

МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРУДОВОГО  
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА ( ВНИИПРХ )

На правах рукописи

КУТИНСКИЙ Сергей Борисович

УДК 639.371.5:591.531.1:[639.3.001.57]:597-113.4

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА РАСТИТЕЛЬНЫХ РЫБ НА РАЗЛИЧНЫХ  
СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА.

03.00.10 - ИХТИОЛОГИЯ

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Рыбное - 1987

К

Работа выполнена в лаборатории теоретических основ рыбоводства Всесоюзного научно-исследовательского института прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ).

Научные руководители:

кандидат биологических наук С.А. БАРАНОВ

кандидат биологических наук В.М. ВОРОНИН

Официальные оппоненты:

Доктор биологических наук, профессор А.С. КОНСТАНТИНОВ

Кандидат биологических наук,

старший научный сотрудник

Ю.И. ИЛЯСОВ

Ведущее учреждение - Московская сельскохозяйственная академия им. К.И. Тимирязева (Тимуха).

Защита  
на заседа  
союзном на  
хозяйства  
район, п/

С дисс

Автор

Ученый  
специалист  
канд.

Все-  
союзного  
ин-

ПРХа.

НА

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность исследований. Важнейшей задачей рыбоводства во внутренних водоемах страны, как это следует из Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года, является совершенствование производства путем "решительного улучшения организации рыбоводства".

Оно предполагает унифицированный, основанный на объективных закономерностях, подход к построению технологического процесса выращивания рыбы. Практика рыбоводства показывает отсутствие единства в вопросах количественной оценки уровней продукционных возможностей пресноводных рыб. Это создает трудности в планировании и практическом осуществлении рыбоводных мероприятий, сдерживает внедрение передовых форм организации труда.

Трудностей можно избежать, если объединить известные факты в рамках единой теории, привязать их к надежным константам и на этой основе вести работу по совершенствованию всего процесса управления производством рыбы. Интересной попыткой создания такой теории является основанная на теоретической модели роста биологических объектов (Баранов и др., 1979) стандартная модель массонакопления рыб (Резников и др., 1978).

Среди объектов пресноводной аквакультуры особое место с точки зрения перспектив повышения рыбопродуктивности водоемов, предотвращения их чрезмерного зарастания и управления развитием экосистем водоемов занимают растительноядные рыбы (Виноградов, 1984). Эффективность использования их положительных свойств может быть значительно увеличена в случае разработки стандартных моделей массонакопления этих объектов.

До начала проведения настоящих исследований количественные модели роста растительноядных, аналогичные стандартной модели массонакопления карпа (Толкацкий, 1980) отсутствовали.

№ 1207  
Библиотека



Цель работы: обобщение имеющихся в литературе конкретных материалов по росту растительноядных рыб, установление количественных значений констант и параметров стандартных моделей массонакопления ювенальных стадий развития белого амура, белого и пестрого толстолобиков и оценка возможности применения их в практике рыбоводства.

В процессе достижения поставленной цели решались следующие задачи: 1. Анализ литературных материалов по росту растительноядных и других видов рыб;

2. Математическая и графическая обработка материала;
3. Определение основных параметров стандартных моделей;
4. Расчетное моделирование роста растительноядных рыб в различных условиях среды обитания;
5. Оценка возможности практического применения моделей;
6. Сравнение продукционных возможностей растительноядных и других видов рыб.

Работа являлась составной частью темплана Всесоюзного научно-исследовательского института прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ) на 1981-1985г.г. и выполнялась в рамках КЦП "АМУР", тема "Создание системы стандартных моделей биопродуктивности водных экосистем, включающих растительноядных рыб и новые объекты" (Игос регистрации СИ070099).

Научная новизна. Впервые дана сравнительная количественная оценка продукционных возможностей белого амура, белого и пестрого толстолобиков, определены конкретные значения параметров стандартных моделей массонакопления этих видов рыб, возможные уровни систематических ошибок их породно-технологических констант скорости массонакопления. Даны расчетные траектории роста растительноядных рыб по зонам рыбоводства в широком диапазоне определяющих параметров, продемонстрирована адекватность их известным закономерностям

роста рыб. Предложены конкретные инструментальные методы решения сложных рыбоводных задач по росту растительноядных рыб типа "рыбоводных планшетов".

Практическое значение. Результаты исследований важны и могут быть широко использованы: 1. Для прогнозирования роста сеголеток и двухлеток растительноядных рыб и анализа результатов их выращивания;

2. Для выработки у специалистов единого взгляда на продукционные возможности растительноядных рыб и составления перспективного плана исследований по детализовке этих возможностей;

3. Для расчетного моделирования и выбора наилучших вариантов конкретных технологий.

Параметры стандартных моделей могут быть использованы также как элементы программного обеспечения систем обработки рыбоводной информации, а сами модели - в качестве расчетного рыбоводного инструмента при проведении "деловых игр" со студентами специализированных рыбоводных учебных заведений и слушателями курсов повышения квалификации.

Апробация. Материалы диссертации докладывались на семинарах лаборатории теоретических основ рыбоводства ВНИИПРХ, межлабораторных коллоквиумах, заседаниях Ученого совета ВНИИПРХ, семинарах по обмену опытом в г.Краснодаре (1984г.), в р/х "Сускан" (1984), на Всесоюзном совещании по нормированию кормления рыб в г.Киеве (1982г.), на I Всесоюзном симпозиуме "Теоретические основы аквакультуры" в г.Москве (1983г.), научно-техническом совещании по освоению водоемов комплексного назначения (в г.Ленинграде, 1984), на VII и VIII конференциях молодых ученых ИБВВ АН СССР в пос.Борок Ярославской области (1985, 1987г.г.), на Всесоюзном совещании по промышленному рыбоводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб в пос.Рыбное Московской области (1985г.), X Все-

союзном совещании молодых ученых (г. Ленинград, 1987), на лекциях для работников предприятий рыбной промышленности курсов ВИПК в г. Калининграде-областном (1984г.) и в пос. Рыбное Московской области (1983-1986г.г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 работ.

Объем работы. Диссертационная работа включает: введение, материал и методику, четыре главы основной части, заключение, выводы и практические рекомендации, список использованной литературы и приложения. Материал изложен на 187 страницах машинописного текста, содержит 15 таблиц и 26 рисунков. Список литературы включает 447 источников, в том числе 50 иностранных.

## II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.

Первичными материалами служили опубликованные в специальной литературе материалы по росту массы тела растительноядных и других видов рыб, а также аналогичные материалы, собранные сотрудниками отдела акклиматизации ВНИИПРХа в период промышленного освоения растительноядных рыб.

В качестве методической основы использовалась разработанная группой сотрудников ВНИИПРХа стандартная модель массонакопления (Резников и др., 1978; Толчинский, Резников, 1980; Толчинский, 1980).

На первом этапе работы было проанализировано более 1,5 тыс. литературных источников. В 842 работах 745 авторов были найдены поддающиеся обсчету конкретные материалы по росту массы тела рыб, а именно: начальная и конечная масса рыбы в граммах ( $M_0$  и  $M_K$ ), время выращивания в сутках ( $\Delta t$ ), а также сопутствующие выращиванию условия внешней среды. Эти данные были выбраны из первоисточников и подготовлены для обработки в рамках стандартной модели - унифицированы размерные показатели, уточнена длительность выращивания, в ряде случаев проведены необходимые дополнительные расчеты.

На втором этапе работы по собранным и подготовленным данным по формуле 1:

$$K_M = \frac{3 \cdot (M_K^{1/3} - M_0^{1/3})}{\Delta t}; \quad (1)$$

было рассчитано более 9,5 тыс. значений общего продукционного коэффициента скорости массонакопления -  $K_M$ , а по формуле 2:

$$C_w = \frac{\ln M_K - \ln M_0}{\Delta t}; \quad (2)$$

- более 1,5 тыс. значений удельной скорости роста -  $C_w$ .

Все рассчитанные значения  $K_M$  и  $C_w$  были занесены на координатные поля " $K_M - T^{\circ}C$ ", " $K_M - M_{cp}$ " и " $C_w - M_{cp}$ " для графического анализа. Масса средняя -  $M_{cp}$ , определялась как среднее арифметическое из  $M_0$  и  $M_K$ . Графический анализ сводился к визуальному определению тенденций изменения предельных значений  $K_M$  и  $C_w$  по мере изменения средней массы рыбы или изменения температуры воды. Графический анализ подкреплялся статистическим.

Значения породно-технологических констант рассчитывались при помощи обычного метода вариационной статистики в предположении, что распределение возможных значений  $K_M$  на каждом этапе жизни рыбы подчиняется закону нормального распределения, и что для практических целей достаточна доверительная вероятность принадлежности отдельного значения  $K_M$  данной совокупности на уровне 0,95 (уровень значимости 4,55%). Помимо стандартных методов вариационной статистики использовался и метод оценки темпа роста предложенный Щербовски (1931).

При анализе возможного уровня систематических ошибок определенных значений породно-технологических констант использовался метод сравнения полученных значений с построенными "калибровочными кривыми". Для построения "калибровочных кривых" использовался метод расчленения (с помощью специальной номограммы) всей совокупности значений  $K_M$  на однородные, по величине возможной системати-



ческой ошибки, массивы с последующим расчетом для каждого такого массива частного значения  $K_M + 2$ "сигмы".

Оценка работоспособности моделей заключалась в прямом сопоставлении известных практике закономерностей роста растительноядных рыб с расчетными траекториями их роста для тех же самых условий внешней среды.

Особенности подхода: 1. В качестве объекта исследований фигурирует обобщенный образ (идеальная модель) рыбы того или иного вида, безотносительно к возможным индивидуальным особенностям её; 2. В дополнение к традиционному подходу, заключающемуся в статистической аппроксимации экспериментальных данных, приоритетно использован теоретический анализ, когда на первый план выступает задача поиска биологического и физического смысла для устанавливаемых коэффициентов и параметров; 3. Явление роста весьма существенно упрощено и сведено к взаимодействию нескольких переменных.

Все перечисленные особенности диктовались постановкой цели и были необходимы для её достижения.

### III. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РОСТА РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫХ РЫБ.

Растительноядные рыбы - белый амур, белый толстолобик, а также, часто относимый к ним, пестрый толстолобик, единодушно относятся исследователями к числу быстрорастущих рыб (Никольский, Веригин, 1966; Виноградов, 1975; Алиев, 1976; Вовк, 1976; Балтаджи и др., 1980 и многие другие). Эта высокая качественная оценка их продукционных возможностей базируется в основном на таких количественных показателях роста как размер тела на определенный момент времени и среднегодовой прирост, линейный или "весовой" (Алиев, 1976; Аль-Амин Амин Абдульвахаб, 1974; Бизяев, 1966 и др.). Другие показатели роста, а всего их насчитывается почти три десятка (Сметанин, 1982), исполь-

зуются значительно реже указанных, либо не используются вовсе, как, например, показатели характеризующие ускорение роста тела рыбы. Объясняется это теми задачами, которые чаще всего решают исследователи. Таких задач три: описание наблюдаемого явления (роста), сравнительная оценка роста и прогнозирование роста. Каждая задача требует своего подхода и своего уровня обобщения. Для описания роста рыб нужны предельно конкретные показатели. Именно такими и являются показатели достигнутого на определенный момент времени размера тела и абсолютного прироста. Использование их для прямых сравнительных оценок роста рыб уже сопряжено с трудностями (Воропаев, 1973; Багров, 1983). Для прямого сравнения роста наилучшими являются скоростные показатели, те из них, которые меньше зависят от пространственно-временных факторов. Для растительноядных рыб нами зафиксировано использование шести таких показателей и двух производных от них: абсолютный и относительный прирост (Веригин, 1963), абсолютная и относительная скорость роста (Лебедева и др., 1975), удельная скорость роста (Гречковская, 1981), общий продукционный коэффициент скорости массонакопления (Багров, 1983), константа и характеристика роста (Озинковская, Тарасова, 1983). Для прогнозирования нужны показатели сохраняющиеся неизменными на протяжении длительного отрезка времени, т.е. константы.

Задача, поставленная перед нами, на первый план ставит вопросы сравнительной оценки продукционных возможностей растительноядных рыб, прогнозирования их роста, требует поиска количественных констант роста.

Анализ применяющихся показателей роста рыб, проведенный с целью оценки их возможностей для широких сравнительных оценок и пригодности для целей прогнозирования, показал, что из числа известных показателей наиболее подходящим для решения поставленной задачи является показатель общего продукционного коэффициента ско-

рости массонакопления, рассчитываемый по формуле 1.

Основные его преимущества по сравнению с традиционными это: - однозначная ориентировка только на рост массы тела (линейный рост не рассматривается); - длительное время отмечаемая константность предельных значений показателя; - возможность ясной биологической и физической интерпретации получаемых значений в рамках стандартной модели.

Изучение и разбор общих закономерностей роста рыб, таких, например, как "беспредельность" роста рыб (Мина, Клевезаль, 1976) или постоянное уменьшение с возрастом значений относительных скоростных показателей роста рыб, в том числе и удельной скорости роста (Шмальгаузен, 1935; Винберг, 1975), со своей стороны - через бесперспективность поиска констант высокого уровня обобщения среди других показателей, также подтверждают желательность использования для этой цели показателя общего продукционного коэффициента скорости массонакопления -  $K_M$ . Предельные значения его оказываются количественно более устойчивыми в онтогенезе растительноядных рыб и по сравнению с константой роста Шмальгаузена (1935), которая, как это было отмечено Константиновым (1973), и константой названа скорее по причине своей независимости от используемых размерностей, чем по устойчивости в онтогенезе её количественных значений.

### IV. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СТАНДАРТНЫХ МОДЕЛЕЙ МАССОНАКОПЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫХ РЫБ.

Стандартная модель массонакопления рыб была предложена с целью стандартизации технологии производства товарной рыбы. Основное назначение её - технологическое, основной объект моделирования - скорость массонакопления.

Скорость массонакопления в общем виде рассматривается как функция аргументов трех категорий: фактора наличной массы тела,

внутренних и внешних факторов. Задача моделирования - количественно оценить степень влияния на скорость массонакопления каждого из них.

Зависимость скорости массонакопления от уже накопленной массы выражается в стандартной модели основным уравнением массонакопления (формула 3):

$$\frac{dM}{dt} = K_M \cdot M^{2/3} + \rho \partial \cdot M; \quad (3)$$

где  $M$  - масса тела,  $t$  - время,  $K_M$  - общий продукционный коэффициент скорости массонакопления,  $\rho \partial$  - относительное изменение плотности тела (во всех расчетах принимается равным нулю). Что же касается конкретных количественных оценок влияния внутренних и внешних факторов роста - их нам и предстояло дать для растительноядных рыб.

В соответствии со структурой модели количественно эти две группы факторов раскрываются в показателе  $K_M$  следующим образом(4):

$$K_M = K_T \cdot K_E; \quad (4)$$

где  $K_T$  - предельно-возможное для данного вида рыб на данном этапе онтогенеза значение  $K_M$ , характеризующее рост рыбы при идеальном сочетании факторов внешней среды, когда ни один из них не лимитирует массонакопление, а  $K_E$  - безразмерный коэффициент продуктивного действия, характеризующий степень соответствия условий внешней среды идеальному их сочетанию. В рамках настоящего исследования мы рассматривали  $K_T$  как породно-технологический коэффициент близко отражающий предельное значение  $K_M$ . Общий экологический коэффициент -  $K_E$ , рассматривали как произведение частных значений экологических коэффициентов, например таких исключительно сильно влияющих на рост факторов, как температура ( $K_{T \cdot C}$ ), кормовая обеспеченность ( $K_{корм.}$ ), концентрация кислорода ( $K_{O_2}$ ), других факторов ( $K_1 \dots K_n$ ), так, как это выражено в формуле 5:

$$K_3 = K_{TOS} K_{корм.} K_{O2} K_4 \dots K_n; \quad (5)$$

Определение значений  $K_T$  при абсолютной достоверности равносозначных первичных данных по росту рыб не представляет труда - достаточно из рассчитанных значений  $K_M$  выбрать наибольшее для данного этапа развития. К сожалению, гарантировать полное отсутствие погрешностей при прослеживании группового роста рыб нельзя.

Для устранения возможных случайных ошибок при выборе конкретных значений  $K_T$  растительноядных рыб были использованы стандартные методы вариационной статистики. Их использованию был предварен визуальный графический анализ закономерностей изменения предельных значений  $K_M$  и всего характера расположения материала на полях " $K_M - M_{ср.}$ ". Он показал, что характер расположения материала на полях " $K_M - M_{ср.}$ ", а именно: конфигурация массивов точек и их предельные значения, для всех видов растительноядных рыб и карпа (использовался как контрольный объект) однотипен - схема дана на рисунке.

Было установлено, что в диапазоне средних масс от 0,001 до 0,1г предельные значения  $K_M$  постепенно увеличиваются (так называемый эффект "разгона"); в диапазоне средних масс от 0,1 до 1000г предельные значения  $K_M$  сохраняются примерно постоянными; в области высоких значений массы средней (свыше 1000г) предельные значения  $K_M$  проявляют тенденцию к уменьшению. Статистический анализ подтвердил константность предельных значений  $K_M$  растительноядных рыб и карпа в диапазоне средних масс от 0,1 до 1000г. Этот диапазон был принят за границы применимости стандартных моделей массонакопления растительноядных рыб на ювенальных стадиях их развития. Значения констант массонакопления в указанном диапазоне средних масс были рассчитаны на уровне  $K_T$  равного  $0,220 \text{ г}^{1/3} \text{сутки}^{-1}$  для белого амура,  $0,214$  - для белого толстолобика,  $0,195$  - для пестрого толстолобика и  $0,235$  - для карпа.

При определении уровня точности рассчитанных значений  $K_T$  рас-

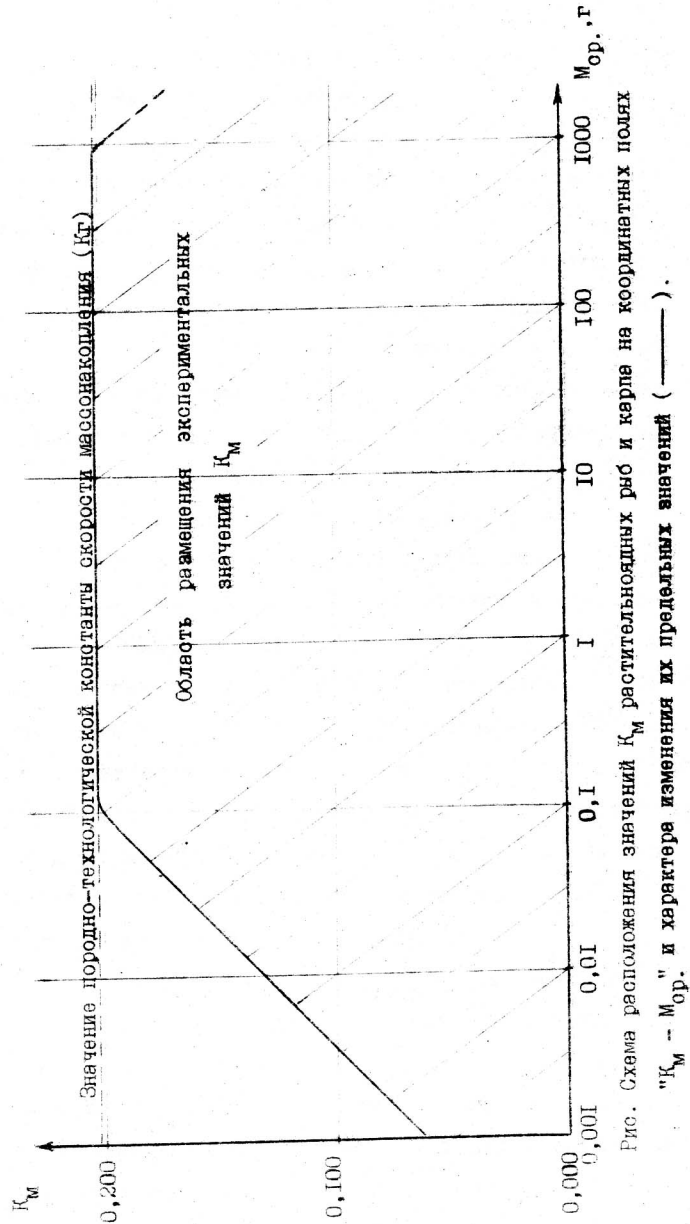


Рис. Схема расположения значений  $K_M$  растительноядных рыб и карпа на координатных полях " $K_M - M_{ор.}$ " и характере изменения их предельных значений ( ——— ).



растительных рыб мы столкнулись с отсутствием во многих первоисточниках указаний на уровень погрешности проводимых измерений. Поэтому был использован метод расчетного моделирования возможного уровня систематических ошибок этих констант. Было принято, что: сама методика расчета значений  $K_p$  позволяет избавиться от возможных случайных ошибок, связанных с недостоверностью отражения выборкой генеральной совокупности при обловах; что рассчитываемое значение  $K_p$  приближается к истинному.

Проведенный с помощью специальной номограммы анализ показал, что величина возможной систематической ошибки для рассчитанных значений  $K_p$  может находиться в пределах 5-15%.

Из факторов внешней среды влияющих на скорость роста были выделены для анализа температура и кормовая обеспеченность.

При визуальном и статистическом анализе материала на координатных полях " $K_p - T^{\circ}C$ " значения породно-технологических констант массонакопления растительных рыб были соотнесены со средними температурами  $27^{\circ}C$  для белого амура,  $26$  и  $24^{\circ}C$  для белого и пестрого толстолобиков, а продуктивное действие указанных температур на скорость массонакопления принято равным  $1,0$  (единице). Количественная оценка технологических коэффициентов продуктивного действия других температур на рост растительных рыб дана в таблице I. Для составления её были использованы данные почти семидесяти источников. Полный перечень их дан в диссертации.

Попытки количественно охарактеризовать функцию продуктивного действия на рост растительных рыб фактора кормовой обеспеченности показали, что одного указания на количество корма в водоеме для однозначного построения такой функции недостаточно. Было принято, что показатели характеризующие количество корма в водоеме должны быть дополнены показателями характеризующими возможности растительных рыб по его добыче, по скорости перемещения

Таблица I

Спектры функции продуктивного действия температуры для белого амура (БА), белого толстолобика (БТ) и пестрого толстолобика (ПТ) при отсутствии лимитирования роста другими факторами, в  $K_p^{\circ}C$

$T^{\circ}C$ средняя	Температурный коэф-т			$T^{\circ}C$ средняя	Температурный коэф-т		
	БА	БТ	ПТ		БА	БТ	ПТ
12	-	-	0,00	24	0,93	0,96	1,00
13	-	-	0,10	25	0,98	0,99	0,85
14	0,00	0,00	0,20	26	0,99	1,00	0,40
15	0,05	0,02	0,30	27	1,00	0,98	0,00
16	0,13	0,10	0,40	28	0,99	0,92	-
17	0,20	0,24	0,50	29	0,95	0,55	-
18	0,43	0,36	0,60	30	0,89	0,00	-
19	0,55	0,48	0,71	31	0,76	-	-
20	0,65	0,60	0,82	32	0,43	-	-
21	0,73	0,70	0,93	33	0,00	-	-
22	0,83	0,80	0,97	34	-	-	-
23	0,88	0,89	1,00				

в водоеме в увязке с преобладающим типом поведения их. Слабая разработанность этих вопросов и отсутствие в литературе достаточного количества конкретного материала вынудила нас ограничиться разработкой модельной схемы соотношения роста растительных рыб с количеством корма в водоеме через возможности рыб по его добыче.

Опираясь на морфологические особенности строения ротового и жаберного аппарата растительных рыб (Воропаев, 1968; Замбриборц, 1957 и др.), в совокупности с реальными возможностями передвижения рыб и их поведения, такую схему удалось разработать на примере рыб средней массой порядка 100г. Полученные количественные соотношения не вышли за рамки уже известных закономерностей и позволили сформулировать ряд конкретных положений:

- о предельных возможностях растительных рыб по добыче корма (для белого и пестрого толстолобиков приняты на уровне 100 и 200 литров профильтровываемой воды в час соответственно);

- о весьма узких границах концентраций корма обеспечивающих хороший рост 100-граммовых толстолобиков в реальных прудовых условиях (порядка 80-150мг/л);

- о необходимости регулирования и увязки численности растительноядных рыб с уровнем развития фитопланктона водоема для сохранения высокого уровня роста рыб, и т.д.

Функция продуктивного действия кислорода на рост растительноядных рыб нами не рассматривалась, т.к. в литературе она уже достаточно полно была рассмотрена Толчинским Г.И. (1985).

### У. РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫХ РЫБ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ.

На заключительном этапе исследований проводилась расчетная проверка работоспособности стандартных моделей. Заключалась она в расчете, на основе установленных параметров стандартных моделей, предельных и реальных траекторий роста растительноядных рыб и в последующем сравнении полученных траекторий с теми, что наблюдали авторы первоисточников и с теми, что зафиксированы в существующих нормативах.

Расчет траекторий роста проводился по следующим направлениям: 1. Расчет предельно возможного роста; 2. Рост рыб при лимитировании его только температурой; 3. Рост рыб при его лимитировании одновременно температурой и кормом; 4. Расчет возможной зоны выращивания растительноядных рыб по критерию выживаемости их за зимовку.

Условия выращивания и зимовки задавались близкими к реально наблюдаемым в I - 7 зонах рыбоводства как по ходу температур, так и по длительности выращивания, кормовая обеспеченность - абстрактным показателем продуктивного действия корма (четыре уровня - от полной обеспеченности -  $K_{корм.} = 1,0$ , до  $K_{корм.} = 0,25$ ). Начальная масса рыб бралась равной 0,1г для первого года выращивания и 25г -

для второго. Некоторые результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Расчетные значения массы конечной сеголеток и двухлеток белого амура (БА), белого и пестрого толстолобиков (БТ и ПТ) при их выращивании в различных зонах рыбоводства, в г

Зоны	Вид рыб	обеспеченность							
		Сеголетки				Двухлетки			
		1,0	0,75	0,50	0,25	1,0	0,75	0,50	0,25
1	БА	50	24	8,9	2,0	231	152	93	52
2		79	37	13	2,9	307	194	113	58
3		117	55	19	3,9	398	244	136	66
4		178	82	28	5,4	529	314	167	75
5		257	117	40	7,3	686	396	203	85
6		338	153	51	9,1	839	475	236	94
7		457	204	68	12	1049	582	280	106
1	БТ	41	20	7	1,8	204	136	86	49
2		74	30	11	2,4	296	172	103	55
3		93	44	16	3,3	342	213	122	61
4		142	65	23	4,5	452	273	149	70
5		206	94	32	6,1	581	343	180	79
6		268	122	41	7,6	708	407	207	87
7		363	163	55	9,7	883	498	245	97
1	ПТ	66	31	11	2,5	275	176	105	56
2		107	44	18	3,6	375	232	130	64
3		163	75	26	5,0	497	297	159	73
4		245	111	38	7,0	663	384	197	84
5		352	158	53	9,0	862	487	241	96
6		468	210	70	12	1070	593	285	107
7		628	280	92	15	1340	729	339	121

Сопоставление результатов расчетов с известными закономерностями роста растительноядных рыб показало отсутствие, в рамках принятых границ работоспособности моделей, принципиальных расхождений между расчетом и фактом, между тем что ожидалось и тем, что фактически наблюдается. Было констатировано, что:

- Предельные траектории роста наблюдаемые за длительный промежуток времени всегда превышают фактические и часто совпадают с ними на коротких отрезках;

- Рост растительноядных рыб усиливается (по показателю конечной массы) от 1-й зоны к 7-й. На первом месте по реальному росту находится пестрый толстолобик, затем белый амур и белый толстолобик;

- Фактор кормовой обеспеченности сильно сказывается на результатах выращивания. Так увеличение степени кормовой обеспеченности с 0,25 до 0,5 по показателю  $K_{\text{корм}}$  приводит к увеличению массы конечной сеголеток пестрого толстолобика для первой зоны в 4,5 раза и в 6 раз для седьмой, а при увеличении коэффициента с 0,25 до 1,0 (до полной кормовой обеспеченности) - к 26-кратной и 40-кратному увеличению массы конечной в 1-й и 7-й зонах соответственно;

- Технологические зоны возможного выращивания растительноядных рыб от подрощенной личинки до товарного двухлетка, рассчитанные по критерию выживаемости сеголеток во время зимовки совпадают с нормативными - 3 - 7-я, зонами полномасштабного использования поликультуры растительноядных рыб. Расчеты подтвердили известные факты увеличения надежности местного производства растительноядных рыб при переходе от первой зоны к седьмой, при увеличении средней штучной массы уходящей на зимовку рыбы, при улучшении условий выращивания в сезон предшествующий зимовке, возможность безотходной зимовки двухлетков растительноядных рыб во всех зонах рыбоводства. Критическим уровнем похудания при расчетах считался уровень потери массы в 40-50% от исходной (Поляков, 1956);

- Моделируемые, с помощью установленных параметров стандартных моделей, закономерности роста растительноядных рыб в различных зонах рыбоводства верно отражают спектр реальных закономерностей их роста в первый и второй год выращивания, а сами модели могут быть взяты за основу при практическом прогнозировании роста рыб и ретро-

спективном анализе его.

Помимо расчетной проверки в сезоне 1985г. был осуществлен и реальный прогнозный расчет роста рыб вместе с ретроспективным анализом результатов выращивания на производственных прудах р/х "Голубицкий" Краснодаррыбоводпрома и опытно-экспериментальных прудах Краснодарского СХК (Виноградов, Бекин, 1985).

Расчет делался на весь сезон, отдельно на каждый пруд и в нескольких возможных вариантах. По тем вариантам в которых точнее отражалась динамика факторов внешней среды, оказалось, что растительноядные рыбы отставали в росте от расчетного уровня, сильнее - в производственных прудах р/х "Голубицкий", где толстолобики в августе достигли массы 350-420г против ожидавшихся 550-600г, в то время как в Краснодарском СХК - 500-550г против ожидавшихся 550-650г. Было установлено также, что в производственных условиях рост растительноядных рыб значительно более неравномерен по показателю экологического коэффициента, чем в опытных. Ретроспективный анализ складывавшихся ситуаций показал, что основной причиной несовпадения ожидаемого роста и фактического являются не низкие температуры, а иные факторы внешней среды, прежде всего несоответствие возможностей рыб к росту уровню их кормовой обеспеченности.

Было констатировано, что при совпадении предложенных ограничений по факторам внешней среды с фактическими, прогнозный рост растительноядных рыб также удовлетворительно совпадает с реальным, а проводимый ретроспективный анализ позволяет четко зафиксировать "некомфортные" для роста рыб периоды, а в ряде случаев - и увязать их с конкретными факторами внешней среды.

#### VI. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫХ И ДРУГИХ ВИДОВ РЫБ.

Сравнение предельных продукционных возможностей различных



рыб проводилось с целью определения места растительноядных рыб по этому показателю среди других хозяйственно значимых видов рыб, а также с целью проверки рабочей гипотезы С.А.Баранова о подчинении характера изменения значений породно-технологических констант скорости массонакопления различных рыб правилу Вант-Гоффа (Баранов, Резников, 1979).

Проанализированный нами материал позволил рассчитать значения  $K_r$  для первых двух лет выращивания у 28 видов рыб (табл.3)\*.

Таблица 3

Значения породно-технологических констант скорости массонакопления ( $K_r$ ) различных рыб в первые два года их выращивания

№ п/п	Вид рыбы	$K_r$	№ п/п	Вид рыбы	$K_r$
1	Плотва	0,058	15	Буффало черный	0,175
2	Семга	0,074	16	Веслонос	0,188
3	Радужная форель	0,087	17	Бестер	0,190
4	Лосось стальноголовый	0,102	18	Буффало большеротый	0,190
5	Сиг волховский	0,114	19	Пестрый толстолобик	0,195
6	Кубенская нельма	0,115	20	Белый толстолобик	0,214
7	Тилапия	0,121	21	Белый амур	0,220
8	Окунь	0,129	22	Буффало малоротый	0,228
9	Осетр сибирский	0,129	23	Судак	0,231
10	Щука	0,134	24	Карп	0,238
11	Пелядь	0,136	25	Севрюга	0,238
12	Омуль байкальский	0,138	26	Осетр русский	0,254
13	Канальный сомик	0,151	27	Сазан	0,265
14	Лещ	0,151	28	Белуга	0,298

\* - основные литературные источники приведены в диссертации.

Анализ полученного распределения рыб различных видов по величинам породно-технологических констант скорости массонакопления их подтвердил более высокие продукционные возможности растительноядных рыб в сравнении с многими другими объектами рыбоводства, а также показал, что гипотеза об изменении величин породно-технологических

констант скорости массонакопления различных видов рыб в соответствии с правилом Вант-Гоффа, т.е. о различии значений  $K_r$  рыб разных видов в 2-3 раза при отличии их температурных оптимумов массонакопления на 10°С, в целом верна.

При рассмотрении таблицы 3 следует обратить внимание на некоторые моменты, по которым требуется экспериментальное уточнение характера взаимосвязи потенциального роста рыб с их теплолюбивостью - например о взаимном расположении трех видов растительноядных рыб, о потенциально возможном росте некоторых других объектов, таких как сазан, лещ, плотва, тилапия.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В результате проведенной работы обобщена значительная часть имеющегося в литературе конкретного материала по росту массы тела растительноядных и других видов рыб, проведена широкая сравнительная оценка их продукционных возможностей, установлены конкретные количественные значения констант и параметров стандартных моделей массонакопления ювенальных стадий развития растительноядных рыб увязывающих воедино весь спектр конкретных проявлений роста рыб каждого вида в первые два года их жизни, проведена расчетная проверка работоспособности моделей и установлена непротиворечивость расчетных траекторий роста известным представлениям и известным практике закономерностям роста растительноядных рыб. На этой основе, а также на основе опыта практического использования моделей с установленными параметрами для прогнозирования роста растительноядных рыб и ретроспективного анализа результатов выращивания, сформулировано положение о возможности использования стандартных моделей роста растительноядных рыб в практике промышленного рыбоводства в течении первых двух лет выращивания этих рыб. Для ускорения и упрощения практического использования результа-

тов исследований предложены конкретные рабочие инструменты для рыбоводных расчетов (по типу "рыбоводных планшетов").

В процессе работы были выявлены перспективные направления дальнейших исследований в области изучения закономерностей роста растительноядных рыб, сформулированы рабочие гипотезы о возможных уровнях массонакопления рыб на различных этапах их жизни за пределами границ работоспособности стандартных моделей, затронуты вопросы метрологического обеспечения исследований роста рыб и точности проводимых определений параметров роста рыб.

#### ВЫВОДЫ.

1. Количественные представления о продукционных возможностях растительноядных рыб могут базироваться на константах уравнения массонакопления, которые позволяют не только описывать рост, но и прогнозировать результаты выращивания рыб в прудах и других рыбоводных системах;

2. С практической точки зрения наиболее удобной для ведения технологических расчетов является стандартная модель массонакопления, опирающаяся на значения породно-технологических констант скорости массонакопления;

3. Значения породно-технологических констант скорости массонакопления белого амура, белого и пестрого толстолобиков на первом-втором году их жизни могут быть приняты, как это позволяют заключить проведенные исследования, равными:  $0,220$ ,  $0,214$  и  $0,195$  г/3сутки<sup>-1</sup> соответственно, при уровне возможных систематических ошибок порядка 5-15%;

4. По значению породно-технологических констант скорости массонакопления растительноядные рыбы превосходят многих других, являющихся объектами культивирования. В целом для большинства объектов разведения порядок изменения значений этих констант подчиняется правилу Вант-Гоффа;

5. Для установления количественных связей между ростом растительноядных рыб и количеством естественного корма в водоеме, перспективно использование показателей, характеризующих возможности растительноядных рыб по его добыче. Разработана модельная схема такой связи на примере белого и пестрого толстолобиков. Параметры её могут быть использованы при моделировании роста толстолобиков в водоемах;

6. Траектории роста растительноядных рыб, рассчитанные на основе установленных параметров стандартных моделей для различных зон рыбоводства, в целом совпадают с нормативами, установленными для этих зон.

#### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.

1. Полученные параметры стандартных моделей скорости роста (массонакопления) растительноядных рыб следует использовать:

- при планировании рыбоводных мероприятий, связанных с прогнозированием роста растительноядных рыб на декаду, месяц и сезон, а также при выборе конкретных технологий выращивания растительноядных рыб для данного рыбхоза, участка, пруда;

- при анализе результатов производственной деятельности прудовых хозяйств по выращиванию растительноядных рыб, степени реализации фактически возможного по конкретным условиям уровня роста, при выявлении основных лимитирующих рост факторов;

- при обучении специалистов-рыбоводов, работающих с растительноядными рыбами, для моделирования экологических ситуаций;

- при разработке программного обеспечения систем автоматизированной обработки рыбоводной информации;

- при планировании экспериментов по выращиванию растительноядных рыб в различных условиях.

2. Для обеспечения возможностей практического использования

результатов исследований рекомендуется утвердить установленные значения породно-технологических констант скорости массонакопления растительноядных рыб в качестве дополнения к действующим нормативам по выращиванию прудовых рыб.

#### СПИСОК РАБОТ,

опубликованных по теме диссертации

1. КУПИНСКИЙ С.Б., РЕЗНИКОВ В.Ф., БАРАНОВ С.А. О скорости роста белого амура. - В кн. I Всесоюзный симпозиум "Теоретические основы аквакультуры" (тезисы докладов), М., 1983, с.38-40;
2. КУПИНСКИЙ С.Б., РЕЗНИКОВ В.Ф., БАРАНОВ С.А. О скорости роста личинок карпа. - В сб.: Индустриальные методы рыбоводства., М.: ВНИИПРХ, 1983, вып.37, с.50-59;
3. КУПИНСКИЙ С.Б., БАРАНОВ С.А., РЕЗНИКОВ В.Ф. К анализу скорости роста белого толстолобика. - В сб.: Растительноядные рыбы и новые объекты рыбоводства и акклиматизации., М.: ВНИИПРХ, 1983, вып. 38, с.140-149;
4. КУПИНСКИЙ С.Б. О скорости роста личинок белого амура. - В кн.: Биологические основы и производственный опыт рыбохозяйственного и мелиоративного использования дальневосточных растительноядных рыб (краткие тезисы докладов X Всесоюзного совещания по проблемам освоения растительноядных рыб), М., 1984, с.53-54;
5. КУПИНСКИЙ С.Б., РЕЗНИКОВ В.Ф., БАРАНОВ С.А. К анализу возможных потерь рыбной продукции на различных этапах технологического процесса. - В сб.: Вопросы интенсификации прудового рыбоводства, М.: ВНИИПРХ, 1984, вып.41, с.38-44;
6. КУПИНСКИЙ С.Б. Возможности массонакопления канального сома. - В сб.: Растительноядные рыбы и новые объекты рыбоводства и акклиматизации, М.: ВНИИПРХ, 1985, вып.44, с.49-56;
7. КУПИНСКИЙ С.Б., БАРАНОВ С.А. Радужная форель - предвари-

тельные параметры стандартной модели массонакопления. - В сб.: Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах, М.: ВНИИПРХ, 1985, вып.46, с.109-114;

8. КУПИНСКИЙ С.Б. Расчетные потребности в корме личинок карповых рыб (по моделям лаборатории ТОР), В кн.: Всесоюзное совещание по промышленному рыбоводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб (тезисы докладов), М., 1985, с.63-64.

*Журнал*