

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 - Ихтиология

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

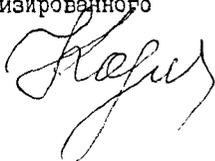
Защита диссертации состоится "23" июня 1994 г.  
в 14<sup>00</sup> час на заседании специализированного Совета К ИИ7.05.01  
Калининградского технического института рыбной промышленности  
и хозяйства по адресу: 236000, г. Калининград, Советский  
проспект, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ваши отзывы на автореферат ( в двух экземплярах, заверенные печатью ) просим направлять по адресу - 236000, г. Калининград, 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; Satria, 1974 ), определены потребности чавычи в незаменимых аминокислотах ( Netz, 1972 ) и химический состав кормового сырья, что позволило разработать стартовые и промежуточные 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 лососевых 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  $\omega$ 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 производственных 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 производственных 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 производственные 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 "Премисс". 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 производственных 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 производственных кормах. При замене 25 % рыбной муки на кальмаровую в производственном 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 НИО по рыбоводству. Суточную дозу корма определяли в соответствии с рекомендациями Драла ( Deuell, Haskell, Brockway, 1957 ), НИО по рыбоводству ( Канидзев, 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, Вельтицева, 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  $+8-12^{\circ}\text{C}$ . 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 % ),

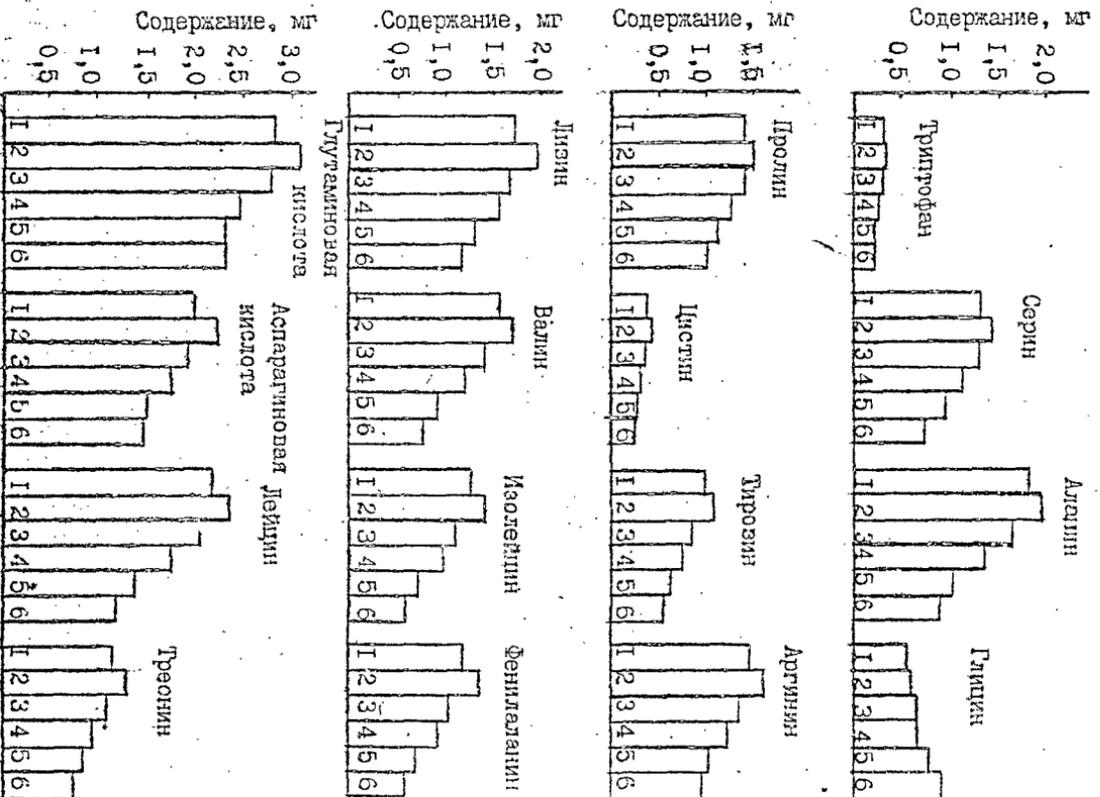
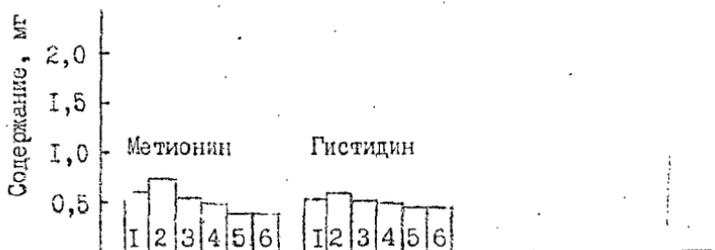


Рис. 1. Содержание аминокислот в одной надпочечниковенной икринке, одной икринке на стадии "глазка", одной личинке форели, мг



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 %.

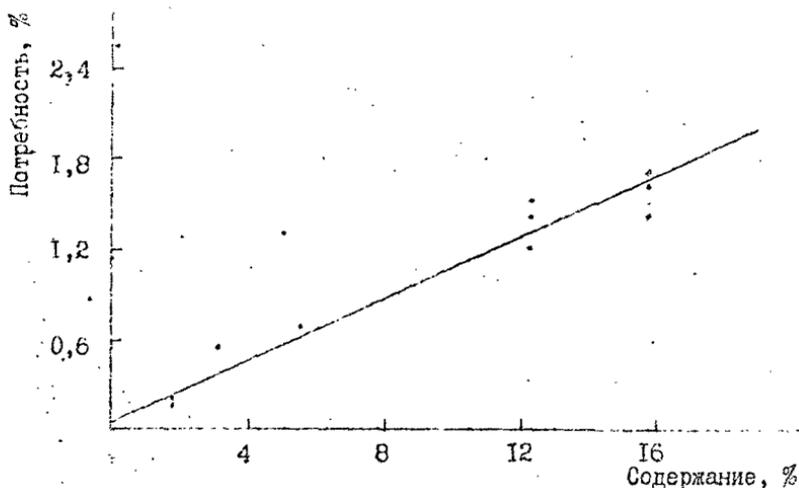


Рис. 2. Взаимосвязь между потребностями форели в незаменимых аминокислотах, цистине и тирозине и их содержанием в её теле

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 86-87 %.

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 РПМ-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  $\omega$ 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  $\omega$ 3-конфигурации, содержание которых возрастает соответственно в 1,2; 1,6 и 2,0 раза с увеличением содержания кальмаровой муки в комбикорме РПМ-5В ( при замене в нем 25, 50 и 100 % рыбной муки ). Резкое увеличение содержания жирных кислот  $\omega$ 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  $\omega$ 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  $\omega$ 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  $\omega$ 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  $\omega$ 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  $\omega$ 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  $\omega$ 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 Можузовская 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.