

3



На правах рукописи

Золотова Анастасия Владимировна

**МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДВУХ ФОРМ  
РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ  
ТЕПЛОВОДНОГО САДКОВОГО ХОЗЯЙСТВА**

03.00.13 – физиология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

6 2 АПР 2009

Москва - 2009

Работа выполнена на кафедре анатомии, гистологии и эмбриологии  
животных Российского государственного аграрного университета – МСХА  
имени К.А. Тимирязева

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор  
**Панов Валерий Петрович.**

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор  
**Маннапов Альфир Габдуллович**

доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор **Раденко Вера Николаевна**

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский  
институт рыбного хозяйства и океанографии  
(ВНИРО)

Защита диссертации состоится «20» апреля 2009 г. в «16<sup>00</sup>» час. на  
заседании диссертационного совета Д 220.043.09 при Российском  
государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева  
по адресу: 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, ученый совет РГАУ-  
МСХА имени К.А. Тимирязева, тел. (факс): (495) 976-24-92

С диссертацией можно ознакомиться в ЦНБ Российского государственного  
аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева

Автореферат разослан «17» марта 2009 г. и размещен в сети Интернет на  
сайте университета [www.timacad.ru](http://www.timacad.ru)

Ученый секретарь  
диссертационного совета



А.А. Ксенофонтова

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В настоящее время аквакультура относится к быстро прогрессирующему направлению агропромышленного производства. В пресных водах доминирующим видом в Западной Европе является форель. В нашей стране форелеводство составляет незначительную часть в общем объеме производства рыбы (около 14,0 тыс. т). В настоящее время в связи с резким уменьшением популяций лососевых и падением уловов оказывается недостаточно природных ресурсов, поэтому необходимо дальнейшее развитие форелеводства (Голод Е. Г. и др., 2007; Киселев А. Ю. и др., 2007; Власов В.А. и др., 2007).

Для увеличения темпов развития отечественного форелеводства необходимо сосредоточить усилия на выведении пород, линий и кроссов радужной форели для индустриальных и фермерских хозяйств разных типов в зависимости от спроса на потребительском рынке (Варади Л., 2007; Титарев Е.Ф., 2007). Следует разрабатывать комплексную технологию выращивания форели, основываясь на научных достижениях с привлечением физиологических, биохимических, морфологических методов исследований. Для всесторонней характеристики и рационального использования существующих пород форели необходимы знания о хозяйственно-полезных свойствах, включающих развитие соматических структур и, прежде всего, мускулатуры, как основного пищевого продукта (Панов В.П., 1987; Johnston I. A., 1999).

Объем производства и ассортимент деликатесной продукции можно значительно увеличить за счет развития индустриального разведения рыб в садковых, бассейновых хозяйствах, а также создания сети хозяйств на теплых водах (Корнеев, 1982; Привезенцев Ю.А., 1985; Титарев Е.Ф., 2007). Между тем высокая температура воды в течение всего периода выращивания независимо от сезона года оказывает существенное влияние на физиологическое состояние рыб, приводит к изменению направленности обменных процессов, качественных и количественных показателей полученной продукции (Лав Р.М., 1976; Титарев Е.Ф., 1980; Яржомбек А.А. и др., 1986; Привезенцев Ю.А. и др., 1986; De Wilde M.A. et al., 1967).

Опыт зарубежного форелеводства показывает, что большим спросом на потребительском рынке пользуется форель золотисто-желтого оттенка. В России такая форма появилась сравнительно недавно и большой популярностью не имела, хотя и показала при выращивании в индустриальных условиях хорошие результаты (Титарев Е.Ф., 2001, 2002, 2007). В данных условиях установление влияния термического режима водоема на физиологическое состояние холодолюбивых рыб, таких как форель, является актуальным.

**Цель и задачи исследований.** Целью настоящей диссертационной работы являлось установление особенностей роста, физиолого-биохимических и морфологических показателей золотистой и типично окрашенной форм форели при интенсивном выращивании в садках на теплых водах. В связи с этим были поставлены следующие задачи:

- на основании физиолого-биохимических и морфологических показателей крови выявить адаптационные возможности различных форм радужной форели;

- изучить некоторые поведенческие реакции объектов исследования при содержании в садках;

- изучить морфометрические и количественные показатели морфологических структур рыб в период выращивания;

- установить особенности роста массы тела, его отдельных частей и органов рыб;

- выявить динамику химического состава мышц и печени рыб;

- выявить особенности формирования гистоструктуры мышц в процессе роста рыб;

- оценить рыбоводно-биологические показатели в период интенсивного выращивания форели.

**Научная новизна** работы состоит в том, что впервые изучены физиолого-биохимические, морфологические и поведенческие особенности золотистой и типично окрашенной форели при выращивании в условиях тепловодного садкового хозяйства. Установлено влияние повышенной температуры на гематологические показатели форели, на рост как организма в целом, так и на отдельные его части. Впервые приведены данные об изменении размерного состава волокон белой и красной мышц двух форм форели при выращивании на теплых водах. Показано, что новый объект аквакультуры – золотистая форель – не уступает по основным биологическим и хозяйственно-полезным показателям форели с типичной окраской.

**Практическая значимость.** Полученные данные могут быть использованы при разработке методов технологической обработки форели для установления количественных и качественных показателей товарной продукции. Данные по динамике морфологических и физиологических показателей двух форм форели при выращивании в условиях тепловодного садкового хозяйства можно рекомендовать в качестве справочного материала, в научной работе, а также включить в учебный процесс.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации доложены в рамках Международного симпозиума «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата» (Астрахань, 2007), на Международной научно-практической конференции «Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов -2» (Борок, 2007), на Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 120-летию академика Н. И. Вавилова (Москва, 2007).

**Публикации результатов исследований.** По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе в издании рекомендуемом ВАКом.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, собственных

исследований, заключения, выводов, предложений производству, списка литературы, включающего 299 наименований. В диссертационной работе 148 страниц, 18 таблиц, 29 рисунков.

## 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования служили две формы форели: золотистая и с типичной (серебристой) окраской. Опыт проводился в производственных условиях на базе крестьянского рыбоводного хозяйства (КРХ) «Велисто», расположенного на водохранилище Смоленской АЭС, с ноября 2006 г. по март 2007 г. До возраста 6 месяцев молодь радужной форели обеих цветových форм выращивалась совместно в форелевых каналах. Далее 2 формы были рассортированы по окраске и массе тела и перемещены в садки в районе Богданово (САЭС), где и выращивались до окончания опыта. Масса рыб за весь период варьировала от 60 до 900 г. (табл. 1).

### 1. Схема опыта

Форель	№ садка	Продолжительность опыта, дней	Начальная масса рыб, г	Количество, шт/м <sup>2</sup>	Ихтиомасса, кг
С типичной окраской	45	90	139	52	72
	56		290	36	104
Золотистая	58	90	153	50	76
	47		336	31	104

Температура воды в период опыта составляла 11-15 °С, а содержание кислорода не менее 90% насыщения. Первые данные о росте были получены в октябре 2006 г. в период совместного выращивания молоди обеих форм форели на речной воде при температуре 8-9 °С.

Для кормления использовался в начале опыта (до декабря 2006 г.) комбикорм «Коппенс», содержащий 46% белка и 16% жира, весь оставшийся период до марта кормление осуществлялось комбикормом «Крафт» (48% белка и 14% жира).

Контроль за ростом осуществлялся 1 раз в 15 суток путем вылова и взвешивания 10% исследуемых рыб. Отбор проб производился согласно схеме (табл. 2). Морфометрические показатели определялись путем измерений различных структур тела рыб (Правдин И.Ф., 1966). Рыб вскрывали и подвергали полному морфологическому анализу (Кублицкас А.К., 1976).

## 2. Схема отбора проб

Месяц исследования	Возраст рыб, мес.	Количество проб	Длина рыб, см		Масса рыб, г	
			золотистая форель	форель с типичной окраской	золотистая форель	форель с типичной окраской
Октябрь	6	36	21,0	22,3	125,8	159,3
Ноябрь	7,5	96	28,5	27,0	312,7	273,7
Декабрь	9	36	32,4	30,2	496,5	413,0
Март	11	36	36,0	33,9	712,9	650,9

Белая глубокая мускулатура была разделена на эпаксиальную (дорсальную), гипаксиальную (вентральную) и поверхностную красную. Рассчитывали относительную массу отдельных органов и частей тела в процентах от массы тела, определяли скорость их роста. Производился подсчет позвонков, лучей в плавниках, жаберных тычинок и лепестков, а также пилорических придатков для каждой формы. Всего для исследования использовано 68 экземпляров радужной форели.

Аллометрическую зависимость между количественными показателями морфологических структур и массой рыб рассчитывали по уравнению Гексли (1932), которое имеет вид  $y = ax^b$ .

Кровь для анализов крови бралась из хвостовой вены. Гематологические исследования проведены по общепринятым методикам с использованием центрифуги марки ОС-6, биохимического автоматического анализатора EXPRESS PLUS (CHIRONDIAGNOSTICS), автоматизированного гематологического анализатора «Systmex KX-21». Приготовленные мазки были зафиксированы и окрашены по Романовскому-Гимза. Подсчет клеток формулы крови производился на удачно окрашенных мазках (Иванова Н.Т., 1983).

Содержание жира в различных частях мышц и печени определяли в аппарате Сокслета по общепринятой методике (Лебедев П.Т., Усович А.Т., 1976). На основании полученных данных рассчитывали абсолютное количество липидов и их соотношение в различных частях мышц.

Пробы мускулатуры, взятые на уровне спинного плавника, фиксировались в 10% нейтральном формалине и заливались в желатин для приготовления гистологических срезов. Окраска препаратов осуществлялась суданом черным В, суданом красным и гематоксилином (Кононский А.И., 1976). Методом проекции было установлено относительное количество жировой ткани; соотношение соединительной и мышечной тканей определялось стереометрически (Автандилов, 1973). Для определения диаметра мышечных волокон использовался рисовальный аппарат. По полученным промерам построены гистограммы распределения волокон по диаметру (Скуфьин, 1937). Микрофотографирование гистопрепаратов и мазков крови производилось камерой Leica DM 2000.

Изоэлектрофореграмма белков мышц двух форм форели была получена методом электрофоретического разделения белков.

Математическую обработку полученных результатов проводили по Н.А. П्लохинскому (1980).

### 3. СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1. Поведенческие особенности двух форм форели при совместном выращивании

Во время совместного выращивания в форелевых каналах золотистая форма практически постоянно держалась у поверхности, а серебристая предпочитала находиться в более глубоких слоях воды. Такая особенность позволяла золотистой форели более полно потреблять корм, и могла создать неодинаковые условия при опытном культивировании. Однако радужная форель обычно предпочитает затененные участки обитания.

При дальнейшем изучении поведения двух форм форели выяснилось, что форма с типичной окраской более агрессивна, чем золотистая. Таким образом, последняя просто вытесняется из глубинных слоев воды более темными собратьями. Оранжево-желтая окраска позволяет золотистой форели, находясь ближе к поверхности, быть менее заметной для форели с типичной окраской. Золотистая форель спокойно переносит несколько повышенную освещенность, как и повышенную температуру воды. Такой механизм – избегания врагов или неблагоприятных условий путем предпочтения зоны с более высокой освещенностью – описывал еще В. Франц (1914). Однако необходимо подчеркнуть, что данное стремление к свету у золотистой форели является вынужденным и в обычных условиях не наблюдается. В результате этого средняя масса рыб при посадке в садки у золотистой форели выше, чем у рыб с типичной окраской (на 10-16%).

#### 3.2. Биохимические маркеры скелетных мышц 2-х форм форели

В ходе исследования были получены электрофореграммы общих белков белых мышц изученных форм форели (рис. 1).

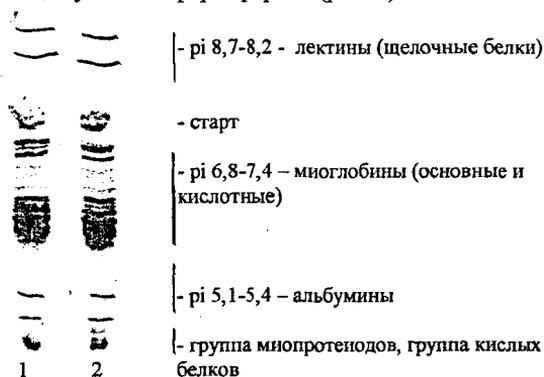


Рис. 1. Изоэлектрофореграмма белков мышц золотистой (1) и типично окрашенной форели (2).

Изоэлектрофореграмма – это распределение амфолитов (белков) в электрическом поле в градиенте рН. Весь спектр мышечных белков условно подразделили на 4 зоны. По количеству полос в этих зонах две формы форели практически не различались. Основная масса белков, представленная на электрофореграмме – это саркоплазматические белки. Они хорошо растворимы в воде и наиболее устойчивы при хранении. Общее название этих белков – миопротеиды. Это белки саркоплазмы, ядер и других структур. Обладают ярко выраженными кислотными свойствами (от рН 6,5 и ниже). К кислотным белкам также относятся и альбумины. Они хорошо растворимы в воде. Изоэлектрическая точка находится в районе рН 5,1-5,4. Лектины - класс белков, способных быстро, избирательно и обратимо связываться с сахарами. Они обнаруживаются на клеточных поверхностях, где предназначены для взаимодействия с углеводами соседних клеток.

Таким образом, анализ электрофоретической подвижности белков мускулатуры показал, что между данными группами рыб существуют очень близкие родственные связи. Это позволяет нам называть их фенотипическими формами.

Необходимо отметить, что обычно спектры белков мышц менее видоспецифичны, чем, например, сывороточные белки, и желательнее использовать их при параллельном исследовании ферментативных систем этих мышц.

### **3.3. Гематологические показатели рыб**

В процессе выращивания количество гемоглобина претерпело некоторые колебания (табл. 3). У серебристой формы к концу опыта этот показатель увеличился на 19,3% по сравнению с началом ( $P \leq 0,05$ ). У золотистой форели наблюдается спад гемоглобина в середине опыта (декабрь) на 9,9% и увеличение его количества в марте на 25,4% ( $P \leq 0,05$ ). Количество эритроцитов в процессе выращивания практически не изменялось. К концу опыта значение цветного показателя, который характеризует содержание гемоглобина в эритроцитах, оказалось достоверно выше у формы с типичной окраской, чем у золотистой форели (на 12%). Как и количество гемоглобина, цветной показатель в марте достоверно увеличился на 22,3% по сравнению с началом опыта ( $P \leq 0,05$ ). В связи с этим можно сделать предположение, что у золотистой форели эритроциты с возрастом стали крупнее, чем у форели с типичной окраской.

Содержание лейкоцитов в крови у типично окрашенной форели на протяжении всего периода исследований преобладало над показателями золотистой (на 8,5 – 17,8%), причем в конце периода разность была достоверной ( $P \leq 0,05$ ). В начале опыта количество тромбоцитов в крови обеих форм форели значительно превышало норму. Возможно, что тромбоциты частично взяли на себя роль лимфоцитов. Необходимо отметить, что количество тромбоцитов в процессе выращивания преобладало у золотистой форели (на 6,6-43,7%), что

свидетельствует о повышенной кроветворной функции и сопровождается интенсивным обменом веществ.

### 3. Содержание гемоглобина и морфологические показатели крови

Показатель	Ноябрь		Декабрь		Март	
	золотистая форель	форель с типичной окраской	золотистая форель	форель с типичной окраской	золотистая форель	форель с типичной окраской
Гемоглобин, г/л	75,50±6,30	69,00±4,60	68,00±5,61	69,70±2,51	91,20±5,90	85,50±1,26
Эритроциты, $\times 10^{12}$ шт/л	1,04±0,11	0,97±0,05	1,16±0,14	1,01±0,08	0,92±0,07	0,98±0,08
Цветной показатель, ед.	1,83±0,11	1,81±0,08	1,90±0,26	2,15±0,21	2,05±0,06	2,33±0,06*
Лейкоциты, $\times 10^{10}$ шт/л	10,80±1,45	11,80±1,70	10,20±0,98	11,50±0,48	8,30±0,71	10,10±0,19*
Тромбоциты, $\times 10^{10}$ шт/л	80,80±7,50	75,50±6,40	65,00±8,10	43,30±9,20	53,30±16,10	30,00±8,60

Примечание. Здесь и далее в таблицах \* - разность по сравнению с золотистой форелью достоверна при  $P \leq 0,05$ .

К концу периода выращивания количество тромбоцитов снизилось до нормы по сравнению с началом. К марту этот показатель уменьшился у золотистой формы на 34%, а у форели с типичной окраской в 2,5 раза ( $P \leq 0,05$ ), что свидетельствует о высоких адаптационных качествах исследуемых форм форели.

Начало опыта характеризовалось интенсивным белковым обменом. Содержание общего белка в крови превышало 70 г/л (табл. 4). Интенсификация роста приводит к увеличению содержания общего белка и мочевины за счет повышенного катаболизма белков тела. Однако к марту этот показатель достоверно уменьшился на 38% у обеих форм форели ( $P \leq 0,05$ ). У золотистой форели содержание общего белка в крови несколько выше, чем у форели с типичной окраской (на 5,6-6,7%). К концу опыта наблюдался значительный спад концентрации мочевины: у золотистой форели на 48,7%, а у серебристой – на 53,8% ( $P \leq 0,05$ ), что также свидетельствует о высокой резистентности рыб.

Повышенная концентрация фермента аспаратаминотрансфераза (АСТ) на 5,4% в начале опыта у золотистой форели может свидетельствовать об интенсивной утилизации старых клеток крови. В совокупности с большим содержанием тромбоцитов и доли молодых клеток крови этот показатель может свидетельствовать о повышенной кроветворной функции, что сопровождается интенсивным обменом веществ. В конце опыта наблюдается снижение активности АСТ до нормальных значений, особенно резкое снижение произошло у золотистой форели на 63,9%, с типичной окраской – на 33,5% ( $P \leq 0,05$ ). Причем к марту у форели с типичной окраской этот показатель увеличивается на 42,5% ( $P \leq 0,05$ ), по сравнению с золотистой.

#### 4. Биохимические показатели крови

Показатель	Декабрь	Март	Декабрь	Март
	золотистая форель		форель с типичной окраской	
Общий белок, г/л	74,60±2,34	46,10±2,35 <sup>+</sup>	70,40±5,04	43,00±1,63 <sup>+</sup>
Мочевина, ммоль/л	5,65±0,07	2,90±0,14 <sup>+</sup>	5,65±0,08	2,61±0,06 <sup>+</sup>
Холестерин, ммоль/л	413,90±49,68	506,70±43,79	380,40±17,70	551,70±14,47 <sup>+</sup>
АЛТ, ед/л	130,00±10,00	114,00±5,40	110,00±3,00	118,00±5,90
АСТ, ед/л	835,00±4,20	301,70±13,3 <sup>+</sup>	790,00±3,30	525,00±11,10 <sup>+</sup>
ЛДГ, ед/л	2784,50±590,10	-	3064,80±423,80	-
Щелочная фосфатаза, ед/л	382,50±41,48	374,50±41,86	319,20±43,51	292,50±43,40
Глюкоза, ммоль/л	2,23±0,27	8,62±0,66 <sup>+</sup>	3,05±0,35	8,08±0,48 <sup>+</sup>

Примечание. Разность по сравнению с декабрьскими пробами достоверна при: <sup>+</sup> -  $P \leq 0,05$ ;

У обеих форм жировой обмен находился на высоком уровне, о чем свидетельствует повышенное содержание холестерина в крови. Этот показатель увеличился по сравнению с началом исследований у золотистой формы форели – на 18,3%, а у типично окрашенной – 3,1% ( $P \leq 0,05$ ).

Повышенная активность щелочной фосфатазы в крови форели объясняется быстрым темпом роста рыбы, причем этот показатель на протяжении опыта был выше у золотистой формы на 16,5 – 21,9%. Необходимо отметить, что это состояние сопровождалось повышенным по сравнению с началом опыта содержанием глюкозы в крови (в 3,8 раза у золотистой и в 2,6 раза у радужной форели). Ее высокий уровень можно рассматривать как индикатор стресс-реакции рыб. Возможно, что таким образом организм рыб реагирует на выращивание в воде с повышенной температурой.

#### 3.4. Рост и морфофизиологические показатели 2-х форм радужной форели

Несмотря на то, что обе формы форели имеют немало сходных морфофизиологических характеристик, нами отмечено ряд различий. Абсолютная масса и длина тела (по Смитту) на протяжении всего опыта у золотистой форели были несколько выше, чем у формы с типичной окраской (на 5-7%).

В таблице 5 представлены данные о меристических показателях рыб. Количество неветвящихся лучей в спинном плавнике у золотистой формы на 6,2% меньше, чем у типично окрашенной. Важным таксономическим признаком для рыб является количество позвонков. У золотистой форели достоверно меньше количество позвонков, чем у формы с типичной окраской.

## 5. Меристические показатели рыб (шт.)

Показатели	Форма форели	
	золотистая	с типичной окраской
Пилорические придатки	47,60±1,74	51,10±2,69
Лучи в спинном плавнике (неветвистые)	10,60±0,20	11,30±0,20*
Лучи в грудных плавниках	12,60±0,37	12,80±0,33
Лучи в брюшных плавниках	10,10±0,18	9,90±0,10
Лучи в анальном плавнике (неветвистых)	10,50±0,26	10,5±0,17
Лучи в хвостовом плавнике	25,60±1,15	27,10±0,62
Жаберные лепестки	154,00±4,13	155,00±3,36
Жаберные тычинки	17,20±0,33	17,40±0,31
Жаберные лучи	11,20±0,49	11,80±0,20
Позвонки	57,80±0,20	61,40±0,93*

Наибольший интерес представляют относительные показатели мышечной массы, характеризующие товарные качества рыб. В начале и середине опыта золотистая форма отставала по этому показателю от радужной, сначала на 3,4%, а потом – на 12% (различия достоверны), то есть наблюдается снижение доли мышц у золотистой форели. В последующем у нее отмечен интенсивный рост мышц и к концу опыта различия по этому показателю стали незначительными. С учетом этих данных можно сделать заключение, что лучшими товарными качествами обладает золотистая форель при достижении массы свыше 500 г, когда относительная масса мускулатуры достигает наивысшего значения (табл. 6).

Независимо от формы радужной форели доля эпаксиальных мышц выше, чем гипаксиальных. У золотистой форели эта разность составляет 10,8-18,3%, а у типично окрашенной – 6,3-19,0% (табл. 6). Доля поверхностных боковых (красных) мышц у обеих форм радужной форели снижается (у золотистой форели на 47,6%, а у типично окрашенной – на 30,7%), что может быть обусловлено влиянием повышенной температуры воды.

6. Динамика массы частей тела форели (в % от массы рыб).

Показатель	Ноябрь		Декабрь		Март	
	золотистая форель	форель с типичной окраской	золотистая форель	форель с типичной окраской	золотистая форель	форель с типичной окраской
Масса тела, г	312,7±16,58	273,7±17,08	496,5±56,43	413,0±68,50	712,9±62,66	650,9±27,08
Порка	88,58±0,35	89,07±0,20	86,90±0,42	88,30±0,56	86,60±1,07	88,30±0,37
Жабры	2,98±0,07	3,20±0,08	2,50±0,07	2,60±0,12	2,40±0,04	2,50±0,06
Внутренний жир	2,47±0,26	2,09±0,21	4,8±0,27	4,30±0,59	3,40±0,40	3,90±0,70
Голова	7,39±0,12	7,20±0,13	7,24±0,27	6,78±0,08	7,28±0,28	7,41±0,51
Плавники	1,60±0,04	1,70±0,05	1,40±0,11	1,40±0,05	1,50±0,03	1,60±0,15
Тушка	75,94±0,27	76,37±0,25	76,00±1,05	76,70±0,47	74,50±1,00	76,10±0,55
Мышцы	61,55±0,43	63,72±0,43*	56,80±1,24	63,50±0,73*	62,00±1,73	62,30±1,19
Эпаксиальная мускулатура	32,50±0,33	33,40±0,51	29,85±0,74	32,76±0,54*	33,35±1,10	33,11±0,87
Гипаксиальная мускулатура	29,05±0,23	30,03±0,30*	26,94±0,88	30,83±0,64*	28,64±0,86	29,15±0,71
Красная мускулатура	1,68±0,10	1,76±0,12	1,48±0,15	1,38±0,13	0,89±0,13	1,22±0,22
Кожа	6,02±0,09	5,99±0,09	6,00±0,32	5,30±0,52	5,40±0,65	6,30±0,47
Кости	8,20±0,28	6,60±0,38*	13,00±1,19	7,90±0,34*	7,10±0,50	7,50±0,51

Отмечена тенденция к повышенной относительной массе желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) у золотистой форели, и к меньшей относительной массе селезенки и почек, чем у типично окрашенной. Индекс печени в период с октября по март увеличился у разных форм форели на 5,5-18,6%. При этом его величина не выходила за пределы физиологической нормы. Относительная масса тушки у обеих форм в течение опыта не различалась (табл.7).

В конце выращивания процесс полового созревания у золотистой и типично окрашенной форели происходил с одинаковой интенсивностью.

### 7. Изменение морфологических показателей форели (в % от массы рыб)

Показатели	Ноябрь		Декабрь		Март	
	золотистая форель	форель с типичной окраской	золотистая форель	форель с типичной окраской	золотистая форель	форель с типичной окраской
Масса тела, г	312,7±16,58	273,7±17,08	496,5±56,43	413,0±68,50	712,9±62,66	650,9±27,08
Масса ЖКТ	4,51±0,14	4,30±0,14	4,00±0,09	3,30±0,09*	3,60±0,28	3,20±0,16
Селезенка	0,16±0,01	0,19±0,013	0,14±0,02	0,16±0,02	0,10±0,01	0,14±0,01*
Печень	1,46±0,05	1,45±0,02	1,30±0,07	1,33±0,04	1,54±0,06	1,72±0,10
Почки	1,12±0,08	1,30±0,08	1,24±0,03	1,17±0,02	0,78±0,04	0,94±0,06
Сердце	0,22±0,008	0,22±0,01	0,20±0,01	0,22±0,03	0,14±0,01	0,14±0,02
Гонады	0,14±0,01	0,13±0,02	0,14±0,02	0,15±0,01	0,30±0,12	0,13±0,02
Плавательный пузырь	0,23±0,01	0,28±0,01	0,23±0,02	0,23±0,02	0,18±0,02	0,15±0,01

Анализ роста органов и тканей свидетельствует о том, что у золотистой форели положительная аллометрия характерна для желудочно-кишечного тракта, печени, почек, внутривисцерального жира, кожи и осевого скелета ( $b \geq 1,16-1,51$ ). Соматические структуры (порка, тушка) у обеих форм растут изометрично ( $b=1,02$ ).

### 8. Рост различных частей тела рыб (масса рыб 60-900 г.)

Показатель	Форма форели	
	золотистая	с типичной окраской
Внутренний жир	$Y = 0,001X^{1,51}$	$Y = 0,0005X^{1,669}$
Порка	$Y = 0,959X^{0,985}$	$Y = 0,993X^{0,981}$
Тушка	$Y = 0,668X^{1,02}$	$Y = 0,7X^{1,02}$
Мышцы	$Y = 0,671X^{0,982}$	$Y = 0,489X^{1,047}$
Кожа	$Y = 0,024X^{1,16}$	$Y = 0,07X^{0,97}$
Осевой скелет	$Y = 0,022X^{1,24}$	$Y = 0,104X^{0,925}$
Красная мускулатура	$Y = 0,013X^{1,02}$	$Y = 0,008X^{1,131}$
Белая мускулатура	$Y = 0,60X^{0,997}$	$Y = 0,477X^{1,046}$
Масса ЖКТ	$Y = 0,024X^{1,104}$	$Y = 0,154X^{0,754}$
Селезенка	$Y = 0,02X^{0,54}$	$Y = 0,007X^{0,75}$
Печень	$Y = 0,01X^{1,048}$	$Y = 0,019X^{0,935}$
Почки	$Y = 0,007X^{1,06}$	$Y = 0,0026X^{1,288}$
Сердце	$Y = 0,063X^{0,406}$	$Y = 0,024X^{0,581}$
Гонады	$Y = 0,0126X^{0,598}$	$Y = 0,008X^{0,69}$

В отличие от золотистой формы у форели с типичной окраской рост желудочно-кишечного тракта, кожи и осевого скелета отстает от роста всего тела ( $b \leq 0,75-0,97$ ), т.е. наблюдается отрицательная аллометрия (табл. 8).

### **3.5. Химический состав органов и тканей**

Введение в аквакультуру новых объектов культивирования должно предполагать не только оценку их по морфометрическим показателям и воспроизводительным показателям, но также способность потомства таких форм давать качественную пищевую продукцию со сбалансированным содержанием таких ценных питательных веществ, как белок и жир.

По содержанию обезжиренного сухого вещества (СОВ) гипаксиальные и эпаксиальные мышцы обеих форм форели практически не различаются. Для красной мускулатуры обычно этот показатель несколько меньше, чем для белой. Необходимо заметить, что именно химический состав печени наиболее быстро реагирует на изменение условий выращивания. В печени наблюдаются значительные колебания доли СОВ и липидов в течение опыта.

#### **9. Содержание липидов в печени и мышцах рыб (в % от сырого вещества)**

Органы и ткани	Форма форели	
	золотистая	с типичной окраской
<b>Ноябрь</b>		
Печень	2,60±1,45	3,20±0,84
Эпаксиальная часть мышц	4,06±0,42	4,02±0,42
Гипаксиальная часть мышц	7,72±0,95	6,74±1,01
Красные мышцы	21,87±2,31	19,41±2,34
<b>Декабрь</b>		
Печень	2,43±0,45	1,54±0,40
Эпаксиальная часть мышц	5,63±0,12	6,03±0,96
Гипаксиальная часть мышц	11,88±0,39	10,10±0,10
Красные мышцы	23,61±1,59	22,66±2,60
<b>Март</b>		
Печень	3,16±0,26	4,22±0,38
Эпаксиальная часть мышц	5,30±0,86	6,67±1,42
Гипаксиальная часть мышц	9,43±1,55	8,95±1,04
Красные мышцы	20,95±2,84	24,89±1,71

Красная мускулатура в силу своих функциональных особенностей содержит меньшее относительное количество воды, чем белая и, соответственно, имеет большее содержание липидов. Особенностью изменения

содержания липидов в красных мышцах является некоторос его уменьшение к концу выращивания у золотистой и увеличение – у типично окрашенной формы форели. Гипаксиальная мускулатура форели содержит больше липидов, чем эпаксиальная (табл. 9).

Изучение данных отдельно по каждому объекту исследования выявили некоторые особенности жирового обмена в опытный период. У золотистой формы форели наблюдается относительно постоянный уровень депонирования жира в эпаксиальной мускулатуре. При этом доля жировых запасов в красных мышцах существенно уменьшается (в 2,2 раза). У формы форели с типичной окраской уровень жировых запасов в спинных мышцах изменяется подобно динамике этого показателя, отмеченной для золотистой форели.

10. Распределение запасов жира в мышцах рыб (в % к общему количеству жира в мускулатуре)

Мускулатура	Форма форели	
	золотистая	с типичной окраской
<b>Ноябрь</b>		
<b>Вся мускулатура в т.ч.:</b>	100,0	100,0
гипаксиальная	57,5	54,2
эпаксиальная	33,6	37,4
красная	8,9	8,4
<b>Декабрь</b>		
<b>Вся мускулатура в т.ч.:</b>	100,0	100,0
гипаксиальная	60,9	58,1
эпаксиальная	32,1	36,9
красная	7,0	5,0
<b>Март</b>		
<b>Вся мускулатура в т.ч.:</b>	100,0	100,0
гипаксиальная	58,0	50,7
эпаксиальная	38,0	43,2
красная	4,0	6,1

У рыб с обычной окраской наблюдается несколько иное перераспределение жира в красных и, особенно, в брюшных мышцах. В гипаксиальной мускулатуре у радужной формы форели жировые запасы в марте снижаются на 6,5%, а в красных на 27,4%, что значительно меньше, чем за аналогичный период у золотистой формы форели (табл.10).

### 3.6. Изменение гистоструктуры мышц форели

В период исследования размерная структура волокон белой мускулатуры обеих форм практически не менялась. Встречались волокна от 10 до 160 мкм. Около трети всех волокон распределено в классовой промежутке 40-60 мкм, а свыше 75% всех волокон золотистой форели оказались в размерном диапазоне 20-80 мкм. Рост мускулатуры рыб происходил волнообразно в течение периода исследований. Это заметно по количеству волокон до 40 мкм. В ноябре и марте их больше, чем в декабре (на 15-23%). Таким образом, в декабре рост белой мускулатуры происходил в основном за счет гипертрофии (рис. 3).

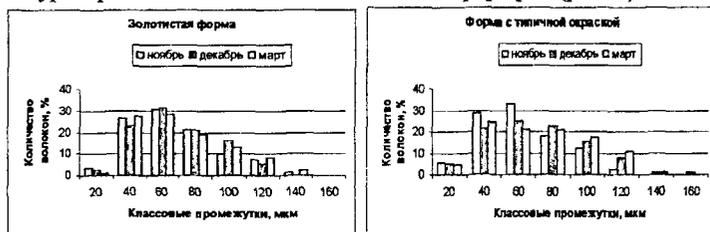


Рис. 3. Размерная структура белых волокон двух форм форели

В ноябре несколько большая степень гиперплазии наблюдалась у форели с типичной окраской. Волокон с диаметром менее 40 мкм у последней на 13% больше, чем у золотистой (рис. 3).

В красной мускулатуре процесс гиперплазии в ноябре преобладал у типично окрашенной форели (волокон с диаметром менее 40 мкм на 10% больше, чем у золотистой). В декабре этот процесс происходил у обеих форм.

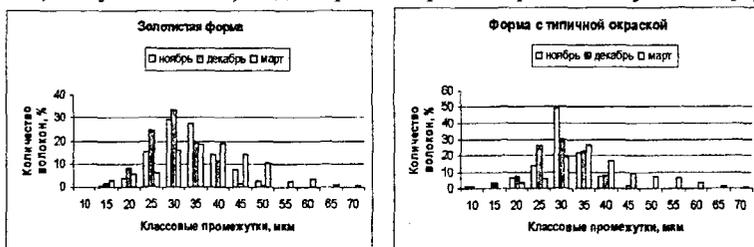
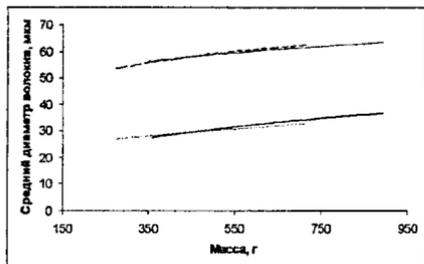


Рис. 4. Размерная структура красных волокон двух форм форели

С декабря по март красная мускулатура у золотистой форели росла в основном за счет гипертрофии, поэтому к концу опыта диаметр волокон ее оказался выше, чем у типично окрашенной. Волокон с диаметром свыше 40 мкм у золотистой форели на 12% больше, чем у серебристой (рис. 4).



Ряд 1 ( . . . ) – Красная мускулатура форели типичной окраски  
 Ряд 2 ( — ) – Красная мускулатура форели золотистой окраски  
 Ряд 3 ( - - - ) – Белая мускулатура форели типичной окраски  
 Ряд 4 ( - . . . ) – Белая мускулатура форели золотистой окраски

Рис. 5. Зависимость среднего диаметра волокна от массы тела рыб.

Диаметр волокон белой мускулатуры, начиная с массы рыб свыше 400 г. у золотистой формы меньше, чем у форели с типичной окраской (58,8 мкм против 61,6 мкм) (рис. 5).

#### 11. Соотношение тканей в белых мышцах двух форм форели

Показатель	Белая мускулатура	
	золотистая форель	форель с типичной окраской
	Ноябрь	
Мышечная ткань	80,50±2,57	80,53±6,12
Соединительная ткань	14,5±2,32	16,42±4,93
Жировая ткань	5,00±0,83	3,05±1,78
	Декабрь	
Мышечная ткань	82,58±1,68	82,27±2,27
Соединительная ткань	15,21±2,11	16,06±1,01
Жировая ткань	2,21±0,84	1,67±0,72
	Март	
Мышечная ткань	84,19±1,60	79,84±1,90
Соединительная ткань	13,41±1,49	18,22±2,11
Жировая ткань	2,40±0,68	1,94±0,95

Учитывая то, что жировая ткань имела тенденцию к повышению содержания в белой мускулатуре у золотистой формы на протяжении всего исследования (на 19,2-40%), а доля соединительной ткани - к уменьшению (на 5,3-26,4%) (табл. 11), можно сделать предположение, что ее мясо нежнее.

#### 3.7. Рыбоводно-биологические результаты выращивания форели

Независимо от начальной массы рыб, к концу опыта в среднем золотистая форель была крупнее, чем форель серебристой окраски, причем в садках с более мелкой рыбой эта разность составила около 25%. Полученные данные свидетельствуют о том, что скорость наращивания массы у мелкой золотистой

форели существенно выше, чем у рыб с серебристой окраской, поскольку разрыв по их массе при окончании выращивания существенно увеличивается (с 10 до 25%). В конце опыта различия по массе у изученных форм крупной форели существенно уменьшаются (с 15 до 3%). Наибольший абсолютный и среднесуточный прирост наблюдался у более крупной радужной форели (410 г/шт. и 4,6 г/шт. соответственно), однако относительная скорость роста больше у мелких рыб золотистой формы - 1,35%.

Коэффициенты массонакопления выше, чем предусмотрены нормативами (Купинский, Баранов, 1987). Однако потенциально возможная скорость роста может составлять от 0,11 до 0,13 (Линник, 1988; Лавровский и др., 1989). Таким образом, потенциальные возможности роста форели в условиях опыта до конца не реализованы.

Выживаемость во всех садках оставалась на достаточно высоком уровне. Выход икhtiомассы наибольший у крупной радужной форели и более мелкой золотистой, причем у последней он составил 26,3 кг/м<sup>3</sup>, что соответствует результатам выращивания форели на кормах "Крафт" (Власов и др., 2007).

Лучший показатель затрат корма, несколько превышающий нормативы, оказался у крупной радужной форели и более мелкой золотистой.

#### 4. ВЫВОДЫ

1. Анализ электрофоретической подвижности белков скелетных мышц свидетельствует о том, что исследованные группы рыб являются фенотипическими формами.

2. Выявлены различия в распределении особей различных форм форели в толще воды при совместном выращивании. Золотистая форма располагается ближе к поверхности воды, чем типично окрашенная, что дает ей преимущества при потреблении корма. Это обусловлено большей агрессивностью последней.

3. В процессе интенсивного выращивания у обеих форм форели происходит достоверное уменьшение (на 38,2-38,9%) содержания общего белка в крови, мочевины (на 48,7-53,8%) и фермента АСТ (на 33,5-63,9%), а также увеличение содержания глюкозы, что характеризует их высокие адаптационные возможности при выращивании на теплых водах.

4. Выявленные особенности гематологических показателей крови двух форм форели свидетельствуют о том, что золотистая форель в условиях теплых вод обладает повышенным содержанием тромбоцитов (на 43,7%), ряда ферментов, особенно АСТ (на 5,4 - 42,5%), что свидетельствует о ее более высоких адаптационных способностях.

5. У золотистой форели положительная аллометрия наблюдается для пищеварительного тракта, печени, почек, внутриполостного жира, осевого скелета ( $b=1,16-1,51$ ). Соматические структуры (тушка) у обеих форм растут изометрично ( $b=1,02$ ). В отличие от золотистой, у типично окрашенной форели желудочно-кишечный тракт, кожа и осевой скелет отстают от роста всего тела ( $b=0,75-0,97$ ).

6. Характерной особенностью золотистой форели является более богатая липидами гипаксиальная мускулатура (на 5,1 – 15%). У типично окрашенной форели в отличие от золотистой жиры в большей степени откладываются в эпаксиальной мускулатуре (6,7% против 5,3%).

7. У форели с типичной окраской процесс гиперплазии белых волокон преобладает только в начале опыта, а у золотистой формы увеличение количества волокон за счет новообразований наблюдается и в конце исследований.

8. Для волокон красной мускулатуры обеих форм характерны процессы гипертрофии при достижении длины тела рыб 30-35 см и массы 400-450 г.

9. При достижении массы более 400 г меньший средний диаметр волокон (58,8 мкм против 61,6 мкм) и повышенное содержание липидов в белой мускулатуре золотистой форели по сравнению с типично окрашенной (2,21% против 1,67%) является показателем большей нежности мяса.

### **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

1. Рекомендовать рыбоводным хозяйствам использовать золотистую форму форели для выращивания на теплых водах, с реализацией товарной рыбы при достижении массы тела свыше 400 г.

2. Установленные поведенческие особенности дают основание рекомендовать раздельное выращивание золотистой и типично окрашенной форм форели.

### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Золотова А.В. Биологические особенности золотой форели, как объекта зоокультуры / Золотова А.В. // Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России: Материалы 2-й Международной научно-практической конференции, 29-30 ноября 2006 г., Москва. 2007. С. 36-37.

2. Золотова А.В. Биологические особенности годовиков радужной и золотистой форели / Золотова А.В. // Сборник статей Международной конференции молодых ученых и специалистов посвященной 120-летию академика Н.И.Вавилова, 31 мая-1 июня 2007 г., Москва. 2007. С. 425-428.

3. Золотова А. В. Распределение липидов и гистоструктура мышц двух форм форели / Золотова А. В. // Организмы, популяция, экосистемы: проблемы и пути сохранения биоразнообразия: Материалы Всероссийской конференции с международным участием "Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований", 24-28 ноября 2008 г., Вологда, 2008. С. 36-39.

4. Панов В.П. Морфологическая характеристика сеголеток радужной и золотистой форели/ Панов В.П., Есавкин Ю.И., Панченков Г.Т., Золотова А.В. // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: Материалы и доклады международного симпозиума., 16-18 апреля 2007 г., Астрахань. 2007. С. 503-505.

5. Панов В.П. Сравнительная физиолого-биохимическая характеристика двух форм радужной форели / Панов В.П., Есавкин Ю.И., Золотова А.В. //

Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов: Материалы Международной научно- практической конференции, 17-20 июля 2007 г., Борок. 2007. С. 173-177.

6. Панов В.П. Клинические и биохимические показатели крови двух форм форели на теплых водах / Панов В.П., Есавкин Ю.И., Золотова А.В. // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Материалы 2-й научной конференции с участием стран СНГ, 11-14 сентября 2007 г., Петрозаводск. 2007. С. 113.

7. Панов В.П. Морфологические, физиолого-биохимические и рыбохозяйственные особенности двух форм радужной форели / Панов В.П., Есавкин Ю.И., Золотова А.В. // Рациональное использование пресноводных экосистем – перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК»: Материалы Международной научно-практической конференции, 17-19 декабря 2007 г., Москва. 2007. С. 195-203.

8. Панов В.П. Количественные показатели мышц и печени и распределение жировых запасов у двух форм форели / Панов В.П., Золотова А.В. // Известия ТСХА, Москва. 2008. №4. С. 68-75.

*Отпечатано с готового оригинал-макета*

---

Формат 60X84 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	Объем 1,25 п.л.	Тираж 100 экз.	Заказ 115
---	-----------------	----------------	-----------

---

Издательство РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева  
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 44