

КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

04

5 ИЮН 2000

Нижишкова Елена Владимировна

Эффективность микроэлементного питания радужной форели (*SALMO  
GAIRDNERI R.*), выращиваемой на промышленных комбикормах  
в солоноватых водах

*Нижишкова*

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Специальность - 03.00. 10 - ихтиология

Калининград – 2000

Работа выполнена в Калининградском государственном техническом университете  
(КГТУ)

Научные руководители:

доктор биологических наук,  
профессор Н.Т. Сергеева

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук,  
ст. научн. сотр. Н. А. Абросимова

доктор биологических наук,  
профессор С. М. Никитина

Ведущая организация:

Краснодарский научно-исследовательский  
институт рыбного хозяйства (КрасНИИР)

Защита диссертации состоится "06" 0.6 2000 г.  
в 14<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета К 117.05.01  
при Калининградском государственном техническом университете  
по адресу: 236006 г. Калининград, Советский проспект, 1, КГТУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КГТУ.

Автореферат разослан "3" мая 2000 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук, доцент



Г.Г. Серпу

П 729.32-455,0

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** Разработка физиолого - биохимических основ кормления рыб в условиях солоноватых вод включает научное обоснование биотических доз макро- и микроэлементов в комбикорма в наиболее доступной форме. Одним из этапов этой работы является установление эколого - метаболических взаимоотношений между организмом рыб, кормом и водной средой, что обусловлено особенностями минерального обмена водных животных.

Известно, что неорганические ионы играют существенную роль в регуляции метаболических процессов в животном организме. Активируя или ингибируя соответствующие системы, микроэлементы усиливают или угнетают синтез белков, липидов и других органических соединений (Савицкий, 1982). Среди неорганических ионов наиболее выраженным активирующим действием на метаболические процессы в организме животных обладают железо, цинк, медь, марганец и кобальт.

В условиях садкового выращивания рыб на промышленных комбикормах отмечено жиронакопление в печени (Факторович, 1961; Ширяев, 1969; Сергеева, 1986), а также ускорение биосинтетических процессов в сторону образования липидов в организме рыб (Романенко и др., 1976; Евтушенко, 1985; Сергеева, 1987). Одной из возможных причин нарушения обмена веществ у рыб может быть применение гранулированных комбикормов, не удовлетворяющих потребности рыб в микроэлементах.

Известно, что как недостаток, так и избыток микроэлементов в комбикормах сопровождается задержкой роста рыб, высокой смертностью, неправильным формированием скелета, а также нарушениями биосинтетических процессов, связанных с образованием липидов, белков и других органических соединений (Воробьев, 1979; Евтушенко, 1980.; Канидьев и др., 1986; Романенко и др., 1987; Шмаков и др., 1989; Владовская, 1996; Nose et al., 1976; Lall, 1978; Ogino, Yang, 1978; Pfeffer, 1982)

В настоящее время не изучено влияние микроэлементного состава комбикормов на уровень их тканевого накопления у форели, выращиваемой в солоноватых водах.

**Цель и задачи исследований.** Цель настоящей работы – определить эффективность усвоения микроэлементов стартовых и продукционных промышленных комбикормов в организме форели при выращивании в солоноватых водах.

Для её достижения были поставлены следующие задачи:

1. Изучить динамику содержания железа, цинка, меди, марганца и кобальта у радужной форели в процессе онтогенеза
2. Исследовать сезонные особенности содержания железа, цинка, меди и марганца в организме сеголеток и двухлеток форели.
3. Определить содержание железа, цинка, меди и марганца в стартовых и продукционных промышленных комбикормах и их компонентах.
4. Выявить закономерности накопления и распределения железа, цинка, меди и марганца в органах и тканях радужной форели в зависимости от их концентрации в комбикорме.
5. Изучить влияние минеральных добавок солей железа, цинка, меди, марганца и кобальта в составе комбикормов на их динамику, физиолого-биохимические показатели, темп роста и выживаемость радужной форели.

**Научная новизна.** Впервые определено содержание микроэлементов в организме форели в эмбриональный и постэмбриональный периоды. Установлена тесная взаимосвязь между содержанием железа, цинка, меди и марганца в теле форели и желточ-

ным мешком, и их содержанием в промышленных комбикормах.

Уточнены потребности форели в железе, цинке, меди и марганце при выращивании её на промышленных комбикормах в солоноватых водах.

Впервые на основе физиолого - биохимических данных и тканевого накопления железа, цинка, меди и марганца установлено, что валовое содержание их в стартовых и производственных промышленных комбикормах, содержащих 40-45 % рыбной муки, удовлетворяет потребности форели, выращиваемой в солоноватых водах.

Эколого - биохимический подход к изучению закономерностей микроэлементного питания позволил обосновать добавку кобальта в промышленные комбикорма для форели.

Выявлено, что торможение роста и повышение смертности связано с отрицательным влиянием добавки железа, цинка, меди, марганца и кобальта в количестве соответственно 100,0; 100,0; 4,0; 15,0 и 0,1 мг/кг в составе промышленных комбикормов на содержание цинка и меди в мышцах, а также на обмен белков у форели, выращиваемой в солоноватых водах.

**Практическое значение.** Представленные материалы являются самостоятельной частью исследований, выполненных в соответствии с тематическим планом хозяйственных работ КГТУ. Определен микроэлементный состав 11 видов кормового сырья, а также 18 промышленных форелевых комбикормов, с введением в них 40-45 % рыбной муки. В большинстве комбикормов установлен избыток железа, цинка, меди и марганца. Обоснована целесообразность применения данных по содержанию микроэлементов в желточном мешке и комбикормах, а также по тканевому их накоплению у форели для разработки баланса микроэлементов в промышленных комбикормах. Для повышения эффективности определена и рекомендована оптимальная добавка солей кобальта для стандартных промышленных комбикормов в количестве 2,5 мг/кг для радужной форели. На основании полученных отрицательных результатов производственных испытаний минеральной добавки железа, цинка, меди, марганца и кобальта в количестве соответственно 100,0; 100,0; 4,0; 15,0 и 0,1 мг/кг в составе промышленного комбикорма РГМ-5В не рекомендуется вводить её в промышленные комбикорма при выращивании радужной форели в солоноватых водах.

**Апробация работы.** Материалы диссертации докладывались и обсуждались на научной конференции КТИРПХ (1994), Международном симпозиуме по марикультуре (Краснодар, 1996), Первом конгрессе ихтиологов России (Астрахань, 1997), Межвузовской конференции по теоретическим и прикладным аспектам биологии (Калининград, 1999), Международной научно-технической конференции (Калининград, 1999).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 11 работ.

**Объём и структура работы.** Работа изложена на 149 машинописных страницах и состоит из введения, 8 глав, выводов, списка литературы и приложений. Список литературы содержит 131 название, из них 24 - на иностранном языке.

## Глава 1. Литературный обзор

В главе проведен анализ литературных данных о потребностях радужной форели в микроэлементах, доступности, усвояемости их и физиолого-биохимической роли железа, цинка, меди, марганца и кобальта в организме рыб.

## Глава 2. Материал и методы исследований

Экспериментальная работа, производственные испытания комбикормов, статистическая обработка материала выполнена в период с 1986 по 1998 гг. Объектом данного исследования служила радужная форель (*Salmo gairdneri* Rich.) в различные периоды жизненного цикла: эмбриональном, личиночном, в возрасте сеголетка, годовика и двухлетка. Материалом для исследования служили икра, форель с желточным мешком, желточный мешок, тело форели, комбикорма и их компоненты. Научно - производственные опыты проводили на садковом участке НВХ " Прибрежное" Калининградской области. Подращивание личинок производилось в лотках, выращивание сеголеток - в бассейнах, годовиков и двухлеток - в садках при солености воды 2-3‰. В ходе проведения экспериментов производственных испытаний регулярно осуществлялся контроль за температурным и кислородным режимами, ионным составом воды по методикам, описанным Ю.Ю. Лурье (Унифицированные методы анализа..., 1983). Кормление рыб осуществляли стартовыми (РГМ-6М и МФ) и продукционными (РГМ-5В и 10-ЭК) промышленными 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 на экспериментальной лабораторной грануляторной установке КГТУ. Суточную дозу корма определяли в соответствии с рекомендациями Дюзла (Deuell, Haskell, Brockway, 1957), НПО по рыбоводству (Канидеев, Гамыгин, 1980). Оценку питательности кормов проводили по методике М.А. Щербины (Щербина, 1989). Содержание сухого вещества и воды определяли гравиметрическим методом, общего азота - стандартным методом Къельдаля (Лазаревский, 1955). Углеводы определяли ортотолуидиновым методом (Шатуновский, Вельтишева, 1972). Количественное определение общих и индивидуальных липидов осуществляли по прописи Н. Т. Сергеевой (Сергеева, 1983). Сумму минеральных веществ осуществляли методом сухого озоления (Рожкова, 1987). Статистическую обработку проводили по общепринятым методикам (Романенко и др., 1978).

## Глава 3. Динамика микроэлементного состава радужной форели в онтогенезе

Одной из задач данной главы являлось определение химического, в том числе микроэлементного состава оплодотворенной, неоплодотворенной икры, икры на стадии «глазка», личинки с желточным мешком и без него, желточного мешка, а также молоди радужной форели. Полученные данные рационально использовать при определении оптимального уровня их в промышленных комбикормах.

Икра средней массой 38 мг была получена от трехлеток весенненерестующихся самок радужной форели. После выклева личинок форели содержали в течение 30 суток в лотках с проточной водой при температуре 7-9°С, водообмен составлял 10-15 л/мин, содержание кислорода - 7 мг/л.

Содержание сырого протеина, липидов и минеральных веществ в оплодотворенной икре не отличается от их концентрации в неоплодотворенной икре ( $p \leq 0,05$ ). В икре на стадии "глазка" содержание липидов повысилось на 8,3 и 9,5 % по сравнению с оплодотворенной и неоплодотворенной икрой. Аналогичное повышение отмечено в начале каждого следующего периода развития форели. При этом у личинки форели содержание

железа, цинка, меди марганца и кобальта выше, чем в оплодотворенной икре. По-видимому, это связано с тем, что железо, кобальт и марганец оказывают значительное влияние на функцию кроветворения у рыб. Кроме того, увеличение содержания микроэлементов в этот период развития можно объяснить интенсивностью как пластических, так и энергетических процессов в организме быстро растущей молодежи рыб. Поэтому содержание цинка у личинок радужной форели выше, чем в оплодотворенной икре, так как, в личиночный период развития требуется более высокое содержание цинка для синтеза и активизации цинксодержащих ферментов тканевого дыхания. Значительная аккумуляция цинка организмом обусловлена, также, образованием у рыб в этот период костного скелета, чешуи и плавников, так как, цинк, являясь активатором щелочной фосфатазы, принимает непосредственное участие в процессах ossификации.

С переходом на экзогенное питание в теле форели отмечено повышение содержания микроэлементов и уровня липидов за счет более высокой концентрации её в комбикорме по сравнению с желточным мешком. Так, уровень железа, меди и марганца в комбикорме был выше соответственно в 8,0; 3,4 и 14,2 раза по сравнению с желточным мешком. Статистически достоверных отличий по содержанию цинка и кобальта между желточным мешком и комбикормом не обнаружено ( $p \leq 0,05$ ). Однако содержание железа в организме форели повысилось в 5,1 раза; цинка - 2,6 раза; меди - 1,4 раза; марганца - 8,5 раза по сравнению с содержанием их в личинке с желточным мешком (Сергеева, Нижникова, 1997).

Полученные нами данные по микроэлементному составу оплодотворенной, неоплодотворенной икры, икры на стадии "глазка" и молодежи радужной форели в период эндогенного и экзогенного питания, свидетельствуют о том, что особенности динамики микроэлементов в раннем онтогенезе радужной форели определяются физиолого-биохимическими потребностями организма рыб на каждом этапе его развития. Установлено, что при культивировании в солоноватых водах икра форели в процессе своего развития, абсорбирует железо, цинк, медь и марганец из воды. Выявлено, что уровень накопления железа, цинка, меди, марганца и кобальта в теле личинки в период эндогенного питания определяется высокой концентрацией их в желточном мешке. В то время как с переходом форели на экзогенное питание отмечено повышение уровня железа, цинка, меди и марганца у радужной форели, что происходит за счет более высокого содержания их в комбикормах.

#### Глава 4. Сезонная динамика микроэлементного состава сеголеток и двухлеток радужной форели

В данном разделе изучена динамика микроэлементного состава (железа, цинка, меди и марганца) радужной форели в зависимости от возраста рыб и времени года.

Выявлены неоднозначные изменения в динамике жизненно важных микроэлементов в период активного роста молодежи радужной форели, когда масса рыб повышается в 21,2 раза (табл.1). Так, при выращивании сеголеток радужной форели в весенне-осенний период с увеличением массы рыб с 1,6 до 34,0 г концентрация железа в организме рыб понизилась с 98,8 до 76,8 мг /кг; цинка - с 56,9 до 43,1 мг /кг; меди - с 7,2 до 4,5 мг /кг. Необходимо обратить внимание на экономное использование молодью форели марганца в летний период выращивания. Так, летом содержание марганца в организме рыб повысилось на 69,3 %, по сравнению с весной; при дальнейшем выращивании форели (к осени) уровень его понизился до уровня весеннего периода. Понижение уровня микроэлементов в организме сеголеток форели к осени обнаружено также и при пересчете их содержания на единицу сырого вещества.

Таблица 1.

Динамика содержания микроэлементов в организме сеголеток радужной форели в зависимости от времени года, на абсолютно сухое и сырое вещество, мг/кг

Показатель	Содержание, мг/кг		
	Весна	Лето	Осень
Железо	$27,92 \pm 0,69^*$	$25,94 \pm 0,53$	$18,81 \pm 0,47$
	$98,82 \pm 5,12^{**}$	$78,71 \pm 4,34$	$76,83 \pm 4,77$
Цинк	$23,23 \pm 0,54$	$18,42 \pm 0,40$	$19,64 \pm 0,46$
	$56,94 \pm 5,47$	$30,75 \pm 1,75$	$43,11 \pm 3,55$
Медь	$1,81 \pm 0,13$	$1,33 \pm 0,69$	$1,15 \pm 0,07$
	$7,24 \pm 0,38$	$3,44 \pm 0,31$	$4,52 \pm 0,29$
Марганец	$1,04 \pm 0,17$	$2,40 \pm 0,09$	$1,09 \pm 0,06$
	$4,62 \pm 0,47$	$7,82 \pm 0,69$	$4,12 \pm 0,28$
Масса рыб, г	1,6	9,3	34,0

\* числитель – сырое вещество; \*\* знаменатель – абсолютно сухое вещество

Нами установлено, что в период активного роста форели наблюдается понижение уровня микроэлементов в организме рыб, что связано с физиолого-биохимическими особенностями выращивания форели в зависимости от сезона.

#### Глава 5. Химический и микроэлементный состав компонентов промышленных комбикормов

Для определения вклада отдельных компонентов в минеральный фонд комбикормов определяли микроэлементный состав компонентов животного, микробного и растительного происхождения, наиболее широко применяемых для изготовления промышленных комбикормов для рыб. Так, определено содержание железа, цинка, меди и марганца в рыбной, кальмаровой, мясокостной муке, сухом обрате, гидролизных дрожжах (гиприн), углеводородных дрожжах (БВК, паприн), пшеничной, травяной, водорослевой муке, соевом и подсолнечном шротах.

Установлено, что компоненты животного, микробного и растительного происхождения являются источниками железа, цинка, меди и марганца в комбикормах для форели. Так, компоненты животного происхождения, рыбная и мясокостная мука, являются источниками железа и цинка, кальмаровая мука – железа и меди, сухой обрат – цинка; компоненты микробного происхождения гидролизные дрожжи являются источниками железа, цинка и марганца для радужной форели, БВК – железа, цинка, меди и марганца; компоненты растительного происхождения соевый шрот и пшеничная мука являются источниками железа, цинка и марганца, подсолнечный шрот – железа и цинка, равная и водорослевая мука – железа и марганца. Установлено, что при составлении рецептур комбикормов для рыб необходимо учитывать их микроэлементный состав, в связи с тем, что как избыток, так и недостаток железа, цинка, меди и марганца могут оказывать отрицательное влияние на обмен веществ и темп роста рыб. При этом из-за высокого содержания железа и меди в БВК и кальмаровой муке процент ввода их в комбикорма для радужной форели должен быть ограничен.

## Глава 6. Влияние химического и микроэлементного состава стартовых и продукционных комбикормов на физиолого-биохимические показатели радужной форели

В связи с особенностями питания и пищеварения форели для её выращивания применяются два вида комбикормов: стартовые (для ранней молоди) и продукционные (для товарной рыбы), поэтому в первой серии эксперимента проведено определение валового и доступного содержания железа, цинка, меди и марганца в стартовых комбикормах РГМ-6М и МФ, а также влияние их микроэлементного состава на обмен веществ и темп роста форели, выращиваемой в условиях НВХ "Прибрежное" Калининградской области. Объектом исследования служила форель начальной средней массой 0,73 г.

В стартовых комбикормах РГМ - 6М и МФ содержание белков составило соответственно 52,2 и 44,9 %, липидов - 11,1 и 12,5 %, углеводов - 23,3 и 23,8 %, минеральных веществ - 13,4 и 13,8 %, энерго-протеиновое отношение - 26:1 и 31:1 (кДж на 1 г белка).

Установлено, что содержание валового железа, меди и марганца в комбикорме РГМ-6М было выше потребностей в них форели в 1,2 - 3,1 раза, а в комбикорме МФ - в 1,4 - 3,1 раза (Шмаков и др., 1989; Ogino, Yang, 1978). При этом содержание валового цинка в обоих комбикормах находилось в пределах потребности в нем форели. В то время как содержание доступного для форели железа в комбикормах РГМ-6М и МФ было выше на 46,7 и 89,5 % цинка - на 11,4 и 6,2 %; меди - на 93,8 и 223,0 %; марганца - на 102,5 и 178,0 % по сравнению с желточным мешком.

Показано, что средняя масса форели, выращиваемой на комбикорме МФ (опыт 2), была выше на 28,0 %, абсолютный и среднесуточный прирост соответственно - на 32,6 и 6,4 % по сравнению с форелью, выращиваемой на комбикорме РГМ-6М (опыт 1). В опыте 2 абсолютный прирост икhtiомассы был выше на 40,3 %, при более низких затратах корма на 10,3 % и более высокой выживаемости рыб на 4,9 % по сравнению с опытом 1. При этом в комбикормах РГМ-6М и МФ признаков дефицита железа, цинка, меди и марганца для форели не обнаружено.

Продукционные свойства комбикормов РГМ-6М и МФ оценивали по содержанию белков, липидов, углеводов и минеральных веществ, в том числе микроэлементов в 1 кг прироста массы форели (табл. 2).

Таблица 2.

Содержание протеина, липидов, углеводов и минеральных веществ у форели в 1 кг прироста массы, г

Показатель	Содержание	
	Опыт 1	Опыт 2
Сухое вещество	296,21±14,54	291,00±14,32
Сырой протеин	144,42±13,64	141,53±13,31
Липиды	75,01±1,61	86,00±1,92
Углеводы	54,11±1,19	27,44±0,76
Минеральные вещества	19,74±0,26	22,75±0,89
В том числе микроэлементы (мг/кг):		
Железо	44,95±1,09	58,74±1,79
Цинк	20,92±0,55	29,94±1,01
Медь	1,43±0,04	1,64±0,03
Марганец	3,22±0,12	3,95±0,29

Установлено, что в опыте 2 содержание железа, цинка, меди и марганца в 1 кг прироста форели было соответственно выше на 30,7; 43,1; 14,3 и 21,8 % по сравнению с опытом 1. При этом в опыте 2 содержание липидов и минеральных веществ в 1 кг прироста рыб было выше соответственно на 14,6 и 15,2 %, а углеводов ниже - на 49,3 % по сравнению с опытом 1. Выявлено, что при повышении уровня цинка в комбикорме активизируется синтез липидов, а уровня меди - использование углеводов на образование липидов в организме рыб. При этом содержание белков у форели опыта 2 не отличалось от опыта 1.

Во второй серии экспериментов проведены аналогичные исследования по определению продукционных свойств комбикормов РГМ-5В (опыт 1) и 10-ЭК (опыт 2) при выращивании форели начальной средней массой 37,0 г.

Показано, что в продукционных комбикормах РГМ-5В и 10-ЭК содержание белков составило соответственно 45,2 и 43,9 %; липидов - 10,5 и 10,7 %; углеводов - 15,9 и 3,2%; минеральных веществ - 12,4 и 7,9 %, энерго - протеиновое отношение - 27,7:1 и 3,9:1 (кДж на 1 г белка). Содержание валовой меди в комбикормах РГМ-5В и 10-ЭК было выше потребности в ней форели в 2,5 - 3,2 раза; марганца - в 1,8 - 2,9 раза, а цинка комбикорме РГМ-5В ниже - в 1,3-5,9 раза (Шмаков и др., 1989; Ogino, Yang, 1978). При этом содержание валового железа и цинка в комбикормах РГМ-5В и 10-ЭК находилось в пределах потребности в них форели. Содержание доступного для форели железа в комбикормах РГМ-5В и 10-ЭК было выше на 9,2 и 14,5 %; меди - на 237,0 и 191,0 %; марганца - 118,5 и 149,0 % по сравнению с желточным мешком. Причем содержание доступного цинка в комбикорме РГМ-5В было ниже на 34,2 %, а в комбикорме 10-ЭК отличалось от его содержания в желточном мешке.

Рыбоводные показатели выращивания молоди форели на промышленных продукционных комбикормах РГМ-5В и 10-ЭК свидетельствуют о том, что комбикорм 10-ЭК обладает более высокими продукционными свойствами. Так, в опыте 2 абсолютный и относительный прирост рыб был выше соответственно на 24,5 и 7,2 % при более низких затратах корма 5,4 % по сравнению с опытом 1. При этом в обоих комбикормах признают дефицита железа, цинка, меди и марганца для форели не обнаружено.

Установлено, что в опыте 2 содержание цинка в 1 кг прироста форели была выше на 11,4 %, а железа и марганца ниже - на 24,6 и 36,1%, чем в опыте 1, причем в обоих случаях отмечено резкое снижение уровня меди в организме форели. В опыте 2 содержание протеина, липидов и минеральных веществ в 1 кг прироста рыб было выше соответственно на 11,0; 124,1 и 13,4 %, а содержание углеводов достоверно не отличалось от опыта 1. В тоже время, в опыте 2 повышение содержания цинка активизировало синтез белков и липидов, а также темп роста форели.

Таблица 3.

Содержание протеина, липидов, углеводов и минеральных веществ у форели, в 1 кг прироста массы, г

Показатель	Содержание	
	Опыт 1	Опыт 2
1	2	3
Сухое вещество	234,02±16,63	275,12±13,57
Сырой протеин	156,45±3,82	172,19±3,95
Липиды	54,62±1,89	75,33±3,86
Углеводы	2,83±0,15	2,94±0,16
Минеральные вещества	16,44±0,39	18,63±0,47
В том числе микроэлементы (мг/кг):		

Железо	25,38±1,68	19,13±0,44
Цинк	37,91±1,45	42,22±1,40
Медь	5,58±0,54*	0,01*
Марганец	9,38±0,32	5,99±0,26

\*- экскреция элемента из организма

Анализ химического, в том числе, и микроэлементного состава стандартных промышленных комбикормов и их компонентов, а также динамики микроэлементов в организме форели позволил выявить между ними взаимосвязь и возможность влиять на обмен веществ и темп роста форели путем изменения рецептуры при сохранении оптимального энерго-протеинового отношения (Сергеева, Нижникова, 1996). Установлено, что исключение из рецептов комбикормов МФ и 10-ЭК мясокостной муки с частичной заменой рыбной муки на гидролизные дрожжи и соевый шрот привело к изменению их микроэлементного состава, а также усвоению микроэлементов у форели. Так, выращивание молоди радужной форели на стартовом комбикорме МФ привело к повышению содержания железа, цинка, меди и марганца, а также липидов в 1 кг прироста форели, при этом углеводы активно использовались на синтез липидов. У форели, при выращивании ее на комбикорме 10-ЭК, выявлено более высокое содержание цинка, белков и липидов, что привело к более высокому темпу роста рыб по сравнению с комбикормом РГМ-5В.

#### Глава 7. Влияние уровня микроэлементов в комбикормах на их содержание в органах и тканях радужной форели

С целью уточнения потребностей форели в микроэлементах, проведено определение влияния микроэлементного состава промышленных комбикормов на содержание их в органах и тканях, а также на обмен веществ у форели, выращиваемой в солоноватых водах.

Эксперимент проводили с 18.09 по 9.12.87 г. на базе НВХ «Прибрежное» Калининградской области. Объектом исследования служили двухлетки радужной форели (*Salmo gairdneri* R.) начальной средней массой 218 г. В двух опытах форель выращивали на комбикормах РГМ-5В с различным содержанием микроэлементов. В период эксперимента температура воды находилась в пределах 14-17°C, содержание кислорода составляло 7-8 мг/л.

Содержание железа в комбикорме опыта 1 было выше на 118,1 %, а цинка, меди и марганца ниже соответственно на 47,2; 80,0 и 38,1 %, при этом обеспеченность 1 г протеина энергией достоверно не отличалась от опыта 2.

При выращивании форели на этих комбикормах не выявлено гличий в темпе роста рыб и затратах корма. При этом в опыте 2 содержание железа, меди и марганца в 1 кг прироста массы рыб было выше соответственно на 48,8; 66,3 и 0,4 %, а цинка – не отличалось от опыта 1 (рис.1).

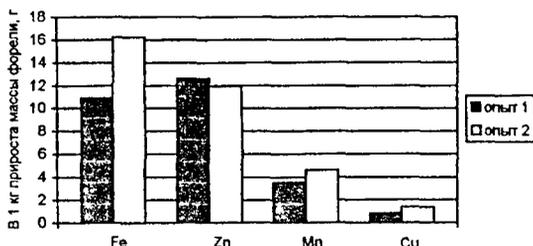


Рис. 1. Содержание железа, цинка, марганца и меди у форели, г

Во время как более высокое содержание меди и марганца у радужной форели в опыте 2 привело к повышению содержание липидов в 1 кг прироста на 10,0 %, а уровень сырого протеина, углеводов и минеральных веществ не отличался от опыта 1.

В качестве показателей статуса железа, цинка, меди и марганца, чутко реагирующих в организме форели на изменения содержания их в комбикормах, использовано содержание микроэлементов в рыбе в целом, а также в основных органах и тканях рыб.

**Железо.** В опыте 1 форель выращивали на комбикорме с содержанием железа 330 мг/кг, в опыте 2 – 720 мг/кг. Установлено, что в опыте 2 повышение уровня железа в 2,2 раза привело к понижению содержания его в скелете, печени, почках и селезенке соответственно на 28,4; 20,5; 16,4 и 18,5 %, а в сердце и жабрах к повышению - на 7,6 и 11,5 % по сравнению с опытом 2. При этом в опытах 1 и 2 достоверных отличий по содержанию железа в рыбе в целом и мышцах форели не обнаружено ( $p \leq 0,05$ ) (табл.4).

Таблица 4.

Влияние содержания железа в комбикорме на уровень его в органах и тканях радужной форели, на сырое вещество, мг/кг

Показатель	Содержание железа, мг/кг		
	Начало опыта	Конец опыта	
		1	2
Рыба в целом	16,41±0,45	14,20±1,52	12,17±1,23
Мышцы	5,12±0,14	3,97±0,21	3,34±0,41
Скелет	20,67±1,35	16,80±0,73	12,03±0,37
Печень	55,50±1,60	56,13±1,82	44,62±1,61
Сердце	37,97±1,11	39,50±0,14	42,52±1,30
Почки	86,75±2,54	78,51±4,81	65,59±3,12
Селезенка	221,70±6,00	198,68±9,62	161,93±5,41
Жабры	23,31±1,25	31,07±0,85	34,66±1,39

В результате проведенных исследований выявлена зависимость между концентрацией железа в комбикорме и содержанием его в рыбе в целом, скелете, печени, почках, сердце и селезенке (Сергеева, Нижникова, 1999 б). Установлено, что уровень железа у форели зависит от концентрации его в комбикорме. При этом у форели, получавшей меньшее количество железа с комбикормом, уровень его в печени, скелете и в рыбе в целом был выше.

В результате наших многолетних исследований установлена взаимосвязь между концентрацией железа в рыбе в целом, печени и скелете и содержанием его в промышленных комбикормах. Показано, что с повышением концентрации железа в комбикорме с 200 до 700 мг/кг уровень его в рыбе в целом понижается с 20 до 10 мг/кг сырой массы, что свидетельствует о понижении абсорбция железа из комбикорма. Однако при содержании железа в комбикорме в количестве от 216 до 320 мг/кг концентрация его в рыбе в целом, практически, находилась на одном уровне и составляла около 16,0 мг/кг сырой массы. При этом между содержанием железа в комбикорме и скелете выявлена более сложная зависимость, чем между рыбой в целом и комбикормом. Так, при содержании железа в комбикорме в количестве 216 мг/кг концентрация его в скелете достигает 20,0 мг/кг и остается на этом уровне при - 320 мг/кг. При дальнейшем повышении концентрации железа в комбикорме до 700 мг/кг уровень его в скелете резко понижается до 10 мг/кг.

При выращивании форели на комбикормах с содержанием железа в количестве менее 200 мг/кг определен высокий уровень железа в печени. При повышении содержания железа в комбикорме до 320 мг/кг концентрация его в печени понижается до 90 мг/кг. При дальнейшем повышении железа в комбикорме до 700 мг/кг уровень его в печени не изменяется и составляет также 90 мг/кг, в то время как содержание железа в скелете и рыбе в целом резко понижается. На основании этих данных можно говорить о том, что показатель уровня железа в печени отражает содержание железа в организме форели. Эти результаты позволяют предполагать, что существует механизм регуляции метаболизма железа у рыб. У других позвоночных баланс железа поддерживается, в основном регулированием абсорбции в соответствии с потребностями в нем организма. Этот механизм изучен не достаточно (Condrad, Umbreit, 1993).

Валовое содержание железа, установленное нами в промышленных комбикормах, содержащих 40-45 % рыбной муки, составляет 192,7-720,0 мг/кг, а потребность в нем форели по данным зарубежных авторов находится в пределах 150-200 мг/кг (Lall, 1978; Lovell, 1978), по данным Н. Ф. Шмакова и др. (Шмаков и др. 1989) 40-70 мг/кг, по нашим данным – 220-300 мг/кг. Исходя из этого дополнительное введение минеральных добавок железа в комбикорма, содержащих 40-45 % рыбной муки, нецелесообразно.

**Цинк.** В опыте 1 форель выращивали на комбикорме с содержанием цинка 103,2 мг/кг, в опыте 2 – 195,5 мг/кг. Установлено, что при повышении в 1,9 раза уровня цинка в опыте 2 концентрация его в печени и сердце понизилась соответственно на 15,2 и 16,9 %, а в скелете, почках и жабрах повысилась – на 11,6; 57,8 и 21,8 %. При этом содержание цинка в скелете рыб обоих опытов повысилось соответственно на 5,5 и 17,7 %, по сравнению с первым днем эксперимента. Из этого следует, что радужная форель может выделять избыток кормового цинка через почки и жабры, также как и атлантический лосось (Владовская., 1994).

Таблица 5.

Влияние содержания цинка в комбикорме на уровень его в органах и тканях радужной форели на сырое вещество, мг/кг

Показатель	Содержание цинка, мг/кг		
	Начало опыта	Конец опыта	
		1	2
Рыба в целом	18,07±0,56	23,51±0,51	38,71±0,87
Мышцы	4,33±0,12	4,61±0,13	4,74±0,18
Скелет	50,77±1,05	53,60±1,12	59,86±1,35
Печень	21,05±0,95	21,26±0,47	17,67±0,50
Сердце	33,25±0,94	22,21±0,49	18,84±0,47
Почки	16,42±0,76	20,55±0,46	32,43±0,88
Селезенка	41,92±0,90	54,52±1,59	54,74±1,20
Жабры	49,70±1,05	69,76±1,44	84,99±2,14

В результате проведенных нами исследований выявлена взаимосвязь между концентрацией цинка в рыбе в целом, скелете и печени и содержанием его в промышленных комбикормах (Сергеева, Нижникова, 1999 а). Показано, что с повышением уровня цинка в комбикорме с 38 до 124 мг/кг его концентрация в рыбе в целом повышается с 15,2 до 27,1 мг/кг. При этом с повышенным содержанием цинка в комбикорме с 38 до 92 мг/кг концентрация его в скелете возросла с 58,6 до 97,9 мг/кг, а дальнейшее повышение цинка - до 124 мг/кг не привело к изменению концентрации его в скелете (96,7±3,0). Из этого следует, что при содержании цинка в комбикормах в пределах 95-124 мг/кг концентрация его в скелете находится на одном уровне и практически не зависит от содержания цинка в комбикормах, что согласуется с данными С. Сато и др. (Satoh et al., 1978).

При повышении уровня цинка в комбикорме с 38 до 124 мг/кг концентрация его в печени возрастает с 12,7 до 26,1 мг/кг. Выявлено, что концентрация цинка в печени зависит как от содержания его в комбикорме, так и от физиологического состояния рыб и согласуется с данными С. Сато и др. (Satoh et al., 1978).

Следовательно, концентрация цинка в рыбе в целом зависит от уровня его в комбикорме, в печени - от содержания в комбикорме и физиологического состояния рыб. При этом если уровень цинка в комбикорме удовлетворяет потребности в нем форели, то концентрация его в скелете не зависит от содержания в комбикорме.

Валовое содержание цинка, установленное нами в промышленных комбикормах, включающих 40-45 % рыбной муки, составляет 37,9-195,5 мг/кг, а потребность в нем форели по данным зарубежных авторов находится в пределах 15-40 мг/кг (Ogino, Yang, 1978; Steffens, 1985), по данным Н. Ф. Шмакова - 30 - 100 мг/кг (Шмаков и др., 1989), по нашим данным - около 100 мг/кг. Соответственно этому при введении минеральных добавок цинка необходимо учитывать высокое содержание его в комбикормах, включающих 40-45 % рыбной муки.

Медь. В опыте 1 форель выращивали на комбикорме с содержанием меди 10,53 мг/кг, в опыте 2 - 51,6 мг/кг. В конце выращивания форели на комбикорме с содержанием меди в количестве 10,5 мг/кг выявлено повышение уровня меди в мышцах на 25,0, скелете - на 37,5, почках - на 125,0 и жабрах - на 200 % по сравнению с первым днем (табл 6).

Влияние содержания меди в комбикорме на уровень её в органах и тканях радужной форели на сырое вещество, мг/кг

Показатель	Содержание меди, мг/кг		
	Начало Опыта	Конец опыта	
		1	2
Рыба в целом	1,51±0,09	1,19±0,06	1,45±0,09
Мышцы	0,84±0,06	1,02±0,08	1,47±0,05
Скелет	1,67±0,07	2,24±0,09	1,68±0,08
Печень	10,9±0,25	8,49±0,23	6,16±0,16
Сердце	3,42±0,10	2,26±0,09	2,19±0,08
Почки	0,42±0,03	0,98±0,07	1,05±0,05
Селезенка	0,91±0,07	0,25±0,04	1,82±0,06
Жабры	0,80±0,04	2,39±0,10	2,64±0,08

При этом уровень меди в печени, сердце, селезенке понизился соответственно на 67,9, 32,3 и 77,7 % по сравнению с первым днем опыта.

При выращивании форели на комбикорме с содержанием меди в количестве 51,6 мг/кг установлено повышение уровня меди в мышцах, почках, селезенке, жабрах соответственно на 87,5; 100,0; 150,0 и 225,0 %, а в рыбе в целом, печени и сердце - понижение на 6,6; 43,1; 35,3 % по сравнению с первым днем опыта. При этом понижение уровня меди в печени рыб обоих опытов можно объяснить половой дифференциацией рыб.

При выращивании форели на комбикорме с содержанием меди как 10,5 мг/кг, так и 51,6 мг/кг установлено резкое повышение уровня ее в почках в 2,5 раза и в жабрах - в 3 раза по сравнению с первым днем. При этом по содержанию меди в почках и жабрах форели обоих опытов статистически достоверных отличий в конце эксперимента не выявлено ( $p \leq 0,05$ ). Резкое повышение меди в почках и жабрах свидетельствует, что избыток меди форель выводит через эти органы.

Результаты наших многолетних исследований показали взаимосвязь между концентрацией меди в рыбе в целом, скелете и печени и содержанием её в промышленных комбикормах (Сергеева, Нижникова, 1999 в). Причем с повышением меди в комбикорме с 6,9 до 8,9 мг/кг концентрация ее в рыбе в целом возрастает с 1,0 до 1,7 мг/кг. Дальнейшее повышение в комбикорме меди до 19,1 - 19,9 мг/кг привело к понижению уровня ее в рыбе в целом от 1,4 до 0,5 мг/кг, что свидетельствует о выведении меди из организма форели.

Выявлена самая высокая концентрация меди в скелете (2,9 мг/кг) при содержании её в комбикорме 6,9 мг/кг, при повышении меди в комбикорме с 8,4 до 19,1 мг/кг уровень её в скелете составляет 1,2–2,5 мг/кг. Установлено, что в печени форели усиленно аккумулируется медь. Так, с повышением уровня меди в комбикорме в 2,9 раза (с 6,9 до 19,9 мг/кг) её концентрация в печени возросла в 2,0 раза.

При содержании меди в комбикорме в количестве 6,9 и 10,5 мг/кг выявлена высокая аккумуляция её в печени и скелете рыб, при этом отмечено выведение меди через почки и жабры. Дальнейшее повышение меди в комбикорме в 5 раз (с 10 до 50 мг/кг) привело к понижению уровня её в скелете и печени и к значительному повышению содержания меди в мышцах, при этом выведение меди из организма через почки и жабры значительно возросло.

Валовое содержание меди, установленное нами в промышленных комбикормах,

содержащих 40-45 % рыбной муки, находится в пределах 6,9-51,6 мг/кг, а потребность в ней форели по литературным (Ogino, Yang, 1978; Шмаков и др., 1989) и нашим данным составляет соответственно 2-3 мг/кг и 5 мг/кг. Из этого следует, что дополнительное введение добавок меди в форелевые комбикорма, содержащие 40-45 % рыбной муки, нецелесообразно

**Марганец.** В опыте 1 форель выращивали на комбикорме с содержанием марганца 28,78 мг/кг; в опыте 2 – 46,50 мг/кг. Выявлено, что с повышением содержания марганца в комбикорме в 1,6 раза увеличивается его концентрация в рыбе в целом, почках и селезенке соответственно на 24,5; 50,7 и 456,5 %, а в мышцах, скелете, печени, сердце и жабрах достоверных отличий не обнаружено по сравнению с опытом 1. Причем, концентрация марганца в скелете находилась на уровне 16,0 мг/кг, а в печени – 0,5 мг/кг, вместе с тем в обоих опытах выявлена относительно высокая концентрация марганца в жабрах. Известно, что жабры играют важную роль в обмене марганца между водой и организмом рыб (Патин и др., 1974) (табл.7).

Таблица 7.

Влияние содержания марганца в комбикормах на уровень его в органах тканей радужной форели, на сырое вещество, мг/кг

Показатель	Содержание марганца, мг/кг		
	Начало Опыта	Конец опыта	
		1	2
Рыба в целом	1,38±0,09	2,40±0,15	2,99±0,17
Мышцы	0,10±0,01	0,07±0,05	0,09±0,04
Скелет	20,98±0,64	16,00±0,46	16,90±0,73
Печень	0,90±0,81	0,49±0,14	0,56±0,12
Сердце	0,25±0,07	0,20±0,08	0,19±0,02
Почки	0,77±0,09	0,71±0,07	1,07±0,09
Селезенка	0,64±0,15	0,23±0,04	1,28±0,05
Жабры	4,71±0,26	4,68±0,47	4,43±0,40

Результаты наших многолетних исследований позволили выявить взаимосвязь между концентрацией марганца в рыбе в целом, скелете и печени и содержанием её в промышленных комбикормах. Показано, что с повышением уровня марганца в комбикорме в 1,7 раза его концентрация в рыбе в целом возросла в 2 раза (с 1,2 до 2,4 мг/кг). При этом на концентрацию марганца в рыбе в целом влияет как содержание его в комбикорме, так и возраст рыб. При выращивании форели на комбикормах с концентрацией марганца от 19,3 до 46,1 мг/кг по содержанию его в печени в конце эксперимента достоверных отличий не обнаружено ( $p \leq 0,05$ ).

При выращивании форели на комбикорме с содержанием марганца в количестве 19,3 и 27,0 мг/кг концентрация его в скелете форели достоверно не отличается и составляет около 13,0 мг/кг. В то время как с повышением уровня марганца в комбикорме в 1,7 раз (с 27,0 до 46,1 мг/кг) концентрация его в скелете возрастает на 24,3 %. Следовательно, содержание марганца в скелете можно использовать в качестве показателя статуса его в организме рыб. Наши данные согласуются с результатами М Лорентзена (Lorentzen, 1994), который принимал в качестве показателя дефицита марганца в кормах его содержание в скелете рыб.

Валовое содержание марганца, установленное нами в промышленных комбикормах, содержащих 40-45 % рыбной муки, находится в пределах 19,3-46,5 мг/кг, а по-

требность в нем форели по литературным (Ogino, Yang, 1978; Satoh et al, 1983) и нашим данным составляет соответственно 10-13 мг/кг и 19,0 мг/кг. Поэтому дополнительное введение минеральных добавок марганца в форелевые комбикорма, содержащие 40-45 % рыбной муки, нецелесообразно.

Полученные нами данные о более высокой потребности форели в железе, цинке, меди и марганце при выращивании на промышленных комбикормах по сравнению с потребностями, установленными другими авторами (Ogino, Yang, 1978; Lall, 1978 и др.) объясняются тем, что усвоение форелью микроэлементов из комбикормов ниже, чем из минеральных добавок, введенных в виде солей в получищенные диеты.

Таким образом, анализ данных по содержанию микроэлементов в тканях рыб позволил выявить закономерности тканевого распределения железа, цинка, меди и марганца в зависимости от функциональных особенностей органов и тканей форели, а также от содержания их в комбикормах. Полученные результаты позволили уточнить потребности форели в железе, цинке, меди и марганце при выращивании форели в солоноватых водах.

## **Глава 8. Эффективность введения микроэлементных добавок в промышленные комбикорма при выращивании молоди радужной форели в солоноватых водах.**

Основой современного индустриального рыбоводства является применение полноценных по питательным веществам комбикормов. При разработке промышленных комбикормов, в первую очередь, уделяется внимание вопросам удовлетворения потребности рыб в белках, липидах, углеводах, незаменимых аминокислотах и жирных кислотах, а также витаминах (Скляров и др., 1984; Гамыгин, 1987). В то время как имеющиеся данные о целесообразности введения микроэлементных добавок в состав промышленных комбикормов противоречивы.

В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение влияния добавок железа, цинка, меди, марганца и кобальта в составе промышленных комбикормов на содержание микроэлементов, обмен веществ, а также на физиологическое состояние и рост молоди радужной форели.

### **8.1. Эффективность введения добавок цинка и марганца в комбикорм РГМ - 6М при выращивании форели.**

В задачи данного исследования входило проведение испытаний эффективности введения минеральной добавки в промышленные комбикорма. В первой серии опытов испытывали эффективность минеральной добавки сульфата цинка в количестве 66,0, во второй – 176,0 мг/кг, что в пересчете на чистый цинк составило 15 и 40 мг/кг комбикорма, в третьей серии опытов испытывали совместную минеральную добавку сульфата цинка и сукцината марганца в количестве соответственно 30,8 и 18,7 мг/кг корма, что в пересчете на чистый цинк и марганец составило соответственно 7 и 6 мг/кг корма, при этом опыт четыре - служил контролем.

Эксперимент проводили с 8.06 по 10.08.91 г. на базе НВХ "Прибрежное" Калининградской области. Объектом исследования служила радужная форель начальной средней массой 0,19 г.

Установлено, что введение добавок цинка в комбикорм в количестве 15 и 40 мг/кг привело к межорганному перераспределению микроэлементов в организме форели. Так, с повышением содержания цинка в корме с 76,7 до 91,7 мг/кг (на 19,5 %) его содержание в печени и скелете повысилось соответственно на 16,6 и 67,2 %, а в мышцах не отличалось от контроля. При этом уровень меди в мышцах и скелете форели резко понизился на 48,7 и 17,8 %, а в печени не отличался от контроля. Содержание марганца в мышцах, печени и скелете рыб находилось на уровне контроля. Причем уровень железа в печени повысился на 8,0 %, а в мышцах и скелете понизился соответственно на 18,0 и 30,9 % по сравнению с контролем.

Последующее повышение уровня цинка в корме с 76,7 до 116,7 мг/кг (на 52,1 %) привело ещё к более значительным изменениям в содержании его в печени и скелете. Так, содержание цинка в скелете и печени повысилось соответственно на 134,9 и 29,1 %, а в мышцах не отличалось от контроля. Причем выявлены изменения в перераспределении меди, железа и марганца в организме форели. Так, концентрация меди в мышцах понизилась до следовых количеств, а в печени повысилась - на 21,8 %, в скелете понизилась - на 23,8 % по сравнению с контролем. Уровень железа в скелете и мышцах понизился соответственно на 21,9 и 25,3 %, а в печени - повысился на 3,2 % по сравнению с контролем. Содержание марганца в скелете повысилось на 10,4 %, а в печени и мышцах не отличалось от контроля ( $p \leq 0,05$ ).

Установлено, что увеличение в комбикорме концентрации цинка и марганца на 7 и 6 мг/кг (на 9,1 и 21,1 %) привело к повышению содержания цинка в печени и скелете соответственно на 16,0 и 57,3 % и к понижению его в мышцах - на 7,3 % по сравнению с контролем. При этом содержание меди в печени повысилось на 34,5 %, а в мышцах и скелете понизилось соответственно на 40,9 и 34,5 %, по сравнению с контролем. Уровень железа в печени был выше на 26,4 %, в мышцах и скелете - ниже на 26,4 и 43,6 % по сравнению с контролем. В то время как содержание марганца в мышцах, печени и скелете не отличалось от контроля (Сергеева, Нижникова, 1995).

Таким образом, введение минеральных добавок цинка в количестве 15 и 40 мг/кг, а также совместной - цинка и марганца в количестве 7 и 6 мг/кг в комбикорма привело к перераспределению цинка, железа, меди и марганца между мышцами, печенью и скелетом подопытных рыб. При этом введение в комбикорма, как минеральных добавок цинка, так и совместной добавки цинка и марганца привело к накоплению цинка в мышцах и резкому понижению меди, что оказало отрицательное влияние на физиологическое состояние рыб. Об этом свидетельствует понижение абсолютного прироста рыб соответственно на 9,8; 13,7 и 16,0 %, а также выживаемости - на 5,9; 5,2 и 9,6 % по сравнению с контролем

## 8.2. Эффективность введения добавок кобальта в комбикорм РГМ – 6М при выращивании форели.

Для оценки эффективности применения минеральных добавок кобальта в составе стандартных промышленных комбикормов при выращивании молоди радужной форели в солоноватых водах было проведено четыре серии опытов.

В первой серии опытов испытывали минеральную добавку хлорида кобальта в количестве 10,1, во второй - 20,2, в третьей - 40,4 мг/кг корма, что в пересчете на чистый кобальт составило соответственно 2,5; 5,0 и 10,0 мг/кг корма. При этом первый опыт служил контролем.

Эксперимент проводили с 28.05 по 12.07.96 г. в условиях НВХ " Прибрежное"

Калининградской обл. на молоди радужной форели начальной средней массой 0,20 г.

Установлено, что при введении минеральной добавки кобальта в комбикорма в количестве 2,5 мг/кг у молоди форели наблюдалось понижение цинка и меди на 11,4 и 16,8 % по сравнению с контролем. Последующее увеличение добавки кобальта в два раза (с 2,5 до 5,0 мг/кг) привело к повышению накопления в организме рыб кобальта, железа, меди соответственно на 16,7; 7,6; 29,9 % по сравнению с добавкой кобальта в количестве 2,5 мг/кг корма. Причем в накоплении цинка и марганца в организме рыб статистически достоверных отличий не обнаружено. Четырехкратное увеличение добавки кобальта (с 2,5 до 10,0 мг/кг) вызвало повышение накопления у форели кобальта и марганца соответственно на 12,6 и 11,8 % и понижение – меди на 16,9 % по сравнению с добавкой кобальта в количестве 5,0 мг/кг. При этом по накоплению железа и цинка статистически достоверных отличий не обнаружено. Отмечено, что введение добавок кобальта в комбикорма в количестве 2,5; 5,0 и 10,0 мг/кг привело к повышению концентрации его в скелете и мышцах, а также – железа в скелете всех подопытных рыб (Нижникова, 1995).

На основании полученных данных по введению минеральных добавок кобальта в комбикорма установлено, что введение добавки кобальта в комбикорма в количестве 2,5 мг/кг оказало наиболее благоприятное влияние на темп роста и выживаемость форели по сравнению с добавками кобальта в количестве 5,0 и 10,0 мг/кг. Абсолютный прирост рыб в этом опыте был выше на 16,3 при более низких затратах корма на 6,8 % и более высокой выживаемости рыб на 2,8 % по сравнению с контролем. Добавки кобальта не оказали влияния на картину красной крови у форели всех опытов, при этом содержание эритроцитов и лейкоцитов находились в пределах нормы.

### 8.3. Эффективность введения минеральной добавки железа, цинка, меди, марганца и кобальта в комбикорм РГМ - 5В при выращивании форели

Производственные испытания эффективности минеральной добавки проводили с 16.08 по 26.10.99 г. в условиях НВХ «Прибрежное» Калининградской области на молоди радужной форели начальной средней массой 9,0 г.

В опыте 1 молодь форели выращивали без минеральной добавки, в опыте 2 – в комбикорма была введена минеральная добавка в виде солей: железа лимоннокислого ( $\text{Fe C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) в количестве 533,3, цинка сернокислого ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) – 440,0; меди сернокислой ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) – 15,6; марганца сернокислого ( $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) – 65,8; кобальта хлористого ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) – 0,4 мг/кг, что в пересчете на чистый металл составило: железа – 100,0 мг/кг; цинка – 100,0 мг/кг; меди – 4,0 мг/кг; марганца – 15,0 мг/кг и кобальта – 0,1 мг/кг. При этом, в базовом комбикорме содержание железа составило 128,1 мг/кг; цинка - 27,04; меди - 1,32 мг/кг; марганца – 8,48 мг/кг и кобальта – 1,53 мг/кг.

Выявлено, что наименьшим темпом роста обладала форель в опыте с введением минеральной добавки. Так, в опыте 2 (рис. 16) в конце выращивания молоди форели абсолютный, относительный, среднесуточный приросты рыб, были ниже соответственно на 32,7; 24,0 и 8,8 %, при этом затраты корма достоверно не отличались от контроля ( $p \leq 0,05$ ).

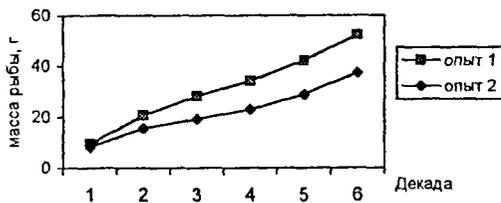


Рис. 16. Темп роста радужной форели

Установлено, что в опыте 2 уровень железа был выше соответственно на 73,2; цинка – 246,1, кобальта – ниже на 16,3% по сравнению с контролем (табл. 8), а по содержанию меди и марганца в рыбе в целом достоверных отличий не обнаружено.

Таблица 8.

Содержание протеина, липидов, минеральных веществ у форели, выращиваемой на комбикормах с введением минеральной добавки, в 1 кг прироста массы, г

Показатель	Содержание	
	опыт 1(контроль)	опыт 2
Сухое вещество	230,5±14,70	218,0±6,05
Сырой протеин	146,5±3,01	131,1±4,17
Липиды	40,4±2,18	35,2±1,89
Минеральные вещества	25,0±1,25	22,9±1,32
В том числе микроэлементы (мг/кг):		
Железо	11,48±0,31	19,89±1,76
Цинк	0,78±0,01	2,70±0,41
Медь	0,25±0,09	0,30±0,10
Марганец	0,90±0,08	0,80±0,02
Кобальт	0,49±0,01	0,41±0,02

При этом содержание сырого протеина, липидов и минеральных веществ в 1 кг прироста рыб было ниже соответственно на 10,5; 12,8 и 8,4 % по сравнению с контролем. Известно, что содержание цинка выше физиологических доз ингибирует синтез белков и липидов в организме рыб (Евтушенко, 1986).

Установлено влияние минеральной добавки на содержание микроэлементов у форели. Так, в опыте с минеральной добавкой содержания железа в рыбе в целом, скелете и мышцах было соответственно выше на 50,6; 30,8 и 52,7 %, цинка в рыбе в целом и

мышцах - на 56,0 и 70,6 %, меди в рыбе в целом – на 20,4 %, при этом уровень меди в скелете и мышцах был соответственно ниже на 23,8 и 45,9 %, кобальта в скелете - на 19,0 % по сравнению с контролем. Причем, концентрация марганца в рыбе в целом, скелете и мышцах, кобальта – в рыбе в целом и мышцах не отличалась от контроля.

Таким образом, производственные испытания минеральной добавки (железа; цинка; меди; марганца и кобальта) в составе комбикорма РГМ-6М выявили значительные влияния её на микроэлементный статус, обмен веществ и темп роста рыб. Установлено, что повышение цинка в мышцах на 70,6 % и понижение меди - на 45,9 % вызвало ингибирование синтеза белков и липидов в организме форели и как следствие торможение роста. Результаты производственных испытаний свидетельствуют о нецелесообразности введения минеральной добавки в количестве соответственно 100,0; 100,0; 4,0; 15,0 и 0,1 мг/кг в комбикорма РГМ-6М при выращивании молоди форели в солоноватых водах.

### Выводы

1. Содержание доступных для форели меди и марганца в промышленных комбикормах, включающих 40-45% рыбной муки, было значительно выше их уровня в желтом мешке, при этом отличия в концентрации железа и цинка были менее значительны.

2. На уровень тканевого накопления железа, цинка, меди и марганца влияет содержание их в комбикормах, метаболические потребности, а также сезонные и возрастные особенности микроэлементного статуса форели.

3. Установлено, что показателем статуса железа у форели является печень, а цинка и марганца – скелет.

4. При выращивании форели в условиях солоноватых вод на промышленных комбикормах, содержащих 40-45 % рыбной муки, выявлено накопление цинка, что активизировало синтез липидов в организме рыб.

5. На основе данных по содержанию микроэлементов в промышленных комбикормах, содержащих 40-45 % рыбной муки, и тканевому накоплению микроэлементов, липидов, белков и темпу роста рыб установлено, что в условиях солоноватых вод потребности форели в железе, цинке, меди и марганце составляют соответственно 220-300, 100, 5 и 19 мг/кг корма.

6. Введение в комбикорма добавки кобальта в количестве 2,5 мг/кг оказало наиболее благоприятное влияние на темп роста и выживаемость форели по сравнению с добавками кобальта в количестве 5,0 и 10,0 мг/кг. При этом абсолютный прирост рыб был выше на 16,3% при более низких затратах корма на 6,8 % и более высокой выживаемости рыб по сравнению с контролем.

7. Введение минеральной добавки цинка в количестве 15 и 40 мг/кг, а также совместной добавки цинка и марганца в количестве соответственно 7 и 6 мг/кг в промышленные комбикорма при выращивании форели в солоноватых водах привело к перераспределению цинка, железа, меди и марганца между мышцами, печенью и скелетом рыб. При этом повышение содержания цинка и резкое понижение - меди в мышцах оказало отрицательное влияние на физиологическое состояние форели, о чём свидетельствуют понижение темпа роста и выживаемости рыб.

8. Введение в комбикорм минеральной добавки железа, цинка, меди, марганца и кобальта в количестве соответственно 100,0; 100,0; 4,0; 15,0 и 0,1 мг/кг привело к повы-

лению содержания железа и цинка в мышцах на 52,7 % и 70,6 % и к снижению меди на 45,9 % при снижении накопления сырого протеина и липидов на 0,5 и 12,8 %, что обусловило более низкий абсолютный прирост форели на 32,7 % по сравнению с контролем.

### Практические рекомендации

1. Данные по содержанию микроэлементов в кормовом сырье целесообразно применять при разработке рецептур комбикормов для форели.
2. При выращивании форели на солоноватых водах введение минеральной добавки железа, цинка, меди и марганца в комбикорма, содержащие 40-45 % рыбной муки, целесообразно.
3. Для повышения эффективности микроэлементного питания форели целесообразно в комбикорма вводить добавку кобальта в количестве 2,5 мг/кг.

### Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Сергеева Н. Т., Нижникова Е. В., Рожкова И. М. Усвоение никеля из корма и распределение его в органах и тканях форели, выращиваемой в различных условиях // Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и сотрудников Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства: Механико-технологический факультет: Сб. тез. докл. - Калининград, 1994. - С. 61-62.
2. Сергеева Н. Т., Нижникова Е. В., Рожкова И. М. Содержание никеля в воде, корме и тканях форели // Некоторые аспекты физиологии и патологии гидробионтов: Сб. научн. тр. КГТУ. - Калининград, 1995. - С. 83-87
3. Сергеева Н. Т., Нижникова Е. В., Гилёв О. С. Влияние минеральных добавок цинка на накопление цинка, марганца и меди в тканях и рост молоди форели // Физиолого-биохимические основы кормления рыб в аквакультуре: Сб. научн. тр. / КГТУ. - Калининград, 1995. - С. 32-38.
4. Нижникова Е. В. О влиянии минеральных добавок кобальта на физиологическое состояние молоди радужной форели // Физиолого-биохимические основы кормления рыб в аквакультуре: Сб. научн. тр. / КГТУ. - Калининград, 1995. - С. 39-43.
5. Сергеева Н. Т., Лемперт О. Т., Нижникова Е. В., Нефедова Н. П., Гольденберг В. И. Биохимические основы разработки комбикормов для форели, выращиваемой на солоноватых водах // Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре: Сб. тез. докл. - Краснодар, 1996. - С. 29.
6. Сергеева Н. Т., Нижникова Е. В. Влияние добавок кобальта в корм на содержание кобальта, марганца, никеля, меди, цинка в целой рыбе, скелете и мышцах радужной форели, выращиваемой на солоноватых водах // Состояние и перспективы научно-практических разработок в области марикультуры России: Материалы совещания. - М: ВНИРО. - 1996. - С. 284-290.
7. Сергеева Н. Т., Нефедова Н. П., Нижникова Е. В., Ломако Н. В. Исследование белкового, липидного и минерального обмена у форели в период эндогенного питания // Первый конгресс ихтиологов России: Сб. тез. докл./ ВНИРО. - М., 1997. - С. 237.
8. Сергеева Н. Т., Нижникова Е. В. Влияние уровня цинка в корме на его содержание в органах и тканях радужной форели, выращиваемой на солоноватых водах //

Теоретические и прикладные аспекты биологии: Межвуз. сб. научн. тр. / КГТУ. - Калининград, 1999. - С. 109-110.

9. Нижникова Е.В. Микроэлементный статус радужной форели в период раннего онтогенеза // Международная научно-техническая конференция посвященная 40-летию пребывания КГТУ на Калининградской земле и 85- летию высшего рыбохозяйственного образования в России: Сб тез. и докл. Часть 1. - Калининград, 1999. - С. 29-30.

10. Сергеева Н. Т., Нижникова Е. В. Зависимость содержания железа в органах и тканях радужной форели в зависимости от его уровня в корме // Международная научно-техническая конференция посвященная 40-летию пребывания КГТУ на Калининградской земле и 85- летию высшего рыбохозяйственного образования в России: Сб тез. и докл. Часть 4. - Калининград, 1999. - С. 24.

11. Сергеева Н. Т., Нижникова Е. В. О влиянии содержания меди в корме на уровень её в органах и тканях радужной форели // Международная научно-техническая конференция посвященная 40-летию пребывания КГТУ на Калининградской земле и 85- летию высшего рыбохозяйственного образования в России: Сб тез. и докл. Часть 4.- Калининград, 1999. - С. 25.

Подписано к печати 25.04. 2000 г.

Заказ 003080 Объем 1.5 п. л. Бумага 60x84 (1/16)

Тираж 100 экз.

---

УОП КГТУ. Советский проспект, 1