

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПРУДОВОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА ( ВНИИПРХ )

На правах рукописи

**ГАМЫГИН Евгений Алексеевич**

**КОРМЛЕНИЕ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ  
В ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЕ**

Специальность 03.00.10 - ихтиология

Диссертация в виде научного доклада на соискание  
ученой степени доктора биологических наук

Москва, 1996

## ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

Доктор биологических наук,

старший научный сотрудник

Доктор биологических наук, профессор

Доктор биологических наук, профессор

КОРНЕЕВ А.Н.

СИМАКОВ Ю.Г.

КАСУМЯН А.О.

Ведущая организация - Главное управление по охране, воспроизводству рыбных запасов и регулированию рыболовства Роскомрыболовства.

Защита диссертации состоится "25" ИЮНЯ 1996 года в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 117.04.01 при Всероссийском научно-исследовательском институте прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ) по адресу: 141821, п.Рыбное, Дмитровский р-н, Московская область.

С диссертацией в виде научного доклада можно ознакомиться в библиотеке ВНИИПРХ.

Диссертация в виде научного доклада разослана "17" мая 1996 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

Трямкина С.П.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В настоящее время рыбоводство приобрело характер промышленного производства, основанного на выращивании рыб в прудах, бассейнах, садках, а также в озерах и водохранилищах. Объектами промышленного выращивания являются многие виды рыб, среди которых основное место занимают карповые и лососевые.

Существенной особенностью интенсификации рыбоводства при переходе на индустриальную основу является уплотнение посадки рыб, которая составляет до 100-200 кг рыбы на 1 м<sup>2</sup> объема водной среды. В повышении плотности посадки заложен экономический принцип концентрации производства. Пропорционально росту концентрации рыбы возрастают требования к факторам ее жизнеобеспечения и, в первую очередь, кормлению.

Если при экстенсивной форме рыбоводства естественная кормовая база полностью удовлетворяла пищевые потребности рыб, то по мере повышения уровня интенсификации рыбоводства эквивалентный рост концентрации и продукции естественной кормовой базы становится нерентабельным. В поисках рентабельного решения рыбоводство подошло к организации искусственного кормления рыб специальными комбикормами. В хозяйствах индустриального типа за счет кормления производится практически 100% рыбопродукции. Причем в структуре стоимости производства рыбы на долю кормов приходится около половины общих затрат. Вполне очевидно, что повышение эффективности кормления является одним из основных способов улучшения экономики и эффективности промышленного рыбоводства.

Значимость проблемы кормления рыб как одного из главных способов интенсификации рыбоводного процесса также связана с тем, что искусственное кормление является полностью управляемым фактором: в руках челове-

ка рецептура, форма, способ изготовления и распределения корма, определяющие его продуктивные качества.

Одним из наиболее важных и сложных вопросов в проблеме кормления является разработка рецептуры комбикормов. Основным принципом подбора кормосмесей в прошлом было использование доступных, но случайных компонентов - низкокачественного зерна, отходов мукомольно-крупяного производства, пищевых и боенских отходов, малоценной рыбы и др. При таком подходе к кормлению рыб иногда бывает трудно разделить функции кормления и удобрения водоемов органическими веществами. Неполноценность комбикормов компенсировалась естественными кормами. В условиях же индустриальной аквакультуры становится необходимым обеспечить полное удовлетворение пищевых потребностей рыб за счет питания комбикормами. Физиологические принципы кормления требуют, чтобы комбикорма были полноценными, то есть содержали все без исключения компоненты питания, необходимые для хорошего роста и нормального развития организма.

К началу наших исследований (первая половина 70-х годов) товарное форелеводство и воспроизводство проходных лососей базировалось на использовании икры морских рыб и пастообразных кормосмесей, которые составлялись, как правило, эмпирически без учета специфики питательных свойств кормового сырья и физиолого-биохимических особенностей питания и пищеварения рыб. Низкая эффективность и неполноценность применяемых кормов сдерживали развитие высокоинтенсивных форм производства рыбной продукции и ухудшали экономические показатели работы рыбобreedных предприятий. Очевидно, было необходимо привести в соответствие развивающуюся технологию индустриального рыбобreedства и применяемые комбикорма.

В связи с актуальностью данной проблемы как в нашей стране, так и за рубежом были выполнены широкомасштабные исследования по физиологии и биохимии питания рыб, оптимизации рационов кормления, методов про-

изводства и использования комбикормов для объектов аквакультуры ( Маликова, 1962, 1967, 1977, 1980, 1985; Steffens, 1969, 1982, 1985; Корнеев, 1969, 1973; Philips, 1970; Остроумова, 1971, 1973, 1977, 1979, 1981, 1983, 1985, 1991; Orme, 1971; Halver, 1972, 1982, 1986; Щербина, 1973, 1975, 1980, 1982, 1988; Рыжков и др., 1979, 1983, 1985; Желтов и др., 1980, 1982; Рыжков, Полина, 1980; Скляр, 1982, 1983, 1986, 1988; Сергеева, 1984, 1985, 1987, 1988, 1989; Канидьев, 1983, 1985; Matty, 1985 и др.). Наши работы проведены в аспекте решения данных задач применительно к форелеводству и лососеводству.

За рубежом первые полнорационные комбикорма, основанные на сухих мукообразных компонентах, представленные в гранулированном виде, появились свыше 30 лет назад. Однако из-за особенностей кормопроизводства той или иной страны, различий в качественном составе кормовых продуктов механическое перенесение зарубежного опыта в отечественную промышленность невозможно. Кроме этого многие вопросы, связанные с оптимизацией структурных элементов питания, соотношением животного и растительного протеина в кормах, изысканием новых источников питательных и биологически активных веществ были изучены недостаточно.

В связи с этим возникла необходимость в существенной переработке теории и практики кормления лососевых рыб.

Цель и задачи работы. Цель нашей работы заключалась в создании научных и практических основ полнорационного кормления лососевых рыб при товарном выращивании и заводском воспроизводстве (на примере радужной форели и атлантического лосося как основных объектах индустриального лососеводства).

Для достижения этой цели предстояло решить следующие задачи:

1. Проанализировать, уточнить и обобщить данные по биологической потребности лососевых рыб в структурных элементах питания.
2. Разработать методические принципы расчета состава комбикормов с использованием электронно-вычислительной техники.

3. Разработать и провести рыбоводно-биологическую оценку рецептур сбалансированных гранулированных комбикормов и поливитаминных премиксов для радужной форели всех возрастных категорий (от личинок до производителей).

4. Исследовать возможность замены протеина животного происхождения на растительный в составе комбикормов для радужной форели.

5. Оценить эффективность ряда новых перспективных кормовых продуктов в питании форели.

6. Дать сравнительную оценку гранулированных и экструдированных комбикормов для форели.

7. Разработать методы повышения эффективности заводского воспроизводства атлантического лосося путем использования гранулированных комбикормов.

Практическим завершением исследований являлась разработка основных элементов промышленной технологии кормления рыб сухими гранулированными кормами, а также технических условий на их производство.

Фактический материал. В диссертации подведены итоги исследований, выполненных в 1972-1994 гг. Фактической основой для обобщения послужили материалы исследований и производственных экспериментов, опубликованные самостоятельно или совместно с сотрудниками ВНИИПРХ и других научно-исследовательских институтов отрасли.

Работа выполнялась в рамках комплексной целевой программы "Премикс", руководство которой осуществлял автор диссертации, тематического плана ВНИИПРХ (№ гос. регистрации тем 76069874, 81063504, 01830055208, 01860124132), задания ГКНТ 0.40.01.07, 0.40.01.08, задания Миннауки РФ по проекту "Пресноводная аквакультура" ГНТП "Перспективные процессы в перерабатывающих отраслях АПК". При обобщении результатов экспериментальных работ широко использованы литературные материалы отечественных и зарубежных авторов.

Научная новизна и теоретическая значимость. На базе данных о физиологической потребности лососевых рыб в структурных элементах питания, специфических особенностях кормового сырья и биологически активных веществ разработаны научно-практические основы кормления ряда объектов лососеводства при полноциклическом культивировании и заводском воспроизводстве. В результате комплексных рыбоводно-биологических исследований впервые разработана серия отечественных рецептур гранулированных и экструдированных комбикормов для рыб на разных стадиях индивидуального развития, сбалансированных по основным питательным веществам с помощью ЭВМ. Уточнены потребности разновозрастной форели в витаминах и на их основе разработаны новые модификации поливитаминных премиксов. Впервые дана оценка эффективности комбикормов в зависимости от их агрегатного состояния и абиотических факторов среды. Обоснована и доказана возможность замены значительного количества животного протеина на растительный в продукционных кормах для форели. Определена эффективность включения в рацион рыб ряда новых нетрадиционных кормовых средств (молочно-белковый концентрат, биомасса водородокисляющих бактерий, спирулина, продукты переработки ракообразных, аминокислот водорослевой, липрин). Впервые показана высокая эффективность применения крилевого жира как источника высоконасыщенных жирных кислот и легкоусвояемых липидов в комбикормах для разновозрастных групп форели. Выявлены неизвестные ранее особенности комбинированного использования рыбной и крилевой муки в составе комбикормов для форели и влияние различных сочетаний этих кормовых средств на эффективность выращивания рыб разного возраста. Определены оптимальные условия и разработана биотехника выращивания форели и балтийского лосося на сухих гранулированных комбикормах.

Практическое значение и реализация результатов работы. Итоги выполненной работы являются основой промышленной технологии кормления лососевых рыб в хозяйствах индустриального типа. Производству передана

утвержденная в установленном порядке высокоэффективная рецептура сбалансированных стартовых и продукционных гранулированных и экструдированных комбикормов. Основные практические предложения и рекомендации прошли широкую производственную проверку и внедрены в практику рыбоводства.

Поскольку отечественная комбикормовая промышленность в 70-е и 80-е годы не могла изготавливать корма для лососевых рыб, удовлетворяющие требованиям рыборазведения (прежде всего стартовые), по поручению бывшего Минрыбхоза СССР нами было разработано техническое задание на закупку по импорту комплектного оборудования заводов по производству специальных рыбных комбикормов, в котором были учтены материалы настоящих исследований. При личном участии и научно-методическом руководстве автора диссертации были проведены переговоры с рядом инофирм, в результате чего была осуществлена закупка и строительство в 1980-1993 гг. специализированных заводов рыбных комбикормов (Ростовского, Днепропетровского, Чиназского, Белгородского и Краснодарского). Это дало возможность организовать с начала 80-х годов производство комбикормов для всех основных объектов аквакультуры, в том числе по рецептурам автора. Тем самым была создана новая отрасль - производство специальных рыбных комбикормов, и обеспечена материально-техническая база развития индустриального рыбоводства в нашей стране.

Разработаны, утверждены в установленном порядке и введены в действие технические условия на производство комбикормов (ТУ 15-613-84, ТУ 15-645-84, ТУ 15-1034-89, ТУ 9226-002-00472450-96). На разработанный нами поливитаминный премикс также утверждены технические условия (ТУ 64-5-7-77), и он выпускается Щелковским витаминным заводом. Всего за период с 1982 по 1994 гг. специализированными заводами отрасли было выработано по нашим рецептурам около 8 тыс. т. стартовых и 120 тыс. т. продукционных комбикормов, направленных в рыбхозы России и других государств (бывших республик СССР). Несколько партий комбикормов



изготовленных Днепропетровским заводом, было поставлено за рубеж (Швецию, Грецию, Кипр, Латвию).

По материалам исследований разработано и опубликовано 14 руководств, инструкций, методических рекомендаций, практических пособий, проспектов и другой нормативно-технической документации по вопросам кормов, кормления и кормопроизводства для рыб.

Корма и премиксы неоднократно демонстрировались на международных выставках, на ВДНХ (золотая, серебряная и бронзовая медали), центральной выставке НТТМ-78.

Апробация работы. Результаты научных исследований, составляющих основу диссертации, в 1973-1994 гг. ежегодно обсуждались на Ученом Совете и Методическом совете по кормам и кормлению рыб ВНИИПРХ, Всесоюзном совещании по садковому выращиванию форели (Пярну, 1974), X (Киото, Япония, 1975) и XI (Рио-де-Жанейро, Бразилия, 1978) международных конгрессах по питанию, Всесоюзном совещании по выращиванию рыбы в садках, установленных в водохранилищах и озерах (Москва, 1975), совещании по проблеме "Биологические основы разработки рецептуры гранулированных кормов для выращивания товарной рыбы" (Ленинград, 1976), Всесоюзной конференции молодых ученых "Научно-технический прогресс в рыбной промышленности" (Калининград, 1976), Международном симпозиуме по питанию и кормлению рыб и 10 сессии ЕИФАК (Гамбург, ФРГ, 1978), Международном (четырёхстороннем) совещании по биологии тихоокеанских лососей (Южно-Сахалинск, 1978), Седьмом советско-японском симпозиуме по аквакультуре (Токио, 1978), Всесоюзной научной конференции по товарному прудовому и озерному рыбному хозяйству (Москва, 1978), Всесоюзной конференции молодых ученых и специалистов "Научно-технический прогресс и проблемы рыбного хозяйства" (Москва, 1978), Всесоюзном совещании по проблеме "Научные основы и перспективы рыбоводства в садках и бассейнах" (Ленинград, 1978), Международном симпозиуме по мариккультуре (Гдыня, ПНР, 1979), Всесоюзном совещании

“Совершенствование биотехники прудового рыбоводства” (Москва, 1980), Симпозиуме по аквакультуре СССР - США (Москва, 1983), IV Всесоюзном совещании по научно-техническим проблемам марикультуры (Владивосток, 1983), Всесоюзном совещании по промышленному рыбоводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб (Москва, 1985), научной конференции ВНПО по рыбоводству и ВЗНПП (Москва, 1988, 1989), Всесоюзной конференции по морской биологии (Севастополь, 1988), XXIII научной конференции по изучению водоемов Прибалтики (Петрозаводск, 1991), Всероссийском научно-производственном совещании по проблемам развития пресноводной аквакультуры (п.Рыбное, Московской обл., 1993), а также на ряде совещаний Минрыбхоза СССР, ГКНТ, Ихтиологической Комиссии,

Публикации. Результаты исследований по теме диссертации изложены в 98 опубликованных работах общим объемом 58 печатных листов.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА КОМБИКОРМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Сложный состав современных полнорационных комбикормов вызывает значительные трудности при балансировании основного химического состава обычными методами подбора, причем всегда остается сомнение в оптимальности конечного варианта. При расчете состава комбикормов рекомендуется учитывать свыше 40 параметров, куда относится набор сырьевых компонентов с характеристиками их питательных свойств и требуемое содержание различных видов питательных и биологически активных веществ (протеина, незаменимых аминокислот, липидов, жирных кислот, безазотистых экстрактивных веществ, клетчатки, макро- и микроэлементов, витаминов). С целью решения данной задачи нами была разработана методика расчета кормосмесей на ЭВМ (Гамыгин, 1977). Использован метод ли-

нейного программирования, известный под названием симплекс-метод, позволяющий с учетом большого количества введенных параметров и ограничений находить оптимальные варианты решений.

Математическая модель задачи в сокращенном виде выглядит следующим образом:

$$\sum_{j=1}^n C_j X_j \rightarrow \min$$

при условии:  $\sum_{j=1}^n V_{ij} X_j \geq b_i$ ; ( $i=1,2,3...m$ ); ( $X_j \geq 0$ ); ( $j=1,2,3...n$ )

где:  $C_j$  - стоимость  $j$ -го вида корма;

$X_j$  - количество корма  $j$ -го вида, входящего в рацион;

$V_{ij}$  - содержание  $i$ -го элемента питания в единице  $j$ -го корма;

$b_i$  - минимально допустимое количество  $i$ -го элемента питания в корме;

$n$  - количество компонентов корма;

$m$  - количество учитываемых элементов питания ( $i$ ).

Для практической проверки метода было проведено исследование сравнительной эффективности двух диет - рассчитанных обычным способом и на ЭВМ. Установлено, что кормосмесь, составленная на ЭВМ, оказалась по совокупности изученных показателей более эффективной. Балансировка этого корма позволила снизить расход питательных веществ для получения единицы прироста рыб. Так, общие кормовые затраты диеты, рассчитанной на ЭВМ, оказались на 13% ниже, чем составленной обычным способом, а затраты протеина и энергии - соответственно, на 25 и 20% ниже (Канидьев, Гамыгин, Романенко, 1974; Канидьев, и др., 1977). Стоимость единицы прироста форели на кормосмеси, сбалансированной на ЭВМ, оказалась на 14% ниже.

В последующем нами была предпринята попытка усовершенствовать этот метод, поскольку рассчитанные по поставленной задаче кормосмеси не всегда соответствовали требованиям по содержанию питательных веществ, а аминокислотный состав кормов в некоторой степени отличался от физиологической потребности рыб. Поэтому в дальнейшем целевой функцией избрали не стоимость корма, а его питательность при заданных ограничениях дорогостоящих видов кормовых средств. Под одним из критериев питательности была принята сбалансированность кормосмеси по незаменимым аминокислотам, при которой сумма квадратов разности между требуемым и расчетным их абсолютным содержанием (Резников, 1980) или соотношением (Антонюк, 1982) должна быть минимальной.

Отличие решения этой задачи от предыдущей сводилось лишь к другому критерию оптимальности:

$$\sum_{i=1}^{10} (P_i^{\text{рас}} - P_i^{\text{треб}})^2 \rightarrow \min$$

где  $P_i^{\text{рас}}$  - расчетное содержание  $i$ -ой незаменимой аминокислоты в корме;

$P_i^{\text{треб}}$  - требуемое содержание  $i$ -ой незаменимой аминокислоты в корме.

При этом были уточнены условия по содержанию других питательных веществ и составу ингредиентов, поставленных в предыдущей задаче.

Основываясь на использовании разработанной методики с учетом результатов рыбоводно-биологических экспериментов, в наших дальнейших исследованиях составление опытных рецептов кормосмесей и их балансирование по структурным элементам питания проведено с использованием ЭВМ.

## ПОТРЕБНОСТЬ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ПИТАНИЯ

Для нормальной жизнедеятельности рыб в корме должен находиться комплекс питательных веществ в определенном количестве и соотношении. Потребность рыб в структурных элементах питания не остается постоянной. Она изменяется в зависимости от возраста, размера, половой зрелости, гидрoхимических свойств и температуры воды, а также от качественных особенностей самих питательных веществ корма (Cho, 1992). В процессе обмена веществ главное место отводится протеину - основной составной части живой материи. Говоря о пищевой ценности белков, следует иметь в виду их аминокислотный состав. Общими для всех белков растительного и животного происхождения являются более 20 аминокислот, однако биологическая ценность белка определяется наличием в нем незаменимых аминокислот, то есть тех, синтез которых в организме не происходит, или идет недостаточно быстро для удовлетворения потребности (Бергнер, Кетц, 1973).

К настоящему времени установлена количественная потребность в аминокислотах лососевых рыб и их оптимальное соотношение (Halver et al., 1973; Ketola, 1982; Walton et al., 1984; Kaushik, 1990). Нарушение баланса незаменимых аминокислот приводит к снижению эффективности рационов. Но вместе с тем, по нашим данным, небольшой избыток таких аминокислот, как лизин, метионин, триптофан, фенилаланин и аргинин в кормах для лососевых рыб является полезным (Скляров, Гамыгин, Рьжков, 1984; Гамыгин и др., 1989).

Потребность рыб в белке значительно выше, чем у теплокровных животных. Однако по использованию протеина и энергии корма на прирост биомассы рыбы выгодно отличаются от сельскохозяйственных животных (Остроумова, 1985; Гамыгин, 1987). Оптимальный уровень протеина в кормах для молоди лососевых рыб был установлен в пределах 45-55%, для

взрослых особей - 35-45% (Phillips, 1970; Cowey, 1975, 1993; Канидьев, Гамыгин, 1977; Гамыгин и др., 1989). Эффективность утилизации протеина находится в тесной взаимосвязи с энергетической обеспеченностью пищи. Наиболее эффективными являются комбикорма с общим содержанием не менее 40% энергии за счет белка (Petzsch, Pfeffer, 1982; Гамыгин, 1987). При использовании полноценных комбикормов, представленных в гранулированном виде, на 1 кг прироста рыб требуется 550-650 г протеина (Phillips, 1970; Канидьев, Гамыгин, 1979). Превышение этого уровня свидетельствует о дисбалансированности диеты и неполноценности белка.

В силу физиологических особенностей хищные рыбы используют большую часть протеина корма на энергетический обмен - до 70% (Orme, 1971; Steffens, 1989; Cowey, 1993). Тем самым представляется актуальным поиск путей снижения непроизводительных трат белка. Смеси протеинов разного происхождения усваиваются организмом лучше, чем однотипный протеин в отдельности. Поэтому питательная ценность комбикормов повышается при расширении разнообразия сырья (Скляр, Гамыгин, Ръжков, 1984; Гамыгин и др., 1990).

Жиры являются основными из легкоусвояемых источников энергии в кормах. Теория липидного питания лососевых активно разрабатывается последние 10-15 лет (Castell, 1978; Takeuchi, Watanabe, 1979, 1982; Lowell, 1985; Kaushik, 1990). Считается, что полноценные комбикорма должны содержать преимущественно жидкие жиры (Orme, 1971; Канидьев, Гамыгин, 1977), богатые ненасыщенными жирными кислотами (Watanabe, 1982, 1984). В то же время в составе продукционных комбикормов для выращивания товарных рыб можно применять и твердые жиры (Сергеева, 1984; Matty, 1985). По-видимому, твердые жиры выполняют в основном энергетическую функцию, однако при этом рационы должны обязательно содержать комплекс полиеновых жирных кислот линоленового, линолевого и олеинового рядов (Yu et al., 1977; Сергеева и др., 1985; Гамыгин, 1987; Watanabe, 1993). Потребность радужной форели наилучшим образом удовлетворяется при

содержании в корме 0,5% высоко ненасыщенных жирных кислот - эйкозапентаеновой и докозагексаеновой, несколько меньший эффект линоленовой кислоты (необходимо 1%), еще меньше - линолевой (Takeuchi, Watanabe, 1977; Kanazawa, 1985). Проходным лососям требуется в корме по 1% линоленовой и линолевой кислот (Watanabe, 1982). Как недостаток, так и избыток в кормах n-3 и n-6 кислот отрицательно влияет на липидный обмен форели, поэтому рекомендуется устанавливать их соотношение в пределах 1,6-1,8 (Сергеева, 1989).

Вопрос об оптимальном количестве общих липидов в комбикормах окончательно не ясен. Ранее большинство исследователей ограничивали уровень жира в лососевых корма до 5-6% (Phillips, 1970), считая, что повышенная жирность вызывает отек полости тела, церроидное перерождение печени и почек. Однако, эта точка зрения основывалась, по-видимому, на использовании низкокачественных тугоплавких жиров. Позднее была установлена возможность повышения жирности кормов для лососевых рыб до 25% за счет высококачественных жидких жиров (Halver et al., 1983) и даже 30% (Johnsen, Wandsvik, 1991). Тем не менее считается, что достаточно высокое использование питательных веществ комбикормов для форели с учетом факторов экономического характера наблюдается при содержании липидов от 8 до 12%, для проходных лососей - до 16% (Канидьев, Гамыгин, 1975; Гамыгин, 1976, 1987; Klupp, Schwegel, 1982; Kochseder, 1984). Липидное питание рыб, в том числе лососевых, требует дальнейшего изучения (Остроумова, 1987; Рьжков, Полина, 1987; Cho, Kaushik, 1990).

Наиболее дешевыми и доступными с хозяйственной точки зрения источниками энергии в кормах являются углеводы. Углеводный обмен у разных видов рыб различен (Щербина, 1973). Лососевые рыбы наименее эффективно используют углеводы за счет пониженной функции шитовидной железы и недостаточной активности амилалитических ферментов (Hashimoto, 1975; Hilton, Atkinson, 1982). По мнению ряда исследователей, в кормах для лососевых в зависимости от их вида и возраста должно находиться до

20-35% углеводов (Phillips, 1970; Orme, 1971; Канидьев, Гамыгин, 1975, 1977; Гамыгин, 1987; Hilton, Slinger, 1989). Один из наиболее перспективных путей повышения степени утилизации углеводов рыбами - физико-механическая обработка комбикормов или их углеводистых компонентов, и прежде всего, экструдирование или гидробаротермическая обработка (Formeris et al., 1982; Pfeffer, 1995). Так, если гранулирование комбикормов сухим прессованием вызывает желатинизацию не более 10% крахмала (Stivers, 1970), то экструдирование - в несколько раз больше (Delort-Laval, Mercier, 1976). Если переваримость натурального крахмала форелью составляет 40-50%, то желатинизированного - 85-90% (Bergot, Breque, 1983). Желатинизация крахмала (перевод его из  $\beta$ - в  $\alpha$ -форму) также способствует лучшему использованию кормового протеина (Kaushik, Feles, 1986). Применение прошедшего гидробаротермическую обработку крахмала дает возможность снизить содержание протеина в форелевых комбикормах до 35-38% (Pieper, Pfeffer, 1980; Гамыгин, Пономарев, 1993).

Необходимость витаминизации комбикормов для рыб известна уже давно, достаточно полно изучены симптомы отдельных авитаминозов (Halver, 1982; Poston, 1985). Признаки недостаточности витаминов по обобщенным данным многих исследователей приведены в работах И.Н.Остроумовой (1977), А.Н.Канидьева (1984), Е.А.Гамыгина (1987). Отсутствие или дефицит витаминов в кормах вызывает крайне тяжелые комплексные нарушения многих сторон обмена, в том числе нарушение азотистого равновесия в организме, дисбаланс аминокислот, на фоне которого рыба испытывает белковое голодание. Это неизбежно сопровождается нарушениями функций органов, дегенерацией печени и почек, аномальными изменениями гематогенеза, торможением роста и массовой гибелью рыб (Маликова, Иозепсон, 1978; Склярлов, Гамыгин, Ръжков, 1984; Маликова, 1985). Считается, что лососевым рыбам необходимо получать с кормом до 14 витаминов и витаминоподобных веществ - А, Д, Е, К, С, Н, группу В в определенном количестве (Halver, 1968; Гамыгин, 1977; Steffens, 1989).



Сложнейшая функциональная роль витаминов вызывает необходимость дальнейших исследований по уточнению потребностей рыб в них, так как это зависит от многочисленных факторов: возраста и физиологического состояния особей, сезона, условий содержания, состава и качества кормов (Остроумова, 1987; Гамыгин и др., 1989; Colin, Cowey, Cho, 1993).

Для нормальной жизнедеятельности рыбы нуждаются в комплексе минеральных элементов. Однако минеральный обмен рыб изучен еще недостаточно (Frenzel, Pfeffer, 1982; Asgard, 1986; Гамыгин и др., 1989). В определенной мере это связано с тем, что во-первых, потребность рыб во многих минералах чрезвычайно мала, что затрудняет составление тестовых диет, а во-вторых, соли поступают в организм не только с пищей, но и осмотическим путем через жабры, слизистые покровы ротовой полости и кожу. Наличие в корме минеральных веществ становится менее важным, когда рыба содержится в соленой воде или в воде с высокой ионной активностью. Считается, что рыбам требуется кальций, фосфор, магний, калий, сера, хлор, железо, медь, иод, марганец, кобальт, цинк, молибден, селен, хром, олово (Halver et al., 1973; Канидьеv, Гамыгин, 1979; Steffens, 1993). Тем не менее, по-видимому, следует придерживаться точки зрения Е.М.Маликовой (1985) о необходимости очень осторожного подхода к обогащению кормов минеральными солями и учитывать при этом геохимические особенности региона рыбоводства, солевой состав кормов, возможные антагонистические отношения между микроэлементами, физиологию рыб и другие факторы. При выращивании форели и лосося в воде с достаточно высокой ионной активностью на кормах с введением естественных источников макро- и микроэлементов (рыбная, мясокостная, водорослевая мука и т.д.) вряд ли целесообразно дополнительно включать в рацион комплексы солей, за исключением, пожалуй, фосфора (Гамыгин, 1987; Гамыгин, Пономарев, 1993).

Результаты многочисленных научно-исследовательских работ по оценке пищевых потребностей рыб в основных питательных и биологиче-

ски-активных веществах дали научное обоснование для формирования рецептур полнорационных комбикормов.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОРМЛЕНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Сухие гранулированные комбикорма используются на протяжении всего жизненного цикла радужной форели - от личинки до половозрелости (Галасун, 1975; Канидьев, Гамыгин, 1977). Учитывая возрастные особенности обмена веществ, мы разработали три группы комбикормов - стартовые (для ранней молодежи), продукционные (для выращивания товарной рыбы) и специальные корма для производителей (Гамыгин, 1987). Состав и питательные свойства этих кормов имеют существенные различия.

Испытания гранулированных комбикормов для форели проводили на центральной экспериментальной базе ВНИИПРХ и Чернореченском форелевом хозяйстве. Форель выращивали в прямоугольных бетонных и металлических круглых бассейнах и стеклопластиковых лотках при плотности посадки, установленной в соответствии с интенсивностью водообмена (Канидьев и др., 1975). Температура воды по вариантам опытов составляла 8-10°C и 14-16°C, содержание кислорода - не ниже 8 мг/л. Опыты проведены в двойной повторности с контролем, в качестве которого использовали пастообразные смеси, основанные на селезенке крупного рогатого скота с добавлением сухих концентратов. Опытные партии гранулированных комбикормов изготавливали на лабораторном оборудовании по стандартной технологической схеме (Канидьев, Гамыгин, 1977). Оптимальную величину гранул (крупки) и суточную норму кормления в соответствии с массой форели и температурой воды определяли на основании собственных и литературных данных (Phillips, 1970; Канидьев, Гамыгин, 1975). Частота раздачи гранулированного корма была установлена в зависимости от размера рыб и составляла от 4 до 12 раз в день.

Результаты выращивания рыбы оценивали и сравнивали по совокупности рыбоводно-биологических, физиолого-биохимических и экономических показателей. Рыбоводный эффект определяли на основании темпа роста рыб, их поведения, величины отхода, кормового коэффициента, затрат протеина и энергии корма на прирост. Физиолого-биохимическую оценку рыб проводили по данным гематологического анализа, гепатосоматическому индексу, гистологической структуре печени и содержанию основных химических соединений в теле (Нуссенбаум, 1951; Пучков, 1954; Голодец, 1955; Остроумова, 1957; Факторович, 1969; Канидьеv, 1970; Титарев, 1975). Экономическую эффективность кормов оценивали по стоимости единицы прироста рыбы и величине производственного показателя (произведение затрат времени и средств на единицу прироста). В отдельных случаях вычисляли рентабельность (отношение прибыли к себестоимости, в %) и величину прироста фондовой рентабельности по В.Г.Мейеровичу (1974).

#### Разработка стартовых комбикормов для выращивания личинок и мальков

Рецептура, основной состав и некоторые физические свойства. Работы были начаты в 1973 г. Из серии подготовленных рецептов комбикормов и апробированных рабочих вариантов был выбран рецепт РГМ-6М, который наиболее полно удовлетворял заданным условиям. Корм включает (в %): муку рыбную - 48, мясокостную - 5, пшеничную - 5,2, водорослевую - 1, сухой обрат - 5,5, кормовые дрожжи - 6, соевый шрот - 16, рыбий жир - 7, краситель "Рубиновый СК" - 0,3, премикс ПФ-1М - 1. В составе корма находится (в %): протеина - 45,8, жира - 11,5, углеводов - 18,4, золы - 14,5, обменной энергии (с учетом переваримости) - 12,65 МДж/кг. Плаваемость и скорость погружения частиц корма - крупки зависят от ее размера. Если крупка размером 0,4-0,6 мм погружается со скоростью 0,9 см/с, а количество плавающих частиц составляет 80-90%, то крупка размером до 2,5 мм - со ско-

ростью до 3,8 см/с и количество плавающих частиц снижается до 10-20%. Полное разрушение стартового корма в воде наступает через 30-60 минут в зависимости от его размера. Эти физические свойства корма при соблюдении технологии кормления обеспечивают его полное потребление рыбой.

Поливитаминовый премикс для личинок и мальков. Количество витаминов, содержащихся в компонентах кормосмесей, недостаточно для полного удовлетворения потребностей рыбы, поэтому возникла необходимость его дополнительной витаминизации. С этой целью на основе литературных и собственных данных нами был разработан поливитаминовый премикс ПФ-1М, предназначенный для стартового корма. В его состав включены 13 витаминов в следующих количествах (г на 1 кг): А - 1,7 млн. и.е., Д<sub>3</sub> - 0,35 млн. и.е., Е - 2, С - 50, В<sub>1</sub> - 1,5, В<sub>2</sub> - 3, В<sub>3</sub> - 5, В<sub>4</sub> - 150, В<sub>5</sub> - 20, В<sub>6</sub> - 1,7, В<sub>12</sub> - 0,007, В<sub>с</sub> - 0,5, викасол - 0,25, сантохин - 10, наполнитель (пшеничная мука или отруби) - до 1000. Экспериментальным путем установлено, что добавка премикса в корм в количестве 1% полностью обеспечивает потребность молоди форели в жирорастворимых и водорастворимых витаминах.

Эффективность стартовых комбикормов в зависимости от агрегатного состояния и абиотических условий среды. Стартовые комбикорма испытывали в виде крупки красного цвета (индекс РГМ-6М), естественного серого цвета без красителя (индекс РГМ-3М), пасты красного цвета (индекс РПМ-6М), пасты серого цвета (индекс РПМ-3М). Оценку кормов проводили при температуре воды, близкой к оптимальной (14-16°C) и пониженной (8-10°C). Кормление продолжалось с момента поднятия личинок на плав и перехода на смешанное питание при массе 0,10-0,15 г на протяжении периода, необходимого для завершения личиночного и начального малькового периодов развития.

Исследования показали значительное преимущество гранулированных комбикормов перед пастообразными одинакового компонентного состава, причем корм РГМ-6М был наиболее эффективным. При температуре воды 14-16°C прирост молоди на нем был на 233% выше, чем на пастообразном

того же состава и на 277% выше, чем на контрольном корме на основе боенских субпродуктов (табл.1).

Отмечены чрезвычайно низкие затраты гранулированных комбикормов на единицу прироста рыбы. Кормовой коэффициент корма РГМ-6М составлял 0,97, корма РГМ-3М - 1,11, то есть в 2-3 раза ниже, чем сбалансированных пастообразных и в 4-5 раз ниже, чем пастообразного на основе селезенки. По энерго-протеиновой оценке (расходу протеина и энергии на прирост) комбикорма РГМ-6М и РГМ-3М превосходили отечественные аналоги и соответствовали мировому уровню (Русакавичус и др., 1978; Канидьев, Гамыгин, 1979; Гамыгин, 1987; Steffens, 1992). Столь же очевидные преимущества гранулированных кормов в сравнении с пастообразными обнаружены по таким показателям, как стоимость единицы прироста и затраты времени на единицу прироста. По величине производственного показателя, представляющего собой совокупную оценку эффективности кормления, гранулированные корма имели значительное преимущество перед пастообразными.

Сравнительные испытания опытных комбикормов при низкой температуре воды (8-10°C) в целом обнаружили аналогичную картину. Однако при оптимальной температуре воды преимущество гранулированных кормов перед пастообразными проявились сильнее, а их биологическая и экономическая эффективность была значительно выше, чем при низкой температуре (Канидьев, Гамыгин, 1975).

Некоторые показатели эффективности стартовых кормосмесей для радужной форели при температуре воды 14-16°C (длительность эксперимента - 45 суток)

Показатели	Рецептуры кормов				
	РГМ-3М	РГМ-6М	РПМ-3М	РПМ-6М	СП-4М(К)
Масса рыб в начале опыта, мг	150	150	150	150	150
Масса рыб в конце опыта, мг	843	963	382	412	362
Относительный прирост, %	462	542	155	175	141
Кормовой коэффициент	1,11	0,97	3,12	2,85	4,97
Затраты протеина на 1 кг прироста, г	508	444	1149	1003	1138
Затраты энергии на 1 кг прироста, МДж	14,0	12,3	30,4	27,7	33,6
Затраты времени на 1% прироста, сутки	0,10	0,09	0,29	0,27	0,32
Стоимость 1 кг прироста (по кормовым затратам), % к контролю	35	31	77	70	100
Производственный показатель	0,068	0,054	0,412	0,354	0,621

В личиночный период жизни значительная часть потребности организма в пище покрывается за счет желточного мешка. По-видимому, анализ скорости расходования желтка позволит судить о качестве и эффективности использования искусственных кормосмесей. Учитывая это, мы определили длительность рассасывания желточного мешка личинок и в результате нашли, что на гранулированных кормах желток расходуется более экономно, чем на пастообразных. Если при содержании на комбикормах РГМ-6М и РГМ-3М желточный мешок полностью рассосался на 22 день с момента перехода на смешанное питание, то на пастообразных - уже на 16 день или на 6 дней раньше.

Нетрадиционные кормовые компоненты в составе стартовых комбикормов (молочно-белковый концентрат, биомасса водородоокисляющих бактерий, спиролина). Молочно-белковый концентрат (МБК) представляет собой высокобелковый на основе казеина продукт, богатый незаменимыми аминокислотами и углеводами. С целью оценки эффективности его использования на основе корма РГМ-6М был составлен корм РГМ-7М, содержащий 12% МБК, введенного вместо сухого обрата и некоторой части соевого шрота с таким расчетом, чтобы не нарушать баланса аминокислот. Это позволило повысить уровень протеина до 50% при незначительном изменении содержания остальных групп питательных веществ.

После первого месяца выращивания лучший результат показал корм с МБК - прирост массы рыб был на 13% выше, чем на корме без МБК. Кормовой коэффициент составил, соответственно, 0,87 и 1,03. Однако к концу второго месяца опыта результаты изменились. Молодь, потреблявшая корм РГМ-7М, росла медленнее и с более высоким отходом, чем на контрольном корме РГМ-6М (конечная масса составила, соответственно, 2,24 и 2,42 г) при увеличении кормовых затрат. Результаты выполненного опыта дают

основание полагать, что для молоди форели массой до 1-1,5 г можно применять стартовый корм рецепта РГМ-7М с введением МБК, однако в более поздний период добавка в корм МБК неэффективна (Канидьев и др., 1977; Гамыгин, 1979).

Значительный научный и практический интерес представляет оценка возможности использования в кормлении молоди форели микроводорослей и бактериального белка. Ранее был получен положительный результат от включения суспензии хлореллы в кормосмеси для форели и балтийского лосося, который выражался как в стимулировании роста рыб и повышении эффективности использования питательных веществ рациона (Маликова, 1985), так и улучшении физиологического состояния организма (Эргашбоев, Муинов, 1984).

Нами изучена эффективность другого вида микроводорослей - спирулины и нового продукта микробиосинтеза - биомассы водородоокисляющих бактерий (БВБ), представленных нам ВНИИ Биотехника. Эти продукты в виде сухих порошков отличаются высоким уровнем протеина (соответственно 45 и 79%) и достаточно благоприятным сочетанием незаменимых аминокислот. Вместе с тем при высоком уровне аргинина, лизина и фенилаланина спирулина и БВБ относительно бедны метионином и триптофаном, что ограничивает возможность включения их в больших количествах в стартовые корма. С учетом этого мы предприняли попытку заменить в составе корма РГМ-6М 5% дефицитной кровяной муки на спирулину и БВБ. Результаты опытов, продолжавшихся 9 недель, показали целесообразность ведения спирулины и БВБ в стартовые комбикорма. Так, индивидуальный прирост рыб, получавших корм с БВБ, был на 24% выше, чем в контроле. Замена кровяной муки на БВБ позволила почти на 10% снизить затраты корма на единицу прироста молоди форели, а также примерно на эту же величину сократить расход протеина и энергии рациона. Способ приготовления корма для личинок и мальков форели с включением БВБ защищен авторским свидетельством № 1219039А (Канидьев и др., 1986).



Физиолого-биохимическая характеристика молоди форели в зависимости от качества рационов. По завершению опытного периода выращивания рыб на экспериментальных кормах был проведен гематологический анализ. Установлено, что молодь, получавшая сухие гранулированные комбикорма рецептов РГМ-6М и РГМ-3М, имела хорошие показатели крови: содержание гемоглобина равнялось 6,2 г%, концентрация эритроцитов - 1,0 млн./мм<sup>3</sup>, лейкоцитов - 17,2 тыс./мм<sup>3</sup>. Эритроциты, далекие от созревания (эритробласты и нормобласты), составляли 2,9%. близкие к созреванию (базофильные и полихроматофильные) - 17,2%, зрелые - 79,9%. Среди лейкоцитов преобладали лимфоциты - 95,2%, следующее место занимали полиморфноядерные лейкоциты - 4,4%, затем моноциты - 0,4%. У молоди форели, получавшей пастообразные смеси, состав крови был относительно близким за исключением несколько меньшего уровня гемоглобина и содержания незрелых форм эритроцитов. Это свидетельствует о более интенсивном гемопоэзе рыб, потреблявших гранулированные корма, за счет повышенного уровня обмена веществ.

Масса печени молоди форели составляла 1,40-1,54% от массы тела, что находится в пределах нормы (Halver et al., 1973; Гамыгин, 1987). Гистологический анализ печени рыб, потреблявших экспериментальные комбикорма, показал, что структура этого органа соответствует здоровому организму. На пастообразных смесях эти показатели были несколько хуже, однако не выходили за пределы нормы. Количество жировых пустот в паренхимных клетках печени форели на гранулированных комбикормах составляло от 4 до 26% площади среза; площадь, занимаемая ядрами - от 7 до 21%, количество ядер на контрольной площади - от 21 до 35; на пастообразных - соответственно, 8-29%, 6-16%, 18-31. Жировые пустоты небольшие, их длина, как правило, меньше размера ядер. Ядра клеток печени округлые, богатые хроматином, их диаметр от 3 до 9 мк.

В начале основных экспериментов при массе личинок 150 мг в их теле содержалось 12,1% сухого вещества, в том числе 8,4% белка, 0,8% жира и

1,3% золы. К концу выращивания на гранулированных кормах количество белка и жира в теле форели увеличилось до 11,3 и 3,5%, на пастообразных - до 10,2-10,4 и 2,0-2,2%. Сухого вещества в теле молоди, потреблявшей гранулированные комбикорма, было на 25% больше, чем получавшей пастообразные. Наряду с более высоким темпом роста это свидетельствует об активизации пластического и энергетического обмена у рыб, питавшихся гранулированными кормами.

Физиологическая оценка молоди форели, содержащейся на корме с МБК, показала, что если в течение первого месяца выращивания рыбы ее состояние было удовлетворительным, то к концу второго месяца оно ухудшилось. Так, содержание гемоглобина снизилось с 6,3 до 4,7 г%, концентрация эритроцитов - с 1,0 до 0,8 млн./мм<sup>3</sup>, причем эритроциты на 1/3 были представлены ювенильными формами. Также у этих рыб отмечено повышенное количество полиморфноядерных лейкоцитов и моноцитов - 15,4 и 16,4% от общего числа лейкоцитов. Судя по этим показателям, форель, получавшая корм РГМ-7М с МБК, находилась на первой стадии анемии (Остроумова, 1957). Биохимическая оценка показала, что корреляция между концентрацией белка в корме (в диапазоне 45-50%) и в теле рыб отсутствует. Более того, у молоди на корме РГМ-7М в теле находилось меньше белка, чем у молоди на корме РГМ-6М (11,2 и 12,6%, соответственно), что, по-видимому, связано с различиями в массе опытных групп форели. По содержанию остальных химических соединений различия были незначительными.

Физиолого-биохимический анализ молоди форели, потреблявшей комбикорма с включением спирулины и БВБ, показал отсутствие отклонений от нормы. Показатели крови, печени и химический состав тела этих групп рыб и контрольной партии были практически одинаковыми, соответствующими здоровому организму данной размерно-весовой категории.

Суммируя вышеуказанное, можно заключить, что при питании сбалансированными гранулированными комбикормами у молоди форели нормально протекают физиологические и биохимические процессы в организме, что

свидетельствует о нормальном развитии посадочного материала (Канидьев, Гамыгин, 1982).

### Разработка продукционных комбикормов для выращивания товарной рыбы

От общего количества комбикормов 5-10% направляется на выращивание молоди, а 90-95% - на выращивание товарной рыбы (Канидьев, Гамыгин, 1977; Зайцев и др., 1981). Следовательно, рентабельность форелеводства в решающей мере определяется качеством и эффективностью продукционных кормов, предназначенных для товарного выращивания рыб.

Рецептура, состав и некоторые физические свойства. При разработке продукционных комбикормов были учтены требования, предъявляемые соответствующей категорией форели к содержанию протеина (с учетом баланса незаменимых аминокислот), жира (с учетом баланса жирных кислот), углеводов, минеральных элементов и витаминов. Одновременно нами преследовалась важная научно-практическая цель - определить возможность замены животного протеина растительным для удешевления рационов без потери их биологической ценности. Проведенные ранее в этом плане исследования, как правило, не имели успеха (Mann, 1969; Wurzel, 1969; Reichle, Wunder, 1974). Вопрос экономии животного протеина является актуальным, и не случайно эта проблема в свое время была поставлена в число важнейших решением X Международного Конгресса по питанию (Япония, Киото, 1975).

С помощью ЭВМ было рассчитано несколько вариантов рецептов комбикормов, из которых для изучения было выбрано четыре, в наибольшей степени сбалансированных по структурным элементам питания и отвечающих условиям эксперимента. Основным источником животного протеина в кормах являлась рыбная мука, растительного - соевый и подсолнечный шроты. В соответствии с условиями опытов количество рыбной муки пони-

жали от 45 до 19,6% при возрастании доли шротов от 6,6 до 51%. В результате балансировки общее количество протенна было близким, но животный протенин понижен с 34,2 (РГМ-5В) до 14,3% (РГМ-8В), а растительный повышен с 6,4 до 23,8% (табл.2).

Опытные комбикорма всех рецептур, независимо от их размера, имели отрицательную плавучесть. По мере повышения в кормах количества растительных компонентов скорость погружения гранул диаметром 3,2 и 4,5 мм увеличивалась от 5,2 до 7,7 см/сек, что тем не менее обеспечивало практически полное потребление гранул форелью при их раздаче и нахождении в толще воды рыбоводных бассейнов.

Таблица 2

Содержание основных групп питательных веществ в продукционных комбикормах для форели, %

Группы	Рецептуры кормов			
	РГМ-5В	РГМ-6В	РГМ-7В	РГМ-8В
Протеин общий	40,6	40,2	39,1	38,1
животный	34,2	29,1	20,1	14,3
растительный	6,4	11,1	19,0	23,8
Жир	6,7	7,0	8,4	8,1
Углеводы	26,4	28,6	29,1	31,8
в т.ч. клетчатка	2,2	3,1	4,6	5,7
Минеральные вещества	15,3	13,4	11,0	9,1
Обменная энергия, МДж/кг	10,64	10,81	11,16	11,06

Для витаминизации кормов был разработан новый поливитаминный премикс ПФ-2В; добавление которого в кормосмесь в количестве 1% удовлетворяло потребность форели. В сравнении с премиксом ПФ-1М для мо-

леди он содержит меньшее количество витаминов А, В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub> и В<sub>12</sub>, что обусловлено особенностями витаминного питания форели на разных стадиях роста и развития (Kitamura et al., 1967; Steffens, 1974; Ketola, 1976; Канидьеv, 1984; Гамыгин, 1987).

Результаты 90-дневного выращивания форели начальной массой 25-29 г показали значительное преимущество всех опытных вариантов сухих гранулированных комбикормов перед контрольным, основанном на боенских субпродуктах (табл.3).

Таблица 3

Некоторые показатели эффективности продукционных форелевых комбикормов с разным уровнем животного и растительного протеина (при температуре 8-11°C)

Показатели	Рецептуры кормов				
	РГМ-5В	РГМ-6В	РГМ-7В	РГМ-8В	СП-2В(к)
Среднесуточный индивидуальный прирост, г	0,446	0,416	0,374	0,378	0,090
Отход рыб, %	2,4	2,7	9,8	3,2	3,6
Кормовой коэффициент	1,54	1,72	1,90	1,75	6,40
Коэффициент конверсии протеина, ед.	4,1	4,2	4,5	3,9	11,8
в т.ч. животного	3,4	3,0	2,4	1,4	9,4
Затраты энергии на 1 кг прироста, МДж	16,4	19,5	21,2	19,3	54,3
Стоимость 1 кг прироста, % к контролю	37	40	35	25	100
Производительный показатель	0,54	0,69	0,58	0,41	6,12

Наиболее высокая скорость роста форели отмечена на корме РГМ-5В с максимальным содержанием животного протеина (рис.1).

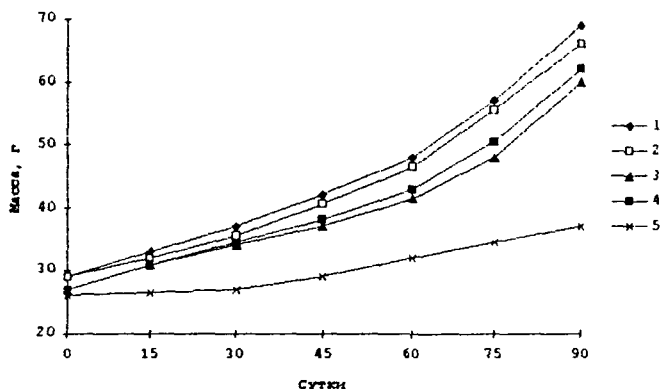


Рис.1. Динамика роста радужной форели на комбикормах с разным соотношением животного и растительного протеина:

1- корм РГМ-5В, 2- корм РГМ-6В, 3- корм РГМ-7В, 4- корм РГМ-8В, 5- контроль (пастообразный корм)

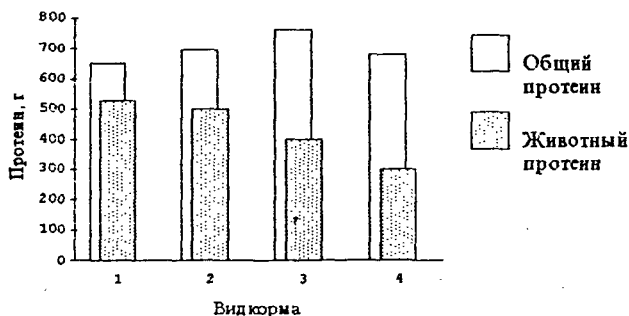


Рис.2. Затраты протеина корма на 1 кг прироста форели на гранулированных комбикормах с разным соотношением животного и растительного протеина :

1 - корм РГМ-5В, 2 - корм РГМ-6В, 3 - корм РГМ-7В, 4 - корм РГМ-8В

Относительный прирост форели составил 138% и был в 4,2 раза выше, чем в контроле. По мере снижения уровня животного протеина несколько уменьшается прирост рыб, однако даже на корме РГМ-8В с минимальным количеством протеина животного происхождения он был значительно выше, чем на пастообразном корме. Кормовой коэффициент гранулированных комби-кормов изменялся от 1,54 до 1,90 и был в 3,5-4 раза ниже, чем в контроле. Важнейший показатель эффективности кормов - расход протеина на 1 кг прироста. В испытанных рационах он колебался в пределах 624-743 г/кг, причем минимальный расход протеина отмечен на корме с минимальным количеством растительного протеина. В то же время на корме, основанном на протеине растительного происхождения (рецепт РГМ-8В), расход его составил 666 г/кг, что значительно меньше, чем на двух предыдущих рационах с более низким содержанием растительного белка. Однако наиболее важным результатом испытаний гранулированных кормов следует считать возможность уменьшения затрат протеина животного происхождения на прирост. По мере замены животного протеина растительным расход его на единицу прироста снижался (рис.2), достигнув минимального значения на корме РГМ-8В, содержащем 62% растительного протеина (от общего количества). В результате расход животного протеина на корме РГМ-5В был равен 527 г/кг, тогда как на корме РГМ-8В - всего лишь 251 г/кг. По данной характеристике корм РГМ-8В превосходит известные аналоги, поскольку затраты животного протеина форелевых кормов на прирост рыб обычно превышают 300-400 г (Гамыгин и др., 1976; Гамыгин, 1987; Steffens, 1990; Cowey, 1993). С учетом стоимости единицы прироста рыбы и производственного показателя наиболее эффективными для промышленности являются корма рецептов РГМ-5В и РГМ-8В (см.табл. 3). Данные экономических расчетов показали, что при переходе с пастообразных кормов на гранулированные суммарный прирост фондовой рентабельности с учетом

сокращения длительности производственного цикла и снижения кормовых затрат составляет следующие величины (в %): на корме РГМ-5В - 28,5, РГМ-6В - 26,9, РГМ-7В - 28,6, РГМ-8В - 32,8 (Канидьев и др., 1975). Таким образом, создание оптимального соотношения в рационе питательных веществ при правильном подборе сырьевых источников и частичной замене животного протеина растительным создает широкую перспективу для повышения эффективности производства товарной форели.

Использование продуктов переработки ракообразных, аминокислот водорослевого и липрина в составе продукционных комбикормов. Наряду с необходимостью поиска путей сокращения количества рыбной муки в форелевых комбикормах за счет высокобелковых растительных продуктов представлялось целесообразным изыскать другие компоненты животного происхождения как альтернативу рыбной муке. В этой связи значительный интерес представляли продукты переработки криля, характеризующиеся благоприятным содержанием питательных и биологически активных веществ (Егорова и др., 1970; Канидьев, Герасимчук, 1971; Остроумова, 1976; Гамыгин и др., 1989).

В основном эксперименте были составлены 4 рецепта кормосмесей, в которых количество крилевой муки составляло 19,6 (рецепт РГМ-13В), 24,0 (РГМ-14В), 32,0 (РГМ-15В) и 40% (РГМ-16В), а рыбной, соответственно, 34, 24, 16 и 0%. Контролем служил корм РГМ-5В без крилевой муки, Содержание протеина в комбикормах равнялось 40,6-41,8%, жира - 7,0-7,3%.

В процессе опыта продолжительностью 28 недель, особенно в начальный период, была отмечена дифференциация роста рыб. Поэтому через 11 недель эксперимента была проведена сортировка форели на 2 группы - "малоразмерную" и "крупноразмерную". С целью более полной оценки муки из криля проведен анализ ее эффективности на форели разной массы.

В начальный период выращивания корма РГМ-13В, РГМ-14В и РГМ-15В с частичной заменой рыбной муки на крилевую были эффективнее контрольного (табл.4). Лучший результат отмечен на корме РГМ-13В. Прирост



## Показатели эффективности выращивания форели на комбикормах с крилевой мукой

Показатели	Рецептуры кормов				
	РГМ-13В	РГМ-14В	РГМ-15В	РГМ-16В	РГМ-5В(К)
1	2	3	4	5	6
<u>До сортировки</u>					
Начальная масса рыб, г	10,6	10,5	10,6	10,6	10,5
Конечная масса рыб, г	26,9	26,0	28,5	21,5	25,0
Прирост, %	180,6	146,6	168,9	103,9	135,8
Кормовой коэффициент, ед.	1,19	1,38	1,25	1,88	1,49
% к контролю	80	93	84	126	100
Затраты протеина на 1 кг прироста, г	486	577	521	786	625
Затраты энергии на 1 кг прироста, МДж	13,0	15,0	13,4	20,7	15,6
Производственный показатель, ед.	0,28	0,33	0,26	0,56	0,45
% к контролю	62	73	58	124	100
<u>После сортировки</u>					
"Малоразмерная группа"					
Начальная масса рыб, г	18,5	16,9	17,9	13,3	16,0
Конечная масса рыб, г	65,2	58,1	57,2	40,9	52,4
Прирост, %	252	244	220	208	223

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
Кормовой коэффициент, ед.	1,41	1,53	1,60	1,82	1,62
% к контролю	87	94	99	112	100
Затраты протеина на 1 кг прироста, г	575	639	667	761	658
Затраты энергии на 1 кг прироста, МДж	15,4	16,7	17,2	20,1	17,2
Производственный показатель. ед.	0,38	0,35	0,40	0,46	0,42
% к контролю	77	83	95	110	100
"Крупноразмерная группа"					
Начальная масса рыб, г	40,4	35,0	39,1	29,7	34,0
Конечная масса рыб, г	105,0	96,2	98,0	77,7	95,1
Прирост, %	160	175	151	162	180
Кормовой коэффициент, ед.	1,58	1,56	1,61	1,73	1,59
% к контролю	99	98	101	109	100
Затраты протеина на 1 кг прироста, г	645	652	671	723	645
Затраты энергии на 1 кг прироста, МДж	17,3	17,1	17,3	19,1	17,2
Производственный показатель. ед.	0,67	0,50	0,62	0,55	0,60
% к контролю	112	83	103	92	100

1	2	3	4	5	6
<b><u>В целом за весь опытный период</u></b>					
Конечная масса рыб, г	85,1	77,2	77,6	59,3	73,8
Прирост, %	703	635	632	459	603
Затраты энергии на 1 кг прироста, МДж	15,8	16,4	16,3	19,6	16,6
Производственный показатель. ед.	0,23	0,24	0,24	0,22	0,28
% к контролю	82	86	86	114	100

форели на нем был на 33% выше, а затраты корма, протеина и энергии, соответственно, на 20, 22 и 17% ниже, чем на корме РГМ-5В. Комбикорм без рыбной муки обладал наименьшей эффективностью. Анализ результатов второго периода опыта (после сортировки форели) позволил установить определенные изменения в эффективности комбикормов с разным количеством рыбной и крилевого муки в зависимости от массы рыбы. Так, при выращивании "малоразмерной" группы форели преимущество кормов с частичной заменой рыбной муки на крилевую сохранилось. Наблюдалась четкая тенденция снижения эффективности кормления по мере увеличения количества крилевого муки в рационе. Наиболее явно она прослеживается по таким показателям, как расход корма, протеина и энергии на единицу прироста. При выращивании "крупноразмерной" группы форели различия в эффективности опытных рационов сглаживаются. Относительный прирост форели, потреблявшей корм без рыбной муки, оказался на уровне вариантов, где использовали корма РГМ-13В и РГМ-15В. Кормовой коэффициент рациона РГМ-16В был лишь на 9% выше, чем в контроле. В целом, за весь период выращивания корма с частичной заменой рыбной муки на крилевую оказались эффективней контрольного. Однако, и здесь прослеживалось закономерное снижение роста рыб и увеличение расхода кормов, протеина и энергии по мере значительного сокращения доли рыбной муки. Данные наших работ свидетельствуют о положительном действии муки из криля на результаты выращивания форели и о необходимости дифференцированного подхода к выбору рецептуры корма с учетом массы рыб (Kanidjev et al., 1978; Гамыгин и др., 1979). По нашему мнению целесообразно использовать корма для двух периодов товарного выращивания форели - до 40-50г и свыше этой массы. В первый период предпочтение следует отдать кормам РГМ-13В и РГМ-14В с заменой до половины рыбной муки на крилевую. Во второй период выращивания допустимо применять комбикорма с заменой до 2/3 рыбной муки на крилевую.

Различия в эффективности комбикормов с разным количеством криле-  
вой муки для форели разного размера, очевидно, связаны с наличием в ней  
хитина. Чем мельче форель, тем хуже она усваивает хитин, который в свою  
очередь, снижает переваримость рациона в целом (Lindsay et al., 1984). Со-  
ответственно этому более крупные особи способны лучше использовать  
корма с высоким уровнем муки из криля. Более поздние исследования дру-  
гих авторов подтвердили наши выводы и рекомендации (Гамаюн, Владов-  
ская, 1980; Steffens, Albrecht, 1980; Wojno, Dabrowska, 1984).

Помимо натуральной крилевой муки нами также оценивалась обез-  
жиренная мука из криля и крилевый жир. Установлено, что экстракция ли-  
пидов из крилевой муки приводит к снижению ее продукционных свойств.  
Так, замена натуральной муки из криля на обезжиренную привела к сниже-  
нию темпа роста сеголетков форели на 16% и увеличению кормового коэф-  
фициента на 12%. Соответственно этому возросли затраты протеина, эне-  
ргии корма, стоимость единицы прироста и производственный показатель на  
34%. Анализ эффективности корма с крилевым жиром показал его превос-  
ходство по сравнению с контрольным кормом с растительным маслом, что  
выразилось в увеличении конечной массы форели на 20% при одновремен-  
ном снижении расхода корма на 10% и величины производственного пока-  
зателя на 25%. Тем самым показано, что крилевый жир является эффек-  
тивным компонентом комбикормов для форели (Канидьев и др., 1978; Га-  
мыгин, Пономарев, 1993).

Перспективным кормовым сырьем для нужд индустриального фореле-  
водства являются морские водоросли и продукты их переработки. Известна  
положительная роль небольших количеств муки из ламинарии и фукуса как  
источника микроэлементов и связующего компонента кормов для форели  
(Канидьев, Гамыгин, 1977; Гамыгин, 1987). В то же время, благодаря высо-  
кому содержанию в водорослях других ценных компонентов, можно пред-  
положить более широкие возможности для их использования в кормовых  
целях. Вместе с тем белки водорослей из-за специфичности строения

устойчивы к действию пищеварительных ферментов. Имеются данные, что белки анфельции усваиваются животным организмом только на 10-15%, белки ламинарии - на 30-50% (Барашков, 1972).

Бурые и зеленые водоросли благодаря ценному химическому составу и большей доступности для пищеварительных ферментов применяются в качестве пищевых и кормовых продуктов. Красные и некоторые бурые водоросли в наибольшем количестве содержащие полисахариды, перерабатываются с целью получения агаронидных продуктов и альгинатов (Медведева и др., 1975). Однако, для получения агаронидов и альгинатов используют лишь 10-30% вещества водорослей, остальная их часть идет в отходы, тогда как в них содержится до 40% белковых веществ (Красильникова и др., 1974). Но эти белковые вещества слабо доступны протеолитическим ферментам (Медведева и др., 1975). С целью повышения доступности протеина водорослей животному организму была разработана технология глубокой деструкции белков водорослей гидролизующим воздействием минеральных кислот, что позволило получить более питательные продукты - водорослевые препараты аминокислот и пептидов (Медведева и др., 1970; 1976).

Биологическая проверка нового кормового продукта, названного аминокислотный водорослевый (АПВ) или водорослевый аминокислотный препарат, как добавки к рационам сельскохозяйственных животных показала положительные результаты (Каранфилов и др., 1972; Бойко и др., 1974).

Нами проведены исследования по определению эффективности АПВ в составе продукционного комбикорма для форели базовой рецептуры РГМ-5В. АПВ содержал 68,7% сырого протеина, 3,8% лизина, 6,2% метионина с цистином, 5,8% фенилаланина с тирозином, что характеризует его с положительной стороны. Однако ограничением использования АПВ является высокое содержание йода (0,4%) и неудовлетворительное соотношение лейцина и изолейцина (1,15 : 1).

С учетом особенностей состава АПВ мы провели испытания комбикорма, в котором 3% дорогостоящей кровяной муки заменили на АПВ. Такая замена практически не отразилась на основном и аминокислотном составе корма.

В процессе опыта, продолжавшегося 100 дней, не установлено различий в интенсивности потребления гранул как экспериментального, так и контрольного рациона, то есть АПВ не обладал репеллентным свойством в испытанной концентрации. Результаты выращивания двухлетков форели показали положительный эффект от замены кровяной муки на АПВ. Так, прирост рыб на опытном корме был на 7,6% выше, а расход корма на единицу прироста - на 8,4% ниже, чем в контроле. Совокупная оценка по величине производственного показателя выявила, что корм с АПВ на 27% эффективнее корма с кровяной мукой.

В другой серии опытов была предпринята попытка введения 2,5 и 4,5% АПВ вместо адекватного количества рыбной муки. Показано, что такая замена дает отрицательный результат - снижение темпа роста рыбы на 13 и 22%, соответственно, и рост кормовых затрат на 11,8 и 23,7%. Таким образом, установлена возможность замены кровяной муки на АПВ в продукционном комбикорме для форели, введение же АПВ вместо рыбной муки нецелесообразно (Линник, Гамьгин, Канидьев, 1978).

Известно, что достаточно эффективным источником протеина в рыбных комбикормах являются различные виды дрожжей - эприн, гаприн, паприн, гиприн и другие (Остроумова, 1980, 1985, 1987; Скляр, 1983; Гамьгин и др., 1989). В связи с этим значительный интерес может представлять новый продукт микробиосинтеза - липрин, который богат протеином (до 40%), комплексом незаменимых аминокислот, особенно лизином (до 4%), витаминами группы В, бетаином, минеральными солями (Зубец, 1985). Благоприятный химический состав липрина дает основание полагать возможность включения его в форелевые комбикорма в качестве альтернативы традиционному белковому сырью. В наших опытах мы попытались оценить

эффективность введения липрина в продукционный корм для форели вместо части рыбной муки.

Базовый продукционный комбикорм содержал 25% рыбной муки. В экспериментальных кормах 5 и 10-% рыбной муки заменяли на липрин. Такая замена существенно не отразилась на химическом составе рационов. По результатам испытаний, продолжавшихся 68 суток, установлена эффективность введения липрина в корм для товарной форели (табл.5).

Таблица 5

Некоторые рыбоводно-биологические показатели выращивания форели на комбикормах с липрином

Показатели	Вид корма		
	5% липрина	10% липрина	Контроль
Начальная масса рыб, г	117	118	120
Конечная масса рыб, г	410	337	303
Прирост, %	250	186	153
Кормовой коэффициент, ед.	0,90	1,20	1,12
% к контролю	80	107	100
Затраты протеина на 1 кг прироста, г	370	480	460
Производственный показатель, ед.	0,122	0,197	0,258
% к контролю	47	76	100

Наилучший результат отмечен при использовании корма с 5% липрина: Так, в этом варианте прирост рыб был на 60% выше, чем в контроле, а затраты корма на прирост на 20% ниже. В случае замены 10% рыбной муки на липрин рост форели замедлился, однако, превосходил таковой в контроле, хотя кормовой коэффициент увеличился по сравнению с контрольным



вариантом на 7%. По совокупной оценке эффективности - величине производственного показателя, оба опытных корма оказались лучше контрольного. Положительный результат от частичной замены рыбной муки на липрин, по-видимому, связан не только с высоким уровнем лизина в липрине, но и присутствием в этом продукте широкого комплекса биологически активных веществ, прежде всего бетаина, благотворно влияющего на углеводный и белковый обмен у рыб (Гамыгин и др., 1990). Результаты опытных работ нашли подтверждение в ходе производственной проверки в р/к "Нара" Московской области. Таким образом, установлена эффективность частичной замены рыбной муки на липрин в продукционном корме для форели.

Сравнительная эффективность гранулированных и экструдированных комбикормов. Помимо оптимизации основного состава и подбора источников питательных веществ в комбикормах важное значение с точки зрения повышения их эффективности имеет совершенствование технологии кормопроизводства. Новой перспективной технологией приготовления комбикормов является метод экструдирования, при котором тонкоизмельченная кормосмесь увлажняется до 20-35% и обрабатывается в рабочей зоне экструдера при повышенном давлении и температуре до 120-140°C (Севастьянов, 1983). В результате воздействия высокой температуры, давления и влаги в корме происходят структурные и химические преобразования. Так, на 90% и более желатинизируется крахмал, повышается его растворимость, доступность действию амилазы, в 2-4 раза возрастает уровень декстринов, денатурируются белки, увеличивается доля отдельных свободных аминокислот, частично инактивируются ингибиторы пищеварительных ферментов (Williams et al., 1977; Vens-Cappel, 1983; Lose, 1992). Это дает основание рассчитывать на повышение эффективности комбикормов при их экструзионной обработке, особенно тех, которые содержат много компонентов растительного происхождения. С этой целью нами проведены опыты по оценке сравнительной эффективности гранулированных и экструдированных

рованных комбикормов для форели одинаковой рецептуры. Одновременно выясняли влияние экструзии на питательную ценность кормов, различающихся соотношением животных и растительных компонентов. Испытывали 3 вида экструдированных комбикормов (табл.6).

Таблица 6

Основные характеристики экструдированных комбикормов  
для форели

Показатели	Рецептуры кормов		
	РГМ-1ФЭ	РГМ-2ФЭ	РГМ-5ВЭ
Содержание компонентов животного происхождения, %	25	15	63,6
в т.ч. рыбной муки, %	25	15	45
Содержание компонентов растительного происхождения, %	60	65,5	31,6
Содержание продуктов микробиосинтеза и микродобавок, %	15	19,5	4,8
Количество сырого протеина, %	39,8	38,3	41,0
в т.ч. животного	15,4	9,3	34,5
растительного и микробного	24,4	29,0	6,5

Корма того же состава гранулировали (индексы, соответственно, РГМ-1ФГ, РГМ-2ФГ и РГМ-5В). С учетом возрастных особенностей питания форели комбикорма РГМ-1ФЭ, 1ФГ, 5ВЭ и 5В испытывали на годовиках массой 22 г, комбикорма РГМ-2ФЭ, 2ФГ, 5ВЭ и 5В - на двухлетках массой 60 г.

Установлено, что экструзия способствует повышению продуктивного действия комбикормов, причем наибольший эффект отмечен при обработке кормов на основе растительного происхождения (табл. 7 и 8).

Таблица 7

Показатели выращивания годовиков форели на  
экструдированных (Э) и гранулированных (Г) комбикормах

Показатели	Рецептуры кормов			
	РГМ-1ФЭ	РГМ1ФГ	РГМ-5ВЭ	РГМ-5В(К)
Прирост рыбы, г	40,0	31,6	44,4	41,7
%	182	144	202	190
Кормовой коэффициент	1,51	1,72	1,33	1,44
Отход рыб, %	1,5	2,0	1,3	1,3
Затраты протеина на 1 кг прироста, г	601	685	545	590
в т.ч. животного	233	265	459	497
Стоимость 1 кг прироста, % к контролю	79	89	93	100
Производственный показатель	0,40	0,56	0,48	0,55

Таблица 8

Показатели выращивания двухлетков форели на  
экструдированных (Э) и гранулированных (Г) комбикормах

Показатели	Рецептуры кормов			
	РГМ-2ФЭ	РГМ-2ФГ	РГМ5ВЭ	РГМ-5В(К)
Прирост рыбы, г	58,5	51,7	66,4	63,0
%	98	86	111	105
Кормовой коэффициент	1,77	1,93	1,50	1,61
Отход рыб, %	1,0	1,0	-	-
Затраты протеина на 1 кг прироста, г	678	739	615	660
в т.ч. животного, г	165	179	518	555
Стоимость 1 кг прироста, % к контролю	76	84	93	100
Производственный показатель	0,52	0,65	0,58	0,62

Так, прирост годовиков форели на корме РГМ-1ФЭ был на 26% выше, чем на корме РГМ-1ФГ, а расход кормов на 13% ниже. Эти же показатели при сравнении кормов РГМ-5ВЭ и РГМ-5В равны, соответственно, 7 и 8%. Рост форели на экструдированном корме РГМ-1ФЭ, основанном на растительных компонентах, был практически таким же, как и на гранулированном РГМ-5В на базе рыбной муки, тогда как расход протенна животного происхождения на прирост оказался более, чем в 2 раза ниже при меньшей в 1,5 раза величине производственного показателя. Аналогичные результаты отмечены при выращивании двухлетков форели. Тем самым доказано, что экструзия оказывает положительное влияние на продуктивность комбикормов, способствует повышению доступности углеводов растительного сырья, снижению стоимости выращивания форели.

Физиолого-биохимическая оценка рыб при кормлении разнокачественными комбикормами. Рыбоводными экспериментами была показана эффективность частичной замены животного протенна на растительный в продукционных комбикормах. Представлялось важным выяснить, не оказывает ли такая замена отрицательного влияния на физиологическое состояние рыбы. Установлено, что показатели крови двухлетков форели, выращенной на сухих гранулированных кормах, были в норме: концентрация эритроцитов составила 1,4-1,5 млн./мм<sup>3</sup>, содержание гемоглобина - 7,9-8,8 г%, количество лейкоцитов - 51,8-73,8 тыс./мм<sup>3</sup>. Доля незрелых эритроцитов не превышала 3,4-5,5%, среди лейкоцитов доминировали лимфоциты - 91,9-95,2%. У рыб, содержащихся на гранулированных кормах, не отмечено достоверных различий по составу крови, тогда как на пастообразном селезеночном рационе количество гемоглобина и концентрация эритроцитов были ниже (6,5 г% и 1,2 млн./мм<sup>3</sup>). Гепатосоматический индекс у всех групп форели не выходил за пределы нормы.

Клеточная структура печени форели как в опытных, так и контрольных вариантах не имела патологических изменений: площадь жировых пустот составляла 2-21% от площади среза, площадь цитоплазмы - 54-85%, ядер

- 9-31%, количество ядер на контрольной площади - 8-34. Ядра округлые, близкие по размерам, их диаметр колебался от 5 до 9 мк. Цитоплазма клеток зернистая.

Количество белка в теле форели составляло от 15,3 до 17,1%, причем по мере замены в корме животного протеина растительным концентрация белка в теле повышалась. Количество жира составляло 6,4-9,2%, при этом наблюдалась тенденция к обратной зависимости между жирностью тела и уровнем растительного протеина в корме. В теле форели, получавшей контрольный пастообразный корм, содержалось меньше сухого вещества и жира.

Таким образом, частичная замена протеина животного происхождения растительным в продукционных кормах для форели при условии сохранения баланса структурных элементов питания не оказала отрицательного влияния на физиологическое состояние рыб (Гамыгин и др., 1976).

Физиологическое состояние форели, получавшей опытные комбикорма с введением разного количества муки из криля, по данным анализа периферической крови и соматического индекса печени, было в пределах нормы. Так, содержание гемоглобина в крови рыб на разных комбикорма составляло 7,0-7,9 г%, концентрация эритроцитов - от 1,1 до 1,2 млн./мм<sup>3</sup>, количество лейкоцитов - от 39,8 до 50,1 тыс./мм<sup>3</sup>. Достоверных различий и какой-либо закономерности в изменении этих показателей в зависимости от уровня крилевой муки в корме не установлено. Анализ состава клеток красной и белой крови форели всех групп показал нормальное течение эритропоэза и лейкопоэза. Так, доля зрелых эритроцитов составляла 89,2-96,8%, среди лейкоцитов доминировали лимфоциты - от 80,9 до 97,5%. Гепатосоматический индекс форели, получавшей корма с мукой из криля, колебался от 1,67 до 1,78%, что свидетельствовало об отсутствии нарушений обменного характера. Печень рыб была ярко-красного цвета, плотной консистенции. Патологий других внутренних органов не обнаружено.

Характерно, что введение в состав корма для форели крилевой муки привело к увеличению содержания белка в теле (с 16,5 на контрольном корме без муки из криша до 16,9-17,3% на кормах с крилевой мукой) и снижению количества жира (соответственно, с 9,0 до 7,6-8,1%), что свидетельствует об улучшении качества мяса рыб и согласуется с более поздними данными немецких исследователей (Steffens, Albrecht, 1980).

Физиолого-биохимический анализ форели, выращенной на комбикормах с введением аминокислот водорослевого и липрина, а также обработанных способом экструзии, не выявил достоверных различий в сравнении с контрольными группами.

### Разработка комбикормов для производителей

К началу наших исследований (1978 г.) специальные гранулированные корма для производителей форели в нашей стране отсутствовали. В рыбхозах ремонтно-маточные стада содержали в основном на пастообразных кормосмесях, неполноценных по составу. Их потери от дисбаланса питательных веществ и низкой водостойкости составляли до 30% (Лавровский, Белковский, 1976). Применение стандартных производственных комбикормов для товарного выращивания форели типа РГМ-5В и 114-1 не обеспечивало получение оптимального результата (Шмаков и др., 1977; Шабалина, Князева, 1982).

В связи с этим нами была поставлена задача разработать полноценный гранулированный корм для производителей форели, обеспечивающий формирование половых продуктов высокого качества и получение потомства повышенной жизнестойкости и продуктивности. Предусматривалось установить оптимальное соотношение между энергетической обеспеченностью и содержанием протеина в комбикормах, оценить влияние специальных поливитаминных премиксов с разным уровнем витаминов на качество половых продуктов и потомства.

### Состав и основные физико-химические свойства кормов. Определение

оптимального содержания протеина и жира проводили по результатам оценки эффективности 9 опытных рационов, основанных на сухих компонентах комбикормового производства (рыбная, мясокостная, кровяная, водорослевая, травяная мука, сухой обрат, соевый шрот, пшеница, кормовые дрожжи, растительное масло). Корма включали 30, 40 и 50% протеина и 5, 10 и 15% жира для каждого уровня протеина и были условно названы РГМ с порядковым номером от 1 до 9 (табл.9). Контролем служил производственный гранулированный комбикорм РГМ-5В и пастообразный селеночный (индекс ПК). В одном из вариантов в рецепт РГМ-8П, характеризующимся высоким уровнем протеина (50%) и средним уровнем жира (10%) 20% рыбной муки заменяли на крилевую (РГМ-8ПК).

Комбикорма имели вид цилиндрических гранул диаметром 8 мм, соотношение длины и диаметра 1,5-1. Гранулы имели отрицательную плавучесть, их скорость погружения составляла от 4,1 до 5,6 см/с, что обеспечивало полное потребление комбикормов во время раздачи. Крошимость гранул не превышала 3,6%, водостойкость составляла 26-28 минут.

Влияние качества комбикормов на качество производителей и хозяйственно-ценные признаки потомства. Наиболее высокий темп роста впервые нерестующих самок был отмечен на комбикормах с энергопротеиновым отношением (ЭПО) от 23 до 32 КДж/г белка (индексы РГМ-1П, 5П, 7П, 8П, 9П). Максимальная скорость роста повторно нерестующих самок отмечена при использовании комбикормов РГМ-8П и 9П (ЭПО - 25-28 КДж/г).

Результаты гематологического анализа показали, что физиологическое состояние рыб в значительной степени зависело от качества рационов. У производителей форели лучшие показатели крови ( содержание гемоглобина, концентрация эритроцитов, белка в сыворотке крови ) были отмечены на корме РГМ-8П (ЭПО - 25 КДж/г). Увеличение ЭПО свыше 28 КДж/г

(варианты РГМ-2П, 3П) приводило к ухудшению гематологических показателей.

По мере увеличения количества жира в корме нами отмечено увеличение уровня жира и одновременно снижение содержания белка и воды в теле рыб. Нормальная жирность печени (3,3%) при высоком темпе роста была характерна для рыб, потреблявших корм РГМ-8П. При этом в печени накапливался жир, который, по данным гистологического анализа, превращался в церроид. Таким образом, в период созревания половых продуктов производителям форели в наибольшей степени соответствовал корм РГМ-8П (50% протеина и 10% жира).

У впервые нерестующих самок испытанные корма не оказали четко выраженного воздействия на скорость созревания, хотя отмечена тенденция к более раннему созреванию рыб, содержавшихся на комбикормах с повышенным уровнем протеина и жира (РГМ-6П, 8П, 9П). Кормление повторно нерестующих самок комбикормами РГМ-8П и 9П привело к ускорению сроков созревания на 16-18 дней. Таким образом, корма, обогащенные протеином и жиром, способствовали более интенсивному генеративному обмену, быстрому накоплению питательных веществ в гонадах и, как следствие, ускоренному созреванию половых продуктов.

Икра от впервые нерестующих производителей характеризовалась хорошим качеством (табл.9). Икринки с наибольшей средней массой (58,5-60,5 мг) получены от рыб, потреблявших комбикорма с ЭПО 25-32 кДЖ/г. Икра была более однородной при использовании комбикорма РГМ-8П, наименее - корма РГМ-3П и ПК. При ЭПО менее 25 и более 32 кДЖ/г изменчивость массы икринок увеличивалась. У повторно нерестующих самок по мере повышения в рационах количества протеина и энергии возрастала средняя масса икринок.

Известно, что качество икры тесно связано с ее биохимическим составом (Никольский, 1962; Шульман и др., 1970; Залепухин, 1985). Наибольшим уровнем сухого вещества (42,9%) и белка (72,5% на



Некоторые показатели качества половых продуктов производителей,  
питавшихся опытными комбикормами

Комбикорм	Характеристика кормов			Масса икринок, мг	Диаметр икринок, мм	Объем зякулята, мм	Время активного движения спермиев, с
	протеин, %	жир, %	ЭПО, КДж/г				
Впервые нерестующие рыбы							
РГМ-1П	30,0	5,0	32	58,5	4,70	5,7	30,8
РГМ-2П	30,0	10,0	37	58,3	4,67	4,9	27,1
РГМ-3П	29,9	15,0	41	56,0	4,63	5,1	29,6
РГМ-4П	39,9	4,9	26	53,9	4,51	5,0	28,3
РГМ-5П	40,1	10,0	29	56,2	4,62	5,8	29,3
РГМ-6П	40,2	15,0	33	59,4	4,69	4,7	28,5
РГМ-7П	49,1	5,5	23	57,3	4,60	3,7	29,8
РГМ-8П	50,2	10,0	25	59,8	4,70	6,0	35,2
РГМ-9П	50,2	14,6	28	60,5	4,78	6,0	35,2
РГМ5В(К1)	42,6	9,7	28	58,8	4,67	5,5	29,9
ПК (К2)	22,9	3,6	23	51,3	4,51	4,8	28,9
Повторно нерестующие рыбы							
РГМ-1П	30,0	5,0	32	61,7	4,78	6,7	30,1
РГМ-2П	30,0	10,0	37	62,9	4,79	6,0	27,9
РГМ-5П	40,1	10,0	29	61,9	4,75	6,1	29,5
РГМ-8П	50,2	10,0	25	64,3	4,81	7,1	32,7
РГМ-9П	50,2	14,6	28	65,4	4,83	6,7	30,3

абсолютно сухое вещество) отличалась икра самок, потреблявших корм РГМ-8П с ЭПО 25 КДж/г.

Показатели качества половых продуктов самцов были также наилучшими при использовании корма РГМ-8П. Так, у рыб, получавших этот корм, отмечена наибольшая одновременная порция спермы (6 мл) и наиболее высокая продолжительность времени активного движения спермиев (35,2 с). Последний показатель является очень важным критерием качества спермы, так как оплодотворение икринок осуществляется, в основном, в этот период. Следует отметить, что наилучшее качество спермы наблюдается в середине нерестового периода. Поэтому в начале и особенно в конце нерестового сезона необходимо увеличить количество спермы при осеменении икры. Установлена зависимость степени оплодотворяемости икры от качества комбикормов. Так, максимальная оплодотворяемость икры отмечена на кормах РГМ-8П и 9П (соответственно 95 и 94%). Использование кормов с ЭПО менее 25 и более 32 КДж/г привело к снижению оплодотворяемости икринок в среднем на 15%. Дисбаланс питательных веществ в комбикормах, чрезмерно высокий уровень жира при недостатке протеина способствовали повышению количества уродливых эмбрионов, величины отхода икры и личинок. Минимальный отход икры, свободных эмбрионов и личинок был отмечен на корме РГМ-8П - 20,4%, что в 1,9 раза ниже по сравнению с пастообразным кормом.

Качественные особенности комбикормов для производителей отразились на потомстве. Наиболее высокий темп роста был отмечен у молоди от производителей, потреблявших корма РГМ-5П, 8П, 9П, причем наиболее однородной была молодь в варианте РГМ-8П. Гематологические показатели молоди были в пределах нормы. Гистологический анализ печени свидетельствовал о хорошем физиологическом состоянии молоди на протяжении всего периода выращивания.

Установлено, что добавка в комбикорм для производителей муки из криля (вариант РГМ-8ПК) позволила улучшить результаты выращивания рыб, оказав положительное влияние на жизнестойкость икры во время инкубации, снизив число уродливых эмбрионов и обеспечив интенсивный рост молоди в раннем онтогенезе. По-видимому, этот эффект обусловлен накоплением повышенного уровня ненасыщенных жирных кислот в икре самок, потреблявших корм РГМ-8ПК с крилевой мукой в сравнении с контрольным к нему кормом РГМ-8П (соответственно 65,5 и 47,9%). Причем в составе липидов икры опытной группы обнаружено высокое содержание кислот линоленового ряда ( $n=3$ ) - 39,9% или на треть больше, чем в контроле. Особенно высоким был уровень докозагексаеновой кислоты - на 34,6% больше, чем в контрольном варианте.

Оптимизация витаминного состава комбикормов. По результатам испытаний различных поливитаминных премиксов установлена необходимость дополнительного обогащения комбикормов для производителей витаминами А, Д, Е и С по сравнению со стандартным премиксом для товарной рыбы (соответственно до 3 млн.и.е., 0,6 млн.и.е., 12 г и 70 г). Этот премикс, названный ПФ-4П, способствовал повышению скорости роста производителей и улучшению их физиологического состояния. Абсолютная плодовитость форели, получавшей с кормом премикс ПФ-4П была на 10,7% выше, чем в контроле (премикс ПФ-2В). Диаметр и масса икринок от рыб опытной группы были максимальными (соответственно 4,89 мм и 65,8 мг), причем доля самок, продуцировавших икринки со средней массой свыше 70 мг, оказалась наибольшей (24%). Оплодотворяемость икры была на 14,8% выше, чем в контроле.

Положительное влияние премикса ПФ-4П обнаружено и на качество спермы у самцов. Объем эякулята и время активного движения спермиев возросли на 15-20%.

Дополнительная витаминизация корма для производителей оказала благоприятное воздействие на качественные показатели потомства: отмечен минимальный отход икры, свободных эмбрионов и личинок - 14,1%, что почти в 2 раза ниже, чем в контроле (26,2%). Таким образом, использование повышенных концентраций ретинола, холекальциферола, токоферола и аскорбиновой кислоты в составе специального премикса ПФ-4П улучшило генеративный обмен и позволило повысить качественные свойства производителей и, как следствие, жизнестойкость икры и потомства (Хон, Новоженин, Гамыгин, 1984).

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА КОМБИКОРМОВ И МЕТОДОВ КОРМЛЕНИЯ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ

Качественные свойства молоди проходных лососевых рыб, выращиваемой на рыбоводных заводах, в особенности жизнестойкость, в значительной мере определяются полноценностью кормления. В связи с этим совершенствованию состава рационов в современном лососеводстве придается большое значение. Фундаментальные исследования, проведенные сотрудниками БалтНИИРХа под руководством проф. Е.М.Маликовой, привели к созданию в 60-е годы первых в стране пастообразных кормов для молоди балтийского лосося - КРТ, основанных на рыбной, кровяной муке и куколке тутового шелкопряда, что обусловило заметный прогресс в технологии производства смолтов лосося (Маликова, 1967, 1977, 1985). Впоследствии эти работы получили развитие в плане создания комбикормов, изготавливаемых методом наката (Маликова и др., 1984; Русакявичус и др., 1984).

В результате крупномасштабных исследований на основе эколого-физиологического подхода, коллективом СеврыбНИИпроекта, возглавляемого проф. Л.П.Рыжковым, были созданы достаточно эффективные комби-

корма для выращивания озерного лосося и семги, обогащенные незаменимыми жирными кислотами путем добавки препарата линетол (Рыжков и др., 1979; Рыжков, Полина, 1980, 1987).

Со временем с производством корма КРТ возникли трудности, в частности, возрос дефицит кровяной муки, ухудшилось качество муки из куколки тутового шелкопряда. Кроме того, КРТ использовался в пастообразном виде в смеси с боенскими субпродуктами, что создает трудности в хранении и приготовлении кормов, а также обуславливает непроизводительные затраты из-за вымывания пигментных веществ.

Стала очевидной необходимость перехода к качественно иным комбикормам, представленным в сухом гранулированном виде, с соответствующей технологией их применения.

На первом этапе наших исследований, начатых в середине 70-х годов, преследовалась цель - изучить эффективность использования стартового гранулированного корма рецепта РГМ-6М, разработанного нами ранее, при выращивании балтийского лосося от личинки до смолта, а также испытать новые виды комбикормов с разным количеством структурных элементов питания. Задачей второго этапа исследований являлось совершенствование биотехники применения сухого гранулированного корма для молоди лосося - уточнение периодичности раздачи корма и величины суточных рационов.

Состав и основные физико-химические свойства комбикормов. Из серии рассчитанных на ЭВМ рецептов была выбрана кормосмесь РГМ-8М, которая содержала такое же количество протеина, как и контрольный форелевый корм РГМ-6М - около 46%, но отличалась от него повышенным уровнем жира - 15% и обменной энергии - 13,6 МДж/кг (в контроле, соответственно, 11,5% и 12,6 МДж/кг). Одновременно изучали эффективность корма с увеличенным по сравнению с контролем уровнем протеина до 50% за счет добавки 12% молочно-белкового концентрата при содержании липидов 11,5% (рецепт РГМ-7М).

Установлено, что дополнительное обогащение корма жиром привело к некоторому изменению его физических свойств. Так, комбикорм РГМ-8М, представленный в виде крупки, обладал большей плавучестью и меньшей скоростью погружения в воде по сравнению с кормом РГМ-6М. Вместе с тем отмечено незначительное снижение водостойкости и увеличение крошечности. Однако эти параметры находились в пределах нормативных значений. Физико-механические показатели качества корма РГМ-7М практически не отличались от контроля.

Оценка эффективности комбикормов в зависимости от их качественных особенностей и режима кормления. Испытания комбикормов проведены на рыбноводном заводе "Томе" Балтрыбвода на молоди атлантического (балтийского) лосося. В качестве дополнительного контроля использовали традиционную пастообразную кормосмесь на основе КРТ и говяжьей селезенки. Эффективность серии гранулированных комбикормов оценивали при выращивании личинок, мальков и сеголетков. Базовый корм РГМ-6М испытывали в течение всего периода выращивания рыб - до смолтификации. Среднемесячная температура воды изменялась от 1,5°C (декабрь-январь) до 17°C (в июле) и в среднем составляла 9°C.

Пищевая реакция молоди лосося на сухой гранулированный корм была хорошей как с момента перехода на внешнее питание, так и в течение всего периода выращивания. Молодь лосося, потреблявшая гранулированные комбикорма, обладала высоким и стабильным темпом роста, причем лучшие результаты отмечены на корме РГМ-8М повышенной калорийности (табл. 10). Так, к концу первого года жизни молодь на этом корме достигла массы 12,2 г. Лосось, получавший пастообразный рацион, отставал в росте и развитии. Кроме того, в конце июля среди этих рыб наблюдалась резко выраженная размерная разнокачественность, что вызвало необходимость сортировки на 2 группы. После сортировки в качестве контроля была ис-

Показатели эффективности комбикормов при выращивании  
сеголеток балтийского лосося (апрель-октябрь)

Показатели	Рецептура кормов			
	РГМ-8М	РГМ-7М	РГМ-6М	пастообразный*
Масса сеголетков, г	12,2	8,6	11,6	12,0
Прирост рыбы, %	6678	4678	6344	6570
Кормовой коэффициент	0,90	1,12	1,02	4,90
Затраты протенина на 1 кг прироста, г	411	560	467	1300
Затраты энергии на 1 кг прироста, МДж	12,19	14,74	12,90	32,26
Отход, %	1,89	4,21	6,14	2,73

\* - после сортировки в августе в контроле оставлена группа наиболее крупной молодежи

пользована группа "крупной" молодежи, что, разумеется, отразилось на сравниваемой конечной массе.

Обращают внимание чрезвычайно низкие затраты корма РГМ-8М на единицу прироста - 0,9, в то время как на корме РГМ-6М - 1,02, РГМ-7М - 1,12, на пастообразном - 4,9. Энерго-протеиновая оценка корма РГМ-8М также показала его преимущество по сравнению с другими кормами. Характерно, что несмотря на более высокую обеспеченность корма РГМ-8М энергией в сравнении с гранулированными аналогами (РГМ-6М, 7М), ее расход на прирост рыб остается минимальным.

К концу марта следующего года средняя масса молодежи, получавшей гранулированные корма, была равна 14,2 г. В это время с повышением температуры воды активность потребления корма и скорость роста молодежи увеличилась. К концу апреля - началу мая 70% молодежи лосося, содержащейся на гранулированных ком-

бикормах, достигли покатной стадии при масса тела 18-19 г. Оставшаяся часть рыб перешла на эту стадию на месяц позже.

Таким образом, результаты экспериментальных работ доказали возможность и целесообразность использования при выращивании молоди лосося сухих гранулированных кормов и свидетельствуют о соответствии их состава потребностям рыб. Увеличение уровня липидов в корме способствовало повышению эффективности выращивания молоди (Гамьгин и др., 1980). В то же время молочно-белковый концентрат не следует рассматривать в качестве эффективного источника протеина в корме для молоди лосося.

Результаты испытаний сухих гранулированных комбикормов при выращивании балтийского лосося от личинки до покатника на рыбоводном заводе оформлены актом производственной проверки, утвержденным руководством Минрыбхоза СССР.

Как известно, эффективность использования комбикормов определяется не только их основным составом и балансом структурных элементов, но и технологией применения. Среди технологических приемов следует выделить нормирование вносимого корма и периодичность кормления. С целью определения этих параметров нами были проведены соответствующие эксперименты.

Найдено, что частота кормления молоди лосося весьма существенно влияет на эффективность выращивания. Так, увеличение количества кормлений от 8-12 раз в светлое время суток до 10-25 раз приводит к повышению скорости роста на 44% при снижении расхода комбикормов, протеина и энергии на прирост на 18%. Повышенная частота раздачи корма оказывает положительное влияние на вариабельность массы выращиваемых рыб, а также их выживаемость.

Установлено также, что кормление молоди лосося до полного насыщения по сравнению с известными стандартными значениями (Locke, Linscott, 1979) способствовало ускорению роста рыб на 16% при снижении кормовых затрат на 11%. На основании этих материалов разработаны специальные кормовые таблицы, устанавливающие величину суточного рациона в зависимости от массы рыб, температуры воды и калорийности корма (Гамьгин, 1987; Гамьгин и др., 1989).



Физиолого-биохимическая оценка молоди лосося. Физиологическое состояние молоди лосося, оцениваемое нами по показателям периферической крови, было вполне удовлетворительным. В процессе выращивания молоди в первое лето жизни концентрация эритроцитов и гемоглобина существенно повысилась. Максимальный уровень гемоглобина - 8,6 г% и эритроцитов - 1,2 млн./мм<sup>3</sup> отмечен у рыб, потреблявших корм РГМ-8М с повышенной жирностью. Эти показатели у рыб, потреблявших другие виды комбикормов, были несколько ниже, однако соответствовали норме (содержание гемоглобина - от 7,8 до 8,4 г%, количество эритроцитов - от 1,0 до 1,1 млн./мм<sup>3</sup>).

Наступление покатной стадии характеризовалось повышением концентрации гемоглобина до 11,0 г%, количества эритроцитов - до 1,4 млн./мм<sup>3</sup> и активацией эритропоэза (табл. 11). По сравнению с концом зимнего периода содержания молоди доля далеких от созревания эритроцитов (эритробластов и нормобластов) повысилась с 3,5 до 4,8%, близких к созреванию (базофильных и полихроматофильных) - от 5,1 до 8,7%. В составе белой крови уменьшилось число полиморфноядерных лейкоцитов и моноцитов при увеличении доли лимфоцитов. Эти изменения характерны для годовиков балтийского лосося при смолтификации (Глаголева, 1968; Канищев и др., 1977).

Определенное представление о физиологическом состоянии рыб дает величина гепатосоматического индекса. При дисбалансированности пищи и нарушении метаболических процессов она достигает 3% и более (Отте, 1971; Halver, 1986). В наших исследованиях индекс печени лосося колебался от 1,32 до 1,45%, что характерно для здоровых особей (Гамыгин, Марсанова, 1979). Внешних признаков поражения печени и внутренних органов не отмечено.

Показатели крови молоди лосося, выращенной на гранулированных кормах

Месяц анализа	Гемоглобин, г%	Эритроциты, млн/мм <sup>3</sup>	Соотношение форм эритроцитов, %			Лейкоцитарная формула, %			Тромбоциты, тыс./мм <sup>3</sup>
			далекие от созревания	близкие к созреванию	зрелые	лимфоциты	полиморфно-ядерные	моноциты	
Сентябрь	7,8	1,2	4,0	7,6	88,4	87,5	7,6	3,9	11,4
Март	9,7	1,4	3,5	5,1	91,8	86,1	7,4	6,5	15,4
Май	11,0	1,4	4,8	8,7	86,5	92,7	5,2	2,1	12,1

Биохимический анализ рыб показал, что к концу вегетационного периода в теле сеголетков лосося, потреблявших гранулированные корма, содержалось 28,4-31,6% сухого вещества, в том числе 15,8-18,3% белка, 7,9-10,5% жира и 1,4-3,3% минеральных элементов. За время зимовки отмечен расход летних накоплений. Так, общее содержание сухого вещества снизилось, причем наиболее интенсивно расходовался жир. Относительное содержание белка в теле оставалось неизменным.

Ко времени наступления покатной стадии количество сухого вещества в теле рыб практически не изменилось. Вместе с тем наблюдалось увеличение количества белка до 18,2-19,5% (эта величина достигла максимального значения за весь период выращивания) при одновременном снижении доли жира до 2,5-4,0% (табл.12). Эти изменения в составе тела характерны для годовиков лосося, подготовленных к скату (Маликова, 1962, 1984).

Таблица 12

Биохимический состав тела молоди лосося, выращенной на гранулированных кормах, %

Месяц анализа	Влага	Сухое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	Зола
Сентябрь	69,9	30,1	17,0	9,0	2,2
Март	74,5	25,5	17,0	6,1	1,9
Май	74,4	25,6	19,2	3,2	2,1

Таким образом, гематологическим и биохимическим анализами подтверждено благополучное физиологическое состояние молоди лосося при питании сбалансированными сухими комбикормами и переход рыбы в покатное состояние без отклонений от нормы (Гамыгин, Марсанова, 1979).

## ПРОИЗВОДСТВО И ВНЕДРЕНИЕ СТАРТОВЫХ И ПРОДУКЦИОННЫХ КОМБИКОРМОВ

К началу проведения данной работы (первая половина 70-х годов) в нашей стране отсутствовали как рецептуры, так и производство полноценных гранулированных комбикормов для объектов индустриальной аквакультуры. По мере выполнения научных исследований, проведения опытных и производственных испытаний были разработаны рецептуры стартовых и продукционных комбикормов. Однако их промышленное освоение тормозилось слаборазвитой материально-технической базой отечественной комбикормовой промышленности. Так, действующие комбикормовые заводы были ориентированы на выпуск продукции для животноводства и птицеводства. Сформулированные нами требования к качеству специальных комбикормов для рыб не могли быть выполнены по таким важнейшим показателям, как тонина помола кормосмеси, гранулометрический состав, водостойкость, крошимость, плавучесть, обогащенность липидами. Также не вырабатывались поливитаминные премиксы для рыб. Отсутствие промышленного производства специальных комбикормов для рыб сдерживало развитие индустриальных форм рыбоводства, в том числе и лососеводства. В рамках реализации отраслевой комплексной целевой программы "Премикс", руководимой автором диссертации в период 1982-1988 гг., было обеспечено тесное взаимодействие науки и производства и быстрое внедрение результатов научных исследований в промышленность. При научно-методическом и личном участии автора в нашей стране за короткий срок были закуплены и построены 5 специализированных заводов рыбных комбикормов общей мощностью 250 тысяч тонн продукции в год (Ростовский, Днепропетровский, Чиназский, Белгородский, Краснодарский). Была разработана нормативно-техническая документация на производство комбикормов (технические условия, технологические инструкции, схемы химического контроля и др.).

Введение в эксплуатацию специализированных заводов позволило в короткий срок полностью обеспечить потребность рыбоводных предприятий в комбикормах необходимого ассортимента. Это дало возможность существенно повысить объем производства посадочного материала и товарной рыбы и улучшить экономические показатели работы рыбоводных хозяйств различных типов (Спичак, Гамыгин, 1986).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

В условиях современной аквакультуры при высокой концентрации рыб в выростных емкостях, когда роль естественной пищи практически сводится к нулю, резко возрастают требования к полноценности применяемых комбикормов. Основным принципом выбора рецептуры комбикормов становится их способность к наиболее полному удовлетворению пищевых потребностей рыб. Физиологические принципы кормления требуют, чтобы комбикорма содержали все без исключения компоненты питания, необходимые для нормального роста и развития организма в достаточных количествах и соотношениях.

Выполненные нами исследования по изучению особенностей питания, роста и развития радужной форели в различных экологических условиях позволили установить, что агрегатное состояние комбикормов оказывает существенное влияние на эффективность их использования разновозрастными группами рыб. Установлено, что сбалансированные по нашей методике на ЭВМ гранулированные комбикорма из сухих компонентов имеют значительные преимущества по сравнению с пастообразными, основанными на боенских субпродуктах с добавками мукообразного сырья, как по рыбоводно-биологическим, так и экономическим показателям.

Существенную экономическую выгоду дает увеличение доли растительного протеина в составе сбалансированных гранулированных кормов для товарного выращивания радужной форели. Так, при незначительном

снижении продуктивного действия и некотором увеличении расходования кормового сырья резко - более, чем в 2 раза, сокращаются затраты дорогостоящего протеина животного происхождения (главным образом, рыбной муки) на единицу прироста, достигая значения около 250 г/кг прироста рыб.

Показана возможность расширения сырьевой базы отечественного кормопроизводства за счет использования ряда новых, нетрадиционных видов кормового сырья: продуктов переработки ракообразных, молочного производства, сухой спирулины, биомассы водородоокисляющих бактерий, водорослевого аминокислотного комплекса, липрина.

Результаты выполненных исследований позволили разработать рецептуру гранулированных комбикормов для полноциклического культивирования радужной форели в условиях прудовых и промышленных хозяйств и воспроизводства балтийского лосося.

Поскольку сухие мукообразные компоненты, используемые для производства гранулированных комбикормов, содержат недостаточный для удовлетворения физиологической потребности лососевых рыб уровень витаминов, были разработаны составы поливитаминных премиксов для молоди, товарных рыб и производителей, учитывающие особенности обмена веществ организма на разных стадиях жизненного цикла.

Практическим завершением работы явилась передача промышленности рецептур, технических условий на производство и технологии использования гранулированных кормов, которые внедрены в отрасли.

Основные выводы диссертационной работы заключаются в следующем:

1. На основе изучения, анализа и обобщения результатов собственных исследований с привлечением литературных данных уточнены потребности разновозрастных групп радужной форели и молоди балтийского лосося в основных питательных веществах, а также витаминах, и на их основе сфор-

мулированы требования к составу полноценных комбикормов для условий индустриальной аквакультуры.

2. Разработана методика расчета на ЭВМ сбалансированных по составу основных питательных веществ и аминокислот комбикормов для лососевых рыб. Их экспериментальная проверка показала высокую результативность данного метода.

3. На основе оценки эффективности питания молоди форели сухими гранулированными комбикормами новых рецептур выявлены их значительные преимущества перед пастообразными, имеющими в своем составе те же виды сырья, а также основанными на боенских субпродуктах. Разработанный стартовый комбикорм РГМ-6М характеризуется максимальной эффективностью, обеспечивая высокую выживаемость и скорость роста молоди форели при кормовом коэффициенте около 1. Выявлено, что сухие гранулированные корма в наибольшей мере проявляют положительные свойства при оптимальных температурах.

4. При изучении питательной ценности нетрадиционных кормовых средств в составе стартовых комбикормов для форели установлено:

4.1. Молочно-белковый концентрат в количестве 12% дает положительный результат при кормлении личинок и мальков форели массой до 1-1,5 г; у более крупной молоди его применение не оказывает ростостимулирующего эффекта.

4.2. Сухая спирулина и биомасса водородоокисляющих бактерий в количестве 5% могут заменять с высоким биологическим эффектом адекватное количество кровяной муки.

5. Исследование рыбоводно-биологической эффективности изопро-тенновых продукционных гранулированных кормов для радужной форели, различающихся соотношением протеинов разной природы, позволило впервые показать возможность увеличения доли протеина растительного происхождения до 60-65% (от общего содержания) при условии сохранения баланса незаменимых аминокислот, липидов, минеральных веществ и вита-

минов. Совокупная оценка нового корма РГМ-8В на основе протейна шротов масличных культур показала возможность повышение экономической эффективности кормления рыб на 30% по сравнению с кормом, основанном на животном протейне.

Максимальное продуктивное действие при минимальных кормовых затратах на единицу прироста рыб ( 1,5-1,6 ед.) обнаружил разработанный нами корм РГМ-5В, обеспечивающий расход общего протейна на прирост в размере 620-630 г/кг и обменной энергии 16,0-16,5 МДж/кг, что почти в 3 раза ниже, чем на пастообразных кормах.

6. Использование в продукционных комбикормах для форели продуктов переработки ракообразных дало возможность выявить следующее:

6.1. Сочетание крилевой и рыбной муки приводит к повышению продуктивного действия корма, причем величина положительного эффекта зависит от массы форели (до 40-50г оптимум замены рыбной муки на крилевую 30-50%, в дальнейшем - до 70%).

6.2. Полное замещение рыбной муки на крилевую дает отрицательный результат.

6.3. Обезжиривание крилевой муки ухудшает ее питательные свойства.

6.4. Крилевый жир может служить высокоэффективной заменой растительного масла, так как способствует повышению рыбоводно-биологической эффективности кормления форели на 25%.

7. Показана возможность использования в кормлении товарной форели новых видов сырья из нетрадиционных кормовых ресурсов. Водорослевый аминокептид - продукт переработки красных и бурых водорослей, может служить заменителем альбумина. Липрин - новый продукт микробного синтеза, за счет высокого содержания протейна, незаменимых аминокислот, особенно лизина, бетанина и витаминов может быть использован в количестве 5-10% вместо части рыбной муки.

8. Исследования по оценке влияния технологических приемов обработки и производства комбикормов из отечественного сырья на эффектив-



ность их использования дали возможность выявить преимущество экструдированных кормов по сравнению с гранулированными. Показано, что эффект экструзии наиболее выражен при обработке комбикормов, составленных преимущественно из компонентов растительного происхождения и микробного синтеза. Так, рост форели на разработанном нами экструдированном корме РГМ-1ФЭ, содержащем 25% рыбной муки, был практически таким же, что и на гранулированном корме РГМ-5В с 45% рыбной муки.

9. Изучение особенностей роста, формирования половых продуктов, их качественных показателей при содержании ремонтно-маточного стада форели на разных диетах позволило выяснить, что состав комбикормов оказывает влияние на качество икры, спермы и потомства. Наилучшие показатели качества половых продуктов и хозяйственно-ценные признаки потомства получены при использовании кормов с энерго-протеиновым отношением 25 кДж/г протеина. Это дало основание для разработки полноценного гранулированного корма для производителей форели РГМ-8ПК.

10. Результаты работ по уточнению потребностей различных возрастных групп форели в витаминах позволили разработать новые высокоэффективные модификации поливитаминных премиксов (для молоди - ПФ-1М, товарной рыбы - ПФ-2В, производителей - ПФ-4П). Премикс для молоди содержит повышенное количество витаминов А, Д<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub> и В<sub>12</sub>, для производителей - А, Д<sub>3</sub>, Е и С.

11. Экспериментально-производственными исследованиями установлена высокая эффективность производства покатной молоди балтийского лосося на сухих гранулированных комбикормах. Показано, что по сравнению с форелевыми эти корма нуждаются в большем обогащении протеином, липидами и энергией. Изучение роли биотехнических приемов кормления в технологическом процессе заводского воспроизводства лосося позволило выявить крайне важное значение нормирования суточных рационов и периодичности внесения кормов, на основании чего разработаны специальные таблицы.

12. Анализ физиолого-биохимического состояния рыб при питании сухими гранулированными комбикормами разработанных рецептур подтвердил их полноценность. Показано, что научно-обоснованное балансирование состава комбикормов по основным питательным веществам и витаминам, соблюдение норм использования и контроль за качеством сырьевых материалов, соблюдение биотехники кормления позволяют предотвращать заболевания алиментарного характера и получать как посадочный материал, так и товарную рыбу высокой кондиции при минимальных потерях.

13. Разработанные комбикорма, технические условия на их производство, методы кормления и другая специальная нормативно-техническая документация прошли широкие производственные испытания и внедрены в практику отечественного лососеводства и кормопроизводства.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты диссертационной работы имеют научную и практическую направленность и переданы рыбохозяйственной промышленности.

Разработанные рецептуры комбикормов для полноциклического культивирования радужной форели и воспроизводства лосося, а также биотехника кормления предназначены для бассейновых, садковых и прудовых хозяйств, рыбоводных заводов, установок с замкнутым циклом водониспользования на основе высокоинтенсивных технологий.

Лучшие рецептуры кормов прошли производственную проверку, утверждены в установленном порядке, переданы для серийного производства комбикормовым заводам и внедрены в отрасли.

Стартовый корм базовой рецептуры РГМ-6М рекомендуется для выращивания молоди форели от личинки до сеголеток массой 5г, производственные РГМ-5В и РГМ-8В - для выращивания форели товарной кондиции, РГМ-8ПК - для производителей. Комбикорма должны быть обогащены специальными поливитаминными премиксами ПФ-1М, ПФ-2В и ПФ-4П.

Для целей воспроизводства балтийского лосося следует использовать корм РГМ-8М.

Технологическая схема промышленного производства сухих гранулированных кормов для лососевых рыб должна включать следующие основные операции : очистка сырья, его дозирование, смешивание, измельчение до тонны помола 0,3-0,6 мм, гранулирование (экструдирование), охлаждение (высушивание), нанесение жиров и масел, дробление гранул (для получения стартовых кормов), сепарация крупок по типоразмерам, упаковка готовой продукции.

Эффективность выращивания рыб возрастает при использовании комбикормов, подвергнутых гидробаротермической обработке (экструзии). Для практического применения рекомендованы рецептуры комбикормов РГМ-1ФЭ и РГМ-2ФЭ, которые также освоены промышленностью. С целью увеличения объема производства экструдированных кормов, повышения их качества и расширения ассортимента на специализированных заводах рыбных комбикормов рекомендуется установить линии экструдирования, включающие собственно экструдер и сушилку-охладитель (одна линия уже смонтирована на Ростовском комбикормовом заводе, вторая входит в комплект Дмитровского завода, планируемого к строительству).

Для контроля за качеством комбикормов, вырабатываемых на специализированных заводах, следует использовать разработанные технические условия на комбикорма, содержащие все основные требования к их качеству (органолептические свойства, количество протеина, жира, клетчатки, золы, качество липидов, размер крупки и гранул, их крошимость, водостойкость, тонина помола кормосмеси и т.д.).

Разработанные нами руководства, инструкции, методические указания и рекомендации, в которых представлены характеристики и требования к качеству исходного сырья и комбикормов, таблицы соответствия размера крупки и гранул массе выращиваемой рыбы, суточные рационы и перио-

дичность кормления предлагается использовать как производителям, так и потребителям кормов.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Эффективная диета для молоди форели // Рыбное х-во, 1973. № 12, с. 17-19.

2. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Романенко Ю.Н. Сравнительная эффективность полноценной диеты для годовиков радужной форели, сбалансированной на ЭВМ // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Индустриальные методы рыбоводства, 1974, вып.3, с. 191-203.

3. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Сравнительная эффективность диет для форели, различающихся количеством протенна // Сб. научн.тр. ВНИИПРХ. Индустриальные методы рыбоводства, 1974, вып. 3. с. 153-162.

4. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Новые рецепты и способы применения сухих полноценных гранулированных кормов для форели и лосося // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Индустриальные методы рыбоводства, 1974, вып. 3, с. 163-172.

5. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Гранулированный корм для форели на основе протенна растительного происхождения // Рыбное х-во, 1974, № 8, с. 15-17.

6. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Сравнительная эффективность полноценной диеты для годовиков радужной форели в зависимости от их размера // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Интенсификация прудового рыбоводства, 1974, вып. 11, с. 245-253.

7. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Кормление форели гранулированными кормами // Гл. управление животноводства МСХ СССР, изд. "Колос", М., 1974, с. 1-6.

8. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н., Люкшина В.Д. Первый стартовый гранулированный корм для личинок и мальков лососевых // Матер. Всесо-

юз. совещ. по выращиванию рыбы в садках, установленных в водохранилищах и озерах, М., 1975, с. 25-27.

9. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Рациональное кормление форели в разных типах тепловодных хозяйств // Тез. докл. Всесоюзн. совещ. по рыбохозяйственному использованию теплых вод энергетических объектов, М., 1975, с.93-95.

10. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Романенко Ю.И., Кошелева Л.В. Принципы расчета на ЭВМ сбалансированных кормосмесей для форели в условиях индустриального рыбоводства // Тез. докл. Всесоюзн. совещ. по рыбохозяйственному использованию теплых вод энергетических объектов. М., 1975, с. 96-99.

11. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Гранулированный корм для личинок форели // Рыбное х-во, 1975, № 9, с.11-14.

12. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Повышение эффективности полнценных гранулированных кормов для форели путем замены животного протеина на растительный // Тр. ВНИИПРХ. Виды кормов и методы кормления рыб, 1975, т. 24, с. 33-50.

13. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Разработка и испытание первого гранулированного корма для молоди форели на ранних стадиях постэмбрионального развития // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Биотехника индустриального рыбоводства, 1975, вып. 14, с. 34-55.

14. Гамыгин Е.А., Линник А.В. Выращивание двухлетков форели на гранулированном корме, основанном на растительных компонентах // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Биотехника индустриального рыбоводства, 1975, вып. 14, с. 119-128.

15. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. О возможности замены протеина животного происхождения растительным в кормах для мальков-сеголетков радужной форели // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Биотехника индустриального рыбоводства, 1975, вып. 14, с. 129-141.

16. Канидьев А.Н., Стариков Е.А., Гамыгин Е.А. Экономический критерий оценки новых гранулированных кормов для радужной форели // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Биотехника индустриального рыбоводства, 1975, вып. 14, с. 142-152.

17. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Новые рецепты полноценных гранулированных кормов для форели и лосося в индустриальном рыбоводстве // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Поликультура растительноядных рыб в прудовом хозяйстве и естественных водоемах, 1975, вып. 15, с. 203-221.

18. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Гранулированные корма для радужной форели // ЦНИИТЭИРХ, М., 1976, с. 1-4.

19. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н., Мухина Р.И. Эффективность утилизации протеина в составе гранулированного корма для форели при замене животного протеина растительным // Тр. ВНИИПРХ. Индустриальные методы рыбоводства, 1976, т. 26, с. 68-77.

20. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Первый поливитаминный премикс отечественного производства для форели // Рыбное хоз-во, 1976, № 11, с. 12-14.

21. Гамыгин Е.А. О возможности повышения энергетической обеспеченности гранулированного корма для форели за счет жира // Сб. "Экономическая эффективность научно-технич. прогресса в рыбной промышленности СССР", изд. ЦНИИТЭИРХ, М., 1976, вып. 1, с. 66-68.

22. Гамыгин Е.А. Гранулированные кормосмеси для форели на основе протеина растительного происхождения // Сб. "Экономическая эффективность научно-технич. прогресса в рыбной промышленности СССР", изд. ЦНИИТЭИРХ, М., 1976, вып. 1, с. 68-70.

23. Гамыгин Е.А., Гамыгина Г.Л. Об эффективном использовании молочно-белкового концентрата в кормлении молоди форели // Тез. докл. Всесоюзн. конф. молодых ученых "Научно-технич. прогресс в рыбной промышленности", ЦНИИТЭИРХ, М., 1976, с. 48-49.

24. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н., Гамыгина Г.Л. Новый гранулированный корм для молоди балтийского лосося // Рыбное хоз-во, 1977, № 6, с. 26-29.

25. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Опыт применения ферментных препаратов в кормлении форели // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Методы индустриального рыбководства, 1977, вып. 17, с. 104-114.

26. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Гамыгина Г.Л. Молочно-белковый концентрат в составе стартового гранулированного корма для форели // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Методы индустриального рыбководства, 1977, вып. 17, с. 114-124.

27. Шмаков Н.Ф., Новоженин Н.П., Гамыгин Е.А. Результаты испытаний полноценных гранулированных кормов для производителей форели // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Методы индустриального рыбководства, 1977, вып. 17, с. 72-79.

28. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Романенко Ю.И., Кошелева Л.В. Возможности использования ЭВМ при составлении рецептуры корма для рыб // Изв. ГосНИОРХ, 1977, т. 127, с. 123-126.

29. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Стартовый гранулированный корм для личинок и мальков радужной форели // Тр. ВНИРО. "Садковое выращивание форели", 1977, т. 76, с. 102-108.

30. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Прогрессивные методы кормления радужной форели // Тр. ВНИРО, "Садковое выращивание форели", 1977, т. 76, с. 109-116.

31. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Руководство по кормлению радужной форели полноценными гранулированными кормами // ВНИИПРХ, 1977, 91 с.

32. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Факторы повышения эффективности искусственного разведения лососей // Тез. докл. Международного четырехстороннего совещ. (СССР, США, Канада, Япония) "Биология лососевых", Южно-Сахалинск, окт. 1978, изд. ТИНРО, 1978, с. 13-15.

33. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Повышение эффективности кормления лососевых рыб // Тез. докл. Всесоюзной научн. конф. по товарному прудовому и озерному рыбному хоз-ву (6-8 дек. 1978 г.), ВНИИПРХ, 1978, с. 22-24.

34. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Совершенствование технологии выращивания молоди рыб в товарном рыбоводстве // Тез. докл. Всесоюзной научн. конф. по товарному прудовому и озерному рыбному хоз-ву ( 6-8 дек. 1978 г.), ВНИИПРХ, 1978, с. 43-44.

35. Гамыгин Е.А. Кормление рыбы в индустриальном форелеводстве // Тез. докл. Всесоюзной конф. молодых ученых и специалистов "Научно-технич. прогресс и проблемы рыбного хоз-ва" (20 сент. 1978 г.), М., ЦНИИТЭИРХ, 1978, с. 23-24.

36. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Использование стартового гранулированного корма при выращивании молоди форели // Тез. докл. совещ. по проблеме "Научные основы и перспективы рыбоводства в садках и бассейнах", (дек. 1978 г.); Л., ГосНИОРХ, 1978, с. 12-13.

37. Сычев Г.А., Гамыгин Е.А., Новоженин Н.П., Шмаков Н.Ф. Опыт создания гранулированных кормов для производителей форели // Тез. докл. совещ. по проблеме "Научные основы и перспективы рыбоводства в садках и бассейнах" ( дек. 1978 г.), Л., ГосНИОРХ, 1978, с. 67-68.

38. Романов А.М., Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. О состоянии и задачах в области кормления рыбы // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Биологические основы рационального кормления, 1978, вып. 21, с. 3-26.

39. Гамыгин Е.А., Линник А.В., Канидьев А.Н. Водорослевый аминокислотный препарат в гранулированных кормах для радужной форели // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Биологические основы рационального кормления, 1978, вып. 21, с. 145-155.

40. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н., Подоскин А.Г. Крилевая мука в составе гранулированного корма для форели // Рыбное хоз-во, 1978, № 10, с. 22-24.



41. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Подоскин А.Г. Обезжиренная крилевая мука и крилевый жир в составе корма для форели // Рыбное х-во. 1978, № 12, с. 12-13.

42. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. О повышении эффективности искусственного разведения лососевых рыб // "Зоология позвоночных", Итоги науки и техники. ВНИИТИ АН СССР, 1979, т. 10, с. 108-151.

43. Канидьев А.Н., Новоженин Н.П., Гамыгин Е.А. Основные направления и перспективы развития индустриального форелеводства // Сб. биологические ресурсы внутренних водоемов СССР, "Наука", М., 1979, с. 85-94.

44. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н., Подоскин А.Г. Новые кормосмесни для радужной форели с использованием муки из криля // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Индустриальные методы рыбоводства, 1979, вып. 24, с. 44-59.

45. Гамыгин Е.А., Марсанова А.Г. Физиолого-биохимическая характеристика смолтов балтийского лосося при выращивании на сухих гранулированных кормах // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Индустриальные методы рыбоводства, 1979, вып. 24, с. 67-76.

46. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Современное состояние и перспективы исследований по проблеме кормления лососевых рыб в СССР // Тез. докл. Международного симпозиума по мариккультуре, Гдыня, ПНР, 1979, с. 31-33.

47. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Марсанова А.Г. Результаты разработки и испытания полноценного гранулированного корма для смолтов атлантического лосося // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ: Биологические основы рационального кормления рыбы, 1982, вып. 27, с. 16-32.

48. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Сиверцов А.П. Современные задачи в области кормления рыб в товарном рыбоводстве // Тез. докл. Всесоюзного совещ. "Совершенствование биотехники прудового рыбоводства", ВНИИПРХ, 1980, с. 108-113.

49. Зайцев А.И., Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Об эффективности использования кормов в прудовом рыбоводстве // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Вопросы интенсификации прудового рыбоводства, 1981, вып. 31, с. 23-35.

50. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Результаты разработки полноценных гранулированных кормов для молоди лососевых рыб // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Комплексная интенсификация товарного рыбоводства, 1982, вып. 35, с. 157-187.

51. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Инструкция по кормлению рыб гранулированными кормами, выпускаемыми предприятиями Минрыбхоза СССР // М., ВНИИПРХ, 1983, 32 с.

52. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Боева Т.М. Теория и практика использования искусственных кормов в аквакультуре рыб // Тез. докл. симпозиума по аквакультуре СССР-США, М., ВНИРО, 1983, с. 42-44.

53. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Оптимальные рационы и методы кормления лососевых рыб в аквакультуре // Тез. докл. IV Всесоюзного совещ. по научно-технич. проблемам марикультуры ( 27 сент. - 1 окт. 1983 г.), Владивосток, 1983, с. 58-59.

54. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.Н. Поливитаминный премикс ПФ-1В для рыб // Аннотации биолог. разработок ВНИИПРХ, выполненных в 1975-1980 гг., рекоменд. к внедрению в рыбоводных хоз-вах, М., ВНИИПРХ, 1983, с. 14-15.

55. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Сухой полноценный стартовый гранулированный корм индекса РГМ-6М // Аннотации биологич. разработок ВНИИПРХ, выполненных в 1975-1980 гг., рекоменд. к внедрению в рыбоводных хоз-вах, М., ВНИИПРХ, 1983, с. 15-16.

56. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Сухие полноценные гранулированные корма индексов РГМ-5В и РГМ-8В // Аннотации биологич. разработок ВНИИПРХ, выполненных в 1975 - 1980 гг., рекоменд. к внедрению в рыбоводных хоз-вах, М., ВНИИПРХ, 1983, с. 16.

57. Скляров В.Я., Гамыгин Е.А., Рыжков Л.П. Справочник по кормлению рыб // М., Легкая и пищевая промышленность, 1984, 120 с.

58. Канидьеv А.Н., Гамыгин Е.А., Боева Т.М. Стартовым кормам - зеленую улитку // Рыбоводство, 1985, № 1, с. 29.

59. Гамыгин Е.А., Канидьеv А.Н., Марсанова А.Г. Влияние уровня жира на эффективность выращивания молоди осенней кеты в пресной и соленой воде // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ, 1984, вып. 43, с. 26-32.

60. Хон Ю.С., Гамыгин Е.А., Новоженин Н.П. Влияние корма на рост и качество производителей радужной форели // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ, 1984, вып. 43, с. 109-116.

61. Гамыгин Е.А., Сергеева Н.Т. Использование активного ила из циркуляционных рыбоводных установок в корме для форели // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ, 1985, вып. 46, с. 121-126.

62. Гамыгин Е.А., Лысенко В.Я. Технология производства гранулированных комбикормов для рыб // М., МособлЦНТИ, 1985, 3 с.

63. Гамыгин Е.А., Канидьеv А.Н. Эффективность внедрения комбикормов рецептов РГМ-6М, 5В и 8В для разновозрастной форели // Тез. докл. Всесоюзного совещ. по промышленному рыбоводству и проблемам кормов. кормопроизводства и кормления рыб ( 19-21 дек. 1985 г.), ВНИИПРХ, 1985, с. 20-22.

64. Гамыгин Е.А., Спектор А.Е. Активный ил молокозаводов и применение его в комбикормах для форели // Тез. докл. Всесоюзного совещ. по промышленному рыбоводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб ( 19-21 дек. 1985 г.), ВНИИПРХ, 1985, с. 134-138.

65. Канидьеv А.Н., Гамыгин Е.А., Боева Т.М., Милославова Е.А. Теория и практика использования искусственных кормов в аквакультуре рыб // Аквакультура в СССР и США. Материалы советско-американского симпозиума по аквакультуре, М., ВНИРО, 1985, с. 52-63.

66. Спичак М.К., Гамыгин Е.А. Комплексная целевая программа "Премикс": итоги и задачи // Рыбоводство, 1986, № 3, с. 8-10.

67. Гамыгин Е.А. Результаты и перспективы разработки и производства комбикормов для рыб // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ, 1987, вып. 49, с. 3-7.

68. Гамыгин Е.А. Корма и кормление рыбы // Обзорная информация. Сер. Рыбохоз. использование внутр. водоемов. М., ЦНИИТЭИРХ, 1987, вып. 1, с. 1-82.

69. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Турецкий В.И. Состояние и перспективы проблемы кормления рыб // Тез докл. на секции рыбного хоз-ва научн. конф. ВНПО по рыбоводству и ВЗИПП ( 22-23 марта 1988 г.), М., 1988, с. 19-25.

70. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н., Турецкий В.И. Рецептура и технология применения комбикормов, вырабатываемых заводами Минрыбохоза СССР // М., ВНИИПРХ, 1988, 34 с.

71. Турецкий В.И., Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Основные направления разработок комбикормов для культивируемых рыб // Тез. докл. Всесоюзной конф. по морской биологии (Севастополь, 18-20 окт. 1988 г.), Киев, 1988, ч. 1, с. 271-272.

72. Гамыгин Е.А., Лысенко В.Я., Складов В.Я., Турецкий В.И. Комбикорма для рыб: производство и методы кормления // М., Агропромиздат, 1989, 168 с.

73. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н., Турецкий В.И. Проблемы разработки и качества комбикормов для рыб // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ, 1989, вып. 57, с. 3-8.

74. Гамыгин Е.А., Турецкий В.И., Ильина И.Д., Пономарев С.В. Научные и практические результаты работ в области кормления рыбы и повышения качества комбикормов // Экспресс- информация. Сер. Рыбохоз. использование внутр. водоемов, М., ВНИЭРХ, 1990, вып. 11, с. 3-32.

75. Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н., Барминцев В.А., Рекант А.Н. Эффективность биологически активного препарата "Финстим" в комбикормах

для молоди радужной форели // Сб. научн. тр. ВНИИПРХ. Водные биоресурсы и экология гидробионтов, 1990, вып. 59, с. 81-85.

76. Гамыгин Е.А., Пономарев С.В., Канидьев А.Н., Щербина М.А., Турецкий В.И. Методические указания по кормлению рыб новыми комбикормами, выпускаемыми предприятиями Минрыбхоза СССР // М., ВНИИПРХ, 1990, 45 с.

77. Гамыгин Е.А., Пономарев С.В. Кормление и разведение лососей // Рыбное хоз-во, 1991, № 10, с. 32-35.

78. Гамыгин Е.А., Лемперт О.Т. Применение фосфорного эфира аскорбиновой кислоты в кормлении форели // Сб. научн. тр. КТИРПХ. Комбикорма и обмен веществ у рыб, Калининград, 1991, с. 32-36.

79. Гамыгин Е.А., Пономарев С.В., Климов А.В. Эффективные комбикорма для лососевых, карповых и осетровых рыб // Сб. Корма и кормление рыб. Инф. пакет. Рыбное хоз-во, сер. Аквакультура. М., ВНИЭРХ, 1992, вып. 1, с. 1-9.

80. Гамыгин Е.А., Пономарев С.В. Традиционное и новое кормовое сырье в кормопроизводстве для рыб // Рыбное хоз-во. Сер. Аквакультура : обзорная информация, М., ВНИЭРХ, 1993, вып. 5, 31 с.

81. Гамыгин Е.А. Экструдированные комбикорма для сеголетков и годовиков радужной форели // Научн. продукция государственной НТП "Перспективные процессы производства сельскохозяйственной продукции" Миннауки РФ и Россельхозакадемия, М., 1994, с. 4.

82. Гамыгин Е.А. Экструдированный комбикорм для товарной форели с введением липрина // Научн. продукция государственной НТП "Перспективные процессы производства сельскохозяйственной продукции", Миннауки РФ и Россельхозакадемия, М., 1994, с.5.

83. Гамыгин Е.А. Рецептуры и технологии производства комбикормов для рыб способом гидробаротермической обработки (экструзии) // Важнейшие законченные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Сельское хозяйство, Миннауки РФ, М., 1995, с. 18.

84. Kanidjev A.N., Gamygin E.A., Mukhina R.I. Test results on replacement animal protein with plant protein in rainbow trout diets // X-th International Congress of Nutrition. Abstracts of paper. Kyoto, Japan, 1975, p.5113.

85. Romanov A.M., Gamygin E.A. Fish feed and feeding // International Congress on Fish Nutrition and Feeding. Szarvas. Hungary, 1977, p.p. 48-53.

86. Kanidjev A.N., Gamygin E.A., Podoskin A.G. Krill meal in pelleted fesh feed // Abstracts Free Communication. Published by the Excutive Committee of the XI International Congress of Nutrition. Rio-de-Janeiro. Brasil, 1978, p.p. 318-319.

87. Gamygin E.A., Kanidjev A.N. Feed mixture composition, feeding periodicity and duimal ration as factor govering the efficiency of *Salmo salar* L smolt rearing // Proc. 7-th Japan-Soviet Joint Simp. Acuaculture, Sept. 1978. Tokyo, 1979, p.p. 25-26.

#### Изобретения.

1. А.с. № 1219039. Способ приготовления корма для личинок и мальков рыб. А.Н.Канидьев, Е.А.Гамыгин, И.И.Стояновский, А.Г.Подоскин / - 1986, № 11, 5 с.

2. А.с. № 1548877. Корм для форели. Н.Т.Сергеева, Е.А.Гамыгин, А.Е.Спектор, М.А.Щербина, Л.В.Городниченко, Т.Е.Степанцова, Л.М.Паукова / -1989, № 3, 7 с.

3. Патент № 178880. Способ приготовления корма для молоди лососевых рыб. С.В.Пономарев, Е.А.Гамыгин, С.Г.Большакова, В.К.Латов / - 1993, № 2, 12 с.

#### Техдокументация на производство комбикормов

1. Технические условия - ТУ 15-615-84. Комбикорма гранулированные тонущие для разновозрастных рыб. Е.А.Гамыгин, В.Я.Лысенко, В.И.Турецкий, Т.И.Сазонова / - М., ВНИИПРХ, 1986, 7 с.

2. Технические условия - ТУ - 15-613-84. Комбикорма экструдированные плавающие (экструдаты) для разновозрастных рыб. Е.А.Гамыгин, В.Я.Лысенко, В.П.Турецкий, Т.И.Сазонова / - М., ВНИИПРХ, 1986, 7 с.

3. Технические условия - ТУ 15-10-34-89. Комбикорма для промышленного рыбоводства. Е.А.Гамыгин, В.Я.Лысенко, В.П.Турецкий / - М., ВНИИПРХ. 1989, 14 с.

4. Технические условия - ТУ 9226-002-00472450-96. Комбикорма для промышленного рыбоводства. Е.А.Гамыгин, Т.И.Сазонова, М.А.Щербина, А.П.Сиверцов / - М., ВНИИПРХ. 1996, 19 с.

---

Подп. в печ. 13/V 1996 г.  
Объем 4,75 п.л.

Формат 60x84 1/16  
3,65 уч.-издл.

Тираж 100  
Заказ 370

---