

КАЛИНИНГРАДСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи

МЕФЕДОВА НАТАЛЬЯ ПАВЛОВНА

УДК 639.371.13.043 (043)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРМОВ ДЛЯ ФОРЕЗИ
ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ЕЕ БЕЛКОВОГО ПИТАНИЯ

03.00.10 - Иктиология

АВТОРЕФЕРАТ

Недрз -

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Калининград 1994

Работа выполнена на кафедре химии Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства

Научный руководитель - доктор биологических наук,
профессор Н.Т. Сергеева

Официальные оппоненты - доктор биологических наук,
профессор И.Н. Остроумова;
кандидат биологических наук,
доцент Э.Я. Макарова

Ведущая организация - Азовский научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства

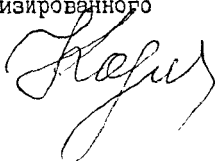
Защита диссертации состоится "23" июня 1994 г.
в 14⁰⁰ час на заседании специализированного Совета К ИИ7.05.01
Калининградского технического института рыбной промышленности
и хозяйства по адресу: 236000, г. Калининград, Советский
проспект, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ваши отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверен-
ные печатью) просим направлять по адресу - 236000, г. Калинин-
град, Советский проспект, 1, КТИРПХ, специализированный Совет
К ИИ7.05.01.

Автореферат разослан "20" июня 1994 г.

Ученый секретарь специализированного
Совета, к.б.н., доцент



М.Ф. Козлова

ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из задач современного форелеводства, как и рыбоводства в целом, является снижение затрат на корма, которые составляют в хозяйствах более половины себестоимости рыбной продукции. Известно, что эта задача может быть решена путем повышения эффективности белкового питания выращиваемых рыб.

Основным строительным материалом в организме рыб являются белки, синтезируемые главным образом из протеиногенных аминокислот кормов. Эффективность использования протеина на рост в значительной мере зависит от сбалансированности кормов по всем питательным веществам, в первую очередь по белку и незаменимым аминокислотам, в соответствии с потребностями рыб. В результате ряда исследований установлены близкие к оптимальным уровни протеина и энергии в форелевых кормах (Phillips, 1970, 1971; Ostroumova, 1971, 1972, 1974; Zeitoun, Halper, Ulmer et al, 1973; Satta, 1974), определены потребности чавычи в незаменимых аминокислотах (Netz, 1972) и химический состав кормового сырья, что позволило разработать стартовые и продукционные комбикорма для форели (Ostroumova, 1972; Кандыев, Гамыгин, 1977). В дальнейшем установление белок-сберегающей роли липидов является основой для формирования новых представлений об оптимальном соотношении: белка и энергии в кормах для форели (Lee, Ryban, 1973; Kose, 1979; Kataabe, Takemchi, Ojino, 1979; Ojino, 1979; Cowey, 1980). Кроме того, была экспериментально доказана возможность повышения эффективности кормов для молоди форели, если баланс аминокислот в них разрабатывать не в соответствии с потребностями чавычи, а по аминокислотному составу икры форели (Katabe, 1982). Оптимальное содержание аминокислот в продукционных форелевых кормах до сих пор окончательно не установлено. Однако известно, что белки естественной пищи полнее усваиваются форелью, чем протеин искусственных кормов (Kataabe, Araiawa, Kandaime, 1978), что свидетельствует об их более высокой биологической ценности для форели. Кроме того, выявлены более высокая эффективность кормовых протеинов с аминокислотным составом, близким к составу белков организмов рыб (Kose, 1979) и наличие взаимосвязи между потребностями в аминокислотах и их содержанием в теле канального сома (Wilson, Lee, 1985), что свидетельствует о целесообразности изучения аминокислотного состава белков

организма форели и её естественной пищи для установления оптимального содержания аминокислот в продукционных кормах. Следует отметить, что изучение биологической ценности естественной пищи позволило разработать основы полноценного липидного питания лосевых рыб (Сергеева, 1989).

Рядом исследователей (Щербина, 1973; Skreade, Krogdahl, Austreng, 1980; Wilson, Poe, 1981) показано, что более высокое соответствие химического состава кормов потребностям рыб может быть достигнуто, если учитывать при их разработке переваримость питательных веществ кормового сырья. Переваримость белка и доступность для форели аминокислот промышленных кормов и их компонентов изучены недостаточно (Бризинова, Стрельцова, 1969; Щербина, 1974; Тряпкина, 1977).

Известно, что промышленные корма для форели характеризуются высоким содержанием белка животного происхождения, причем основным источником его в кормах является дефицитная и дорогостоящая рыбная мука. Это определяет необходимость её замены в составе кормов. Одним из путей решения этой задачи может быть введение в корма для форели кальмаровой муки, изготавливаемой из отходов от разделки кальмаров по технологии, разработанной в АтлантиИРО (ТУ 5-03464-87). Следует отметить, что ежегодный вылов кальмаров может достигать несколько десятков миллионов тонн (Singh, Brown, 1981), а отходы от их переработки на пищевые цели составляют до 50 % от массы тела кальмаров (Asgard, 1987).

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы - повышение эффективности кормов для форели путем улучшения в них баланса аминокислот, а также обеспеченности протеина энергией и жирными кислотами ω 3-конфигурации. Для её достижения были поставлены следующие задачи:

- 1) исследовать содержание аминокислот в белках организма форели в эмбриональный и постэмбриональный периоды и на основе этого установить оптимальное содержание аминокислот в кормах;
- 2) определить питательную ценность промышленных комбикормов для форели и обосновать пути повышения их эффективности;
- 3) выявить влияние на аминокислотный состав промышленного комбикорма различных сроков хранения;
- 4) определить переваримость сырого протеина и доступность аминокислот промышленного комбикорма для форели в зависимости от длительности кормления;

б) определить питательную ценность протеина компонентов различного происхождения;

б) установить возможность замены рыбной муки на кальмаровую в продукционных комбикормах для форели.

Научная новизна. Впервые определено содержание аминокислот в белках организма форели в эмбриональный и постэмбриональный периоды. Установлена тесная корреляция между содержанием незаменимых аминокислот, цистина и тирозина (в % от их суммы) в теле форели и её естественной пище. Впервые определены доступность для форели индивидуальных аминокислот компонентов животного, микробного и растительного происхождения, а также содержание переваримого протеина и доступных аминокислот в стартовых и продукционных кормах, получены характеристики обеспеченности протеина кормов переваримой энергией и его усвоения в организме форели. Установлено, что в кальмаровой муке содержание доступных незаменимых аминокислот, цистина и тирозина соответствует потребностям в них форели. Отличительной особенностью химического состава кальмаровой муки является высокое содержание физиологически важных жирных кислот в 3-конфигурации, оптимальное введение которых в продукционные корма положительно влияет на их продуктивное действие и синтез белка в организме форели.

Практическое значение. Представленные материалы являются самостоятельной частью исследований, выполненных в соответствии с тематическим планом хозяйственных работ КТИРПХ в рамках НИЦ "Премикс". Обоснована целесообразность применения данных по содержанию незаменимых аминокислот, цистина и тирозина в желточном мешке и теле форели для разработки баланса аминокислот соответственно в стартовых и продукционных кормах. Определено содержание доступных аминокислот в основных компонентах комбикормов, выявлена недостаточная обеспеченность протеина промышленных комбикормов переваримой энергией. Установлена питательная ценность кальмаровой муки и её оптимальное содержание в продукционных кормах. При замене 25 % рыбной муки на кальмаровую в продукционном комбикорме (рецепт РГМ-5В-10К) выявлено более высокое усвоение питательных веществ, позволяющее снизить затраты корма на 9-12 %. Высокая эффективность комбикорма РГМ-5В-10К подтверждена в ходе производственных испытаний на садковом участке "Прибрежный" р/н "За Родину" Калининградской области.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на XXI научной конференции по изучению и освоению водоемов Прибалтики и Белоруссии (Псков, 1983), Всесоюзном совещании по промышленному рыбоводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб (Москва, 1985), Всесоюзной конференции по экологической физиологии и биохимии рыб (Вильнюс, 1985), 49-й научной конференции Одесского технологического института пищевой промышленности (Одесса, 1989), научно-технических конференциях Калининградских вузов Минрыбхоза СССР (Калининград, 1985, 1987, 1988, 1989), VIII научной конференции по экологической физиологии и биохимии рыб (Петрозаводск, 1992), научной конференции ИИРИБ (Калининград, 1993).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 149 страницах машинописного текста, состоит из введения, 5 глав, выводов, практических рекомендаций, приложения, содержит 47 табл. и 2 рис. В списке использованной литературы содержится 119 работ отечественных и 116 работ иностранных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ БЕЛКОВОГО И АМИНОКИСЛОТНОГО ПИТАНИЯ ФОРЕЛИ (обзор литературы)

В главе изложен анализ литературных данных о потребностях форели в незаменимых аминокислотах и методах их определения. Обсуждены вопросы перевариваемости протеина и доступности для форели индивидуальных аминокислот комбикормов и их компонентов. Описывается влияние аминокислотного состава и обеспеченности энергией протеина комбикормов на эффективность его усвоения у форели.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная работа, производственные испытания комбикормов, статистическая и камеральная обработка материала выполнены в период с 1981 по 1988 гг. Объектом данного исследования служила радужная форель (*Salmo gairdneri* Rich.) в различные периоды жизненного цикла: эмбриональном, личиночном, в возрасте семгольца, годовика и двухлетка. Материалом для исследования служили икра, желточный мешок, тело рыб, экскременты, комбикорма и их компоненты. Научно-производственные опыты проводили на сад-

ковом участка " Прибрежный " рыболовецкого колхоза " За Родину " (с 1986 по 1988 гг.) Калининградской области. Подращивание личинок осуществляли в лотках, выращивание сеголетков - в бассейнах, годовиков и двухлетков - в садках. Научные опыты проводили также в установке с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ) аквариальной кафедры химии КТИРПХ (с 1981 по 1987 гг.). В ходе проведения экспериментов и производственных испытаний регулярно осуществлялся контроль за температурным и кислородным режимами, ионным составом воды по методикам, описанным Д.Д. Дурье (Унифицированные методы анализа ... , 1983). Кормление рыб осуществляли стартовым (РГМ-6А) и продукционным (РГМ-6В) промьяленными комбикормами (Инструкция по кормлению рыб ... , 1982), а также гранулированными монодиетами из компонентов комбикормов. Перекисное и кислотное числа комбикормов и их компонентов определяли по стандартным методикам (Унифицированная методика определения ... , 1988), их показатели не превышали нормативных значений (Инструкция по кормлению рыб ... , 1982). Комбикорма были изготовлены методом сухого прессования на Ростовском и Днепропетровском комбикормовых заводах, на пилотной установке ИПО по рыбоводству. Суточную дозу корма определяли в соответствии с рекомендациями Драла (Deuell, Haskell, Brockway, 1957), ИПО по рыбоводству (Канидьева, Гамыгин, 1980). Оценку питательности комбикормов и их компонентов проводили по методике М.А. Щербины (Щербина, 1989). Содержание сухого вещества и воды определяли гравиметрическим методом, общего азота - стандартным методом Кьельдаля (Лазаревский, 1955). Углеводы определяли ортогалактиновым методом (Шатуновский, Вельтищева, 1972). Количественное определение общих и индивидуальных липидов осуществляли по прописи Н.Т. Сергеевой (Сергеева, 1983). Определение видимой переваримости питательных веществ корма осуществляли методом инертных веществ (Щербина, 1964). Выделение аминокислот из белков осуществляли путем гидролиза в течение 24 часов в 6 N растворе соляной кислоты при температуре 110°C. Разделение аминокислот и их количественное определение проводили на аминокислотных анализаторах " ААА-881 (ЧССР) и " ДЦ-5001 " (ФРГ) по прописям фирм. Жирнокислотный состав липидов определяли с применением газового хроматографа " РА/М " (Япония). Сухую минеральную часть определяли методом сухого взвешивания (Рожкова, 1987). Статистическую обработку проводили по общепринятым методикам (Романенко,

Орлов, Никитина, 1987) с использованием системы обработки данных " CR-6AX " (Япония).

ГЛАВА 3. ОПТИМАЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В КОРМАХ ДЛЯ ФОРЕЛИ

Как было сказано выше, во введении, оптимальный баланс аминокислот в кормах может быть установлен на основе анализа их содержания в белках организма и естественной пищи форели. Следует отметить, что содержание аминокислот у форели в эмбриональный и постэмбриональный периоды изучено недостаточно. В связи с этим, задачей данной главы было определение содержания индивидуальных аминокислот в неоплодотворенной икре, в икре на стадии " глаза ", у молоди форели после выклева и в теле форели массой от 0,9 до 413 г, а также установление оптимального содержания аминокислот в кормах.

Икра форели массой 98 мг была получена от четырехлетних самок. После выклева молодь форели содержали в течение 30 суток в лотках с проточной водой при температуре +8-12°C. На 1-е сутки после выклева масса личинок составила 98 мг. На 20-е сутки она увеличилась на 6,4 %, на 20-е - на 21,2 %, на 30-е - на 42 % по сравнению с массой форели на 1-е сутки после выклева. При этом на 10-е сутки после выклева у форели резорбировалось около трети желточного мешка, на 20-е - около двух третей, на 30-е - практически весь желточный мешок. В течение первых тридцати суток после выклева молодь форели не кормили.

Анализ данных по аминокислотному составу икры и молоди форели (рис. 1) показал, что содержание всех аминокислот снижается к моменту полного перехода личинок на внешнее питание. Исключение составляет глицин, содержание которого в одной личинке на 30-е сутки после выклева возросло в 1,7 раза по сравнению с его содержанием в одной неоплодотворенной икринке, что свидетельствует об активном синтезе глицина. Постепенное повышение концентрации глицина отражает процесс синтеза коллагена и формирования соединительной ткани (Лав, 1976). К моменту полного перехода личинок форели на внешнее питание наиболее интенсивно были израсходованы из незаменимых аминокислот - изолейцин (на 57,4 %), валин (на 54,5 %), фенилаланин (на 43,7 %), лейцин (на 46,9 %), из заменимых - аланин (на 50,6 %), тирозин (на 45,4 %) и серин (на 43,8 %), а наиболее экономно расходовались из незаменимых аминокислот - гистидин (на 12,7 %),

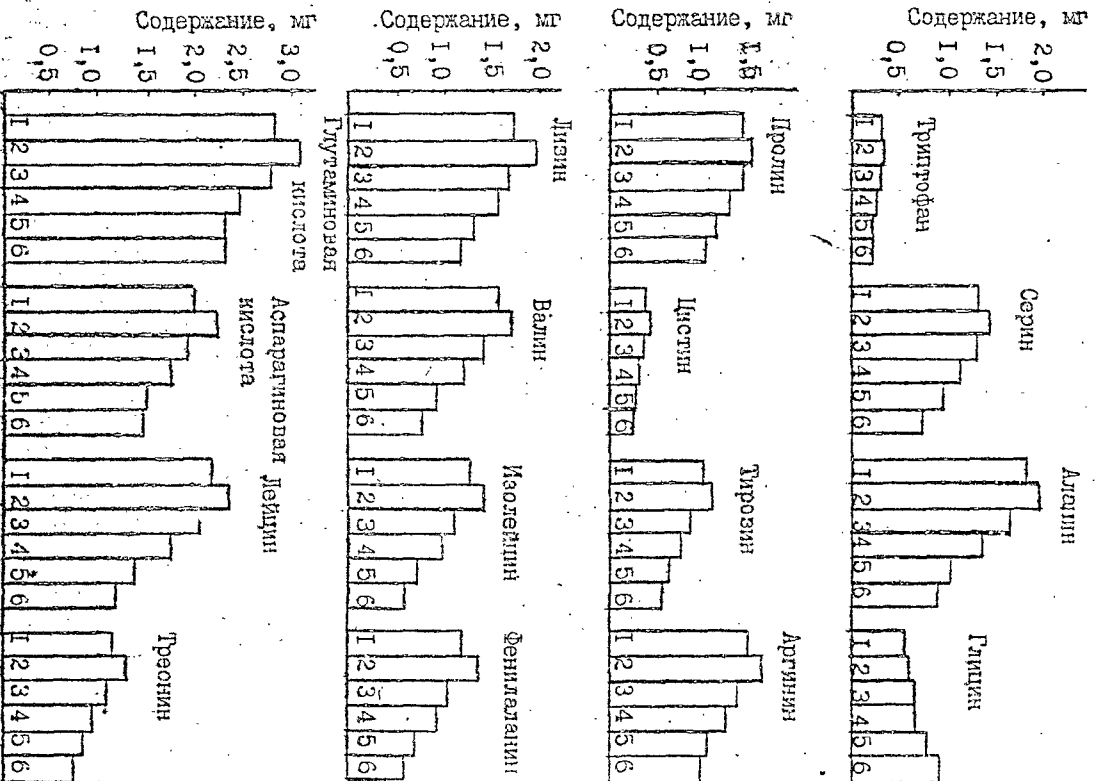
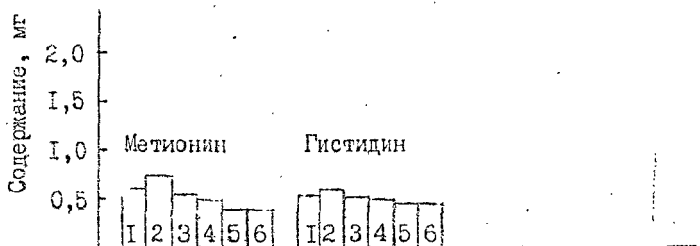


Рис. 1. Содержание аминокислот в одной надподготовленной икринке, одной икринке на стадии "глазка", одной личинке форели, мг



Продолжение рис. I

- 1 - неоплодотворенная икра
- 2 - икра на стадии " глазка "
- 3 - личинки на 1-е сутки после выклева
- 4 - личинки на 10-е сутки после выклева
- 5 - личинки на 20-е сутки после выклева
- 6 - личинки на 30-е сутки после выклева

лизин (на 28,0 %) и аргинин (на 32,9 %), из заменимых аминокислот - глутаминовая кислота (на 17,5 %), пролин (на 26,9 %) и аспарагиновая кислота (на 28,4 %).

Интенсивный расход изолейцина, валина, фенилаланина, лейцина, триптофана, аланина, серина и тирозина связан с использованием их на энергетические нужды организма форели, которые особенно велики в ранний постэмбриональный период, о чем свидетельствует резкое снижение содержания общих липидов (в 1,5 раза) у молоди форели к тридцатому дню после выклева (Сергеева, 1985).

Аминокислоты в организме рыб могут быть использованы и на синтез углеводов, который интенсивно протекает в организме форели с 10-х по 30-е сутки после выклева (Сергеева, 1985). Известно, что гликогенными аминокислотами являются аланин, серин, треонин, триптофан и валин (Ленинджер, 1985), которые интенсивно расходуются у молоди форели в раннем онтогенезе.

В исследуемом материале нами было рассчитано содержание незаменимых аминокислот и двух заменимых - цистина и тирозина (в % от их суммы) (табл. I), так как они метаболически связаны с метионином и фенилаланином (Уайт, Хендлер, Смит и др., 1981), и их уровень в кормах оказывает влияние на потребности рыб в ме-

тионине и фенилаланине (Mertz, 1972). Установлено, что содержание незаменимых аминокислот, цистина и тирозина в неоплодотворенной икре, икре на стадии "глазка" и желточном мешке личинок не отличается друг от друга и близко к таковому, рассчитанному нами на основе данных японских авторов (Suyama, Ogino, 1958). Учитывая, что выращивание молоди форели Кетолой (Ketola, 1982) на кормах, сбалансированных по аминокислотному составу икры форели (Suyama, Ogino, 1958) обеспечивает более высокий темп роста рыб, чем выращивание на кормах, сбалансированных по аминокислотам в соответствии с потребностями чавычи (Mertz, 1972), а также тот факт, что в результате длительной эволюции содержание питательных веществ в желточном мешке приспособлено для удовлетворения потребностей рыб в эмбрионально-личиночный период жизненного цикла, нами предложено содержание незаменимых аминокислот, цистина и тирозина в желточном мешке как оптимальное для стартовых форелевых кормов. Нами установлено, что в 1-е сутки после выклева содержание аминокислот у личинок форели определяется составом желточного мешка, составляющего большую часть их массы. На 10-е и 20-е сутки после выклева отмечено снижение уровня валина, изолейцина, лейцина, фенилаланина и увеличение лизина, гистидина, аргинина. По мере рассасывания желточного мешка содержание незаменимых аминокислот, цистина и тирозина у личинок форели постепенно приближается к содержанию таковых аминокислот в теле форели, полностью перешедшей на внешнее питание, которое при увеличении массы форели от 0,9 до 413 г существенно не изменяется.

С целью установления оптимального содержания аминокислот в продукционных форелевых кормах нами проведено сравнение аминокислотного состава тела форели, а также литературных данных по потребностям в аминокислотах чавычи массой 1-5 г (Mertz, 1972) с имеющимися литературными данными (Yurkowsky, Tabachek, 1978) (табл. I) по содержанию аминокислот в различных кормовых естественных объектах форели (*Gammarus lacustris lacustris* ; *Daphnia pulex*; *Diaptomus* sp., *Hyalella azteca*; *Chironomidae* larvae и др.). При этом установлено, что содержание незаменимых аминокислот, цистина и тирозина в теле форели попадает в интервал значений, характерных для водных организмов, потребляемых форелью в естественных условиях. Потребности чавычи, выраженные в % от суммы незаменимых аминокислот, цистина и тирозина, отличаются от

Таблица I.

Содержание незаменимых аминокислот, цистина и тирозина в кормах у форели в эмбриональный и постэмбриональный периоды, а также потребности чавычи в аминокислотах, в % от суммы аминокислот

Аминокислота	Форель					Тело	Комбикорм		Потребности чавычи (Mertz, 1972)
	Естественные кормовые объекты	Естественная пища	Желточный мешок личинок	Неоплодотворенная икра, икра на стадии "глазка" (среднее)			Стартовый (РГМ-6М)	Производственный (РГМ-5В)	
Лизин	11,0-18,3	14,7	13,1	12,9	15,8	14,7	13,1	14,6	
Гистидин	1,4-10,7	5,4	4,2	4,2	5,9	7,5	5,9	5,1	
Аргинин	7,7-15,6	13,1	10,9	11,1	12,2	11,5	12,2	17,6	
Треонин	8,3-12,6	9,5	8,6	8,6	9,1	8,9	8,7	6,6	
Валин	8,8-13,7	10,3	11,5	11,6	9,5	9,4	10,4	9,5	
Метионин	0,7-5,5	3,9	5,2	5,1	5,5	4,9	5,2	4,0	
Изолейцин	7,0-10,4	8,4	9,3	9,7	7,8	7,4	7,7	6,6	
Лейцин	12,3-17,6	14,9	16,6	15,9	14,9	15,8	15,2	11,7	
Фенилаланин	6,6-17,6	9,0	9,0	9,0	8,1	8,9	9,0	12,4	
Триптофан	-	-	1,8	1,8	1,6	1,6	1,9	1,6	
Цистин	0,4-3,6	2,7	2,6	2,6	3,1	2,8	3,5	7,3	
Тирозин	6,6-13,7	8,0	7,3	7,3	6,5	6,8	7,2	2,9	

содержания таковых аминокислот в естественных кормовых объектах форели более высоким содержанием аргинина и цистина. Полученные данные, на наш взгляд, свидетельствуют о некоторых различиях в потребностях форели и чавычи в этих аминокислотах, что подтверждается данными по потребностям форели в аргинине, установленными методом "доза-отклик" (Luquet; Kaushik , 1978).

На основе имеющихся литературных данных (Tavarutmaneequi, 1978) нами рассчитано среднее содержание незаменимых аминокислот, цистина и тирозина в естественной пище форели с учетом в ней доли различных кормовых объектов (среднее для двух вариантов: I - *Gammarus lacusticus* - 30 % ; *Daphnia pulex* - 22 % ; *Ephallagma boreale* - 19 % ; *Hyalella azteca* - 10 % ; *Corixidae* - 4 % ; II - *Culae incostans* - 54 % ; *Chironomidae larval* - 14 % ; *Ostrixidae* - 4 %) (табл. I). С целью установления оптимального содержания аминокислот в продукционных кормах нами были рассчитаны коэффициенты прямой корреляции между содержанием незаменимых аминокислот, цистина и тирозина в теле форели и содержанием таковых аминокислот в естественной пище форели, а также между потребностями в аминокислотах чавычи и содержанием аминокислот в естественной пище форели. При этом установлено, что аминокислотный состав тела форели более тесно коррелирует с составом естественной пищи ($r = 0,97$), чем потребности чавычи ($r = 0,74$). Учитывая полученные коэффициенты корреляции, мы считаем, что оптимальным содержанием незаменимых аминокислот, цистина и тирозина в продукционных кормах для форели является содержание таковых аминокислот в теле форели. Установление взаимосвязи между потребностями в аминокислотах канального сома и аминокислотным составом белков его организма (Wilson, Roe, 1985) подтверждает наши данные. Графическое изображение взаимосвязи между содержанием аминокислот в теле форели и недавно полвившимися в литературе данными по её потребностям в ряде аминокислот - лизине, аргинине, метионине и триптофане, установленными методом "доза-отклик" (Ketola, 1983; Kim, Kaye, Amundsen, 1983; Ramsey, Page; Scott, 1983; Walton, Cowey, Adron, 1984; Tacon, Cowey, 1985) (рис. 2) позволило установить следующие значения потребностей (при 40 % содержании сырого протеина в продукционных кормах) в остальных аминокислотах: гистидине - 0,7 %, треонине - 1,0 %, валине - 1,1 %, изолейцине - 0,9 %, лейцине - 1,6 %, фенилаланине - 0,9 %, цистине - 0,4 %, тирозине - 0,8 %.

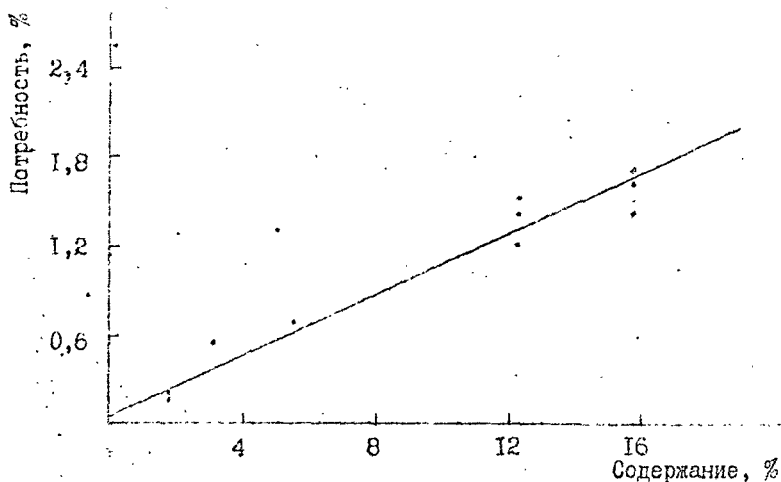


Рис. 2. Взаимосвязь между потребностями форели в незаменимых аминокислотах, цистине и тирозине и их содержанием в её теле

Анализ собственных и литературных данных выявил, что потребности форели в незаменимых аминокислотах, цистине и тирозине, установленные нами путем изучения аминокислотного состава форели в постэмбриональный период и анализа литературных данных по содержанию аминокислот в естественной пище форели, подтвердили данные по потребностям в аминокислотах форели, рассчитанные Огино (Ogino, 1980) на основе изучения накопления аминокислот в теле рыб. Сравнение данных по потребностям в аминокислотах форели и чавычи выявило, что потребности форели в аргинине, фенилаланине и цистине ниже потребностей в них чавычи.

ГЛАВА 4. ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ДЛЯ ФОРЕЛИ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМБИКОРМОВ И ПРОТЕИНА ИХ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

С целью повышения эффективности белкового питания форели в условиях её промышленного выращивания в настоящей главе проводились следующие исследования:

- 1) изучение питательной ценности стартового (РГМ-6М) и адаптационного (РГМ-5В) комбикормов;
- 2) определение аминокислотного состава комбикорма РГМ-5В при длительном хранении в производственных условиях;
- 3) исследование доступности индивидуальных аминокислот ком-

бикорма РГМ-5В в зависимости от длительности кормления;

4) определение питательной ценности протеина компонентов животного, микробияльного и растительного происхождения.

4.1. Питательная ценность промышленных комбикормов

Определили химический состав, переваримость форелью питательных веществ промышленных стартового (РГМ-6М) и производного (РГМ-5В) комбикормов, а также эффективность использования протеина промышленных комбикормов на рост форели массой 2 и 37 г при её выращивании в установке с замкнутым водообеспечением. Установлено, что содержание сухого вещества, сырого протеина, общих липидов, углеводов, минеральных веществ соответствует требованиям рецептов комбикормов РГМ-6М и РГМ-5В (Инструкция по кормлению рыб ..., 1982).

Сравнение аминокислотного состава комбикормов РГМ-6М и РГМ-5В с потребностями чаввы (Кетца, 1972), в соответствии с которыми разрабатывался их аминокислотный состав (Манидзе, Гамма, 1977), не выявило в кормах дефицита незаменимых аминокислот. При этом следует отметить, что все незаменимые аминокислоты (за исключением аргинина) содержатся в обоих комбикормах в избытке.

Установлено, что обеспеченность заловой энергией протеина комбикорма РГМ-5В выше, чем обеспеченность протеина комбикорма РГМ-6М и составляет соответственно 44,5 и 40,2 кДж на 1 г протеина, что соответствует значениям, ранее рекомендованным для производных и стартовых кормов (Остроумова, 1972; Остроумова, Шабалина, Ольшанская, 1972).

Показано, что переваримость у форели массой 2 г сухого вещества и сырого протеина комбикорма РГМ-6М выше в 1,2 раза по сравнению с переваримостью у форели массой 37 г сухого вещества и сырого протеина комбикорма РГМ-5В. Минеральные вещества и углеводы обоих комбикормов перевариваются форелью значительно хуже, чем протеин и липиды, что обуславливает относительно низкую переваримость у форели сухого вещества (соответственно 69,8 и 58,8 %) стартового и производного комбикормов. Отмечено, что доступность для форели индивидуальных аминокислот промышленных комбикормов изменяется в пределах от 88,0 до 93,5 % для комбикорма РГМ-6М и от 81,1 до 89,1 % для комбикорма РГМ-5В. Установлено, что пищеварительная система форели хорошо адаптируется к

качественным особенностям протеина комбикорма РГМ-5В. Так, переваримость сырого протеина и доступность для форели суммы аминокислот на 3-й день кормления составляет соответственно 80 и 83 % и повышается к 20-му дню соответственно на 8,5 и 3,8 %.

Установлено, что первой лимитирующей аминокислотой в корме РГМ-6М является изолейцин, в корме РГМ-5В - лизин.

Показано, что эффективность усвоения валового протеина комбикормов РГМ-6М и РГМ-5В составляет соответственно 25,1 и 30,8 %. Полученные нами данные эффективности усвоения валового протеина близки к характеристикам кормов для форели, применяемых за рубежом (Phillips, 1970; Ogne, 1971; Pfeffer, 1982). Однако результаты современных исследований в области биохимии питания рыб свидетельствуют о возможности повышении эффективности усвоения протеина до 50 %, если корма будут содержать достаточно энергии и в них не будет избытка протеина (Takeuchi, Watanabe, Ogino, 1978; Takeuchi, Yokoama, Watanabe et al, 1978; Matty, 1985). Оптимальным считается отношение переваримой энергии к сырому протеину в кормах для форели массой 15,8 г равное 54,5 кДж/г, тогда как этот показатель для комбикормов РГМ-6М и РГМ-5В составил соответственно 35,7 и 30,7 кДж/г протеина.

Изучено влияние длительности хранения на содержание аминокислот в продукционном комбикорме РГМ-5В. Комбикорм РГМ-5В был изготовлен в промышленных условиях в соответствии с требованиями рецепта, но без липидной добавки. Анализ данных по содержанию аминокислот в комбикорме РГМ-5В на 3-и, 60-е, 180-е и 360-е сутки его хранения в производственных условиях не выявил изменения аминокислотного состава комбикорма.

Таким образом, изучение питательной ценности для форели промышленных стартовых и продукционных комбикормов позволило установить соответствие рецептам их химического состава. Установлено, что для повышения эффективности промышленных комбикормов для форели следует улучшить в них обеспеченность протеина переваримой энергией и баланс аминокислот.

4.2. Питательная ценность протеина компонентов

Питательную ценность протеина компонентов животного происхождения изучали на форели массой 108 г, а протеина компонентов микробического и растительного происхождения - на форели массой 74-90 г в условиях установки с замкнутым водоснабжением.

Выявлено, что наиболее питателен для форели протеин животного происхождения. Так, содержание в рыбной муке сырого протеина и его переваримость форелью составляют соответственно 67,1 и 90,5 %. Установлено, что первой лимитирующей аминокислотой в рыбной муке является триптофан. Мясокостная мука по содержанию и переваримости сырого протеина соответственно в 2,0 и 1,2 раза уступает рыбной муке. При этом в протеине мясокостной муки выявлено недостаточное содержание серусодержащих аминокислот.

Компоненты микробного происхождения (гидролизные дрожжи и БВК) характеризуются более низким содержанием протеина (соответственно в 1,4 и 1,2 раза) по сравнению с рыбной мукой. По переваримости протеина и доступности аминокислот гидролизные дрожжи близки к рыбной муке, тогда как протеин БВК переваривается форелью в 1,1 раза хуже по сравнению с рыбной мукой и гидролизными дрожжами. Для протеина гидролизных дрожжей и БВК установлен значительный дефицит для форели серусодержащих аминокислот, что согласуется с литературными данными (Nose, 1974; Рождественская, 1976; Остроумова, Абрамова, 1981; Варта, 1981).

Компоненты растительного происхождения (соевый и подсолнечный шроты) содержат в 1,6 раза меньше протеина по сравнению с рыбной мукой. По переваримости протеина и доступности аминокислот эти компоненты близки к рыбной муке. Показано, что в протеине соевого шрота недостаточно содержание серусодержащих аминокислот, а в протеине подсолнечного - лизина. Установлено сходство питательной ценности для форели протеина сорго и пшеницы. Так, содержание в них протеина и его переваримость форелью соответственно в 5,4 и 5,6; 1,3 и 1,1 раза ниже по сравнению с рыбной мукой. В протеинах этих компонентов отмечено недостаточное содержание лизина. Следует отметить, что в литературе также имеются сведения о дефиците лизина в протеине подсолнечного шрота и пшеницы (Щербина, 1973; Halver, 1976; Tacon, Webster, Martinez, 1984; Гамыгин, 1987) и дефиците серусодержащих аминокислот в соевом протеине (Канидьева, Скляр, 1977; Dabrowska, Wojno, 1977). Полученные нами данные свидетельствуют о том, что сорго и пшеница могут быть взаимозаменяемы в комбикормах для форели.

ГЛАВА 5. ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КАЛЬМАРОВОЙ МУКИ В СОСТАВЕ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ФОРЕЛИ

Установление возможности замены рыбной муки на кальмаровую в кормах для форели может иметь большое практическое значение,

поскольку позволит снизить дефицитность источников кормовых белков животного происхождения. В связи с этим, в задачи данной главы входило установление питательной ценности для форели кальмаровой муки и оптимального её содержания в продукционных кормах, а также определение эффективности кормов с введением кальмаровой муки при выращивании форели в производственных условиях.

5.1. Питательная ценность кальмаровой муки

Определены химический состав, переваримость и доступность для форели питательных веществ и продуктивное действие кальмаровой муки при выращивании форели массой 108 г в установке с замкнутым циклом водоснабжения в течение 20 суток. Контролем служила рыбная мука, изготовленная из сардинеллы. Кальмаровая и рыбная мука применялись для кормления форели в виде монодиет.

Анализ химического состава кальмаровой муки показал, что она по содержанию протеина (66 %) не уступает рыбной муке, но отличается от неё более низким содержанием минеральных веществ и общих липидов (соответственно на 19,5 % и 35 %). Изучение аминокислотного состава кальмаровой муки выявило более низкое содержание в ней суммарных аминокислот по сравнению с рыбной мукой (на 17,5 %), что подтвердило литературные данные относительно высокой доли небелкового азота в общем азоте тушки кальмаров (Asgard, 1987). Установлено, что кальмаровая мука также, как и рыбная содержит все незаменимые для форели аминокислоты. Первой лимитирующей аминокислотой в кальмаровой муке является лизин. Выявлены отличия в жирнокислотном составе кальмаровой и рыбной муки. Так, в общих липидах кальмаровой муки содержание физиологически важных для форели линоленовой (18:3 ω3), эйкозопентаэновой (20:5 ω3), докозагексаэновой (22:6 ω3) соответственно в 1,6; 1,4 и 2,0 раза выше, а содержание линолевой кислоты (18:2 ω6) в 8,6 раза ниже по сравнению с рыбной мукой, изготовленной из сардинеллы. Показано, что переваримость протеина и доступность для форели индивидуальных аминокислот кальмаровой и рыбной муки близки, составляя в среднем 66-87 %.

Выявлено, что при кормлении кальмаровой мукой накопление сырого протеина в теле форели ниже на 8,8 %, липидов и сухого вещества - выше соответственно на 72,1 и 17,8 % при более щадящем расходовании минеральных веществ на 37,5 % по сравнению с рыбной мукой. Положительным фактором кормления форели кальмаровой мукой является повышение накопления в теле форели ω3-жирных кислот.

играющих важную роль в обеспечении проницаемости мембран и активизации их ферментов (Бергальсон, 1976; Шульман, Юнева, 1987).

Анализ рыбоводных данных показал, что среднесуточный прирост форели, выращиваемой на кальмаровой и рыбной муке, а также затраты кормов существенно не отличаются.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о высокой питательной ценности кальмаровой муки для форели.

5.2. Оптимальное содержание кальмаровой муки в производционных комбикормах

Определение оптимального содержания кальмаровой муки в производционных комбикормах осуществлено путем установления питательной ценности и продуктивного действия комбикорма РГМ-5В с различной степенью замены (на 25, 50 и 100 %) рыбной муки на кальмаровую при выращивании форели массой 27 г в течение 60 суток в условиях установки с замкнутым водоснабжением.

Анализ химического состава комбикормов показал, что все их опытные варианты близки к контрольному по содержанию основных питательных веществ за исключением минеральных веществ и жирных кислот. Так, замена 25, 50 и 100 % рыбной муки на кальмаровую приводит к пропорциональному снижению в них содержания минеральных веществ соответственно на 7,2 %; 14,2 и 26,1 %. Необходимо отметить, что с увеличением содержания кальмаровой муки в комбикормах (с 11,5 до 45 %) установлено резкое повышение содержания в них кислот ω 3-конфигурации (соответственно в 2,1; 3,1 и 3,9 раза). Показано, что замена рыбной муки на кальмаровую не оказала влияния на переваримость сырого протеина и доступность индивидуальных аминокислот.

Изучение обмена веществ в организме форели показало, что замена 25 и 50 % рыбной муки на кальмаровую не оказала существенного влияния на накопление белков. Полная замена рыбной муки на кальмаровую привела к снижению накопления в теле форели сырого протеина (на 23,9 %). Наиболее резкие изменения выявлены в обмене жирных кислот ω 3-конфигурации, накопление которых возрастает соответственно в 1,2; 1,6 и 2,0 раза с увеличением содержания кальмаровой муки в комбикорме РГМ-5В (при замене в нем 25, 50 и 100 % рыбной муки). Резкое увеличение содержания жирных кислот ω 3-конфигурации в комбикормах привело к торможению роста рыб. Так среднесуточный прирост форели на комбикорме с заменой 25 %

рыбной муки на кальмаровую близок к приросту контрольных рыб, тогда как при замене 50 и 100 % рыбной муки на кальмаровую прирост форели ниже по сравнению с контролем соответственно на 4 и 11 %.

Анализ полученных нами данных по содержанию питательных веществ в кормах (с учетом их переваримости) и их накопления в организме форели, а также рыбоводные результаты эксперимента позволили сделать вывод о том, что в производственном комбикорме РГМ-5В 25 % рыбной муки может быть заменено на кальмаровую муку.

5.3. Эффективность производственных комбикормов с введением кальмаровой муки при выращивании форели в производственных условиях

Производственные испытания производственного комбикорма РГМ-5В с заменой 12,5 и 25 % рыбной муки на кальмаровую проведены на форели массой 40 г в осенне-зимне-весенний период (в течение 205 суток) и на форели массой 25 г в осенний период (в течение 60 суток).

Изучение химического состава комбикормов показало, что замена 12,5 и 25 % рыбной муки на кальмаровую муку в комбикорме РГМ-5В не привела к изменению содержания сырого протеина, аминокислот, минеральных веществ, общих липидов, углеводов. Исключение составили жирные кислоты ω 3-конфигурации, содержание которых с увеличением кальмаровой муки в комбикормах возросло соответственно в 1,3 и 1,5-раза по сравнению с контролем.

Изучение обмена веществ в организме форели, выращиваемой в осенне-зимне-весенний период, показало, что замена 12,5 и 25 % рыбной муки на кальмаровую муку в комбикорме РГМ-5В сопровождается повышением накопления в теле форели сырого протеина соответственно на 18,4 и 22,2 %, липидов - на 112,5 и 54 %, жирных кислот ω 3-конфигурации - в 3,7 и 5,7 раза. При этом установлено снижение затрат кормов соответственно на 10 и 12 %, тогда как прирост опытных и контрольных не отличался. Необходимо отметить, что замена 25 % рыбной муки на кальмаровую муку в комбикорме РГМ-5В приводит к нормализации липидного обмена в организме форели вследствие увеличения доли фосфолипидов в общих липидах (на 66,8 и 74,7 %) по сравнению с контролем и вариантом замены 12,5 % рыбной муки на кальмаровую муку.

Изучение обмена веществ у форели, выращиваемой на производи-

онном комбикорме РГМ-5В с заменой 25 % рыбной муки на кальмаровую муку в осенний период, также выявило более высокую долю фосфолипидов в липидах тела форели (на 21 %) по сравнению с контролем. Фосфолипиды выполняют множество биологических функций, способствуют повышению сопротивляемости и выживаемости организма рыб (Гельман, 1964; Богданова, 1970; Евстигнеева, 1976; Шульман, 1982; Сидоров, 1983; Уайт, Хендлер, Смит и др., 1981). Повышение доли фосфолипидов в липидах тела форели значительно улучшило физиологическое состояние рыб, о чем свидетельствует снижение отхода рыб (в 1,5 раза) в осенний период выращивания форели. При этом подтверждено положительное влияние жирных кислот ω 3-конфигурации на усвоение питательных веществ корма с заменой 25 % рыбной муки на кальмаровую муку, затраты которого при выращивании в осенний период снизились на 9 % по сравнению с контролем. Прирост опытных и контрольных рыб существенно не отличался.

Таким образом, в ходе проведения производственных испытаний продукционного комбикорма РГМ-5В с заменой 12,5 и 25 % рыбной муки на кальмаровую муку установлена более высокая эффективность комбикорма с заменой 25 % рыбной муки на кальмаровую муку.

ВЫВОДЫ

1. Содержание незаменимых аминокислот, цистина и тирозина (в % от их суммы) в неоплодотворенной икре, икре на стадии " глазка " и желточном мешке личинок форели отличается от такового в теле форели более высоким уровнем валина, изолейцина, лейцина, фенилаланина и более низким - лизина, гистидина, аргинина, метионина. Не выявлено существенных изменений в содержании незаменимых аминокислот, цистина и тирозина в теле форели после полного её перехода на внешнее питание. \blacktriangleleft

2. Содержание незаменимых аминокислот, цистина и тирозина (в % от их суммы) в теле форели более тесно коррелирует с аминокислотным составом её естественной пищи ($r = 0,97$), чем потребности в аминокислотах чавычи ($r = 0,74$).

3. Выявлено, что потребности форели в аргинине, фенилаланине и цистине ниже потребностей в них чавычи.

4. Установлено, что содержание незаменимых аминокислот, цистина и тирозина (в % от их суммы) в желточном мешке личинок форели является оптимальным для стартовых комбикормов, а в теле форели - для продукционных комбикормов.

5. Державаримість у форели сухого вещества стартового комби-

корма (РГМ-6М) не превышает 70 %, продукционного комбикорма (РГМ-5В) - 59 %, что обусловлено относительно низкой переваримостью углеводов и минеральных веществ. Протеин промышленных комбикормов РГМ-6М и РГМ-5В недостаточно сбалансирован по незаменимым аминокислотам и не обеспечен в достаточной мере переваримой энергией, что снижает эффективность его использования на рост форели. Установлено, что первой лимитирующей доступной аминокислотой в комбикорме РГМ-6М является изолейцин, в комбикорме РГМ-5В - лизин.

6. Рыбная мука по сравнению с другими компонентами комбикормов характеризуется наиболее высоким содержанием и переваримостью протеина. Содержание в ней незаменимых аминокислот, цистина и тирозина близко к оптимальному содержанию таких аминокислот в стартовых и продукционных кормах для форели. Мясокостная мука, соевый шрот, гидролизные дрожжи и БВК дефицитны для форели по серусодержащим аминокислотам, подсолнечный шрот, сорго и пшеница - по лизину.

7. Кальмаровая мука по содержанию протеина и его аминокислотному составу близка к рыбной муке, но отличается от неё более высоким содержанием биологически важных жирных кислот ω 3-конфигурации и более низким - минеральных веществ.

8. В продукционных комбикормах для форели до 25 % рыбной муки может быть заменено на кальмаровую муку. При этом содержание жирных кислот ω 3-конфигурации становится оптимальным, что приводит к активизации синтеза белков в организме форели, нормализации липидного обмена, повышению продуктивного действия корма, о чем свидетельствуют повышение накопления белков в теле форели (на 22-28 %), увеличение доли фосфолипидов в липидах тела форели (на 21-60 %) и снижение затрат корма (на 9-12 %) при выращивании форели в производственных условиях.

9. Замена в продукционных комбикормах более 25 % рыбной муки на кальмаровую муку сопровождается резким увеличением содержания в липидах корма и тела форели жирных кислот ω 3-конфигурации и, как следствие этого, наблюдается торможение синтеза белков в организме рыб и снижение эффективности использования питательных веществ корма на рост форели.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. С целью повышения продуктивного действия стартового (РГМ-6М) и продукционного (РГМ-5В) промышленных комбикормов необходимо повысить в них содержание переваримой энергии и устра-

нить дисбаланс аминокислот.

2. Данные по потребностям чавычи в незаменимых аминокислотах, цистине и тирозине нецелесообразно применять для разработки баланса аминокислот в комбикормах для форели.

3. Питательная ценность протеина комбикорма РГМ-5В, при промышленном изготовлении которого липиды не вводились, не ухудшается при длительном хранении в производственных условиях. Такой комбикорм можно применять в течение одного года при условии введения в его состав липидов и витаминов непосредственно перед кормлением форели.

4. Для оптимизации белкового и нормализации липидного обмена в организме рыб при промышленном выращивании форели следует применять предукционный комбикорм РГМ-5В-10К, содержащий 10 % калмаровой муки. Его промышленный выпуск освоен с 1990 г.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Нефедова Н.П., Сергеева Н.Т. Доступность для форели аминокислот рыбной и мясокостной муки в организме форели // Биологические и рыбохозяйственные исследования водоемов Прибалтики: Сб. тез. докл. XXI научной конференции по изучению водоемов Прибалтики и Белоруссии в 2-х томах. - Псков, 1983. - Том. 2: - С. 498-499.

2. Сергеева Н.Т., Нефедова Н.П. Эффективность усвоения аминокислот корма РГМ-5В форелью в рециркуляционной установке // Аквакультура лососевых рыб: Сб. научн. тр. / ВНИИРХ. - М., 1984. - Вып. 43. - С. 79-84.

3. Нефедова Н.П. Доступность аминокислот рыбной и мясокостной муки двухлеткам радужной форели, выращиваемой в садках // Методы интенсификации прудового рыбоводства: Сб. тез. докл. - М., 1984. - С. 32-33.

4. Сергеева Н.Т., Нефедова Н.П. Доступность для форели аминокислот рыбной муки, соевого и подсолнечного шрота // Всесоюзное совещание по промышленному рыбоводству и проблемам кормов, кормопроизводства и кормления рыб: Сб. тез. докл. - И., 1985. - С. 117-118.

5. Нефедова Н.П., Сергеева Н.Т. Доступность аминокислот рыбной и мясокостной муки в организме форели // Экологическая физиология и биохимия рыб: Сб. тез. докл. - Вильнюс, 1985. - С. 498-499.

6. Нефедова Н.П. Доступность и эффективность использования аминокислот гидролизных дрожжей и ВЕК в организме двухлетков форели // XIII Мажузовская научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и сотрудников Калининградских вузов Минрыбхоза СССР: Сб. тез. докл. - Калининград, 1985. - С. 156-157.

7. Нефедова Н.П. Доступность аминокислот рыбной и мясокостной муки двухлеткам форели // Пластический обмен у рыб: Сб. научн. тр. / КТИРПХ. - Калининград, 1985. - С. 3-9.
8. Сергеева Н.Т., Нефедова Н.П. Питательная ценность компонентов животного происхождения для радужной форели // Вопросы физиологии и биохимии питания рыб: Сб. научн. тр. / ВНИИРХ. -М., 1987. -С. 34-44.
9. Нефедова Н.П. Физиолого-биохимическая оценка эффективности использования муки из отходов производства филе из кальмаров в кормлении форели // Социально-экономические и научно-технические проблемы агропромышленного комплекса: Сб. тез. докл. - Одесса, 1989. -С. 74
10. Нефедова Н.П. Изучение питательной ценности для форели муки из отходов производства филе кальмаров // XIII Межвузовская научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных и инженерно-технических работников, аспирантов Калининградских вузов Минрыбхоза СССР: Сб. тез. докл. - Калининград, 1989. -С. 61.
11. Сергеева Н.Т., Нефедова Н.П. Физиолого-биохимическая оценка эффективности использования муки из отходов производства филе из кальмаров в кормлении форели // Вопросы разработки и качества комбикормов: Сб. научн. тр. / ВНИИРХ. -М., 1989. -Вып. 57. -С. 91-99.
12. Сергеева Н.Т., Нефедова Н.П. Питательная ценность для форели сырья микробияльного происхождения // Вопросы экологии, физиологии рыб, ихтиологии: Сб. научн. тр. / КТИРПХ. - Калининград, 1990. - С. 39-45.
13. Нефедова Н.П. Аминокислотный состав радужной форели в различные периоды жизненного цикла // Комбикорма и обмен веществ у рыб: Сб. научн. тр. / КТИРПХ. - Калининград, 1991. - С. 21-31.
14. Нефедова Н.П. Аминокислотный состав комбикорма РГМ-5В при длительном хранении в производственных условиях // Ученая конференция по экологической физиологии и биохимии рыб: тез. докл. - Петрозаводск, 1992. - Том 2. - С. 22-23.
15. Нефедова Н.П. Питательность для форели комбикормов РМ и РГМ-5В // Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и сотрудников Калининградского государственного института рыбной промышленности и хозяйства: Механико-технологический факультет: Сб. тез. докл. - Калининград, 1993. - С. 43.

Подписано к печати 17.05. 1994 г. Заказ 53 . Объем 1,0 уч. изд. л.
Бумага 60x84 1/16. Тираж 100 экз.