

2908
16

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



На правах рукописи

СЕРГЕЕВА Нина Тимофеевна

УДк 597-11:597-142:597-141

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПИТАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*Salmo gairdneri* Rich)
В АКВАКУЛЬТУРЕ

03.00.10 - ихтиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Сергееву № 1689
от 3.08.89г.

Москва, 1989 г.

Работа выполнена в Калининградском техническом институте
рыбной промышленности и хозяйства (КТИРПХ)

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор КОНСТАНТИНОВ А.С.

доктор биологических наук, профессор РЫЖКОВ А.П.

доктор биологических наук, старший научный сотрудник
СИДОРОВ В.С.

Ведущая организация: Балтийский научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства (БалтНИИРХ)

Защита диссертации состоится " " _____ 1989 г.
в _____ часов на заседании специализированного совета
Д ПП.04.01 при Всесоюзном научно-исследовательском институте
прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ) по адресу:
141821 Московская обл., Дмитровский район, пос. Рыбное,
ВНИИПРХ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всесоюзного
научно-исследовательского института прудового рыбного
хозяйства

Автореферат разослан " " _____ 1989 г.

Ученый секретарь специализированного
совета, к.б.н.

Тряпкина С.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Одной из важнейших задач индустриального рыбоводства является создание более эффективных комбикормов для выращивания молоди и старших возрастных групп радужной форели в различных системах аквакультуры.

Комбикорма, применяемые в настоящее время для выращивания форели в бассейнах и садках на солонватных водах, а также в установках с замкнутым водоснабжением (УЗВ) на пресных водах, недостаточно сбалансированы по основным питательным и биологически активным веществам и поэтому не отвечают пищевым потребностям форели.

Вместе с тем промышленное рыбоводство требует улучшения состава комбикормов с целью повышения эффективности их использования, что должно проходить на основе изучения закономерностей питания, пищеварения и обмена веществ. Пищевые компоненты являются постоянным действующим фактором, определяющим течение метаболических процессов, то-есть источником и регулятором обменных процессов в организме рыб. Создание более эффективных рационов зависит от уровня изученности природы воздействия отдельных питательных веществ на метаболические процессы в организме рыб. "Все больше и больше выясняется значение в картине природы тех незаметных и обычно забываемых нами примесей органических соединений, которые мы находим всегда во всякой природной воде - пресной или соленой. С этими природными водными растворами неразрывно, однако, связаны явления питания и дыхания. Эта природная вода, а не вода химически чистая, необходима для жизни не меньше, чем газовый обмен" (Вернадский, 1978). Именно поэтому исследования в области питания рыб должны рассматриваться на основе представлений о единстве среды и жизни и не могут быть решены без представлений о пороговом действии определенных концентраций химических веществ. При решении этих вопросов определенное значение приобретает понятие о емкости гомеостатических регуляторных процессов, то-есть о пределах концентрации, имеющих адаптационное значение незаменимых аминокислот и жирных кислот, витаминов, микроэлементов, в которых проявляется гомеостаз (Ковальский, 1982). Пороговые концентрации показывают, в каких пределах содержание этих веществ способствует нормальной регуляции физиологических процессов. При любом ограничении поступления питательных веществ на уровне пищеварительного тракта или

клеточных мембран, или различных звеньев клеточного метаболизма неизбежно происходит нарушение клеточного гомеостазиса (Покровский, 1974). Известно, что дефицит любого питательного и биологически активного вещества в комбикорме приводит к нарушению фонда метаболитов клетки. Длительная разбалансированность на клеточном уровне, так называемые алиментарные заболевания, вызывается дефицитом отдельных питательных веществ.

Изучение закономерностей биосинтетических процессов необходимо для разработки способов направленной регуляции обмена веществ в организме рыб. Прирост массы рыб не всегда коррелирует с накоплением в их организме пластических веществ, в частности, белка (Колпков, 1970; Лав, 1979; Щербина, 1985 и др.). Поэтому целесообразно выявить зависимость между соотношением в приросте рыб основных групп питательных, биологически активных веществ, энергии и био- и абиотических факторов.

Для создания эффективных комбикормов необходимо проведение комплекса физиолого-биохимических и рыбоводных исследований для оценки питательной ценности комбикормов на основе учета весового роста рыб и затрат корма на единицу прироста, химического состава рыб и кормов, определения переваримости отдельных питательных веществ и всего корма. Применение этой оценки позволит определить не только ту часть веществ, которая в результате трансформаций откладывается в организме, но и другую часть питательных веществ корма, которая после использования в обменных процессах выводится из организма рыб. Изучение переваримости основных органических и минеральных веществ у карповых, лососевых, осетровых рыб показало, что половина сухого вещества рациона при нормальном уровне кормления не усваивается (Щербина, 1973, 1983; Тудыкина, Щербина, 1974; Щербина, Абресимова, Сергеева, 1985 и др.). Снижение этих потерь позволило бы значительно повысить эффективность использования комбикормов объектами аквакультуры.

В литературе отсутствуют работы, где на единой методической основе комплексно на организменном, органном и тканевом уровнях были бы рассмотрены вопросы регуляции и взаимосвязи метаболизма белков, липидов, углеводов, минеральных элементов, а также возможности установления причинных связей между этими веществами в зависимости от условий среды. Наличие такого ряда данных необходимо для создания биологически и экономически эффективных комбикормов

для форели, выращиваемой в различных системах аквакультуры.

Цель и задачи. Цель настоящей работы заключалась в определении возможностей повышения эффективности питания радужной форели для последующего управления этим процессом, а также ее ростом, развитием и питательной ценностью посредством алиментарных факторов на основе физиолого-биохимических механизмов.

Для осуществления поставленной цели предстояло решить следующие задачи:

1. Провести сравнительное изучение химического состава кормов и количественной изменчивости статических показателей обмена липидов (общих липидов, триацилглицеринов, стеридов, стеранов, общих и индивидуальных фосфолипидов, жирных кислот) у радужной форели в естественных и искусственных условиях.

2. Охарактеризовать изменения в обмене белков, углеводов, общих и индивидуальных липидов, жирных кислот у личинок форели в период эндогенного питания.

3. Оценить степень усвоения питательных веществ стандартных комбикормов рецепта РГМ у радужной форели в зависимости от алиментарных и экологических факторов, а также различного кормового сырья.

4. Уточнить потребности радужной форели в незаменимых жирных кислотах, витамине Е, макро- и микроэлементах при различных условиях выращивания и установить оптимальные дозы липидных, витаминных и минеральных добавок к комбикормам.

5. Определить питательную ценность для форели рыбной муки различной технологии изготовления, а также нового кормового сырья - муки и жира из отходов производства филе из кальмаров. Обосновать нормы ввода кальмаровой муки и жира в комбикорма для форели.

6. Выявить роль экзогенных ферментов из криля в питании форели, обосновать возможную целесообразность и норму их ввода в комбикорма.

Теоретическая значимость и научная новизна. Для научного обоснования с физиолого-биохимических позиций потребностей рыб в питательных веществах рекомендована необходимость определения статических показателей обмена белков, липидов, углеводов, минеральными веществами у рыб на организменном, органном и тканевом уровнях. Установлены закономерные связи между количеством питательных веществ в естественных и искусственных кормах, уровнем обмена веществ в ор-

организме форели, а также факторами среды. Выявлена взаимосвязь химических элементов среды с организмом рыб, с их биомассой, динамикой накопления и утилизацией в органах и тканях, а также уровнем обмена белков, липидов, углеводов, энергии. Подтверждено структурное единство соотношения жирных кислот в кормах и тканях форели, характерное для природных условий, нарушение которого при выращивании рыб в искусственных условиях является одной из причин алиментарных заболеваний.

Впервые выполнены одновременные исследования переваримости и усвоения у форели широкого комплекса органических веществ с детальным рассмотрением индивидуальных липидов (фосфолипидов, триацилглицеридов, стерина, стеридов), индивидуальных фосфолипидов (фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин, сфингомиелин, фосфатидилинозит), 16-25 жирных кислот, а также 12 минеральных элементов и 17 протектогенных аминокислот стандартных комбикормов рецепта ИТН и 10 основных ингредиентов комбикормов для форели.

Уточнены потребности форели в двенадцати макро- и микроэлементах, незаменимых жирных кислотах, оптимальные соотношения в кормах между белком, ω 3 кислотами, витамином Е, селеном и энергией, а также между ω 3 и ω 6 кислотами при выращивании форели на солоноватых и пресных водах.

Обоснована необходимость совершенствования липидной, минеральной и витаминной части комбикормов рецепта РТУ. Эколого-биохимический подход к изучению закономерностей питания радужной форели позволил разработать научно обоснованные рецепты, приближенные по питательной ценности к естественным районам рыб, для выращивания махони форели - рецепт ИВ-1 и товарной форели - рецепт Ю-ЭК (примененный по образцу, положительное решение от 20.12.88 г на заявку № 4394272/30-13), рекомендуется также липидная добавка к комбикормам для форели (примененная по образцу, положительное решение от 13.04.89 г на заявку № 4464125/30-13).

Показательная эмаль и утилизация газульгатов. Работа выполнена в 1973-1989 гг. по плану государственной тематики ИТИРХ совместно договором о сотрудничестве с ВНИИРХ, АгханьИРО, Калининградской базой промыслового флота, в 1981-1988 гг. - по плану хозяйственной тематики ИТИРХ в рамках комплексной целевой программы "Промисс".

Определение питательной ценности 10 видов традиционного и нового кормового сырья для форели дело возможность составить таблицы переваримости основных питательных веществ, доступности аминокислот и жирных кислот. Эти материалы вошли в рекомендации "Искусственные корма и технологии кормления основных объектов промышленного рыбоводства".

В результате анализа данных, характеризующих жирнокислотный состав зоопланктона, бентоса и непитающихся личинок форели, а также изменений в обмене $\omega 3$ и $\omega 6$ жирных кислот полнорных, нейтральных и общих липидов форели в эмбриональный и постэмбриональный периоды, разработана и успешно прошла испытания липидная добавка к кальмарового жира к комбикормам РГМ-5В, 10-ЭК и МЭ-1, отвечающая потребности форели в незаменимых жирных кислотах. На основании полученных данных разработаны рецепт комбикорма РГМ-5В-ЭК и проект инструкции по применению кальмарового жира в комбикормах для форели.

Проведена комплексная оценка питательной ценности муки из отходов производства филе кальмаров, даны предложения о нормах ввода ее в комбикорма для форели рецепта РГМ-5В и 10-ЭК. Правильность данных была подтверждена при производственной проверке комбикорма РГМ-5В-10К в рыболовецком колхозе "За Родину" Калининградской области и на форелевом участке г. Боржом. Учетный экономический эффект от применения комбикорма РГМ-5В-10К в 1988 г. составил 90 тыс.руб. С 1988 г. комбикорм РГМ-5В-10К находится на стадии внедрения в промышленность.

Рецептура сбалансированного комбикорма 10-ЭК для товарного выращивания форели прошла успешно производственные испытания и проверку (1987-1989 гг.) в рыболовецком колхозе "За Родину".

Рецептура сбалансированного комбикорма МЭ-1 для молоди форели прошла успешные производственные испытания в рыболовецком колхозе "За Родину" в 1987-1989 гг. и на Боржомском форелевом участке - в 1989 г.

На основе комплексных исследований потребностей радужной форели в основных питательных и биологически активных веществах разработаны витаминная, минеральная и ферментная добавки к комбикормам для форели в МЭВ, а также проект инструкции по их применению. Витаминные, минеральные и ферментные добавки в составе комбикорма прошли успешное испытание в производственных условиях.

при выращивании форели в ЦЗВ на Челябинском рыбноводном хозяйстве.

Методические разработки по исследованию липидов и фосфолипидов у рыб вошли в "Методические указания по физиологической оценке питательности комбикормов для рыб", которые широко применяются в практике рыбохозяйственных исследований.

Материалы исследований используются при чтении курсов по органической и биологической химии в КТИРПХ.

Апробация работы. Результаты исследований, составляющие основу диссертации, обсуждались на научно-технических конференциях КТИРПХ в 1973-1989 гг., методических советах ИЦП "Прэмикс" в 1971-1988 гг., на третьей, четвертой, пятой, шестой, восьмой Всесоюзных конференциях по экологической физиологии рыб (Ижев, 1976; Астрахань, 1979; Севастополь, 1982; Палашига, 1985), 21 научной конференции по изучению и освоению водоемов Прибалтики и Белоруссии (Псков, 1983), Всесоюзной конференции "Современные проблемы эволюционной биохимии и происхождения жизни" (Петрававодск, 1985), Всесоюзном совещании по промышленному рыбноводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб (пос. Рыбное, 1986), Всесоюзном семинаре по интенсификации форелеводства (Москва, 1987), Всесоюзной конференции "Современное состояние и перспективы рационального использования и охраны рыбного хозяйства в бассейне Азовского моря" (Ростов-на-Дону, 1987), Всесоюзном совещании "Сырьевые ресурсы и биологические основы рационального использования промысловых беспозвоночных" (Владивосток, 1988), на заседаниях рабочей группы Западного бассейна (Рига, 1987; Таллинн, 1988).

Фактический материал. В работе подведены итоги исследований за 1973-1989 гг. Она выполнялась на кафедре химии Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства. Фактической основой диссертации послужили эколого-биохимические, физиологические и рыбноводные данные, полученные, обработанные и опубликованные самостоятельно и совместно с сотрудниками КТИРПХ (И.М.Рожковой, Н.П.Нефедовой, Л.А.Нотельниковой, Д.В.Тон, И.С.Валаханович, В.И.Максименко, Д.И.Быкадоровым, А.Е.Спектором, В.И.Мдановым), ВЛТИРПХ (Е.М.Маликовой, У.П.Мозепсон), ВНИИРХ (И.А.Щербиной, Е.А.Гамыгиным). При обобщении результатов также использовались литературные данные.

Публикации. Результаты исследований по теме диссертации изложены в 72 опубликованных работах: общим объемом более 30 печат-

ных листов.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и практических рекомендаций. Работа изложена на 580 стр., состоит из 374 стр. машинописного текста, 9 рисунков, 110 таблиц. Список литературы включает перечень 340 работ на русском и 261 работ на иностранных языках. Приложение (110 стр.) включает фактический материал, акты производственных проверок и внедрения, справки о фактическом экономическом эффекте.

Глава I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе изложены краткие сведения об изучении потребности рыб в основных питательных и биологически активных веществах. Кратко обсуждены наиболее важные публикации по основным проблемам разработки комбикормов.

Глава II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным объектом данного исследования служила радужная форель *Salmo gairdneri* Rich, имеющая важное хозяйственное значение и представляющая основной объект холодноводного рыбоводства в нашей стране.

Экспериментальная работа, производственные испытания и проверки, химическая и камеральная обработка проб выполнены в 1973-1989 г.

В экспериментах использовали форель, выращенную в заводских условиях из икры от производителей, обработанных методом гипофизарных инъекций. Исследована форель в разные периоды жизненного цикла: в эмбриональном, личиночном, в возрасте сеголетка, годовика и двухлетка. Подрачивание личинок проводили в лотках, выращивание сеголетков в бассейнах, годовиков и двухлетков — в садках на участке "Прибрежный" рыбхозовского колхоза "За Родину" Накининградской области, а также в установке с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ) в аквариальной лаборатории химии КТИРПХ.

Кормление рыб проводили вручную и в соответствии с таблицами С.Дюэла (Düel et al., 1952), А.И.Канидьева и Е.А.Гамыгина (Канидьев, Гамыгин, 1980).

Контроль за гидрохимическим режимом выполнялся по методикам, описанным П.П.Дурье (Дурье, 1973).

Сбор материалов по переваримости осуществлялся в ходе выполнения экспериментов по оценке питательности компонентов комби-

кормов. Они проводились на группах рыб, однородных по возрасту, весу, размерам и физиологическому состоянию. Число рыб в опытах, количество вариантов и степень повторности определялись целями и конкретными задачами экспериментов. Всего в опытах было использовано 438 тыс. шт. личинок и сеголетков форели, 52 тыс. шт. годовиков и двухлетки форели.

Химический состав комбикормов РГМ-6М, РГМ-5В, РГМ-ГЗН, РГМ-5Е, ЮК, РГМ-5В-ЗК, Ю-ЗК и МЭ-1, экскрементов и тканей рыб определяли по следующим показателям: 1) сухой водостов; 2) вода; 3) углеводы; 4) сырой протеин - с детализацией 16 аминокислот; 5) общие липиды - с детализацией фракционного состава; 6) жирнокислотный состав общих нейтральных, полярных липидов; 7) общие минеральные вещества (золы с детализацией 12 макро- и микроэлементов). Всего было обработано около 3000 проб кормов, экскрементов и тканей рыб, выполнено 5000 различных химических анализов.

Содержание сухого вещества и воды определяли гравиметрическим методом (Лазаревский, 1955), углеводы - ортогонициновым методом (Фекуновский, Вельташова, 1972), сырой протеин рассчитывали по obsahu азоту, определяемому по Кельдалю (Лазаревский, 1955), сумму минеральных веществ определяли методом сухого золения. Липиды исследовали по прописи Н.Т.Сергеевой (Сергеева, 1934), разделение индивидуальных липидов и фосфолипидов проводили методом тонкослойной хроматографии на пластинках "Силуфол" (Сергеева, Тен, 1991)

Жирнокислотный состав определяли с применением газовых хроматографов "Хром-3" (Чехословакия), "Цет-105" и фирмы "Эпимада" - 94/II.

Идентификацию жирных кислот осуществляли с помощью свидетелей и также по относительному времени удерживания.

Определение аминокислот проводили в предварительно обесжиренных образцах после гидролиза в запаянных пробирках с 6N HCl в течение четырех часов при температуре 145° C на автоматическом анализаторе аминокислот ААА-331 и фирмы "Вютреник" по прописи фирмы.

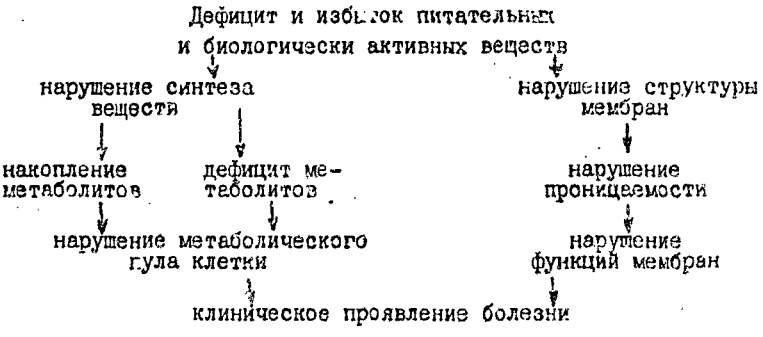
Определение индивидуальных макро- и микроэлементов выполнялось на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы "Литач" по прописи фирмы. Для определения минеральных элементов в образцах воды применялся метод предварительного концентрирования элементов (Грошев и др., 1990).

Абсолютные и относительные величины накопления и утилизации

основных органических, минеральных веществ и энергии, а также показатели переваримости (% и г/кг) рассчитаны по формулам, предлагаемым М.А.Щербиной (Щербина, 1983). Полученные данные обработаны статистически (Плохинский, 1981; Максимов, 1982).

Глава III. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Понимание природы воздействия питательных веществ на уровень метаболических процессов определяет создание сбалансированных рационов. Анализ течения метаболических процессов позволяет предположить следующую интегральную схему метаболического потока:



Состояние гомеостазиса может достигаться только в результате точной и слаженной работы метаболического конвейера, который находится под контролем нервных, гормональных факторов, а также образующихся метаболитов. В связи с этим в основу разработок сбалансированного питания мы положили выявление зависимости между статическими показателями обмена веществ у рыб и качеством комбикормов, учитывая при этом единство системы организма и среды.

I. Состав липидов радужной форели при выращивании в естественных и искусственных условиях

Большое значение для разработки сбалансированных комбикормов и научного обоснования потребностей рыб в индивидуальных липидах имеет изучение биологической ценности естественной пищи.

Сравнительное изучение липидного состава органов и тканей радужной форели показало, что липидный состав мышц, печени, сердца форели, содержащейся в заводских условиях, подвержен значительным количественным колебаниям в зависимости от качества пищи. Так, во всех изученных органах и тканях (особенно мышцах и сердце) завоце-

кой форели значительно повышено содержание триацилглицеринов и стеридов и понижено фосфолипидов по сравнению с речной форелью. Выявлены различия между содержанием фосфатидилэтаноламинов, фосфатидилсеринов и фосфатидилинозитов в мышцах и печени речной и заводской форели. При этом при снижении содержания фосфатидилсеринов и фосфатидилинозитов происходит повышение фракции фосфатидилэтаноламинов.

Между речной и заводской форелью обнаружены существенные различия в содержании кислот как алиментарного происхождения, так и синтезируемые de novo. Особенно большая разница найдена в отношении 18:2 и 18:3 жирных кислот в общей тканевых липидах.

Химический анализ искусственных и естественных кормов, а также тканей форели показал, с одной стороны, значительные различия в жирнокислотном составе, а с другой - корреляцию жирнокислотного состава тканевых липидов форели с характером потребляемой пищи. Так, заводская молодь форели по сравнению с рыбой из естественных водоемов получает избыточное количество линолевой кислоты и недостаточное линоленовой. Широкая вариация отношения линолевой и докозагексаеновой кислот в искусственных рационах (от 4,9 до 54,9) говорит о неконтролируемости поступления в организм рыб незаменимых жирных кислот, принадлежащих к ω 3 и ω 6 ряду, играющих важную роль в регуляции гомеостаза у рыб.

Полученные нами данные и литературные (Волгова, 1973; Лисенко, 1970) подтверждают, что в липидном обмене заводской рыбы по сравнению с речной происходят существенные изменения. Поскольку исследовалась форель одного возраста, пола и степени зрелости, можно сделать вывод, что причиной установленных различий липидного состава речной и заводской рыбы является, главным образом, пища.

2. Химический состав личинок и икры радужной форели

Определение закономерностей изменения статических показателей обмена веществ у форели в период эндогенного питания позволяет определить пути повышения эффективности искусственных комбикормов.

Исследования проводились на личинках форели сразу после выклева. Личинок массой 93 мг содержали в течение 30 суток в проточной воде в дотках при температуре 8-12° С.

К 5 дню опыта сырая масса личинок уменьшилась на 6,0 %, на 10 день возросла на 13 % и в дальнейшем, вследствие гидратации,

масса возросла на 14 и 47 % соответственно на 20 и 30 день по сравнению с 10 днем опыта.

Расход отдельных органических соединений по мере роста личинок проходил неодинаково (табл. I). Так, к концу опыта наблюдалось снижение количества общих липидов (на 50 %), содержания белков (на 4,5 %) и возрастание углеводов (в 4 раза). В целом содержание сухого вещества уменьшилось в 1,9 раза, а воды возросло на 23,0 %. При пересчете на одну личинку динамика изменений питательных веществ сохраняется.

Анализ жирнокислотного состава общих, нейтральных и полярных липидов показывает, что в липидах личинок сразу после выклева высоконепредельные кислоты составляют 46 %, моноеновые - 26-33 %, насыщенные - 22-27 %. Выявлено, что жирнокислотный состав общих липидов икры и личинок фактически не отличается. В спектре кислот полярных липидов икры и личинок уже на 1 день опыта обнаружены значительные отличия. Так, в полярных липидах личинок содержание докозагексаеновой (22:6 ω 3) кислоты выше на 69 %, а линолевой (18:2 ω 6) - адекватно ниже. При этом отмечено накопление последней в нейтральных липидах личинок. За 10 суток развития личинками израсходовано 18,8 % ω 3 кислот и 39,2 % ω 6 кислот. Можно предположить переход части жирных кислот (18:1, 16:0) из фосфолипидов в неполярные липиды. В полярных липидах уменьшилась доля 18:3 ω 3 и 18:4 ω 3 кислот и увеличилось содержание 20:5 ω 3 и 22:6 ω 3 кислот. На 30 день опыта сохранилось 62 % ω 3 кислот и 47 % ω 6 кислот.

Полученные данные показывают, что для икры и личинок форели в период эндогенного питания характерно присутствие значительного количества ω 3 и ω 6 кислот. При этом в процессе развития и роста личинок за счет питательных веществ желточного мешка наблюдалось увеличение ω 3 кислот и снижение ω 6 кислот, что подтверждается повышением отношения ω 3/ ω 6 кислот со дня выклева к 30 дню опыта с 1,4 до 1,8.

Анализ данных жирнокислотного состава общих, нейтральных и полярных липидов икры и личинок свидетельствует, что в полярных липидах личинок в период эндогенного питания содержание ω 6 кислот (15-18 %) в 2,7 раза ниже, чем содержание ω 3 кислот (30-35 %), при этом отношение ω 3/ ω 6 кислот находилось в пределах 1,93-1,99. В теле личинок форели ω 3 кислоты составляли 4,7-6,0 %, в оплодотворенной икре - 5,6 % сухой ткани. Показатели обеспеченности про-

тона энергией в оплодотворенной икре и в личинках сразу после выклева близки, а ω 3 кислотами - различаются (на 15 %). Так, содержание ω 3 кислот от количества протеина в икре и теле личинок составляет 7,8 и 9,0 %, обеспеченность 1 г протеина энергией 31,4 и 31,5 кДж соответственно.

Резкое снижение с 20 дня опыта обеспеченности в организме личинок белка ω 3 кислотами и энергией при одновременном увеличении воды свидетельствует о том, что в указанный период для нормального роста личинок питательными веществ желточного мешка недостаточно, поэтому необходимо личинок переводить на экзогенное (смешанное) питание.

Таблица I

Химический состав икры и личинок форели, абсолютно сухого вещества, г/кг

Показатель	Икра опло- дотворенная: 4+	Личинка			
		1 день	10 день	20 день	30 день
Сырой протеин	716	670	624	609	649
Минеральные вещества	49,4	34,7	42,5	57,4	60,5
Углеводы	4,4	4,7	4,3	8,9	19,0
Общие липиды	295	220	265	261	183
в том числе					
ω 3 кислот	54,1	60,8	59,5	51,2	45,0
22:6 ω 3 кислот	41,9	49,9	45,0	41,8	33,6
7 ω 6 кислот	51,1	43,1	36,6	39,0	25,5
18:2 ω 6 кислота	37,0	32,4	29,9	25,0	17,9
ω 3/ ω 6	1,12	1,4	1,6	1,7	1,6
ω 3 кислот, % протеин	7,6	9,0	9,4	8,5	7,2
22:6 ω 3, % протеин	6,9	7,2	7,2	7,0	5,9
Энергия, гДж $\cdot 10^{-3}$	22,5	21,4	19,4	19,7	17,8
Энерго-протеиновое отношение	31,4:1	31,5:1	31,8:1	31,2:1	27,4:1

Таким образом, изучение статических показателей белкового и липидного обмена у личинок форели в период интенсивного роста за счет питательных веществ желточного мешка выявило высокую обеспеченность ω 3 кислотами и стабильность отношения ω 3 и ω 6 кислот (2:1) в фосфолипидах мембран.

3. Физиолого-биохимические особенности усвоения питательных веществ искусственных комбикормов у форели

С целью определения путей повышения эффективности комбикормов проведено изучение закономерностей переваримости и усвоения индивидуальных питательных веществ кормов у форели.

Определение химического состава комбикорма РГМ-5В (табл.2) и РГМ-6М показало, что комбикорма, изготовленные по одной рецептуре, из одноименных компонентов, но различного качества, отличаются по содержанию протеина, минеральных веществ, общих и индивидуальных липидов. Так, в корме РГМ-5В, испытуемом в УЗВ, содержание сырого протеина ниже на 13,0 %, липидов - на 17,0 %, содержание минеральных веществ выше на 42 %.

Анализ аминокислотного состава суммарных белков показал, что комбикорма РГМ-5В и РГМ-6М в количественном отношении удовлетворяют потребности форели в незаменимых аминокислотах (Halver, 1978; Ogino, 1980).

Обнаружены значительные отличия в жирнокислотном составе испытуемых комбикормов, которые обусловлены различием в жирнокислотном спектре рыбной муки. Так, в общих липидах комбикорма РГМ-5В, испытуемого в УЗВ, в 1,5-2,7 раза выше содержание докозагексаеновой (22:6 ω 3) и эйкозапентаеновой (20:5 ω 3) кислот и в 1,8 раза ниже содержание линолевой (18:2 ω 6) кислоты. По наличию продуктов перекисного окисления - перекисей - комбикорм РГМ-5В, испытанный в садках, имел лучшие характеристики липидов. Определение переваримости у форели общей суммы питательных веществ комбикорма РГМ-5В свидетельствует о том, что между этими показателями в УЗВ и в садках нет статистически достоверных различий. Исключение составляет показатель переваримости углеводов и зольных элементов. Детальное изучение доступности для форели незаменимых и заменимых аминокислот показало, что белки двух комбикормов расщепляются и всасываются у форели с высокой скоростью, показатели их доступности лежат в пределах 82-87 %. При этом статистически достоверных различий не об-

Таблица 2

Содержание в комбикорме РГН-5В органических, минеральных веществ и энергии и условия их у форели

Показатель	Салли			УЗВ			
	Содержание в сухом веществе, %	Переваримость, %	г/кг	Содержание в сухом веществе, %	Переваримость, %	г/кг	
Сухое вещество	100	61,6 ³	3,3	546	100	53,9 ³	23,6
Сырой протеин	59,3	82,0 ²	1,6	415	44,6	81,6 ²	0,2
Минеральные вещества	12,3	10,2 ²	1,6	12 ²	17,5	15,2 ²	1,1
Гидролизуемые углеводы	20,0	20,0 ²	7,0 ²	4	19,5	20,7 ²	2,3
Клетчатка	0,6	-	-	-	2,3	-	-
Общие липиды, в том числе триглицериды	12,2	64,8 ²	2,0	103	10,4	65,9 ²	1,7
стероли	6,4	93,4 ²	0,2	62	6,9	93,0 ²	1,2
стериды	1,9	57,4 ²	0,6	11	1,3	92,1 ²	0,9
стериды	0,6	37,0 ²	0,6	2	0,2	23,6 ²	0,7
Общие фосфолипиды, в том числе фосфатидилсерин	2,93	69,3 ²	2,6	23,6	1,9	63,8 ²	2,2
фосфатидилхолин	0,24	91,0 ²	1,4	2,2	0,13	92,3 ²	0,1
фосфатидилэтанол	0,93	91,7 ²	1,2	9,0	0,45	92,1 ²	0,3
фосфатидилглицерол	0,49	72,0 ²	1,0	3,6	0,13	77,5 ²	1,2
сфингомиелин	0,39	73,3 ²	0,4	2,7	0,30	75,5 ²	0,4
инозитол	0,33	69,2 ²	1,0	2,3	0,13	64,0 ²	1,2
БЭВ	5,5	-	-	-	6,5	-	-
Энергия, кДж/кг	24,60	-	-	-	13,05	-	-
Энерго-протеиновое отношение	43,9:1	-	-	-	40,6:1	-	-
Кислотное число, мг на 1 г	27,0	-	-	-	19,6	-	-
Перекисное число, %	0,27	-	-	-	0,17	-	-

В - всасывания через пищеварительную систему рыб

МЭ - сырая БЭВ

ПКЭ - совместно с фосфатидилхолином и инвариантом

наружено.

Изучение переваримости безазотистой части корма РГМ-5В показало, что углеводы доступны организму рыб значительно хуже, чем белки. Следствием этого является низкая переваримость комбикорма в целом. По нашим данным, показатель переваримости углеводов комбикорма у форели составляет 20-30 %, по данным С.М.Тряпкиной (Тряпкина, 1976) - 40 %.

Максимальная переваримость (96 %) отмечена для триацилглицерин-ринов комбикормов РГМ-5В и РГМ-6И. При этом отличий между показателями переваримости общих липидов и фосфолипидов у форели в садках и УЗВ не обнаружено. Данные по доступности стерин-ринов (60-90 %) свидетельствуют о том, что свободные стерин-рины всасываются быстрее, чем эфиры стерин-ринов (25-30 %). Детальное изучение доступности для форели жирных кислот общих липидов выявило влияние на нее эффекта длины цепочки, а также насыщенности и ненасыщенности жирных кислот. Так, с появлением в цепи одной двойной связи увеличивается абсорбция жирных кислот на 18 %, а двух и более - на 27 % по сравнению с насыщенными жирными кислотами. Наибольшей доступностью у форели (95 %) обладает докозагексаеновая (22:6 ω 3) кислота, наименьшей - пентадекановая (15:0) кислота (75 %).

Детальное изучение переваримости индивидуальных фосфолипидов свидетельствует о высокой скорости их гидролиза и абсорбции (70-90 %). Необходимо отметить максимальную переваримость в обоих случаях фосфатидилхолина и фосфатидилсерина (90 %), достоверных различий между показателями переваримости индивидуальных фосфолипидов у форели в садках и УЗВ не обнаружено. Анализ показателей переваримости в трех отделах пищеварительной системы у форели подтверждает, что в основном процессы гидролиза и всасывания фосфолипидов происходят в отделе тонкой кишки. В пилорических придатках наблюдается экскреция фосфатидилсерина, фосфатидилинозита и сфингомиелинов.

Установлено влияние на обмен веществ у двухлеток радужной форели уровня содержания в корме сырого протеина и обеспеченности его энергией. Так, с увеличением в рационе протеина на 9 % и обеспеченности энергией на 20 % накопление в единице прироста массы сухого вещества увеличилось на 23 %, протеина - на 13 %, углеводов - на 71 %, липидов - на 16 %, минеральных веществ - на 93 %.

При этом в сухом веществе доля сырого протеина и липидов снизилась на 9 и 6 %, а минеральных веществ и углеводов увеличилась в 1,5 и 2,3 раза соответственно. Такие резкие отличия в обмене минеральных веществ можно объяснить различным уровнем минерализации воды.

Дальнейшее увеличение содержания протеина в корме до 60 % привело к уменьшению накопления сухого вещества на 19 %, протеина на 6 %, липидов на 54 %, углеводов на 55 %, при одновременном увеличении минеральных веществ на 67 %. При этом изменилось соотношение их в сухом веществе: доля протеина возросла с 50 до 59 %, минеральных веществ с 6 до 12 %, а углеводов снизилась с 6 до 4 %, липидов - с 33 до 25 %.

Анализ рыбободных данных (рис. 1 и 2) не выявил отличий в темпах роста и затратах корма РГМ-5В и РГМ-6М при выращивании форели в бассейнах, садках и УЗВ. Во всех опытах отмечена низкая рентабельность протеина (25-35 %) и высокая - триацилглицеридов (быле 90 %).

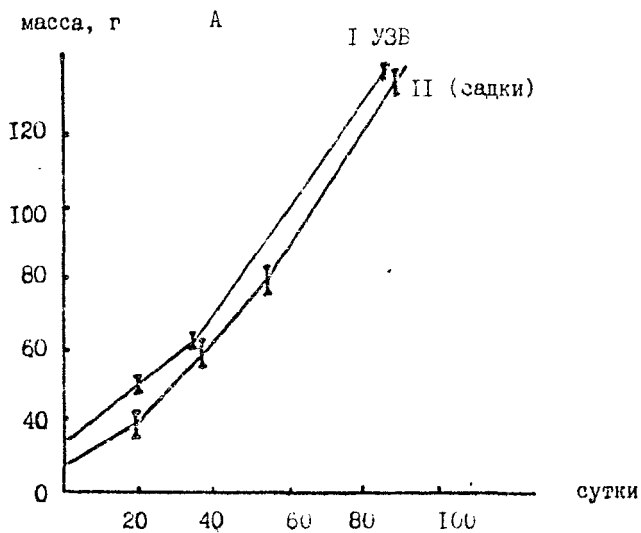
Полученный комплекс физиолого-биохимических данных показывает, что продукционные свойства обусловлены, в первую очередь, специфическими особенностями корма, а не условиями выращивания рыб.

4. Потребности форели в макро- и микроэлементах в зависимости от питания и содержания

Известно, что существенным средством повышения репродуктивности является применение биологически активных соединений, в числе макро- и микроэлементов, обладающих направленным действием на различные стороны обмена веществ у водных животных. Минеральное питание и потребности рыб в макро- и микроэлементах изучены недостаточно.

Разработка физиолого-биохимических основ кормления рыб в системах аквакультуры требует научное обоснование оптимальных доз макро- и микроэлементов в комбинированной форме или введения их в более доступной форме. Одним из этапов является установление физиолого-метаболических взаимосвязей между организмом рыб, кормом и водной средой, что обусловлено особенностями минерального обмена водных животных.

Хорошо известна физиологическая роль минеральных элементов, содержащихся в кормах и присутствующих в воде. Так, недостаток макро- и микроэлементов в корме вызывает задержку роста рыб, при



19

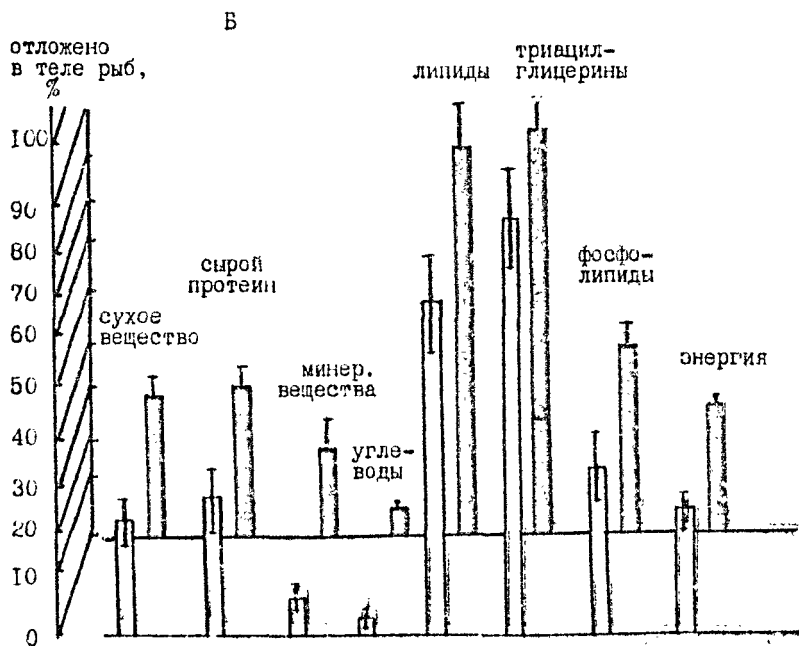


Рис. 1. Темп роста форели (А) и эффективность усвоения (Б) питательных веществ комбикорма РГВ-5В в УЗВ (▨) и садках (■)

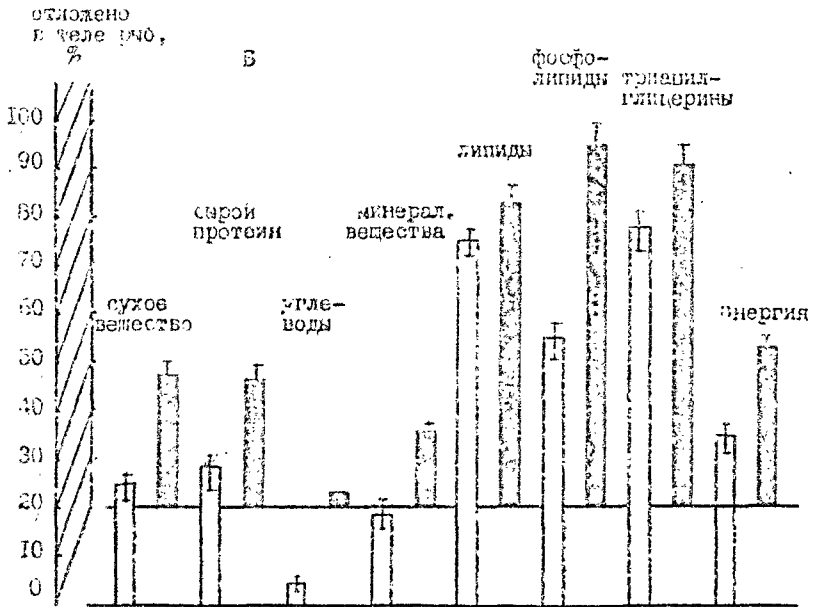
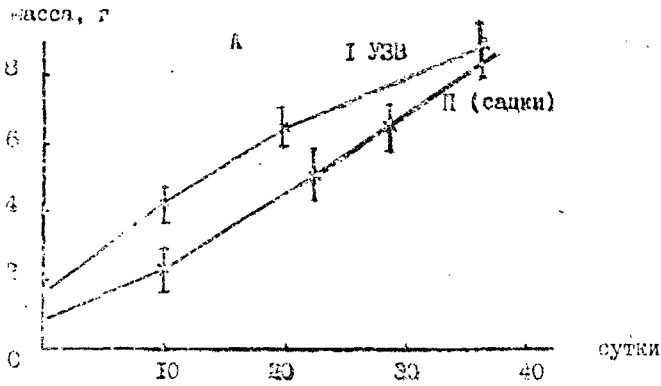


Рис. 2 Темп роста форели (А) и эффективность усвоения питательных веществ (Б) комбикорма РТМ-6М у форели в УЗВ (□) и бассейнах (▨)

дит к неправильному формированию скелета, к высокой смертности, а также может явиться причиной систематического снижения уровня биосинтетических процессов, связанных с образованием липидов, белков и других органических соединений (Озипо, 1978; Романенко и др., 1978; Воробьев, 1979; Шмаков, Яржомбек, 1980; Евтушенко, 1980; Frenzel and Pfeffer, 1982).

В условиях садкового выращивания на подогретых сбросных водах энергетических объектов и рециркуляционных установок при выращивании рыб на искусственных гранулированных комбикормах отмечена высокая интенсивность жира накопления в печени (Ширяев, 1969; Шульман, 1972; Романенко и др., 1976; Болгова и др., 1976; Лизенко и др., 1980; Сергеева и др., 1980, 1984, 1985; Болгова и др., 1987). Одной из возможных причин нарушения обмена веществ у рыб, выращиваемых в искусственных условиях, может быть применение гранулированных комбикормов, не сбалансированных по минеральным компонентам.

Для нормального роста рыба должна получать с комбикормом следующие минеральные элементы: фосфор, кальций, магний, калий, натрий, железс, кобальт, марганец, цинк, медь, селен, фтор, иод, серу. В каких количествах они должны входить в комбикорма для форели, выращиваемой в условиях рециркуляционных установок на пресных водах, а также в бассейнах и садках на солончатых водах, в настоящее время неизвестно. В связи с этим, целью настоящего исследования явилось установление взаимосвязи между химическим составом корма, воды и тканей радужной форели для последующей рекомендации необходимых доз кальция, фосфора, натрия, калия, магния, железа, марганца, цинка, меди, никеля, хрома, кадмия в комбикорма.

Анализ полученных данных позволяет говорить о том, что валовое содержание в комбикорме всех изученных макро- и микроэлементов не может быть использовано в качестве критерия степени соответствия минерального состава комбикорма потребностям форели, так как их доступность колеблется в широком диапазоне - от 3 до 96 %.

По уровню доступности для форели минеральные элементы разделены на четыре группы. Максимальной доступностью, как в пресной, так и в солоноватой воде обладают калий, фосфор (93-96 и 70-77 %), на солоноватой воде - кадмий (56 %). Далее следует группа элементов, доступность которых находится в пределах 24-39 %, к ним можно отнести на солоноватой воде цинк (24 %), медь (23 %), никель

(27 %), на пресной воде - кальций (27-30 %), магний (26-37 %), медь (22-31 %), никель (29-39 %). К третьей группе можно отнести элементы, доступность которых лежит в пределах 3-21 %, наименьшей из них на солоноватой воде обладает железо и натрий (3-4 %), на пресной воде - кадмий (12-13 %), натрий (14 %), марганец (12-15 %), цинк (7-21 %). На солоноватой воде недоступны для форели из корма РГМ-5В кальций, магний, марганец, хром; на пресной воде - натрий, хром; из корма РГМ-13В - хром.

При сравнении результатов доступности для форели минеральных элементов из корма РГМ-5В на пресной и солоноватой воде видно, что увеличение содержания элементов в воде отрицательно влияет на доступность их для форели из корма. Так, высокое содержание магния в воде приводит к недоступности его и кальция из корма. Та же закономерность выявлена для марганца и цинка. На доступность для форели железа влияет его содержание в корме, а также уровень эритропоэза и запасов железа в организме. Увеличение содержания железа в корме РГМ-5В для форели, выращиваемой на солоноватой воде, приводит к резкому снижению доступности железа по сравнению с опытом на пресной воде.

В условиях нашего опыта эффективность использования калия, кальция, магния выше 100 %, что может происходить только за счет абсорбции этих элементов из воды и характерно также для цинка, меди и в УЗВ для кадмия. Ретенция всех других элементов из корма РГМ-5В ниже 100 %. Наиболее низкие показатели эффективности использования из корма РГМ-5В фосфора и никели.

Анализ по содержанию минеральных элементов в скелете, печени, мышцах и показателем накопления их на 1 кг прироста первоначальной массы свидетельствует о достаточном количестве поступающего в организм форели выращиваемой на солоноватых водах на корме РГМ-5В, кальция, калия, об избыточном - магния, железа, цинка, меди, марганца и недостаточном - фосфора, натрия, никеля и хрома; на комбикорме РГМ-6М - дефиците фосфора, магния, хрома. В организме форели, выращиваемой на кормах РГМ-5В и РГМ-6М на пресной воде обнаружен дефицит в фосфоре, марганце, цинке, хrome и магнии, на корме РГМ-13В - в фосфоре, марганце, цинке, хrome.

Дефицит фосфора в комбикормах РГМ-5В и РГМ-6М при выращивании рыб как на пресной, так и на солоноватой воде, а также марганца и цинка при выращивании форели в УЗВ, полифункциональная роль которых

известна (Евтушенко, 1987), привел к усиленному накоплению триацилглицеринов в общих липидах.

Накопление фосфора в единице прироста массы рыб (табл. 3) при выращивании форели на комбикормах РГМ-5В и РГМ-6М на пресных и солоноватых водах отличается от оптимального (Frenzel, 1980) на 10-60 %, что свидетельствует о необходимости введения добавок фосфора в количестве 0,14-0,25 г на 1 кг комбикорма.

Таблица 3

Накопление минеральных элементов в единице прироста массы форели

Наименование элемента	Комбикорм РГМ-5В		Комбикорм РГМ-6М	
	УЗВ	Садки	УЗВ	Бассейны
Макроэлементы, г/кг				
Кальций	4,3/5,0 ^x	4,5	4,7	4,4
Фосфор	2,8/4,7 ^x	4,4	4,0	3,7
Магний	0,32/0,32 ^x	0,44	0,15	0,22
Натрий	1,0/0,9 ^x	0,0	1,1	1,2
Калий	3,9/3,2 ^x	2,9	3,1	3,3
Микроэлементы, мг/кг				
Железо	14,5	6,0	18,8	15,1
Цинк	9,8	24,8	13,6	22,6
Медь	0,9	0,9	0,7	2,8
Марганец	0,7	1,4	1,2	2,6
Никель	0,03	0,003	0,02	0,1
Кадмий	0,08	0,05	0,05	0,02
Хром	0,07	-	0,08	0,1

x - данные по Frenzel (1980)

Учитывая, что накопление магния несколько возрастает при повышении доступного фосфора в комбикорме (Frenzel, 1980), а также зависит от содержания его в корме и воде, необходимо в комбикорм РГМ-6М при выращивании форели в УЗВ ввести дополнительно магний

в легко усвояемой форме около 0,1-0,15 г на 1 кг корма. При этом необходимо учитывать, что на накопление магния в организме форели оказывает некоторое влияние содержание магния и фосфора в комбикормах. В связи с этим необходимо провести исследование по изучению влияния совместных добавок магния и фосфора в комбикорма на накопление этих элементов в организме рыб, а также на обмен веществ и темп роста рыб. Несмотря на избыток натрия во всех комбикормах и абсорбцию его из воды, выявлен некоторый дефицит натрия у форели, выращенной на комбикорме РГМ-5В в садках, что свидетельствует о целесообразности дополнительного введения натрия в виде легко усвояемой соли в количестве 0,7-1,0 г на 1 кг комбикорма РГМ-5В. Обнаружена прямая зависимость между накоплением цинка, марганца и бритуна, между железом, цинком и марганцем при выращивании форели на всех видах изученных кормов. Анализ полученных новых данных по накоплению цинка и марганца показывает, что при выращивании форели в УЗВ на пресных водах в комбикорма РГМ-5В и РГМ-6М необходимо дополнительное введение марганца и цинка как легко усвояемой соли.

Глава IV. ОСОБЕННОСТИ УСВОЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ КОРМОВОГО СЫРЬЯ У ФОРЕЛИ

1. Питательная ценность традиционных и новых источников сырья для форели

В целях разработки физиолого-биохимического обоснования для включения различных видов сырья в комбикорма для форели впервые выполнен широкий комплекс исследований. Изучена питательная ценность 10 источников сырья животного, микробного и растительного происхождения: рыбной, крилевои, кальмаровой, высококачественной муки, гидратной дрожжей (пшеницы), углекислотных дрожжей (ЕВМ, пшеницы), соевого и подсолнечного шрота, сорта "Азия-100". Определены содержание в них органических и минеральных веществ, энергии, с детализацией состава белков и общих липидов, жирных кислот и доступность их для форели. Обобщение результатов исследований дало возможность составить сводные таблицы, предназначенные для практического применения при разработке и производстве на промышленных предприятиях комбикормов для форели.

Из всех исследованных источников сырья наибольшей питательной ценностью для форели обладает рыбная мука из сардинеллы, при этом переваримость у рыб питательных веществ рыбной, крилевои и кальма-

ровой муки находится на одном уровне.

Белок всего исследованного сырья хорошо переваривается форелью, аминокислоты достаточно полно всасываются, исключение составляет сорго "Жемчуг", доступность аминокислот которого ниже и составляет для глицина 50 %, треонина и тирозина - 70 %, пролина - 65 %.

Отрицательным фактором выращивания форели на рыбной муке из сардинеллы осеннего улова, на крилево́й и мясокостной муке, соевом и подсолнечном шротах, гидролизных дрожжах и БВК по сравнению с рыбной мукой из мойвы весеннего улова и кальмаровой мукой является резкое увеличение в теле форели линолевой (18:2ω6) кислоты и снижение докозагексаеновой (22:6ω3) кислоты, что говорит о дисбалансе жирнокислотного состава корма.

Питательная ценность для форели мясокостной муки по содержанию сырого протеина, фосфолипидов, незаменимых жирных кислот и аминокислот значительно ниже рыбной, крилево́й и кальмаровой муки. Содержащиеся в мясокостной муке питательные вещества труднее перевариваются форелью, низкая переваримость липидов обусловлена худшей доступностью для форели жирных кислот. Низкую адаптацию пищеварительной системы форели к питательным веществам мясокостной муки необходимо учитывать при включении ее в рацион форели.

Полученные результаты по исследованию питательной ценности кормовых средств животного, микробиа́льного и растительного происхождения доказывают, что крилево́я и кальмаровая мука, гидролизные дрожжи, БВК и соевый шрот являются высокобелковыми продуктами, имеющими высокую степень доступности и утилизации белка, общих липидов, фосфолипидов и обладающими высокими продуктивными свойствами. Они могут быть использованы в рационах радужной форели в качестве источника белка.

Полученные данные по питательной ценности и доступности основных питательных веществ сорго "Жемчуг" свидетельствуют об идентичности его по химическому составу с пшеницей и о целесообразности замены в кормах для рыб пшеницы на сорго.

2. Влияние технологии изготовления рыбной муки на питательную ценность

Полученный комплекс физиологического-биохимических и рыбоводных данных позволил охарактеризовать влияние различных способов изготовления рыбной муки на ее питательную ценность, начиная с изменений

в содержании питательных веществ в процессе производства и конечная их усвоением в организме рыб.

Рыбная мука ПЗ, изготовленная по традиционной прессово-сушильной технологии в условиях соблюдения всех элементов технологии, подготовки и обработки сырья (из сырья сроком хранения не более 3,5 часа), это стабилизация поилом на стадии сушки, позволяет излучать высококачественный кормовой продукт, длительно сохраняющий свои питательные свойства.

Экстрационный способ изготовления рыбной муки, предусматривающий обезжиривание с помощью растворителей, оказывает отрицательное действие на питательную ценность продукта как компонента для комбикормов. Оно выражается в значительном уменьшении содержания липидов и изменении состава жирных кислот в сторону ухудшения их питательных свойств, снижении перевариваемости у рыб органических и минеральных веществ (и корма в целом), а также неблагоприятных изменений обмена веществ, сопровождающихся торможением роста рыб.

Способ дробления рыбной муки ПЗДМ, изготовленной по прессово-сушильному методу, применяется для улучшения качества путем обезвреживания токсических продуктов перекисного окисления липидов ферментами дробильных шнеков. Одновременно предполагается, что ферменты дробильных шнеков, частично гидролизуют белки, будут способствовать повышению их перевариваемости и усвоения в организме рыб. Дробление оказало отрицательное действие на питательную ценность рыбной муки, оно выразилось в снижении общего содержания сырого протеина (при небольших изменениях в соотношении аминокислот), минеральных веществ, липидов, а также физиологически важных жирных кислот (линоленовой, эйкозатриенной и докозагексаеновой). Но при этом как положительный фактор отмечается обогащение муки витаминами, в основном группы В. В составе корма РТМ-СМ мука ПЗДМ оказала более положительное действие, чем мука ПЗ. В экономическом плане дополнительные расходы на дробление рыбной муки не окупаются приростом рыбной продукции.

3. Питательная ценность муки из отходов производства

филе кальмаров в составе комбикорма для форели

Партии кальмаровой муки были изготовлены из отходов производства филе кальмаров по технологическим режимам, разработанным АтлантНИРО. В 1986 г. кальмаровая мука изготовлена по способу прямой сушки, 1987 и 1988 гг. - по прессово-сушильному способу.

В первой серии опытов была поставлена задача выяснить полноценность замены рыбной муки на кальмаровую и установить оптимальные нормы ее ввода.

Опыты проводились в течение шестидесяти суток (с 23.01.67 по 29.03.67 гг) на годовиках форели начальной средней массой 27 г в установке с замкнутым водоснабжением (УЗВ).

Содержание основных групп питательных веществ в комбикормах с введением кальмаровой муки существенно не изменилось, исключение составили минеральные вещества и жирные кислоты. Так, в комбикорме с полной заменой рыбной муки на кальмаровую муку содержание минеральных веществ уменьшилось на 26 %, липидов и фосфолипидов увеличилось соответственно на 26 и 41 %. При этом четких различий в аминокислотном составе суточных белков комбикормов не обнаружено. Замена рыбной муки на кальмаровую муку привела к значительным изменениям в жирнокислотном составе. Содержание важнейших ненасыщенных кислот: линоленовой (18:3 ω3), эйкозапентаеновой (20:5 ω3) и докозагексаеновой (22:6 ω3) увеличилось в 1,8-4,3 раза, а линолевой (18:2 ω6) кислоты, напротив, уменьшилось в 1,4-3,1 раза.

Анализ данных показывает, что замена рыбной муки в корме РТН-5В на муку кальмаровую практически не отразилась на различных относительной переваримости белка и углеводов. Их показатели оказались достаточно близкими к контрольному варианту комбикорма РТН-5В с рыбной мукой. В то же время с увеличением дозы кальмаровой муки резко возросла доступность минеральных веществ и наоборот снизилась переваримость углеводной и липидной частей комбикормов, однако, при этом наблюдалась тенденция повышения доступности фосфолипидов.

Изучение обмена веществ показало (табл. 4), что введение в корм II и 23 % кальмаровой муки не приводит к значительным изменениям в активности синтеза белка, углеводов, липидов и в отложении минеральных веществ. При этом, однако, отмечено значительное увеличение накопления физиологически важных жирных кислот. Их содержание линоленовой (18:3 ω3) и эйкозапентаеновой (20:5 ω3) кислот возросло в 1,5 раза, а также докозагексаеновой (22:6 ω3) и эйкозапентаеновой (20:5 ω3) кислот - в 1,1-1,6 и 1,4-2,0 раза соответственно. Это свидетельствует о благоприятных для организма сдвигх в липидном обмене, ведущих к повышению общей резистентности организма рыб. Согласно последним данным, увеличение содержания докозагексаеновой

(22:6 ω 3) и арахионовой (20:4 ω 6) кислот способствует повышению устойчивости организма к воздействию стрессовых факторов (Щербина, Касаткина и др., 1977; Шульман, Днева, 1977).

Таблица 4

Накопление органических, минеральных веществ у форели, выращиваемой на комбикорме РГМ-5В при замене рыбной муки на муку из отходов производства филе из кальмаров, в единице прироста массы (г на 1 кг)

Показатель	Комбикорм РГМ-5В			
	Контроль	Содержание кальмаровой муки, %		
		11,5	23	45
Сухое вещество	284	296	282	289
Сырой протеин	157	166	162	149
Минеральные вещества	22,1	21,4	20,6	20,6
Углеводы	2,9	2,5	3,1	2,2
Общие липиды	95,1	94,7	95,4	107,5
в том числе				
Фосфолипиды	5,8	5,8	5,7	5,0
Триацилглицерин	44,3	47,2	34,1	31,3
$\varepsilon\omega$ 3 кислот	7,9	9,4	14,0	20,7
22:6 ω 3 кислота	6,0	6,9	10,2	14,3
$\varepsilon\omega$ 6 кислот	20,4	24,7	18,7	20,4
18:2 ω 6 кислота	17,8	21,0	16,9	17,9
ω 3/ ω 6	0,39	0,38	0,75	1,01
<u>$\varepsilon\omega$3 кислот</u> , % <u>протеин</u>	5,02	5,67	8,65	13,85
Энергия, кДж/кг	5968	6110	6068	6238
Энерго-протеиновое отношение	38:1	36,8:1	37,4:1	41,9:1

В то же время полная замена рыбной муки (45 %) на кальмаровую вызвала угнетение синтеза белка и липидов за счет уменьшения накопления фосфолипидов, играющих важную роль в обмене всех веществ, а также фракции триацилглицеринов по сравнению с контролем. Необходимо отметить редкое увеличение (1,5-2,1 раза) накопления в организме рыб докозагексаеновой (22:6 ω 3) и эйкозопентаэновой (20:5 ω 3) кислот при одновременном снижении суммарной моноеновых кислот. При этом

наблюдается снижение использования белка и корма в целом, торможение роста и увеличение затрат на прирост рыб, что подтверждает полученные нами ранее данные о недостаточности в корме РГМ-5В энергии и витамина Е (30 мг/кг корма) при высоком содержании биологически активных жирных кислот (20:5 ω 3) и (22:6 ω 3) (Сергеева, 1998).

Анализ данных доказывает целесообразность введения 10-15 % кальмаровой муки в комбикорм РГМ-5В. Полная замена рыбной муки в комбикорме РГМ-5В не рекомендуется.

Промышленные испытания эффективности применения кальмаровой муки из отходов производства филе кальмаров в составе комбикормов РГМ-5В и 10-ЭК проведено в 1987-88 гг. на садковом участке рыбопитомного колхоза "За Родину" Калининградской области и Бортовском рыбоводно-животноводческом нехозяйственном предприятии. Кальмаровая мука была включена в состав комбикорма РГМ-5В в количестве 5-10 %, в комбикорма новой рецептуры РГМ-15 % и 10-ЭК - 10 %. Комбикорма были приготовлены на экспериментальном грануляторе ВВЖИРГА и Днепронетровском заводе гранульков.

Анализ химического состава комбикормов показывает, что содержание основных веществ в базовом и испытуемом комбикормах одинаково. Исключение составляют минеральные вещества и ВВВ, содержание перых ниже на 57 %, вторых выше на 53 %, чем в базовом комбикорме. По аминокислотному составу между базовым кормом и всеми испытываемыми комбикормами различий не обнаружено, при этом все они удовлетворяют потребности форели во всех незаменимых аминокислотах (Осипов, 1980).

В жирнокислотном составе рыбы выращенной на комбикормах пропорционально доле введения кальмаровой муки увеличивается количество жирной докозагексаеновой (22:6 ω 3) кислоты. Наиболее четко это влияние выявлено при введении 10 % кальмаровой муки в комбикорм 10-Эк, содержание докозагексаеновой (22:6 ω 3) и эйкозапентаеновой (20:5 ω 3) кислот увеличилось на 72 и 45 % по сравнению с контролем.

Изучение обмена веществ в откормленных форели позволило выявить благоприятное влияние кальмаровой муки на синтез белка и липидов в осенний период выращивания рыб. По сравнению с контролем за осенний период выращивания (табл. 5) накопление белка в теле форели при введении 5 и 10 % кальмаровой муки повышалось на 11 и 14 %, а

Таблица 5

Накопление органических, минеральных веществ у форели, выращиваемой в осенний период в садках на солоноватых водах, на комбикормах с введением кальмаровой муки, в единице прироста массы (г на 1 кг)

Показатель	: Комбикорм		: Комбикорм РГМ-5В		: Комби-	
	: РГМ-5В :		: Конт-	: Содержание	: корм	
	: конт-	: РГК	: роль	: кальмаровой	: 10-ЭК	
	: роль			: муки, %		
				: 5	: 10	
Сухое вещество	301	312	234	270	254	275
Сырой протеин	184	189	156	174	178	172
Минеральные вещества	18,3	18,0	16,4	16,3	12,4	15,6
Углеводы	5,0	4,6	2,8	3,3	0,7	2,9
Общие липиды,	90,8	99,9	33,6	67,8	51,6	83,3
в том числе						
Фосфолипиды	12,1	13,8	7,4	13,6	15,8	20,2
Триацилглицерины	77,2	97,0	20,0	35,5	33,4	58,3
Э ω 3 кислот	11,0	13,8	2,4	7,1	11,1	8,0
<u>Эω3 кислот, %^X</u> протеин	4,01	4,67	5,65	7,04	8,15	7,13
Энергия, кДж/кг	6313	6708	3193	5453	4956	6026
Энерго-протеиновое отношение	34,3:1	35,5:1	20,5:1	31,4:1	27,8:1	35,0:1

X - в 1 кг биомассы рыб, в конце выращивания

липидов - в 2,1 и 1,5 раза. При этом отмечено значительное накопление по сравнению с контролем докозагексаеновой (22:6 ω 3) кислоты (на 235 и 364 %), эйкозапентаеновой (20:5 ω 3) кислоты и арахидоновой (20:4 ω 6) кислоты (на 200 %), что ведет к повышению устойчивости организма рыб в период зимовки.

Испытания в производственных условиях комбикорма РГМ-5В нового рецепта и комбикорма 10-ЭК с введением 10 % кальмаровой муки показали благоприятное влияние ее на обмен веществ форели. В осенний период выращивания наблюдается активация синтеза белков и липидов, что свидетельствует о более эффективном использовании в этот период

на энергетические нужды экструдированных углеводов комбикорма 10-ЭК, чем подсолнечного масла комбикорма РГМ-5В. Подтверждением сказанного может служить более высокое накопление протеина (на 10 %) и липидов (в 2,5 раза), чем в контроле. Положительным фактором выращивания форели в осенний период на комбикорме 10-ЭК является активный синтез физиологически важных жирных кислот: докозагексаеновой (22:6 ω 3) и арахидоновой (20:4 ω 6), способствующих повышению ее устойчивости к стрессовым факторам за счет нормализации регулирования гомеостатических процессов.

Реальный экономический эффект от применения комбикорма 10-ЭК составил 451 рубль на тонну продукции.

4. Эффективность новых ферментных препаратов при кормлении форели

Проведенные нами исследования применения добавок протосубтилина P_{sub} в рационы рыб (Маликова и др., 1979; Маликова, Сергеева, Аусиня и др., 1981) показали целесообразность их введения в комбикорма для лососевых рыб с целью стимулирования роста.

Испытания эффективности разработанного в АтлантНИРО ферментного препарата из криля, активностью 10 единиц, в составе комбикорма РГМ-5В проводили на радужной форели средней массой 60 г в течение 40 дней в аквариальной кафедре химии КИХИХ с установкой с замкнутой водоснабжением.

Форели давали корма, изготовленные в лаборатории КИХИХ по рецепту РГМ-5В, в состав которого было введено 0,05; 0,1 и 0,2 % ферментного препарата из криля.

Обнаружено, что введение 0,2 % ферментного препарата повышает переваримость белка и фосфолипидов соответственно на 3,4 и 3,2 %. При этом резко снижается доступность минеральных веществ по сравнению с контролем.

Выявлено благоприятное влияние ферментного препарата на обмен белков и минеральных веществ. Введение 0,1 и 0,2 % ферментного препарата активизирует синтез белков в организме форели. Согласно данным, представленным в расчете на единицу первоначальной массы рыб, с увеличением дозы ферментного препарата повышается накопление сырого протеина, аминокислот, минеральных веществ. Причем отмеченная зависимость проявляется более четко в варианте с 0,1 % ферментного препарата. Введение 0,05 % ферментного препарата проявляет липотроп-

ное действие, приводит к торможению синтеза липидов у рыб и, как следствие, к снижению накопления сухого вещества.

Введение в комбикорм 0,1 и 0,2 % ферментного препарата повышает эффективность использования сырого протеина на 10-16 %, минеральных веществ в 1,6-3,4 раза, уменьшает липидов - на 6-4 %.

Кормление форели комбикормом РГМ-5В с 0,1 и 0,2 % ферментного препарата привело к увеличению среднесуточного прироста на 3,0 %, при снижении затрат корма на 8 и 12 % по сравнению с контролем.

Таким образом, проведенные на форели биологические испытания ферментного препарата из криля, активностью 16 единиц, представленного Атлантического океана для испытания, свидетельствуют, что введение в комбикорм РГМ-5В ферментного препарата в количестве 0,1 и 0,2 % :

- не оказывает существенного влияния на переваримость питательных веществ корма;
- активизирует рост рыб, повышает эффективность использования белковой части, углеводов и минеральных веществ корма;
- приводит к сокращению на 8 -12 % затрат корма на единицу прироста форели.

Глава У. ЛИПИДНЫЕ ДОБАВКИ К КОМБИКОРМАМ ДЛЯ ФОРЕЛИ

Одним из путей повышения эффективности индустриального рыбводства является разработка сбалансированных по жирнокислотному составу в соответствии с потребностями рыб комбикормов. В связи с этим важнейшей задачей является определение потребностей форели в незаменимых кислотах.

Известны несколько направлений определения потребностей рыб в незаменимых жирных кислотах. Одно из них - подбор оптимального содержания незаменимой жирной кислоты, дающий определенный физиологический эффект. Такой подход использован при определении потребностей форели в ω 3 кислотах в количестве 1 % линоленовой (18:3 ω 3) кислоты от сухой массы корма (Natanabe, 1972). Однако, фиксированная величина 1 % относится не к потребностям рыбы, а к определенному виду комбикорма, скормливаемого в заданном количестве, и не связана с остальными компонентами комбикорма.

Другое направление, по нашему мнению более точное, заключается в определении биохимического состава рыб и необходимого количества незаменимых жирных кислот на единицу прироста. Установив потребность рыб в незаменимых жирных кислотах на единицу прироста, можно найти необходимое количество жирных кислот на единицу суток.

ного рациона или кормового коэффициента (Головачев, 1987).

1. Жирнокислотный состав компонентов комбикормов и липидных добавок для рыб

Исследование биологической роли в питании рыб различных липидных добавок относится к важнейшим задачам современной биохимии рыб. У нас в стране и за рубежом в комбикорма для рыб в основном применяют следующие липидные добавки - рыбий жир, подсолнечное масло, соевое масло, растительные фосфатиды. Липиды, в первую очередь, их составные части - фосфолипиды и высоконепредельные жирные кислоты играют важную роль в обмене веществ организма рыб.

Анализ жирнокислотного состава изученных компонентов комбикормов показывает, что рыбная мука вносит наибольший вклад в формирование жирнокислотного спектра комбикормов. Необходим обязательный контроль содержания липидов в рыбной муке при изготовлении комбикормов в связи со значительным колебанием в ней уровня липидов от 4 до 16 %, в противном случае при использовании одной рецептуры получают комбикорма, резко отличающиеся по продукционным свойствам. Использование обезжиренной рыбной муки требует дополнительного введения незаменимых жирных кислот. Рыбная мука жирностью от 16 до 16½ при включении в комбикорм в количестве от 25 до 30 % может полностью обеспечить потребности рыб в ω 3 кислотах. Включение большего количества обезжиренной рыбной муки из-за избытка ω 3 кислот может вызвать торможение роста.

Мальмаровая мука в комбикормах для рыб может быть источником ω 3 кислот.

Жиры мясокостной муки могут быть использованы как источник энергии, хороший результат можно получить в сочетании с рыбной мукой.

При использовании гидролизных дрожжей (гиприн) и ЕВК следует учитывать, что с их липидами вносятся большое количество ω 6 кислот и кислот с нечетным числом атомов углерода. Вопрос о роли большого количества алиментарных нечетных кислот, присутствующих в продуктах микробного синтеза, изучен недостаточно.

Анализ жирнокислотного состава жиров и масел, применяемых в комбикормах для рыб, показал, что они неравноценны по своему составу. Рыбные жиры наиболее полно удовлетворяют потребности рыб в незаменимых жирных кислотах. При их использовании надо помнить, что

в зависимости от вида рыб, сезона года, места вылова они отличаются по содержанию и соотношению $\omega 3$ и $\omega 6$ кислот. Лучшими для форели являются жиры минтая, трески, тихоокеанской сельди, которые могут обеспечить потребности в $\omega 3$ кислотах при введении в корма в количестве от 3 до 6 %. Перспективно использование кальмарового жира в качестве источника $\omega 3$ кислот, которого достаточно ввести в количестве от 1,0 до 3,0 % в зависимости от вида корма и сезона года.

Ввиду следовых количеств $\omega 3$ кислот в подсолнечном масле и подсолнечных фосфатидах, они могут быть использованы как источник энергии. Однако, они содержат значительное количество $\omega 6$ кислот, избыток которых тормозит рост форели (Yu, Binnhuber, 1976). В этой связи лучше повышать энергетическую ценность комбикормов за счет введения животных жиров, например, кормового говяжьего или свиного. Известно, что в сбалансированных кормах животные жиры эффективно используются форелью (Yu et al., 1977; Reinitz, Yu, 1981; Сергеева, 1984), чавычей (Mugrditchian et al., 1981), теляпии (Stickney, Geachin, 1984) и, карпом (Steffens, Albrecht, 1984). К преимуществам применения животных жиров следует отнести их устойчивость к окислению и низкую стоимость по сравнению с рыбными жирами.

Чтобы суммарное количество $\omega 3$ кислот не превысило потребности форели, при введении жировых добавок к искусственным комбикормам, надо учитывать, что в последних при содержании от 30 до 50 % рыбной муки находится уже с 1,5 до 1,7 % незаменимых жирных кислот.

При составлении искусственных рационов требуется компромиссное решение в связи с возникающими "ножницами" между необходимостью повышения содержания белка, энергии и $\omega 3$ кислот с одной стороны, и преобладанием $\omega 6$ кислот в наиболее употребляемых компонентах комбикормов - с другой стороны. Таким образом, следует, что наряду с содержанием белков, незаменимых аминокислот и липидов в составе комбикормов необходимо определить оптимальный уровень $\omega 3$ и $\omega 6$ жирных кислот для форели.

2. Влияние различных липидных добавок на обмен веществ и темп роста форели

Ввиду дороговизны рыбьего жира, а также быстрой его окисляемости в процессе переработки и хранения, в последние годы проведе-

ны исследования по его замене на гидрогенизированные рыбы жиры и жиры млекопитающих в комбикормах для рыб (Yu et al., 1977; Leatherland et al., 1977; Takeuchi et al., 1978; Cowey et al., 1979; Reinitz, 1980). Возможность замены рыбьего жира говяжьим в сбалансированных по основным питательным веществам форелевых кормах доказана (Reinitz and Yu, 1980).

В нашей стране при изготовлении комбикормов РГМ-5В для форели используется растительное масло, содержащее значительное количество ω 6 полиненасыщенных жирных кислот, которые отрицательно действуют на рост форели (Yu and Sindhuber, 1976). В связи с этим задача данной работы - изучить, как удовлетворяют пищевые потребности форели в незаменимых жирных кислотах подсолнечное масло и свиной жир в составе гранулированного комбикорма ЛАТ по сравнению с рыбой жиром, а также установить целесообразность замены подсолнечного масла на липиды из отходов производства фирмы кальмаров (кальмарового жира и фосфатида из гонад кальмаров) в составе комбикорма РГМ-5В.

Изучение биологического действия различных липидных добавок в составе комбикорма РГМ-5В проводили на форели средней массой 27 г в течение пятидесяти дней (январь-март 1987) в установке с замкнутой циклом водоснабжением.

Установлено, что введение в комбикорм РГМ-5В кальмарового жира и фосфатидов из гонад кальмаров приводит к повышению в нем содержания линоленовой (18:3 ω 3) кислоты на 157 и 57 %; эйкозапентаеновой (20:5 ω 3) кислоты - на 151 и 111 %; докозагексаеновой (22:6 ω 3) кислоты - на 191 и 125 % соответственно и снижению содержания линолевой (18:2 ω 6) кислоты на 200 и 116 % соответственно по сравнению с кормом РГМ-5В с введенным подсолнечным маслом.

Во всех исследуемых комбикормах РГМ-5В и ЛАТ с введенным рыбьего жира источником незаменимых жирных кислот является докозагексаеновая (22:6 ω 3) и эйкозапентаеновая (20:5 ω 3) кислоты. Содержание их, исходя из требований Ватанабе (Watanabe, 1982), в комбикорме с подсолнечным маслом выше потребностей форели на 20 %, а в вариантах опытов с кальмаровым жиром и фосфатидным препаратом выше соответственно на 55 и 44 %. Кроме того, обращает внимание высокое содержание линолевой (18:2 ω 6) кислоты в комбикормах РГМ-5В и ЛАТ с подсолнечным маслом и низкая обеспеченность протеина корма ω 3 кислотами, в том числе докозагексаеновой (22:6 ω 3) кислотой.

Содержание ее в два раза ниже, чем в опытах с липидными добавками из кальмаров и рыбьего жира при одинаковой обеспеченности протеина корма энергией и витамином Е.

Введение липидных добавок из кальмаров в комбикорм РГМ-5В благоприятно повлияло на обмен липидов у форели: накопление фосфолипидов увеличилось на 26-33 % в единице прироста массы рыб и в два раза возросло накопление докозагексаеновой (22:6 ω 3) кислоты, играющей важную роль в регуляции проницаемости мембран и активности мембранных ферментов (Грибанов, 1975; Крепе, 1981).

В вариантах опытов с 10 % подсолнечного масла, рыбьего и свиного жиров выявлены значительные отличия в обеспеченности протеина комбикормов ЛАТ ω 3 кислотами. Так, в комбикорме ЛАТ с рыбьим жиром содержание ω 3 кислот к количеству протеина выше в 2-1,5 раза по сравнению с подсолнечным маслом и свиным жиром на фоне практически одинаковой обеспеченности энергией. В комбикормах ЛАТ с подсолнечным маслом и свиным жиром отмечен высокий уровень ω 6 кислот, содержание этих кислот в комбикорме с подсолнечным маслом выше в 2,3 раза по сравнению с рыбьим жиром. На основании собственных данных и литературных (Yu and Binnhuber, 1976) показано, что ω 6 кислоты блокируют синтез ω 3 кислот в фосфолипидах мембран, понижают активность мембранных ферментов и, как следствие, тормозят рост рыб. В связи с этим увеличение жирности комбикорма за счет липидов, содержащих большие количества ω 6 кислот нецелесообразно.

Вероятно, что именно оптимальная обеспеченность энергией невысокого уровня ω 3 кислот в комбикорме со свиным жиром (по сравнению с рыбьим жиром) на фоне низкого содержания ω 6 кислот (по сравнению с подсолнечным маслом) обусловила лучший рост форели при введении в комбикорм ЛАТ свиного жира (Yu et al., 1977; Сергеева, 1984). У подопытных рыб, выращиваемых на комбикорме ЛАТ с 10 % рыбьего жира с высоким содержанием ω 3 кислот и на комбикорме ЛАТ с 10 % подсолнечного масла с высоким содержанием ω 6 кислот на фоне адекватного обеспечения комбикорма энергией, отмечен одинаковый темп роста.

Во всех сериях экспериментов с различными липидными добавками выявлена прямая зависимость между жирнокислотным составом комбикорма и тела подопытных рыб. При этом предполагается, что ω 6 кислоты накапливаются без изменений в виде линолевой (18:2 ω 6) кислоты, а ω 3 кислоты преформируются в докозагексаеновую (22:6 ω 3) кислоту. Содержание ω 3 кислот в теле рыб снижается с повышением ω 6 кислот в комбикорме.

При высоком содержании в корме $\omega 3$ кислот (от 18 до 22 г/кг) обнаружено накопление докозагексаеновой (22:6 $\omega 3$) кислоты в нейтральных липидах и невключение их в фосфолипиды на фоне торможения роста рыб. Известны две причины отрицательного влияния на обмен веществ у рыб больших количеств $\omega 3$ кислот в комбикорме, приводящих к торможению роста. Одной из них является недостаточная обеспеченность энергией протеина и $\omega 3$ кислот в комбикорме (Головачев, 1985), другой - недостаток витамина E (Watanabe et al., 1982). Известно, что для нормального роста форели, при содержании в корме 15 % липидов, необходимо наличие не менее 100 мг витамина E на 1 кг корма (Watanabe et al., 1981).

Таким образом, анализ собственных и литературных данных свидетельствует, что накопление $\omega 3$ жирных кислот в общих липидах не является показателем обеспеченности рыб незаменимыми жирными кислотами, если при этом не происходит накопление $\omega 3$ кислот в фосфолипидных мембранах.

По нашим данным, минимальные потребности в $\omega 3$ кислотах, если содержание витамина E составляет около 30 мг на 1 кг комбикорма, не превышают 1 % сухого вещества. При этом отношение $\omega 3/\omega 6$ кислот составляет около 1,0, а отношение $\omega 3$ кислот к протеину - от 2,5 до 4,0 %.

3. Влияние добавок витамина E, селена и кальмарового жира на обмен веществ и темп роста форели

Большинство работ по нормированию содержания незаменимых жирных кислот выполнено с использованием казеино-жировых кормов. Содержание в них 1 % $\omega 3$ кислот соответствует 2 % $\omega 3$ кислот от количества протеина, при содержании 40 % белка в сухом корме (Sowey et al., 1981).

При определении потребности форели в незаменимых жирных кислотах использовались рационы с нормальным коэффициентом I. В этих условиях потребность форели в $\omega 3$ кислотах была определена как 1 % (Casteil et al., 1972) или 0,88-1,66 % (Watanabe, 1982) сухой массы корма.

В условиях наших опытов при кормовых коэффициентах от 1,3 до 1,4 в организм форели поступает от 25,5 до 26,4 г $\omega 3$ кислот на 1 кг массы с комбикормом РГН-5В, включающего рыбьий жир с 16 % липидов. Значительное накопление этих кислот в нейтральных липидах

печени и торможение включения в фосфолипиды мембран свидетельствует об избыточном поступлении их с кормом (Castell et al., 1972; Watalaba, 1982).

Анализ полученных данных показывает, что откладывается в организме рыб всего 34 % ω 3 кислот и 27 % ω 6 кислот от поступающих с кормом. Остальное количество высоконепредельных кислот, доступность которых составляет от 80 до 90 %, тратится в организме форели на энергию. Введение добавок селена и витамина E в комбикорм РГМ-5В приводит к повышению накопления ω 3 кислот соответственно на 15 и 21 % (на 1 кг прироста массы), при совместном введении - на 28 % за счет снижения уровня перекисидации ненасыщенных кислот.

При введении 1 % кальмарового жира отмечено адекватное увеличение накопления ω 3 и ω 6 кислот (на 18 %). При этом отношение ω 3/ ω 6 и обеспеченность протеина ω 3 кислотами не отличаются от контроля на фоне увеличения среднесуточного прироста на 5 %. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что дополнительный введенный 1 % кальмарового жира в организме рыб служит в основном как источник энергии.

Детальное изучение динамики жирных кислот показало, что для нормализации обмена в организме форели ω 3 кислот, необходимо дополнительное введение в комбикорм РГМ-5В витамина E и селена, снижающих процессы перекисидации ненасыщенных жирных кислот, для активизации роста рыб - введение липидной добавки как источника энергии. При наличии в комбикормах для форели 45 % рыбной муки, содержащей от 13 до 16 % липидов с высоким уровнем ω 3 кислот, необходимо как источник энергии вводить липидную добавку из кормового говяжьего или свиного жира, но так, чтобы не превысить суммарный уровень потребности форели в незаменимых жирных кислотах. При наличии в комбикормах для форели рыбной муки, содержащей липидов ниже 8 % с невысоким уровнем ω 3 кислот, целесообразно вводить липидную добавку из кальмарового жира - как источник ω 3 кислот и энергии.

Таким образом, резервом повышения эффективности гранулированных кормов для форели является увеличение энергии корма за счет липидов при условии обеспечения необходимого уровня и соотношения 3 и 6 кислот, а также витамина E и селена.

4. Эффективность липидных добавок в комбикормах для форели

- а) Эффективность введения рыбьего жира, подсолнечных фосфатидов и кальмарового жира в комбикорм МЭ-1 при выращивании сеголетков форели на солоноватых водах

Исследование проводилось на сеголетках радужной форели, средней массой от 2,5 до 3,2 г в течение 22 дней в бассейнах на солоноватых водах. В первой серии опытов проведено сравнительное изучение биологического действия липидной добавки из рыбьего жира (7,5 %) в составе комбикорма МЭ-1 и промышленного комбикорма РГМ-6М (контроль).

Изучение химического состава испытуемых комбикормов показало, что по сравнению с контролем в комбикорме МЭ-1 за счет введения рыбьей муки более высокой жирности (на 6 %) и меньшей зольности (на 6,4 %) содержание $\omega 3$ кислот и энергии выше (на 60 и 14 %), а содержание $\omega 6$ кислот и минеральных веществ ниже (на 18 и 35 %), что благоприятно повлияло на обмен веществ и темп роста форели. Среднесуточный прирост форели на корме МЭ-1 был выше на 37 % при снижении затрат корма на 35 %.

Изучение дельта-5 жирных кислот, общей, нейтральных и полярных липидов форели позволило выявить наиболее существенные отличия в содержании $\omega 3$ и $\omega 6$ кислот в полярных липидах мембран. Так, по сравнению с контролем в полярных липидах форели, выращиваемой на комбикорме МЭ-1, содержание докозагексаеновой кислоты выше на 9,7%, а линолевой кислоты — ниже на 51 %.

Установлены также отличия между опытом и контролем в содержании углеводов, липидов и минеральных веществ на единицу прироста массы рыб. Так, в сравне с комбикормом МЭ-1 содержание у форели липидов и фосфолипидов выше на 15 и 47 %, а минеральных веществ и углеводов ниже соответственно на 11 и 50 % по сравнению с комбикормом РГМ-6М.

Необходимо отметить, что по сравнению с комбикормом РГМ-6М высокий темп роста рыб на комбикорме МЭ-1 обусловлен лучшей обеспеченностью потребности форели в $\omega 3$ кислотах и энергии за счет более высокого содержания в корме липидов и лучшей усвояемости углеводов предвсдуточно экстрадигеренных смесях тротон, пшеницы и дрожжей.

Во второй серии опытов исляли биологическое действие в составе комбикорма МЭ-1 следующих липидных добавок: в опыте I (конт-

роль) - рыбий жир - 7,5 %; в опыте 2 - рыбий жир 6,0 % + фосфатиды подсолнечные 1,5 %; в опыте 3 - рыбий жир 4,5 % + фосфатиды 3,0 %; в опыте 4 - рыбий жир 5 % + 1,5 % фосфатидов + 1 % кальмарового жира. Установлено, что введение 1,5 и 3,0 % подсолнечных фосфатидов в комбикорм МЭ-1 приводит к повышению в нем ω 6 кислот соответственно на 0,6 и 1,2 % и адекватному снижению ω 3 кислот.

Детальное изучение динамики жирных кислот липидов форели показало, что введение 1,5 % фосфатидов привело к увеличению содержания линолевой кислоты в общих, нейтральных и полярных липидах соответственно на 23, 65 и 69 % по сравнению с контролем. При этом содержание докозагексаеновой кислоты практически не изменилось. Дальнейшее увеличение в комбикорме МЭ-1 подсолнечных фосфатидов до 3,0 % отрицательно повлияло на обмен жирных кислот форели. По сравнению с контролем в полярных липидах увеличилось содержание линолевой кислоты (на 75 %) и снизилась доля докозагексаеновой кислоты (на 13 %) на фоне увеличения последней в нейтральных липидах (на 52 %).

Совместное введение кальмарового жира (1 %), подсолнечных фосфатидов (1,5 %) и рыбьего жира (5,0 %) в комбикорм МЭ-1 привело к нормализации обмена ω 3 и ω 6 жирных кислот и активизации роста рыб. Так, абсолютный прирост форели увеличился на 37 % при снижении затрат корма на 6 % по сравнению с комбикормом МЭ-1 с добавкой из рыбьего жира.

Изучение обмена веществ показало, что во всех вариантах опытов с введением 1,5 и 3,0 % подсолнечных фосфатидов в комбикорм МЭ-1 наблюдалось повышение у форели накопления углеводов (на 32-83 %) на единицу первоначальной массы рыб по сравнению с комбикормом МЭ-1 с рыбьим жиром.

Таким образом, полученные результаты показали, что для повышения эффективности комбикормов и обеспечения высокого темпа роста молоди форели необходимо увеличить энергию корма за счет дополнительного введения липидов и предварительной экструзии пшеницы и соевого шрота.

Установлена целесообразность введения в комбикорм МЭ-1 липидной добавки из рыбьего жира (5 %), подсолнечных фосфатидов (1,5 %) и кальмарового жира (1 %), наиболее удовлетворяющей потребности рыб в ω 3 кислотах и энергии.

Реальный экономический эффект от улучшения комбикорма МЭ-1 с

липидной добавкой из рыбьего жира (5 %), подсолнечных фосфатидов (1,5 %), кальмарового жира (1,0 %) составил 1218 руб на одну тонну продукции.

б) Эффективность введения кальмарового жира в комбикорм 10-ЭК при выращивании форели на солоноватых водах

Результаты испытаний комбикорма 10-ЭК с введением 1 % кальмарового жира на форели массой 40 г в течение 205 дней в садках показали, что в осенний период при температуре $3-10^{\circ}\text{C}$ среднесуточный прирост форели был ниже (на 11,4 %) при более высоких затратах корма (на 18,5 %) по сравнению с кормом 10-ЭК. Полученные данные по обмену веществ у форели свидетельствуют о том, что введение 1 % кальмарового жира в комбикорм 10-ЭК в осенний период привело к реальному накоплению (в 1,9 раза) $\omega 3$ кислот на единицу живой массы рыб. Высокое содержание $\omega 3$ -кислот в теле отрицательно повлияло на рост рыб (Castell et al., 1972; Watanabe, 1972), а также на синтез белков, фосфолипидов, других липидов, количество которых снижались соответственно на 22, 20 и 55 % по сравнению с контролем.

Введение 1 % кальмарового жира в кормовые смеси во время периода выращивания рыб - зимовки и выхода из нее - благоприятно повлияло на обмен веществ и темп роста форели. По сравнению с контролем среднесуточный прирост увеличился соответственно на 10 % и 61 % при снижении затрат корма на 5 и 18 %.

Изучение обмена веществ показало, что введение кальмарового жира привело к увеличению накопления белков (в 1,4 раза), фосфолипидов (в 10 раз), в $\omega 3$ кислот (в 1,9 раза), при этом резко снижалась утилизация липидов.

Таким образом, установлена необходимость введения 1 % кальмарового жира в комбикорм 10-ЭК при выращивании форели в период зимовки и выхода из нее, так как кальмаровый жир оказал благоприятное влияние на физиологическое состояние рыб и темп роста форели, в основном, за счет накопления фосфолипидов и кислотно-непредельных жирных кислот (22:6 $\omega 3$ и 20:5 $\omega 3$), играющих важную роль в процессах адаптации к низким температурам. В осенний период введение 1 % кальмарового жира в комбикорм 10-ЭК нецелесообразно, так как в этот период накопление $\omega 3$ кислот в теле форели привело к торможению роста.

Реальный экономический эффект от применения кальмарового жира

в составе корма 10-ЭК в зимний период составил 413,3 руб. на одну тонну продукции.

- в) Эффективность замены подсолнечного масла на кальмаровый жир в комбикорме РГМ-5В при выращивании годовиков форели на солоноватых водах

Результаты испытаний комбикорма РГМ-5В с заменой 3 % подсолнечного масла на кальмаровый жир на форели массой 80 г в течение 80 суток показали, что в весенний период при температуре от 3 до 11° С среднесуточный прирост рыб на корме РГМ-5В с кальмаровым жиром был выше на 11 % при меньших затратах корма на 25 %.

Детальное изучение жирнокислотного состава общих, нейтральных и полярных липидов форели показало, что введение кальмарового жира привело к значительным изменениям в составе жирных кислот. Так, в нейтральных и полярных липидах содержание линолевой (18:2 ω 6) кислоты снизилось на 14 и 58 %, а содержание докозагексаеновой (22:6 ω 3) кислоты увеличилось в 1,7 и 4,5 раза по сравнению с кормом с подсолнечным маслом. Увеличение содержания ω 3 кислот в фосфолипидах мембран привело к нормализации обмена веществ у форели, увеличению накопления липидов (на 44 %) и фосфолипидов (в 13 раз) в единице прироста массы рыб по сравнению с комбикормом с подсолнечным маслом. Известно, что фосфолипиды играют важную роль в обмене веществ в организме рыб, улучшают их физиологическое состояние и, как следствие, активизируют рост рыб (Привольнев, 1966; 1969).

Таким образом, установлено, что при выращивании форели в весенний период - выход из зимовки - замена в комбикорме РГМ-5В подсолнечного масла на кальмаровый жир целесообразна, так как оказала благоприятное влияние на физиологическое состояние и темп роста форели, главным образом, за счет накопления фосфолипидов и высоконенасыщенных жирных кислот (22:6 ω 3 и 20:5 ω 3), нормализующих регуляцию биологических функций в организме рыб.

Реальный экономический эффект от применения кальмарового жира в составе корма РГМ-5В в весенний период при низких температурах составил 1295 руб. на тонну продукции.

Глава VI. РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Совокупность исследований 1973-89 гг. легла в основу разработки рецептов сухих гранулированных комбикормов для выращивания молодки форели - МЛ-1, товарной форели - 10-ЭК, РГМ-5В-10К и РГМ-5В-ЭК.

Реальный экономический эффект от применения комбикорма Ю-ЭК в условиях оптимальных температур на солноватых водах выразился в экономии 596 руб на тонну продукции, при введении 10 % кальмаровой муки в состав комбикорма РГМ-5В - в экономии 767 руб на одну тонну продукции. Введение в комбикорм Ю-ЭК 1 % кальмарового жира и полная замена подсолнечного масла на кальмаровый жир в составе комбикорма РГМ-5В оказали благоприятное влияние на физиологическое состояние рыб и темп роста форели в период зимовки и выхода из нее, главным образом, за счет накопления высокопределаельных жирных кислот (22:6ω3 и 20:5ω3), играющих важную роль в процессах адаптации к низким температурам. Реальный экономический эффект от применения кальмарового жира в составе комбикорма Ю-ЭК составил 413 руб на одну тонну продукции.

Новые комбикорма эффективно внедряются в рыболовецком колхозе "За Родину" Калининградской области, на Боржском рыбном хозяйстве Грузинской ССР.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Выявлены существенные различия между искусственными и естественными кормами в количественном содержании углеводов и липидов, а также качественном составе липидов. Отклонение в 3 и ω 3 кислот (0,4-0,8) свидетельствует о дисбалансе дитерпеноидной и линолевой кислот, а также об избытке последних в искусственных кормах для форели. Для повышения эффективности комбикормов необходимо в их состав ввести липидные добавки, обеспечивающие потребности форели в ω 3 кислотах и оптимальное соотношение ω 3 и ω 6 кислот.

2. Обнаружены значительные отклонения во фракционном составе липидов, фосфолипидов, жирных кислот в органах и тканях сельдевой и речной форели. В органах сельдевой рыб-выпалено высокое содержание запасных липидов (триглицеридов и стеридов) и относительно небольшое количество линолевой кислоты. Полученные данные свидетельствуют о том, что для повышения эффективности липидного питания форели необходимо в промышленных комбикормах снизить количество линолевой кислоты.

3. Изучена обмен веществ, углеводов, липидов, фосфолипидов, жирных кислот печени форели в период эндотемперного питания показало, что при разработке эффективных комбикормов для сельдевой рыб-выпалено

затель обеспеченности форели в ω 3 кислотах следует принять отношение ω 3 кислот к протеину (8,5-9,5 %) и соотношение ω 3 и ω 6 кислот (1,6-1,8) в теле рыб.

4. Установлено отрицательное влияние на обмен жирных кислот форели как избытка в кормах ω 6 кислот, так и ω 3 кислот в связи с изменением функционирования организма, что подтверждается торможением роста у рыб. Так, избыток ω 6 кислот блокирует синтез ω 3 кислот и включение последних в фосфолипиды мембран. При избытке ω 3 кислот из-за необеспеченности их в корме энергией и витамином Е происходит накопление ω 3 кислот в полярных липидах и снижение уровня их в фосфолипидах.

При низком содержании ω 3 кислот показана целесообразность введения кальмаровой муки и кальмарового жира в комбикорм для форели, при высоком уровне ω 3 кислот - свиного и говяжьего жира, учитывая при этом их невысокую стоимость по сравнению с рыбьим жиром. Количество подсолнечного масла и фосфатидов в комбикормах для форели должно быть ограничено ввиду большого содержания в них ω 6 кислот.

5. Определение переваримости питательных веществ промышленных комбикормов выявило, что белки, триацилглицерины, фосфолипиды расщепляются и всасываются с большой скоростью (80-95 %), переваримость углеводов низка (20-30 %), минеральные вещества плохо доступны для форели. Свободные стерины всасываются быстрее (60-90 %), чем их эфиры (30 %).

Показано, что основные процессы гидролиза и всасывание индивидуальных фосфолипидов происходят в тонком отделе кишечника. Наибольшая переваримость отмечена для фосфатидилхолина (80 %), наименьшая - для сфингомиелинов (3 %).

Для повышения эффективности питания рыб необходимо повысить усвоение углеводов промышленных комбикормов за счет предварительной экстракции кормового сырья растительного и микробияльного происхождения.

6. Изучение доступности для форели минеральных элементов промышленных комбикормов РГМ-5В и РГМ-6М, абсорбции их из воды, а также содержания минеральных веществ в органах и тканях рыб позволило выявить, что для повышения эффективности минерального питания семголетков, годовиков и двухлетков форели при выращивании на пресных водах необходимо вводить в комбикорм оптимальные минеральные добав-

ки из фосфора, магния, марганца, цинка и хрома; при выращивании на солоноватых водах сеголетков форели вводить добавки из фосфора и хрома, в комбикорма для годовиков и двухлетков форели - дополнительные добавки из фосфора, натрия, никеля и хрома.

7. Рыбная, кальмаровая и крилевая мука, а также кормовые дрожжи (гидролизин, БВК) и шроты (соевый, подсолнечный) являются высокобелковыми продуктами, имеющими высокую степень доступности и утилизации белков, липидов, фосфолипидов, триацилглицеринов, стеринов и могут быть использованы в рационах для радужной форели в качестве источника белка.

Питательная ценность мясокостной муки значительно ниже рыбной по содержанию протеина, фосфолипидов, незаменимых аминокислот и жирных кислот, которые намного хуже усваиваются форелью, что необходимо учитывать при включении ее в рационы рыб.

Сорго "Жемчуг" по питательной ценности идентично пшенице, что говорит о возможности замены пшеницы на сорго в комбикормах для рыб.

8. Установлено, что содержание $\omega 3$ и $\omega 6$ кислот в рыбной муке зависит от технологии ее изготовления, вида рыб, места и сезона вылова. В связи с этим необходим обязательный контроль содержания липидов и отношения $\omega 3$ и $\omega 6$ жирных кислот в рыбной муке при изготовлении кормов, в противном случае при использовании одной рецептуры получают корма, резко отличающиеся по содержанию общих липидов, $\omega 3$ кислот и энергии.

9. Показаны значительные отличия между продукционными свойствами комбикорма МВ-1 и РГМ-6М. Повышение энергии в комбикорме МВ-1 за счет экструзии пшеницы и соевого шрота, а также введение рыбной муки и 1 % кальмарового шпра с высоким содержанием $\omega 3$ кислот активизировало рост рыб (на 37 %) при снижении затрат корма (на 35 %).

10. Применение при промышленном выращивании годовиков форели в условиях солоноватых вод при оптимальных температурах комбикорма 10-ЭК (10 % кальмаровой муки, экструдированная пшеница, соевый шрот и дрожжи, подсолнечное масло заменено на фосфатиды) позволило получить большую рыбопродуктивность на 24-27 %, при меньших затратах корма на 14-20 % по сравнению с комбикормом РГМ-5В.

11. Установлено при низких температурах благоприятное влияние на интенсивность накопления и утилизации органических веществ у

форели введения кальмарового жира в состав комбикорма РГМ-5В и 10-ЭК. В связи с повышением содержания в организме форели физиологически важных ω 3 жирных кислот (20:5 ω 3 и 22:6 ω 3), принимающих участие в нормализации функционирования организма рыб в период зимовки и выхода из нее, увеличился среднесуточный прирост рыб (на 11-69 %) при резком снижении затрат корма (на 18-25 %).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В целях повышения доступности для рыб питательных веществ соевого шрота, дрожжей, пшеницы необходимо проводить предварительную их влаготепловую обработку в экструдере.
2. Для повышения переваримости питательных веществ искусственных комбикормов целесообразно вводить в комбикорма для форели ферментный препарат из криля (3 единицы активности на 1 кг корма).
3. Для оптимизации минерального питания у форели, выращиваемой на солоноватых водах в садках и бассейнах и на пресных водах в УЗВ на комбикормах РГМ-5В и РГМ-6М, следует в их состав включать добавки фосфора в легко усвояемой форме в количестве 0,14-1,25 г/кг; при выращивании в УЗВ - дополнительные добавки магния 0,15 г/кг, марганца 1,0-2,5 мг/кг и цинка 15-30 мг/кг.
4. Для нормализации обмена ω 3 кислот в организме форели необходимо в комбикорма рецепта РГМ дополнительно вводить 20-40 мг витамина Е, в зависимости от содержания липидов, и 0,1 мг селена.
5. Для обеспечения высокого темпа роста молоди форели в комбикори МЭ-1 надо вводить липидную добавку: рыбьего жира 5 %, кальмарового жира 1 %, подсолнечных фосфатидов 1,5 %. Такой состав обеспечивает потребности форели в незаменимых жирных кислотах, оптимальное отношение протеина и ω 3 кислот, ω 3 и ω 6 кислот, а также в энергии.
6. Целесообразно для товарного выращивания форели при оптимальных температурах в комбикорме 10-ЭК применять 3 %-ную липидную добавку из подсолнечных фосфатидов; при низких температурах необходимо в комбикор. 10-ЭК добавлять 1 % кальмарового жира, а в комбикорме РГМ-5В заменить подсолнечное масло на кальмаровый жир.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Маликова Е.М., Сергеева Н.Т., Степанова С.А., Иозепсон У.П. Влияние липотропных добавок (метионина и дмлуидина) на липидный обмен сеголетков форели //Искусственное разведение радужной форели и балтийского лосося.-Рига: Звайгене, 1978.-С. 59-68.
2. Маликова Е.М., Сергеева Н.Т., Целоусова Т.В., Андерсон П.П. Изучение влияния некоторых биостимуляторов на темп роста и физиологические показатели молоди балтийского лосося //Искусственное разведение радужной форели и балтийского лосося. - Рига: Звайгене, 1978. - С. 69-77.
3. Сергеева Н.Т., Маликова Е.М., Катасонова Н.П., Максименко В.И., Антонов С.Г. Влияние протосубтилина $\Gamma_{эк}$ на липидный обмен молоди форели //Экологическая физиология и биохимия рыб: Об.тез. докл. - Астрахань, 1979. - Т.1. - С. 121-122.
4. Сергеева Н.Т., Маликова Е.М., Рожкова И.М. Кирнокислотный состав липидов молоди форели, выращенной на удешевленных рационах с добавкой экзогенных ферментов //Биология и физиология рыб и водных беспозвоночных: Об.научн.тр. - Калининград: ИКИРПХ, РСМН. - Вып. 91. - С. 21-24.
5. Сергеева Н.Т., Рожкова И.М., Маликова Е.М. Кирнокислотный состав липидов молоди радужной форели, выращиваемой на экспериментальном корме //Рыбное хозяйство. - М., 1981. - Т.3. - С. 71-73.
6. Сергеева Н.Т., Максименко В.И. Фракционный состав липидов печени, сердца, мышц дикой и заводской молоди радужной форели //Рыбное хозяйство. - М., 1981. - # 4. - С. 72-73.
7. Маликова Е.М., Сергеева Н.Т., Лукина Р.Э., Водрова Т.Н., Степанова Т.П., Иозепсон У.П., Максименко В.И. Возможность использования питательных веществ гранулированного корма молодь лососевых рыб за счет введения в него протосубтилина //Рыбохозяйственные исследования в бассейне Балтийского моря. - Рига: Автос, 1981. - # 16. - С. 94-103.
8. Сергеева Н.Т., Тет В.В. Количественное определение фосфолипидов методом тонкослойной хроматографии на пластинках "Силуфол" //Специальный практикум по биохимии и физиологии животных. - Калининград: ИТУ, 1981. - С. 23-32.
9. Сергеева Н.Т. Методика определения фракционного состава липидов и фосфолипидов в кормах, скарментах и теле рыб //Ветеринарные указания по физиологической оценке питательности кормов

- для рыб. - М., 1983. - С. 63-76. //Биологические основы рационального кормления рыб: Сб. научн. тр. - М.: ВНИИПРХ, 1983. - Вып. 37. - С. 154-171.
10. Маликова Е.М., Иозепсон У.П., Глаголева Т.П., Бодрова Т.Н., Сергеева Н.Т. Рыбоводная и физиолого-биохимическая оценка некоторых биологически активных веществ, вводимых в корм лососевых рыб //Биологические и рыбохозяйственные исследования водоемов Прибалтики: Сб. тез. докл. - Псков, 1983. - Т.2. - С. 115-117.
 11. Сергеева Н.Т., Сыкадоров Д.А., Котельникова Л.А. Фракционный состав липидов сердца, печени и мышц из радужной форели, выращиваемой в различных условиях //Физиология основных объектов рыбодоводства: Сб. научн. тр. - М.: ВНИИПРХ, 1984. - Вып. 42. - С. 74-80.
 12. Сергеева Н.Т., Нефёдова Н.П. Эффективность усвоения аминокислот корма РГМ-5В форелью в рециркуляционной установке //Аквакультура лососевых рыб: Сб. научн. тр. - М.: ВНИИПРХ, 1984. - Вып. 43. - С. 79-84.
 13. Маликова Е.М., Сергеева Н.Т., Иозепсон У.П. Влияние биостимулирующих добавок ферментных препаратов - протосубтилина и панкреатина - на липидный обмен и физиологическое состояние молоди лососевых рыб //Искусственное кормление лососевых рыб при интенсивных методах воспроизводства. - Рига: Авотс, 1984. - С. 89-108.
 14. Сергеева Н.Т., Рожкова И.М., Балаханович Л.С. Переваримость и усвояемость жирных кислот корма РГМ-5В форелью в рециркуляционной установке //Аквакультура лососевых рыб: Сб. научн. тр. - М.: ВНИИПРХ, 1984. - Вып. 43. - С. 85-90.
 15. Сергеева Н.Т., Тен. В.В., Едано Ю.И. Эффективность использования радужной форелью кормов РГМ в рециркуляционных установках //Биологические основы индустриальной аквакультуры: Сб. научн. тр. - Калининград: КТИРПХ, 1984. - С. 65-72.
 16. Сергеева Н.Т. Усвоение радужной форелью жирных кислот рыбьего жира, подсолнечного масла и свиного жира в составе гранулированного корма //Рыбное хозяйство. - М., 1984. - № 3. - С. 29-30.
 17. Сергеева Н.Т. Влияние жиров различного происхождения на переваримость, усвоение и ретенцию основных питательных веществ комбикорма трехлетками радужной форели //Физиология основных объектов рыбодоводства: Сб. научн. тр. - М.: ВНИИПРХ, 1984. - Вып. 42. - С. 26-33.
 18. Щербина М.А., Сергеева Н.Т., Трофимова Л.И. Изменения в обмене веществ у лососевых рыб под влиянием неинфекционных поверхностно-

- активных веществ, вводимых в корм //Современные проблемы эволюционной биохимии и происхождение жизни: Сб. тез. докл. - Петрозаводск, 1984. - С. 85-87.
19. Сергеева Н.Т., Котельникова Л.А., Емачилов Д.А. Состав липидов двухлеток речной и заводской форели //Пластический обмен у рыб: Сб. научн. тр. - Калининград: КТИРПХ, 1985. - С. 97-101.
20. Сергеева Н.Т., Нефедова Н.П. Доступность для форели аминокислот рыбной муки, соевого и подсолнечного шрота //Воспроизводство по промышленному рыбоводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб: Сб. тез. докл. - М., 1985. - С. 117-119.
21. Сергеева Н.Т., Жданов Ю.И., Котельникова Л.А. Специфика и пути удовлетворения пищевых потребностей форели в незаменимых жирных кислотах, фосфолипидах //Воспроизводство по промышленному рыбоводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб: Сб. тез. докл. - М., 1985. - С. 119-120.
22. Щербина Н.А., Амоскина Н.А., Сергеева Н.Т. Искусственные корма и технологии кормления объектов промышленного рыбоводства. Рекомендации. - Ростов-на-Дону, 1985. - С. 51.
23. Сергеева Н.Т. Влияние повышенных концентраций аскорбиновой кислоты в воде на переваримость и обмен веществ в организме форели //Экологическая физиология и биохимия рыб. - Владивосток, 1985. - С. 515-516.
24. Сергеева Н.Т. Влияние состава ингредиентов комбикорма на переваримость и обмен веществ в организме форели //Экологическая физиология и биохимия рыб: Сб. тез. докл. - Владивосток, 1985. - С. 517-518.
25. Нефедова Н.П., Сергеева Н.Т. Доступность аминокислот рыбной и мясокостной муки в организме форели //Экологическая физиология и биохимия рыб: Сб. тез. докл. - Владивосток, 1985. - С. 498-499.
26. Сергеева Н.Т. Влияние несбалансированного по аминокислотному и аминокислотному составу корма на липидный обмен в организме радужной форели //Пластический обмен у рыб: Сб. научн. тр. - Калининград: КТИРПХ, 1985. - С. 15-21.
27. Сергеева Н.Т., Жданов Ю.И., Котельникова Л.А. Обмен жирных кислот и индивидуальных липидов у форели, выращиваемой на комбикормах РГМ-5В и РГМ-13Е //Биологические основы рационального кормления рыбы: Сб. научн. тр. - М.: ВНИИРХ, 1986. - Вып. 49. - С. 132-140.

26. Сергеева Н.Т., Жданов Ю.И. Потребность рыб, выращиваемых в садках на солоноватых водах в незамеченных жирных кислотах // Всесоюзный семинар по интенсификации форелеводства. - М., 1987. - С. 50.
29. Сергеева Н.Т., Рожкова И.М., Спектор А.Е. Минеральный обмен форели в садках на солоноватых водах // Всесоюзный семинар по интенсификации: Сб. тез. докл. - М., 1987. - С. 59-52.
30. Сергеева Н.Т., Жданов Ю.И., Лемперт О.Т., Писарева Н.А. Влияние дефицита биологически активных веществ в кормах на обмен веществ у радужной форели // Рыбное хозяйство, 1987. - № 8. - С. 41-44.
31. Сергеева Н.Т. К вопросу о минеральном составе корма РГМ-5В для форели, выращиваемой в установке с замкнутой водоснабженкой // Вопросы физиологии и биохимии питания рыб: Сб. научн. тр. - М.: ВНИИПРХ, 1987. - Вып. 52. - С. 18-28.
32. Сергеева Н.Т., Нефедова Н.П. Питательная ценность компонентов комбикормов животного происхождения для радужной форели // Вопросы физиологии и биохимии рыб: Сб. научн. тр. - М.: ВНИИПРХ, 1987. - Вып. 52. - С. 34-44.
33. Сергеева Н.Т. Влияние качества рыбной муки на обмен веществ и темп роста форели // Современное состояние и перспективы рационального использования и охраны рыбного хозяйства в бассейне Азовского моря. Ч. II. Аквакультура: Сб. тез. докл. - М., 1987. - С. 105-106.
34. Щербина М.А., Бурлаченко И.В., Сергеева Н.Т. О химическом составе икры и потребностях двух видов черноморских кефалей в аминокислотах // Вопросы ихтиологии, 1988. - Т. 28. - № 1. - С. 132-137.
35. Сергеева Н.Т. Питательная ценность для форели муки из отходов переработки филе из кальмаров // Сырьевые ресурсы и биологические основы рационального использования промысловых беспозвоночных: Сб. тез. докл. - Владивосток, 1988. - С. 143-144.
36. Сергеева Н.Т., Городниченко Л.В., Жданов Ю.И., Степанцова Г.Е. Биологическая ценность жира из отходов переработки филе из кальмаров в комбикорма для форели // Оценка и освоение биологических ресурсов океана: Сб. тез. докл. - Владивосток, 1988. - С. 107-108.
37. Сергеева Н.Т., Паукова Л.М. Влияние ферментного препарата из гидробионтов на эффективность усвоения питательных веществ корма и рост форели // Оценка и освоение биологических ресурсов океана: Сб. тез. докл. - Владивосток, 1988. - С. 108-109.

38. Сергеева Н.Т. Физиолого-биохимическая оценка влияния липидной добавки на обмен веществ у форели в период низких температур //Экологическая физиология и биохимия рыб: Сб.тез.докл. - Ярославль, 1989. - С. 129-130.
39. Сергеева Н.Т. О влиянии добавок витамина Е, селена и кальмарового жира в составе комбикорма РГМ-5В на обмен веществ и темп роста форели //Вопросы разработки и качества комбикормов: Сб.научн.тр. - М.: ВНИИПРХ, 1989. - Вып. 57
40. Сергеева Н.Т., Нефедова Н.П., Гамыгин Е.А. Физиолого-биохимическая оценка эффективности использования муки из отходов производства филе из кальмаров в кормлении форели //Вопросы разработки и качества комбикормов: Сб.научн.тр. - М.: ВНИИПРХ, 1989. - Вып. 57
41. Сергеева Н.Т. О минеральном питании радужной форели (*Salmo gairdneri* R.), выращиваемой на солоноватых водах на корме РГМ-5В //Вопросы ихтиологии. - М., 1989
42. Сергеева Н.Т. Влияние липидных добавок различного происхождения на обмен веществ и темп роста радужной форели //Вопросы ихтиологии. - М., 1989

Сергеева

Подписано к печати 25.07.89 г. К/ 04224. Заказ 273. Объем 3,25 л. л.

Бумага 60x84 2/16. Тираж 130 экз.

РП УСП КТИПРХ, 236000, Калининград обл. Советский пр-т. 1.