемый метод «масштабных характеристик» обладает достоинством простоты и доступности, так как коэффициенты квадратичного экспоненциального уравнения, описывающего скорость развития рыб, являющихся объектами: разведения, в зависимости от температуры, могут быть получены с использованием массивов наблюдений, накопленных на рыбоводных заводах, и не потребуют проведения специальных эмбриологических наблюдений.

### Глава 3. ХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРБУШИ В ЕДИНИЦАХ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

Расчет соответствующих значений биологического возраста с использованием метода «масштабных характеристик» позволил количественно проследить моменты наступления тех или иных этапов развития (табл. 2).

Выявленная хронология наступления соответствующих этапов эмбрионального развития позволяет прогнозировать наступление этапов при различных температурах в области их толерантных значений (рис.3).

Таблица 2

Хронология наступления этапов развития горбуши, определенных по Смирнову (1975), в единицах биологического возраста

| Этап развития | Название этапа  | Средний биологический возраст, сутки б. в. |
|---------------|---|--|
| V             | Формирование головы и туловища  | 33,5                                       |
| VI            | Обособление задней части туловища от поверхности желточного мешка                                       | 61,1                                       |
| VII           | Развитие подкишечно-желточной системы кровообращения  | 70,7                                       |
| VIII          | Возникновение кардинальных вен и смешанного подкишечно-желточного и печеночно-желточного кровообращения | 80,0                                       |
| IX            | Формирование печеночно-желточной системы кровообращения   | 99,4                                       |
| X             | Дифференциация верхних и нижних конусов миотомов  | 110,0                                      |
| XI            | Развитие подвижности челюстей, жаберных крышек, завершение инкубации                                    | 167,0                                      |
| XII           | Пассивное состояние зародышей   | 211,3                                      |
| XIII          | формирование непарных брюшных плавников и плавательного пузыря  | 231,0                                      |
| XIV           | Смешанного питания (личиночный период)  | 401,0                                      |

При этом используется квадратичное экспоненциальное уравнение [2], в котором масштабный коэффициент заменяется, соответственно, на значение биологического возраста, которому соответствует наступление тех или иных этапов развития.

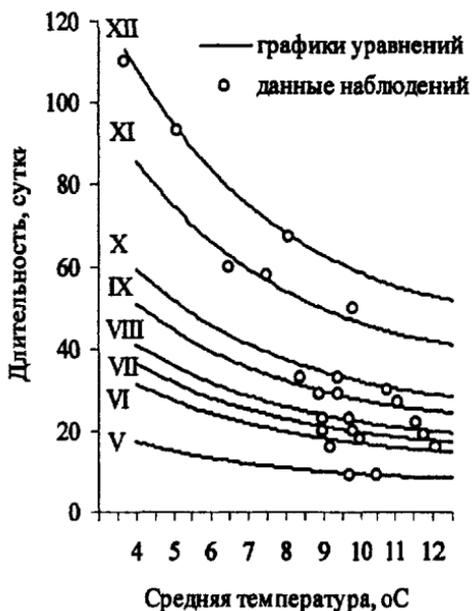


Рис. 3. Зависимость от температуры продолжительности развития зародышей горбуши до разных этапов, описанная с помощью метода «масштабных характеристик»

#### Глава 4. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ РОСТА ЭМБРИОНОВ И ЛИЧИНОК ГОРБУШИ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ

По нашим данным, рост эмбрионов горбуши внутри оболочки до вылупления в трех экспериментальных вариантах температурного режима (средняя температура развития 8,1; 5,1 и 3,7°C) происходил прямолинейно (рис. 4А). Использование в качестве шкалы времени биологического возраста" позволяет избежать ошибок, вызванных вариабельностью температуры, при количественной оценке темпа роста. На рис.4Б показан рост эмбрионов горбуши в тех же экспериментальных вариантах, однако, отнесенный к календарным суткам. Оказалось, что исходные данные описываются уже криволинейной функцией. Выявленное при этом мнимое замедление темпа роста в ходе развития эмбриона в условиях достаточной обеспеченности энергетическими ресурсами, имеющимися в желточном мешке,

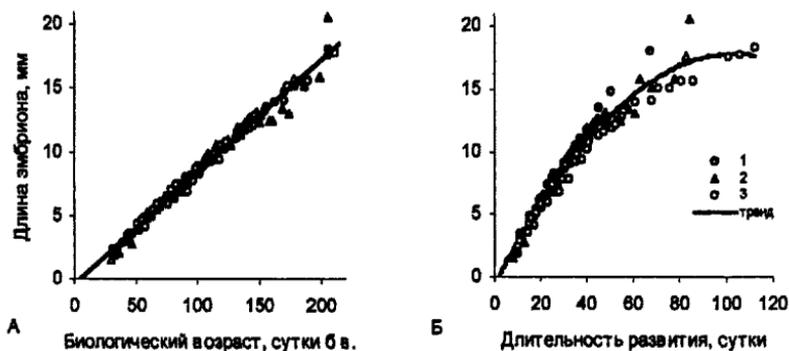


Рис. 4. Рост эмбрионов горбуши внутри оболочки икринки в трех экспериментальных вариантах в зависимости от А) биологического возраста и Б) возраста, выраженного в календарных сутках.

связано со снижением температур в этот период развития. Использование в качестве шкалы времени биологического возраста, который учитывает температуру развития, не будет подвержено указанному недостатку.

. Рост свободных эмбрионов горбуши (в интервале возрастов от 216 до 400 суток б.в.) происходит также прямолинейно (рис. 5). Изменение длины ( $L$ , мм) и массы тела ( $W$ , мг), описываются уравнениями [4-5] с коэффициентами детерминации, соответственно, 0,92 и 0,82:

$$L = 0,0632 \cdot a_i + 7,2979, \quad [4]$$

$$W = 0,5783 \cdot a_i + 9,9404 \quad [5]$$

Изучение динамики биологических показателей личинок горбуши в экспериментах без искусственного кормления показало, что по мере выдерживания скорость их роста замедлялась. Масса тела к возрасту 450 суток б.в. достигала предельных значений 230-250 мг после чего начинала уменьшаться. К возрасту 530 суток б.в. она снижалась до 190-200 мг, и суммарная потеря массы составила 18-33 % от максимальных значений. С этого момента резко возрастала смертность молоди, достигавшая 68 %.

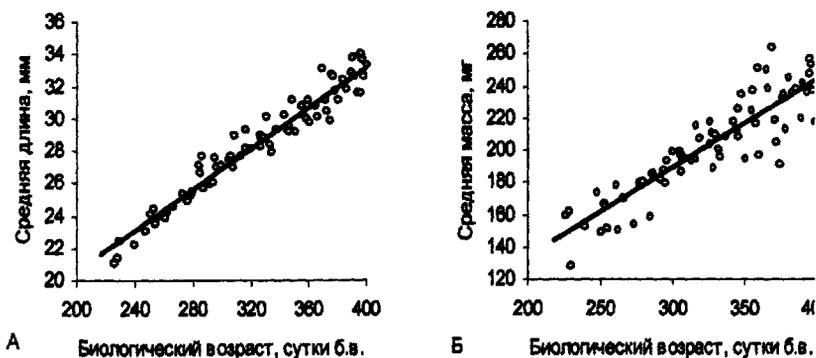


Рис. 5. Динамика средних размеров и массы тела свободных эмбрионов горбуши в пробах в зависимости от биологического возраста; А - длина тела, Б - масса тела

Экспериментальные работы по подрачиванию личинок горбуши позволили дать положительный ответ о целесообразности их кормления на ЛРЗ, а также определить возраст начала кормления и благоприятный температурный режим. Максимальных значений массы тела личинки горбуши достигали при температуре от 6 до 11°C и переводе свободных эмбрионов на искусственное кормление в возрасте менее 400 суток б.в., а при начале кормления личинок с возраста 401- 425 суток б.в. - при температурах от 7 до 8°C.

Максимально высокую скорость роста массы тела имели личинки, которых начали приучать к корму в возрасте менее 400 суток б.в. (рис. 6А). К возрасту 575 суток б.в. масса тела составляет 725,2 мг.

Степень аппроксимации данных уравнением регрессии составляла 87,7%, а само уравнение имело вид:

$$W_{a < 400} = 0,011067 \cdot a_i^2 - 8,0105 \cdot a_i + 1672,23; R^2 = 0,92; [6]$$

Начало кормления сразу после наступления личиночного периода показало также достаточную эффективность кормления и высокий темп роста, хотя график имел уже заметную кривизну (рис. 6Б). Уравнение регрессии, описывающее рост личинок при их кормлении с возраста 401-425 суток, было следующим:

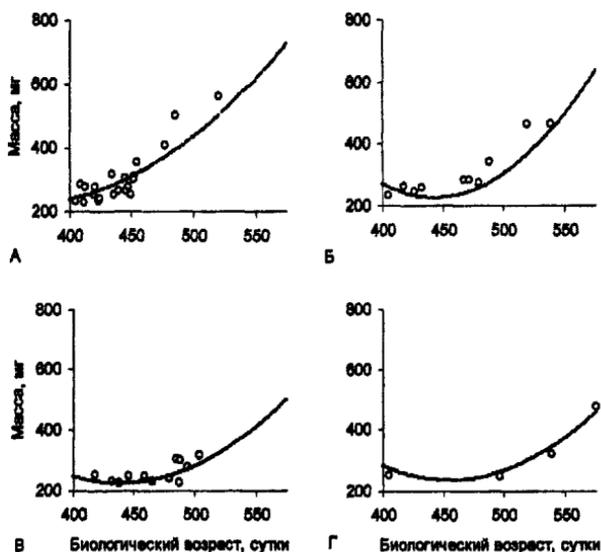


Рис. 6. Динамика массы тела молоди горбуши в зависимости от биологического возраста, с которого начато кормление: А - с возраста 375-400 суток б.в., Б - с возраста 401-425 суток б.в., В - с возраста 426-450 суток б.в., Г - с возраста 476-500 суток б.в.

$$W_{a < 425} = 0,023583 \cdot a_i^2 - 20,9161 \cdot a_i + 4864,23; R^2 = 0,83; [7]$$

В противоположность первым двум группам, личинки, кормление которых было начато в более позднем биологическом возрасте (от 425 до 450 и 475-500 суток б.в.), не проявляли компенсационного роста. Различие в темпе роста с первой группой молоди по мере увеличения возраста все более увеличивалось. Графики уравнений регрессии для этих групп [8-9] приведены ниже:

$$W_{a < 450} = 0,014831 \cdot a_i^2 - 13,0122 \cdot a_i + 3078,40; R^2 = 0,85; [8]$$

$$W_{a < 500} = 0,015593 \cdot a_i^2 - 14,2139 \cdot a_i + 3473,75; R^2 = 0,90. [9]$$

Проведенные исследования показали необходимость начала кормления молоди горбуши с возраста от 375 до 400 суток б.в., при температурах 6 - 10°С. Это позволяет выработать положительную

пищевую реакцию на наличие корма, достигнуть быстрого перехода молоди на смешанное питание и наивысших размерных показателей в ходе подращивания.

## **Глава 5. ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ВЫПУСКА И ПЕРСПЕКТИВЫ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ РАЗВИТИЯ И РОСТА МОЛОДИ ГОРБУШИ НА РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО САХАЛИНА**

Изучение динамики естественной покатной миграции горбуши у юго-восточного Сахалина в 1970-1980-е гг. позволило проанализировать сроки ската и установить их связь с прогревом прибрежных вод. Пик ската дикой молоди горбуши приходился на 2 - 16 июня. Средняя дата пика интенсивности ската соответствовала 9 июня и, с учетом 95% вероятности, приходилась на вторую пентаду месяца ( $8,7 \pm 1,9$  суток). Дата массового ската соответствовала наступлению прогрева прибрежной части моря до  $6,8 \pm 0,6^\circ\text{C}$  ( $6,2 - 7,4^\circ\text{C}$ ), с достижением которой следует синхронизировать выпуск молоди с ЛРЗ.

В 1960- 1970-е гг. молодь начинали выпускать с ЛРЗ в период с 23 апреля по 10 мая, в 1980-е гг. - с 13 мая по 22 мая. В 1990-е гг. сроки выпуска сместились на период с 27 мая по 4 июня. Средняя масса тела молоди горбуши, выпускаемой ЛРЗ юго-восточного Сахалина, в 1960-1980-е гг. составляла 221 - 247 мг. В 1990-е годы горбушу начали кормить, что позволило выпускать горбушу со средней навеской 236,0-284,4 мг, а в отдельные годы до 322 - 366 мг. В 1970-1980 гг. у юго-восточного Сахалина коэффициенты возврата заводской горбуши в среднем составляли 1,90%, в 1981-1990 гг. - 2,32% а в 1991 -2000 гг. - 3,90%.

Одной из возможных причин такого увеличения является произошедшее в этот же период времени изменение биотехники разведения горбуши. Оно заключалось в смещении сроков выпуска молоди до наступления благоприятных условий в прибрежье и, связанного с ним организации искусственного ее кормления, что

определило увеличение размеров молоди. Статистический анализ показал, что значимая положительная связь коэффициентов возврата наблюдается с размерами выпускаемой молоди ( $r=0,59$ ) и со сроками выпуска ( $r=0,65$ ), рис.7.

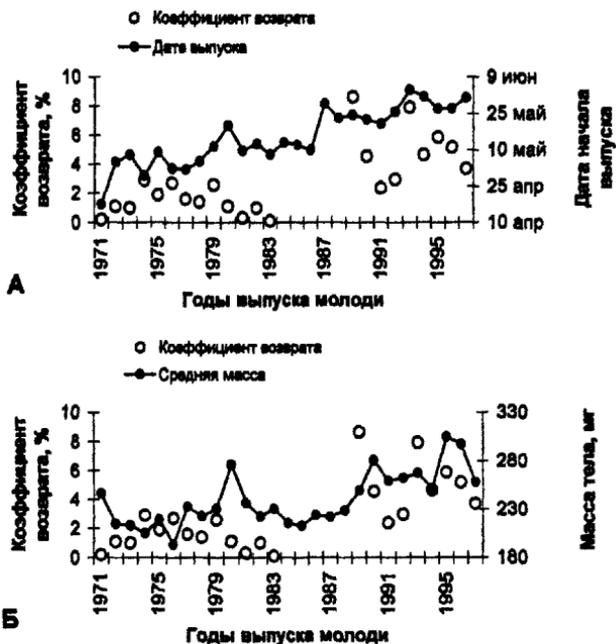


Рис. 7. Коэффициенты возврата горбуши на ЛРЗ юго-восточного Сахалина в 1971 - 1983, 1989 - 1997 гг., сроки выпуска (А) и масса тела выпускаемой с лососевых рыбоводных заводов молоди (Б)

Моделирование скорости развития и роста эмбрионов и личинок горбуши в зависимости от температуры водоисточников ЛРЗ юго-восточного Сахалина, показало, что, несмотря на кажущее сходство, она определяет различную степень успешности искусственного разведения горбуши. С помощью моделирования биологических показателей и скорости развития можно не только оценить существующую ситуацию на предмет соответствия температурного

режима физиологическим требованиям горбуши, но и разработать примерную схему терморегуляции (табл. 3).

Таблица 3

Температурный режим (фактический/рекомендуемый - выделено) по пентадам, рассчитанный для Лесного ЛРЗ

| Месяц | Пятидневки |          |          |          |          |         |
|-------|------------|----------|----------|----------|----------|---------|
|       | 1          | 2        | 3        | 4        | 5        | 6       |
| IX    | 13,4/8,0   | 15,1/8,0 | 11,8/8,0 | 11,2/8,0 | 10,8/8,0 | 9,9/8,0 |
| X     | 8,9/8,0    | 8,2/8,0  | 7,7/7,6  | 6,8      | 5,6      | 4,9     |
| XI    | 3,9        | 3,2      | 6,0      | 1,7      | 1,3      | 0,8     |
| XII   | 0,6        | 0,3      | 0,3      | 0,3      | 0,2      | 0,2     |
| I     | 0,2        | 0,2      | 0,2      | 0,2      | 0,2      | 0,2     |
| II    | 0,1        | 0,2      | 0,2      | 0,2      | 0,2      | 0,2     |
| III   | 0,2        | 0,3      | 0,2      | 0,3      | 0,3      | 0,4     |
| IV    | 0,7        | 1,1      | 1,4      | 2,0      | 2,9      | 3,6     |
| V     | 3,4/4,1    | 5,4/6,0  | 5,4/6,0  | 6,5      | 6,6      | 7,9     |
| VI    | 8,5        | 10,5     | -        | -        | -        | -       |

В результате применения терморегуляции и оптимальной схемы кормления и выпуска молоди личинки достигнут длины около 41 мм и массы 440 мг.

## ВЫВОДЫ

1. Масштабный коэффициент квадратичного экспоненциального уравнения, описывающего длительность развития горбуши в зависимости от температуры, может быть использован в качестве меры биологического возраста. Биологический возраст на любой момент эмбрионального и личиночного развития горбуши подсчитывается методом «масштабных характеристик» и представляет собой условную длительность развития горбуши при температуре воды, равной нулю.

2. Хронология наступления этапов развития горбуши в пределах толерантного диапазона температуры воды в сутках биологического возраста следующая: V этап наступает при 33-х, VI - 61-них, VII - 71-них, VIII - 80, IX - 99, X - 110, XI - 167-ми, XII - 211-ти, XIII - 240; этап личиночного развития - при 400 сутках б.в.

3. Перевод личинок горбуши на смешанное питание должен осуществляться при температуре 6-7°C. С возраста 380-400 суток б.в. следует проводить приучение личинок к корму, что определяет максимальный темп роста в дальнейшем. Допустимо начало подращивания с возраста 425-450 суток б.в. Более позднее начало кормления приводит к ухудшению перехода на экзогенное питание, снижению темпа роста и появлению ослабленной молоди.

4. На эмбриональных этапах развития линейный рост эмбрионов описывается уравнением прямой линии. У свободных эмбрионов в интервале от 216 до 400 суток б.в. изменение биологических показателей происходит в соответствии с прямолинейной зависимостью. Конечные размеры личинок определяются биологическим возрастом в начале кормления, температурой и длительностью подращивания и могут быть аппроксимированы с помощью квадратичных уравнений.

5. Массовый скат дикой молоди горбуши из рек юго-восточного Сахалина в среднем приходится на дату 9 июня, ей соответствует среднемноголетнее значение температуры воды в прибрежье около 7°C, с достижением которой следует синхронизировать выпуск молоди с ЛРЗ. Оптимизация сроков выпуска и подращивание молоди позволило увеличить коэффициент возврата заводской молоди в 1990-е годы по сравнению с 1980-ми в среднем с 2,3% до 3,9%.

6. Использование метода «масштабных характеристик» и выявленных количественных связей позволяет на основе данных по температурному режиму ЛРЗ моделировать динамику биологических показателей молоди горбуши в процессе ее искусственного разведения и разрабатывать оптимальные схемы терморегуляции, соответствующие требованиям вида.

## Список работ автора по теме диссертации

Тарасюк Е.В. (Каева В.Е., Тарасюк Е.В.). О влиянии некоторых факторов на рост молоди горбуши в период подращивания в садках // Биол. ресурсы шельфа, их рац. использ. и охрана : Тез. докл. рег. конф. молодых учен. и специалистов Дальнего Востока. - Владивосток. -1981. - С. 57 - 58.

Тарасюк Е.В. (Каева В.Е., Тарасюк Е.В.). Некоторые особенности раннего онтогенеза молоди лососей в связи с воздействием антропогенных факторов // Эконом. и социал. проблемы дальнейшего развития производ. сил Сах. обл.: Материалы II науч.-практ. конф. (Ю-Сах., 19-21 окт. 1982 г.). - Ю-Сах. -1982. - Вып. 2. - С. 222-224.

Тарасюк Е.В. (Каева В.Е., Тарасюк Е.В.). Влияние плотности посадки личинок горбуши в питомнике на их развитие и рост // Рыб. хоз-во. -1986. - № 2. - С. 27 - 29.

Тарасюк Е.В. (Каева В.Е., Тарасюк Е.В.). Об изменчивости пластических признаков молоди горбуши // Тез. III Всесоюз. совещ. по лососевид. рыбам (Тольятти, март 1988 г.). - Тольятти. -1988. - С. 138-139.

Тарасюк Е.В. (Каева В.Е., Тарасюк Е.В.). Морфобиологические особенности заводский молоди горбуши, формирующиеся под воздействием условий развития // Тез. III Всесоюз. совещ. по лососевид. рыбам (Тольятти, март 1988 г.). - Тольятти. -1988. - С. 138-139.

Тарасюк Е.В. Скорость развития горбуши на ранних этапах онтогенеза // Тез. III Всесоюз. совещ. по лососевид. рыбам (Тольятти, март 1988 г.). - Тольятти. -1988. - С. 327-328.

Тарасюк Е.В. (Тарасюк С.Н., Тарасюк Е.В.). Применимость метода безразмерных характеристик и уравнения Таути для прогнозирования длительности стадий эмбриогенеза рыб // Ранний онтогенез объектов марикультуры : Сб. науч. тр. - М.: ВНИРО, 1989-С. 102-113.

Тарасюк Е.В. Оптимизация сроков выпуска горбуши с рыбодовных заводов юго-восточного побережья острова Сахалин // Систематика, биология и биотехника разведения лососевых рыб: Мат. V Всеросс. совещ. - СПб.: ГосНИОРХ, 1994. - С. 185-186.

Тарасюк Е.В. Биологическое обоснование регулирования продолжительности эмбрионально-личиночного развития горбуши на рыбодовных заводах острова Сахалин // Систематика, биология и биотехника разведения лососевых рыб : Мат. V Всерос. совещ. - СПб.: ГосНИОРХ, 1994.-С. 186-188.

Тарасюк Е.В., Кушнарера А.А. Факторы среды роста молоди горбуши при ее подращивании в условиях сахалинских рыбодовных заводов // Биомониторинг и рац. использ. гидробионтов : Тез. докл. конф. молодых учен. - Владивосток: ТИНРО-Центр, 1997.-С. 46-48.

Тарасюк Е.В. Результаты изучения роста и выживаемости молоди горбуши в соленой воде // Вопр. рыболовства. - 2000. - Т. 1. - № 2-3. - 4. II. - С. 133-135.

Тарасюк Е.В. Результаты исследований по совершенствованию биотехники искусственного разведения горбуши // Прибреж. рыболовство - XXI век: Тез. междунар. науч.-практ. конф. (19-21 сент.2001 г.). - Ю-Сах.: Сах.книж.изд-во,2001.-С. 114-115.

Тарасюк Е.В. Количественное описание скорости развития и роста молоди горбуши с использованием биологического возраста // Вопр. рыболовства. Прил. 1. Мат. Всерос. конф. «Ранние этапы развития гидробионтов как основа формирования биопродуктивности и запасов промысловых видов в Мировом океане». - М. - 2001. - С. 256-259.

Тарасюк Е.В. Влияние возраста начала кормления и температуры на рост молоди горбуши // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Тр. Сахал-го научно-исслед. инст-та рыбн. хоз-ва и океанографии. - Ю-Сах.: СахНИРО, 2003. - Т. 5. - С. 85-98.

Тарасюк Е.В., Руднев В.А., Хоревин Л.Д., Тарасюк С.Н.  
Влияние оптимизации сроков выпуска молоди горбуши  
*Oncorhynchus gorbusha* с рыбоводных заводов юго-восточного  
Сахалина на величину возврата // Вопр. ихтиологии. - 2004. - Т.  
44. - №.5. - С. 683-691

Tarasyuk E.V., Rudnev V.A., Khorevin L.D., Tarasyuk S.N. Growth  
inefficiency of the artificial pink salmon culturing under providing fish  
with a supplementary feeding and optimization of terms for their release  
from southeastern Sakhalin hatcheries // "Document # 664 submitted to  
the Annual Meeting of the NPAFC, March, 2003, 13 c



Подп, в печать 22.12.04 Объем 1,25 шл. Тираж 100 экз. Заказ 98  
ВНИРО. 107140, Москва, В. Красносельская, 17

**R - - 620**