

**ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
И ОКРАСКИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *ONCORHYNCHUS
MYKISS* (SALMONIDAE) ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «АСТАПЕТ 10%»
В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ФОРЕЛЕВЫХ КОРМАХ**

© 2023 г. А.В. Конькова^{1,2} (spIn: 1900-8476), И.А. Богатов^{1,2} (spIn: 4908-7841),
Д.Р. Файзулина¹ (spIn: 2734-3805), Ю.М. Ширина¹ (spIn: 9216-0545),
Е.Н. Петручик², А.В. Резепова^{3,4}

1 – Астраханский государственный университет
имени В.Н. Татищева (АГТУ), Россия, Астрахань, 414056

2 – ООО «Летеа» Обособленное подразделение научно-производственная база
«Рыбопитомник «Духовницкое»», Россия, Самара, р. п. Духовницкое, 443110

3 – ООО «ПРОМЕТРИКА», Россия, Саратов, 410040

4 – «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова», Россия, Саратов, 410012

E.mail: avkonkova@yandex.ru

Поступила в редакцию 31.08.2023 г.

Представлены обобщённые результаты экспериментального выращивания двухлеток радужной форели с применением специализированного форелевого корма фирмы ООО «ПРОМЕТРИКА» в условиях бассейнового цеха научно-производственной базы «Рыбопитомник «Духовницкое»» (р. п. Духовницкое, Саратовская область) в 2022 г. Дана оценка изменений морфофизиологических характеристик рыб и товарных качеств, главным образом степени окраски мышечных волокон, с помощью которых определена эффективность использования опытного корма с содержанием кормовой добавки «АстаПет 10%». На основе полученных данных можно сделать заключение о положительном эффекте применения данного препарата – усилителя интенсивности окраски тканей рыб в корме ООО «ПРОМЕТРИКА», что позволяет рекомендовать данный препарат к использованию на заводах по производству кормов для форели и в дальнейшем – на рыбоводных предприятиях, занимающихся их выращиванием.

Ключевые слова: радужная форель, *Oncorhynchus mykiss*, кормовая добавка «АстаПет 10%», степень окраски мышечных волокон, корм, лейкоцитарная формула, эритроциты, гемоглобин.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России активно развивается сектор агропромышленного комплекса – аквакультура, которая в короткие сроки призвана обеспечить население страны достаточным количеством продукции из рыбы и гидробионтов высокого качества. Главный лимитирующий фактор развития аквакультуры и в России, и в мире заключается в не-

хватке доступных и эффективных кормов. В современных геополитических условиях очень остро ощущается недостаток производства специализированных полноценных кормов, отвечающих требованиям инновационных технологий по выращиванию ценных видов рыб.

Для реализации направлений, предусмотренных Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства Российской Федерации

(РФ) на 2017–2025 гг., ключевым направлением должно стать обеспечение стабильного роста объёмов производства, и реализации высококачественной продукции аквакультуры на основе применения новых высокотехнологичных российских разработок, в том числе в области производства комбикормов для объектов аквакультуры (Постановление Правительства РФ № 996 от 28.08.2017 г.). В связи с этим, разработка, апробация и внедрение в рыбоводную практику кормов отечественного производства является весьма актуальным, особенно в плане разработок для перспективных объектов аквакультуры, к которым и относится радужная форель. Основной задачей товарного форелеводства является выращивание рыбы в наиболее короткий срок и с минимальными затратами. Одним из основных факторов, влияющих на быстрый рост рыбы, является поддержание оптимальных условий выращивания и полноценность кормления (Максимова, 2017).

Сложность в производстве кормов для форели заключается в том, что в при товарном выращивании для приобретения рыбами характерной коралловой-розовой окраски необходимо добавление особых каротиноидов – астаксантина или его смесь с кантаксантином (в естественных условиях розовый цвет мясу придает потребляемый форелью зоопланктон). Интенсивность пигментации зависит от продолжительности использования пигмента его концентрации в корме. Оптимальное содержание астаксантина в корме составляет 40–50 мг/кг. В этом случае период окрашивания мяса равен 7–10 неделям в зависимости от размера рыб и условий среды (Маслобойщиков, Гамыгин, 1998; Щербина, Гамыгин, 2006). Применение кормов без каротиноидов экономически

нецелесообразно, так как цвет мяса у рыб становится бледным, и поэтому товарная продукция менее конкурентная на рынке сбыта (Маслобойщикова, 2016). Однако у астаксантина есть ряд недостатков, таких как способность окрашивать воду по всему объёму, растворяться и терять свои свойства. В связи с этим кормопроизводители находятся в постоянном поиске альтернативных аналогов. И в этой связи представляет большой интерес кормовая добавка «АстаПет 10%» (усилитель интенсивности окраски тканей рыб) производства Devi's Laboratories Limited, Divi's Nutraceuticals, Индия. Данная добавка входит в реестр разрешённых кормовых добавок Россельхознадзора и предназначена для применения с целью усиления интенсивности окраски икры и пигментации мяса рыб семейства лососевых (Электронный источник <https://galen.vetrf.ru/react/registry/feed/registry>). Производитель заявляет следующие преимущества «АстаПета 10%» перед кантаксантином или другими аналогичными кормовыми добавками: обладает высокой биологической активностью, отлично усваивается и удерживается клетками организма рыб, обеспечивая быстрый и стойкий эффект усиления окраски, для производства применяется специальный технологический процесс – спрей-драй, это высушивание методом распыления в защитной матрице, этот процесс защищает «АстаПет 10%» от окисления, придает ему высокую стабильность в приготовляемых кормах, обеспечивает стабильную пигментацию, идеально подходит для обогащения экструдированного корма, обеспечивая стойкую пигментацию даже при самой интенсивной экструзии, не растворяется в холодной воде, не окрашивает воду, сохраняет свои свойства. В связи с этим работы по изучению влияния «АстаПет 10%» на ха-

ра характеристики выращиваемых рыб в условиях аквакультуры весьма актуальны.

Целью исследований стало проведение изучения физиологического состояния форели, в том числе состояния внутренних органов, показатели крови и её товарные качества, под влиянием кормовой добавки «АстаПет 10%» (усилителя интенсивности окраски тканей рыб) в российских специализированных комбикормах для форели фирмы ООО «ПРОМЕТРИКА» (Россия, г. Саратов).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-исследовательская работа по экспериментальному выращиванию двухлеток радужной форели с использованием опытного образца корма фирмы ООО «ПРОМЕТРИКА» проходила в ООО «Летеа» (Обособленное подразделение научно-производственная база «Рыбопитомник «Духовницкое»), расположенном в Саратовской области, Духовницкий район, р.п. Духовницкое, в 2022 г. Специализированные лабораторные работы были осуществлены в условиях производственной лаборатории «Рыбопитомника «Духовницкое»» и научно-испытательной лаборатории ихтиопатологических исследований и комплексной апробации препаратов (ЛИКАП) ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева» (г. Астрахань).

Для проведения экспериментального кормления были отобраны двухлетки радужной форели *Oncorhynchus mykiss* длиной $SL - 27,5 \pm 0,9$ см, длиной $TL - 29,10 \pm 1,0$ см, массой – $293,10 \pm 35,7$ г в количестве 500 экз. и рассажены в три бассейна по 166, 166, 168 экз. соответственно. Ежедневно за подопытными рыбами специалистами было организовано наблюдение за состоянием и

поведением, контроль за гидролого-гидрохимическим режимом, расчёт рациона и кормление согласно листам кормления, уход за рыбоводными ёмкостями. Для предотвращения выпрыгивания рыбы рыбоводные ёмкости сверху были затянуты сетью (рис. 1). Для оценки физиологического состояния молоди форели специалистами проводилось комплексное ихтиопатологическое обследование, состоящее из клинического осмотра, патологоанатомического вскрытия, гематологического обследования.

Клиническому обследованию подвергались 100 экз. рыб. Патологоанатомическое вскрытие, гематологические анализы были проведены перед началом, в середине и в конце введения в рацион опытного корма. Выборка составила по 10 экз. рыб (для каждого этапа), у которых была отобрана кровь (из хвостовой вены путем отсечения хвостового стебля). Для каждой особи было изготовлено по 2 мазка крови (метод окрашивания по Романовскому-Гимзе, на каждом мазке крови просматривали по 1000 эритроцитов и 200 лейкоцитов), определён уровень гемоглобина (гемиглобинцианидным методом на приборе «Микролаб 540»), скорость оседания эритроцитов (на СОЭ-метре Панченкова ПР-3), количество эритроцитов (камера Горяева). Все исследования проводили согласно общепринятым методикам (Правдин, 1966; Лабораторный практикум по болезням рыб, 1983; Иванова, 1983; Житенева и др., 1989; Житенева, 1999; Методические указания по проведению гематологического обследования рыб, 1999). Активность основных поведенческих реакций у рыб за всё время наблюдения проводили по пятибалльной шкале, где: 0 баллов – отсутствие реакции у 100% рыб в группе; 1 балл – наличие выраженной реакции

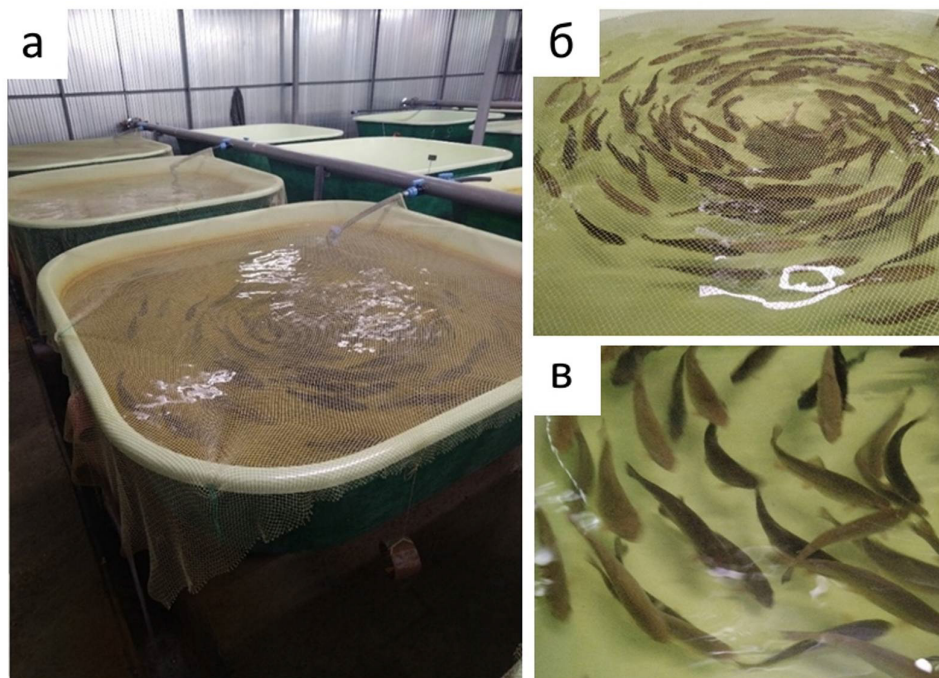


Рис. 1. Бассейновый цех НПБ «Рыбопитомник Духовницкое», в котором было осуществлено экспериментальное выращивание молоди форели, р. п. Духовницкое (Саратовская обл.), 2022 г.: а – внешний вид бассейна с затянутой сетью для предотвращения выпрыгивания, б – в – внешний вид молоди форели в бассейне.

у 25,0% рыб в группе; 2 балла – наличие выраженной реакции у 50,0% рыб в группе; 3 балла – наличие выраженной реакции у 75,0% рыб в группе; 4 балла – наличие выраженной реакции 100% рыб в группе.

Оценку степени окраски мышечных волокон у рыб проводили в соответствии с системой оценки цвета рыбы семейства лососевых DSM SalmoFan, представляющей собой набор (веер) из 15 эталонов цвета (с номерами 20–34), имеющих цвет от светло- до тёмно-оранжевого, каждому из которых присвоен определённый номер (Dissing et al., 2012).

Оптические работы проводили с использованием стереоскопического микроскопа МБС-10 и биологического микроскопа «Olympus CX43RF N2». Микрофотосъёмка биологических препаратов осуществлена с помощью видеокамеры к микроскопу ADF4KLIVE.

Опытное выращивание форели в ходе экспериментального кормления проходило с соблюдением всех технологических норм и оптимальных показателей воды в бассейновом цехе (Castell, Tiew, 1979; Купинский и др., 1986; Цуладзе, 1990; Китаев и др., 2005; Крюков, Зарубин, 2011; Камилов, Халилов, 2014; Рекомендации по выращиванию..., 2016; Пономарев и др., 2017; Жигин, Максименкова, 2020). На протяжении всего периода содержания основу кормового рациона молоди форели составлял специализированный гранулированный корм фирмы ООО «ПРОМЕТРИКА» с содержанием кормовой добавки «АстаПет 10%» в концентрации 50 мг/кг корма. Расчёт суточной нормы корма осуществляли с учётом коэффициентов, рекомендованных фирмой производителем. В соответствии с общепринятой технологией выращивания и по рекомендации производителе-

ля корма суточную норму кормления молоди форели во время первого этапа эксперимента при содержании в бассейнах определяли в количестве от 1,5 до 3,0% от массы рыб, кормление рыб осуществляли шесть раз в день.

Полученные результаты подвергали статистической обработке при помощи стандартного пакета программ Microsoft Excel 2016, в том числе осуществлён расчёт средних величин (в указании среднего значения после знаков «±» (по тексту) приведена стандартная ошибка).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Активность поведенческих реакций у молоди форели во время экспериментального кормления (реакции на шумовой и тактильный раздражители, а также на корм и тень) представлена в таблице 1.

Клиническое обследование и патологоанатомическое вскрытие радужной форели в период проведения экспериментального кормления показало, что кожные покровы и плавники рыбы были целостными, слизеотделение нормальное. Слизь была прозрачная, тяну-

щаяся, однородной консистенции. При патологоанатомическом вскрытии отмечено, что жабры были красного цвета, с ровными краями. Слизь на жабрах была густая прозрачная, без запаха. Желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) был без повреждений, с прозрачными, целостными стенками. У всех рыб ЖКТ был наполнен, наполняемость в течение эксперимента варьировала от 60 до 95%. Печень была коричневого цвета, нормального размера и формы, упругая. Желчный пузырь был наполнен, с прозрачными стенками, желчь была соломенного цвета. Почки были нормальной формы, цвета, консистенции, кровенаполнены. Селезёнка была треугольной формы или в виде вытянутого тяжа, бордового цвета, нормальной консистенции. Сердце было без патологий. В начале эксперимента гонады не визуализировались, в конце – выглядели в виде тяжёлой молочно-оранжевого цвета. Мышцы были упругие, без повреждений. Паразитические организмы на поверхности тела (слизи) форели и во внутренних органах не были обнаружены. Расположение ор-

Таблица 1. Активность поведенческих реакций радужной форели во время эксперимента, НПБ «Рыбопитомник Духовницкое», р. п. Духовницкое (Саратовская обл.), 2022 г.

| Дата | Реакция на шумовой раздражитель, баллы (0–4) | Реакция на тактильный раздражитель, баллы (0–4) | Реакция на тень, баллы (0–4) | Реакция на корм, баллы (0–4) |
|---------------|--|---|------------------------------|------------------------------|
| 07.05.2022 г. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 15.05.2022 г. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 01.06.2022 г. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 15.06.2022 г. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 28.06.2022 г. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 15.07.2022 г. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 01.08.2022 г. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 15.08.2022 г. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 01.09.2022 г. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 15.09.2022 г. | 4 | 4 | 4 | 4 |

ганов рыб было анатомически правильным, а степень развития – соразмерной возрастной группе.

Результаты гематологических исследований представлены в таблице 2.

Физиологическое состояние особей форели оценивали по комплексу гематологических показателей, среди которых отмечено, что только уровень гемоглобина был не стабильным и на некоторых этапах находился у нижних границ нормы.

Оценка степени окрашивания тканей рыбы. Оценке цвета мышечных волокон при выращивании форели уделяется большое внимание ввиду того, что это признак является важным для определения её товарных качеств. Так, в 1989 г. была разработана система оценки цвета рыбы семейства лососевых DSM SalmoFan (Dissing et al., 2012), исследования с применением которой проводились многими авторами (Forsberg et al., 2006;

Таблица 2. Гематологические показатели радужной форели во время эксперимента, НПБ «Рыбопитомник Духовницкое», р. п. Духовницкое (Саратовская обл.), 2022 г.

| Показатели | Референсные значения ¹ | Дата | | |
|---|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 07.05.2022 г. | 28.06.2022 г. | 15.09.2022 г. |
| Гемоглобин, г/л | 84,6–100 | 74,80±4,40 | 87,90±1,93 | 73,62±5,12 |
| СОЭ, мм/ч | 2–4 | 3,70±0,42 | 3,30±0,56 | 4,13±0,91 |
| Кол-во эритроцитов, млн/мм ³ | 1,1–1,35 | 1,34±0,08 | 1,31±0,09 | 1,04±0,20 |
| Эритробласты, % | Суммарно в пределах 10,6 | 0,03±0,02 | 0,09±0,04 | 0,20±0,06 |
| Базофильные нормобласты, % | | 3,35±0,32 | 3,43±0,40 | 1,38±0,38 |
| Полихроматофильные нормобласты, % | | 5,15±0,49 | 5,33±0,58 | 4,19±0,67 |
| Зрелые эритроциты, % | Не менее 81,9 | 91,47±0,71 | 91,15±0,94 | 94,36±0,97 |
| Ядерные (эритроцитарные) тени, %** | Суммарно не более 5 ³ | 1,95±0,25 100,0 | 1,11±0,19 100,0 | 1,35±0,25 100,0 |
| Микроядерные включения в эритроцитах, %** | | - | - | 0,13±0,06 62,5 |
| Пикноз ядра эритроцита, %** | | - | 0,40 10,0 | 0,01 12,5 |
| Инвагинация ядра эритроцита, %** | | 0,25±0,15 30,0 | - | 0,18±0,10 25,0 |
| Кариорексис ядра эритроцита, % ² | | - | 0,20 10,0 | - |
| Пойкилоцитоз эритроцита, %** | | - | 0,48±0,17 50,0 | - |
| Анизоцитоз (микро) эритроцита, %** | | 0,52±0,15 25,0 | 0,49±0,11 30,0 | - |
| Лимфоциты (бластные формы и зрелые), % | 77,0–92,6 | 87,20±3,37 | 88,30±2,34 | 88,25±2,09 |
| Нейтрофилы (юные и зрелые), % | 5,0–22,0 | 9,40±2,81 | 9,80±1,82 | 8,50±1,72 |
| Моноциты, % | 2,1–4,9 | 3,40±0,70 | 1,70±0,40 | 3,86±0,59 |

Примечание: 1 – Keen, et al., 1989; Житенева и др., 1989; 1997; Методические указания по проведению гематологического обследования рыб, 1999; Серпунин, 2010; Головина, Романова, 2019; 2 – в числителе % от общего количества эритроцитов, в знаменателе % рыб с патологией; 3 – норма приведена по % от общего количества эритроцитов.

Quevedo et al., 2010). Эта система предназначена для определения цвета лососевых видов рыб и позволяет сделать вывод о её цвете и качестве (рыба ярко-красного цвета более востребована потребителями, т.к. она воспринимается ими как продукт более высокого качества).

При оценке среза мышечного слоя радужной форели с использованием системы DSM SalmoFan степень окраски мышечных волокон рыб была изучена как на самих тушках рыб (рис. 2, а), так и отдельно на срезанных участках филе с кожей (рис. 2, б) и без кожи (рис. 2, в). Сделано это было для того, чтобы избежать искажения цвета в присутствии скелета, кожи, чешуи.

Перед началом кормления рыб опытным образцом корма цвет мышечных волокон исследованных особей имел светло-серый цвет. Постепенно по мере поедания корма у рыб в середине эксперимента стала заметна появляться характерная окраска рыб (рис. 3). Следует

отметить, что степень окрашивания у разных особей значительно варьировала – от едва заметного светло-оранжевого цвета (рис. 3, а, б, д) до оранжево-кораллового (рис. 3, е). Характерное окрашивание приобретали не только мышцы, но внутренние органы и полостной жир.

Окраска мышечного слоя в середине эксперимента появилась у всех предметно исследованных рыб с различной интенсивностью и находилась в диапазоне цветового ряда соответствующему номерам системы DSM SalmoFan 20–22 с преобладанием менее выраженного цвета (рис. 3, а, б, д). К концу эксперимента мышечные волокна всех обследованных рыб приобретали равномерное окрашивание, имели окраску аналогичного диапазона цветового ряда, однако цветовая гамма у большинства особей приобретала более выраженный спектр (рис. 3, е). Особи рыб с наиболее интенсивно окрашенными мышечными волокнами в свою очередь были более крупнее.

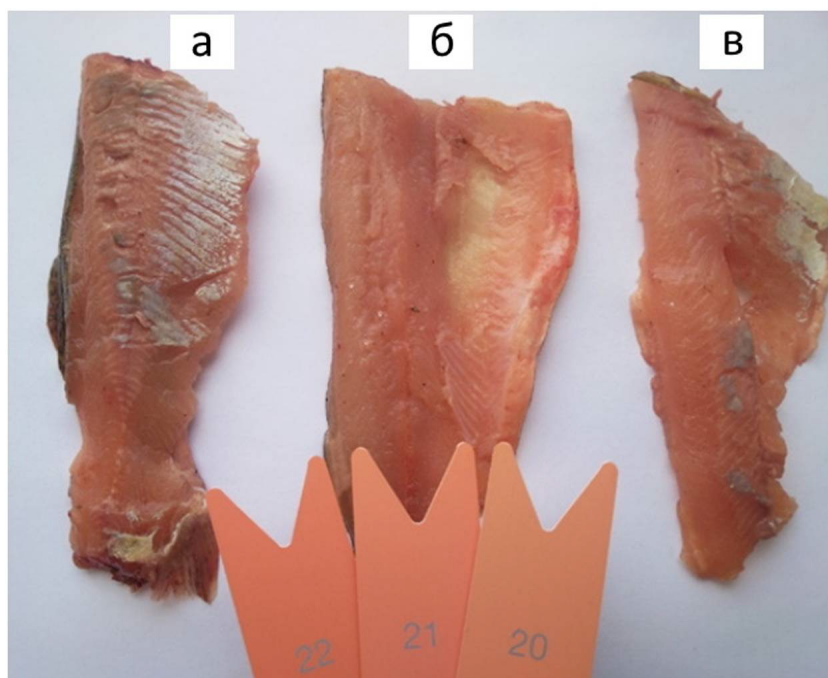


Рис. 2. Изучение степени окраски среза мышечного слоя молоди форели в конце эксперимента, НПБ «Рыбопитомник Духовницкое», р. п. Духовницкое (Саратовская обл.), 2022 г.: а – тушка рыбы, б – срезанный участок филе с кожей; в – срезанный участок филе без кожи.

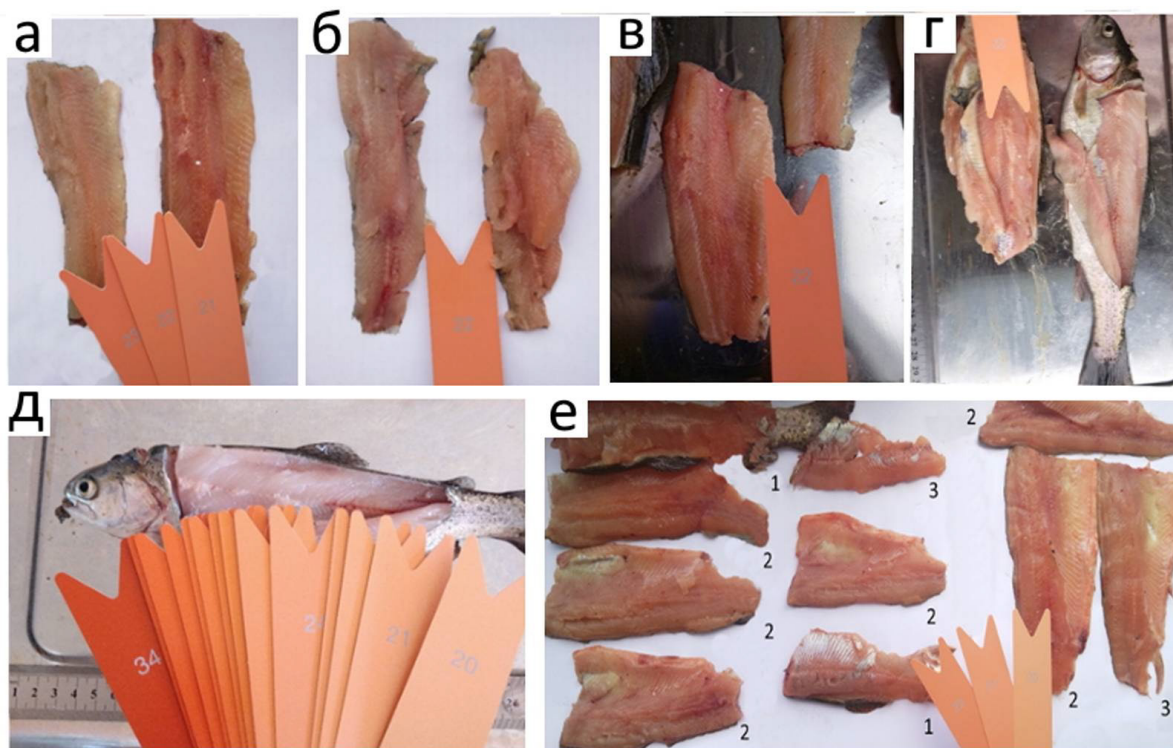


Рис. 3. Окраска среза мышечного слоя радужной форели во время эксперимента на НПБ «Рыбопитомник Духовницкое», р. п. Духовницкое (Саратовская обл.), 2022 г.: а – г – варианты окраски рыб в процессе эксперимента; д – окраска рыбы в начале эксперимента, тушка рыбы и расположенная рядом с ней система DSM SalmoFan со всей палитрой цветового ряда, е – окраска рыбы в конце эксперимента (1 – тушка рыбы, 2 – срезанный участок филе с кожей; 3 – срезанный участок филе без кожи).

ОБСУЖДЕНИЕ

В целом результаты клинического и патологоанатомического обследований свидетельствовали об удовлетворительном состоянии молоди форели в течение всего периода экспериментальной работы по апробированию предоставленного корма. Развитие опытной группы рыб проходило постепенно, без физиологических нарушений, отклонений и аномалий, что указывало на удовлетворительное функционирование дыхательной, пищеварительной, кровеносной, выделительной, половой систем, и на нормальную жизнедеятельность организма в целом.

Немного пониженный уровень гемоглобина у особей форели собранных в начале эксперимента в начале мая

(74,80 г/л) предположительно являлся кратковременным последствием стрессовой ситуации, связанной с транспортировкой рыбы. Как правило этот показатель снижается при стрессе, недостаточном питании, снижении кислорода в воде, загрязненности воды и других факторов. В середине эксперимента уровень гемоглобина у особей радужной форели был в пределах нормы. Через некоторое время в сентябре 2022 г. у исследованной форели было отмечено небольшое снижение этого показателя, как и количества эритроцитов по сравнению с особями форели, исследованной в июне 2022 г. (табл. 2). Вероятно это связано с осенним снижением температуры. При более низкой температуре растворимость кислорода в воде увели-

чивается. Соответственно уровень гемоглобина и эритроцитов снижается из-за высокой доступности кислорода. Кроме того обмен веществ рыб с понижением температуры может замедляться, что не могло не сказаться на уровне гемоглобина в сторону его уменьшения. Так же с понижением температуры кровь рыб сгущается. Так, у форели в этот период были обнаружены тромбоциты в количестве 20 шт. на 1000 эритроцитов, при этом в июне они встречались единично. Подобные сезонные изменения в крови форели отмечали и другие специалисты (Morgan et al., 2008).

Скорость оседания эритроцитов – показатель самопроизвольного осаждения красных клеток крови. Увеличение СОЭ является важным показателем наличия патологического процесса в организме, например при анемии или воспалении. Как видно из таблицы 2 у особей форели, исследованных как в начале, так в конце экспериментального кормления этот показатель входил в пределы физиологической нормы.

Количество эритроцитов в крови рыбы находится в тесной взаимосвязи с активностью рыбы и условиями её обитания. У исследованных особей форели в начале и конце эксперимента этот показатель входил в пределы нормы, что свидетельствует о вполне удовлетворительных условиях их содержания (табл. 2).

В периферической крови рыб, учитывая наличие переваскулярного кровотока, помимо зрелых форм эритроцитов, могут встречаться молодые формы – эритробласты, пронормобласты, базофильные и полихроматофильные нормобласты (Житенева и др., 1989; Житенева, 1999; Witeska et al., 2022). Нарушение их соотношения может свидетельствовать о наличии патологических процессов в организме рыбы. Однако у

исследованных особей радужной форели как в начале, так и в конце опытных работ доли молодых и зрелых эритроцитов соответствовали физиологической норме (табл. 2). Из молодых форм эритроцитов у радужной форели наиболее многочисленными были полихроматофильные нормобласты, эти клетки занимают промежуточное положение между базофильными нормобластами и уже зрелыми эритроцитами, имеют округлое вытянутое ядро с колесовидной структурой, цитоплазма занимает 2/3 объёма клетки, и они начинают активно накапливать гемоглобин (Житенева и др., 1989; Житенева 1999; Witeska et al., 2022).

Лейкограмма (лейкоцитарная формула) описывает соотношение клеток белой крови рыб – лейкоцитов. Главная функция лейкоцитов – защитная, ими обусловлены иммунные свойства организма рыбы (Житенева и др., 1989; Житенева, 1999; Witeska et al., 2022). У радужной форели, как в начале, так и в конце эксперимента обнаруженные лейкоциты были представлены гранулоцитами (юные и зрелые нейтрофилы) и агранулоцитами (юные и зрелые лимфоциты, моноциты). Наиболее многочисленными клетками были лимфоциты (табл. 2). Лимфоциты способны вырабатывать антитела, обладают цитотоксической, хелперной и супрессивной активностью. После них по численности были нейтрофилы, представленные бластной формой и сегментоядерными зрелыми клетками (табл. 2). Зрелые нейтрофилы главным образом обеспечивают фагоцитарную функцию крови. Наименьшей численностью среди лейкоцитов форели обладали моноциты (табл. 2). При воспалительных реакциях они мигрируют из кровяного русла в очаг воспаления и превращаются в макрофагов (Житенева и др., 1989; Житенева, 1999; Witeska

et al., 2022). Соотношение лейкоцитов в крови радужной форели в начале и конце эксперимента были в пределах физиологической нормы (табл. 2).

В крови форели, обследованной как в мае, так и в июне 2022 г. среди эритроцитов были обнаружены патологически измененные клетки (табл. 2, рис. 4). У всех особей встречались ядерные тени (рис. 4, а). Ядерная тень представляет собой оболочку эритроцитов, которая остается в результате процессов гемолиза. Так же были обнаружены клетки с анизоцитозом (изменение размера эритроцита), пойкилоцитозом (изменение формы эритроцита). Единично обнаружены клетки с микроядрами (рис. 4, б, в), инвагинацией ядра (рис. 4, г, д), пикнозом ядра (сморщивание клеточного ядра в виде конденсации его хроматина) (рис. 4, е), кариорексисом (распад клеточного ядра на части). Несмотря на то, что у многих рыб были обнаружены клетки с патологическими изменениями, встречаемость таких клеток не превышала 2–3% от общего числа эритроцитов, что свидетельствует об отсутствии патологических процессов в

организме радужной форели в период проведения эксперимента.

Исследования с применением системы SalmoFan были осуществлены многими авторами и показали свою эффективность (Forsberg et al., 2006; Quevedo et al., 2010). Поэтому данная система способна полноценно описать динамику появления и закрепления окраски тканей (с регистрацией цветового диапазона) выращиваемых рыб – объектов аквакультуры. В целом, результаты исследования товарных качеств радужной форели в течение экспериментального кормления, свидетельствовали о том, что при использовании специализированного форелевого корма фирмы ООО «ПРОМЕТРИКА», в ходе бассейнового выращивания рыбы, требуемая окраска её мышечных волокон появлялась впервые в течение двух месяцев с начала использования корма у всех рыб (с разной интенсивностью проявления) и сохранялась в дальнейшем при продолжении использования в рационе испытываемого корма. К концу эксперимента мышечные волокна всех обследованных рыб приобретали равномерное окрашивание. Наиболее интенсивный

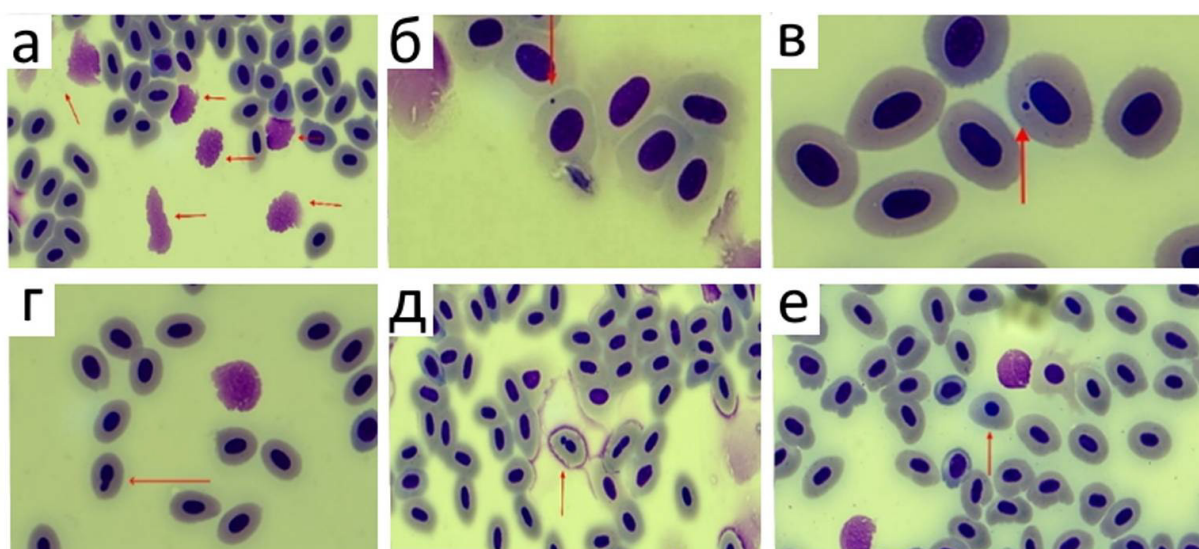


Рис. 4. Патологические изменения эритроцитов радужной форели: а – ядерные тени; б, в – микроядро; г, д – инвагинация ядра; е – пикноз.

цвет приобретаемый рыбами большего размера, предположительно связан с их увеличенным объёмом поедаемого корма и, соответственно, более равномерным проникновением и закреплением красителя в мышечных волокнах.

Таким образом, результаты проведённого экспериментального выращивания двухлеток радужной форели с применением корма фирмы ООО «ПРОМЕТРИКА» в условиях бассейнового цеха НПБ «Рыбопитомник Духовницкое» (р.п. Духовницкое, Саратовская обл.) свидетельствовали о том, что физиологические характеристики, товарные показатели выращиваемых объектов в целом были в близких числовых значениях с физиологической нормой. Морфофизиологические показатели рыб и степень окраски их мышечных волокон подтверждали положительный эффект применения кормов, содержащих кормовую добавку «АстаПет 10%», в качестве усилителя интенсивности окраски тканей рыб. В целом на основе полученных данных можно сделать заключение об удовлетворительных рыбоводных показателях предоставленного опытного образца корма ООО «ПРОМЕТРИКА» с кормовой добавкой «АстаПет 10%» в концентрации 50 мг/кг корма, что позволяет рекомендовать данный препарат к использованию на заводах по производству кормов для форели и в дальнейшем – на рыбоводных предприятиях, занимающихся их выращиванием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Головина Н.А., Романова Н.Н. Лабораторный практикум по физиологии рыб: Учебное пособие. СПб.: Изд-во «Лань», 2019. 136 с.
- Жигин А.В., Максименкова А.А. Опыт форелеводства в замкнутых системах // Мат. межд. науч.- практ. конф. «Новейшие генетические технологии для аквакультуры». М.: Изд. «Перо», 2020. С. 185–193.
- Житенева Л.Д. Экологические закономерности ихтиогематологии. Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 1999. 56 с.
- Житенева Л.Д., Полтавцева Т.Г., Рудницкая О.А. Атлас нормальных и патологически изменённых клеток крови рыб. Ростов-на-Дону: Ростовское книжное изд-во, 1989. 110 с.
- Житенева Л.Д., Рудницкая О.А., Калужная Т.И. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб: Справочник. Ростов-на-Дону: Изд-во «Молот», 1997. 152 с.
- Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб). М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 184 с.
- Камилов Б.Г., Халилов И.И. Разведение форели в условиях Узбекистана: практические рекомендации для фермеров. Ташкент: Изд-во «Baktria press», 2014. 96 с.
- Китаев С.П., Ильмаст Н.В., Михайленко В.Г. Кумжи, радужная форель, гольцы и перспективы их использования в озёрах Северо-запада России. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. 110 с.
- Крюков В.И., Зарубин А.В. Рыбоводство. Садковое выращивание радужной форели в Центральной России. Орёл: Изд-во «Автограф», 2011. 32 с.
- Купинский С.В., Баранов С.А., Резников В.Ф. Радужная форель – предварительные параметры стандартной модели массонакопления // Сб. науч. тр. «Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах. Вып. 46». М.: ВНИИПРХ, 1986. С. 109–115.
- Лабораторный практикум по болезням рыб / под ред. В.А. Мусселиус. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 296 с.
- Максимова О.С. Эффективность использования кормовой добавки «Абиопептид» в кормлении радужной форели: Автореферат. дис. ...канд. сельск.-хоз. наук. Саранск: Морд. гос. ун-т им. Н.П. Огарева, 2017. 18 с.
- Маслобойщиков В.С., Гамыгин Е.А. Каротиноиды в кормах для лососевых // Рыбоводство и рыболовство. 1998. № 1. С. 21.

Маслобойщикова В.В. Продуктивные качества производителей двух форм форели и их потомства, выращенных на тёплых сбросных водах АЭС: Автореф. дис. ...канд. сельск.-хоз. наук. М.: Рос. гос. аграрн. ун-т, 2016. 21 с.

Методические указания по проведению гематологического обследования рыб (утв. 02 февраля 1999 г. № 13-4-2-/1487 Министерством сельского хозяйства и природопользования Российской Федерации) // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. Ч. 2. М.: Отд. маркетинг. АМБ-агро, 1999. С. 69-97.

Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура: Учебник. СПб: Издательство «Лань», 2017. 440 с.

Постановление Правительства РФ № 996 от 28.08.2017 г. «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг.».

Правдин И.И. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.

Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбоводных промышленных комплексах (с временными нормативами) / под ред. Н.В. Барулина. Горки: БГСХА, 2016. 180 с.

Серпунин Г.Г. Гематологические показатели адаптаций рыб: Монография. Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. 460 с.

Цуладзе В.Л. Бассейновый метод выращивания лососевых рыб: на примере радужной форели. М.: Агропромиздат, 1990. 156 с.

Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: ВНИРО, 2006. 360 с.

Электронный источник <https://galen.vetrfr.ru/react/registry/feed/registry>.

Castell J.D., Tiews K. Report of the EIFAC, IUNS and ICES Working Group on the standardization of the methodology in fish nutrition. Hamburg (Federal Republic of Germany, March 21-23, 1979) EIFAC Tech. pap. 36. 1979. P. 1-24.

Dissing B.S., Nielsen M.E., Ersboll B.K. et al. Multispectral imaging for determination of astaxanthin concentration in salmonids // PLoS One. 2012. № 6 (5). P. 19-32.

Forsberg O.I., Guttormsen A.G. A pigmentation model for farmed Atlantic salmon: Nonlinear regression analysis of published experimental data // Aquaculture. 2006. V. 253, Is.1-4. P. 415-420.

Keen J.E., Steele A.M.C., Houston A.H. The circulating erythrocytes of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Physiology. 1989. V. 94. № 4. P. 699-711.

Morgan A.L., Thompson K.D., Auchinchie N.A., et al. The effect of seasonality on normal haematological and innate immune parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* L. // Fish & Shellfish Immunology. 2008. V. 25(6). P. 791-799.

Quevedo R.A., Aguilera J.M., Pedreschi F. Color of salmon fillets by computer vision and sensory panel // Food Bioprocess Technol. 2010. № 3 (5). P. 637-643.

Witeska M.E., Kondera K., Lugowska B. et al. Hematological methods in fish – not only for beginners // Aquaculture. 2022. V. 47. P. 374-398.

AQUACULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION

**FEATURES OF THE PHYSIOLOGICAL STATE
AND COLOR OF THE RAINBOW TROUT *ONCORHYNCHUS
MYKISS* (SALMONIDAE) USING THE FEED ADDITIVE
«ASTAPET 10%» IN SPECIALIZED TROUT FEED**

© 2023 г. А.В. Konkova^{1,2}, I.A. Bogatov^{1,2}, D.R. Faizulina¹,
Yu. M. Shirina¹, E.N. Petruchik², A.V. Rezepova^{3,4}

1 – Astrakhan Tatishchev State University, Russia, Astrakhan, 414056

*2 – LLC «Letea» Separate subdivision research and production base «Fish hatchery»
Dukhovnitskoe», Russia, Samara, r. Dukhovnitskoye settlement (Saratov region), 443110*

3 – LLC «PROMETRIKA», Russia, Saratov, 410040

*4 – Saratov State University of Genetics, Biotechnology
and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia, Saratov, 410012*

The article presents generalized results of the experimental rearing of two-year-old rainbow trout using specialized trout feed by LLC «PROMETRIKA» in the conditions of the pool workshop of the scientific and production base Dukhovnitskoye Fish Farm (R. Dukhovnitskoye, Saratov Region) in 2022. An assessment of changes is given morphophysiological characteristics of fish and commercial qualities, mainly the degree of coloration of muscle fibers, with the help of which the efficiency of using the experimental feed with the content of the feed additive «AstaPet 10%» was determined. On the basis of the data obtained, it can be concluded that the use of this preparation, which enhances the color intensity of fish tissues in the feed of LLC «PROMETRIKA», has a positive effect, which allows us to recommend this preparation for use in factories for the production of feed for trout and, later on, in fish breeding enterprises engaged in their production grow.

Keywords: rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), feed additive «AstaPet 10%», degree of coloration of muscle fibers, feed, leukocyte formula, erythrocytes, hemoglobin.