

На правах рукописи

РГБ ОД

10 мая 2000

ЩЕРБАКОВ
Денис Алексеевич

**РОСТ И МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ КРАСНОЙ ТИЛЯПИИ
(*OREOCHROMIS MOSSAMBICUS* X *O. NILOTICUS*),
ВЫРАЩИВАЕМОЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
ЗНАЧЕНИЯХ PH ВОДЫ**

Специальность 06.02.04. – Частная зоотехния, технология
производства продуктов животноводства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва 2000

Работа выполнена в Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (МСХА)

Научные руководители:

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ВЛАСОВ В.А.

Кандидат биологических наук, доцент
ИВАНОВ А.А.

Официальные оппоненты:

– доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Раденко В.Н.

– кандидат сельскохозяйственных наук
Липпо Е.В.

Ведущая организация:

Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства

Защита состоится «16» апреля 2000 года в 16⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д.120.35.05. в Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева

Адрес: 127550, Москва, И-550, ул. Тимирязевская, 49.
Ученый совет МСХА.

С диссертацией можно ознакомиться в ЦНБ МСХА

Автореферат разослан «23» марта 2000 г.

Ученый секретарь
диссертационного
совета - доцент



К. Н. Калинина

1729.8 Тимирязев -28,0

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

1.1. Актуальность исследований. Перспективным объектом современной тепловодной аквакультуры являются тилапии. Такие виды тилапий как: *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus*, *O. aureus* и т.д., а также их гибриды, в том числе красная тилапия, обладают следующими ценными качествами: быстрый рост, неприхотливость к условиям содержания, высокая резистентность ко многим заболеваниям, всеядность, вкусное мясо, отсутствие межмышечных косточек, легкое размножение, возможность выращивания при высоких плотностях посадки, и т.д. (Боронецкая, 1995; Привезенцев, Соколов, Маркин, 1985; Соколов, Фомичев, 1989; Neiland, Goddard, McGregor, 1990; Sanchez-Chavez, Bravo-Inclan et al.; 1995).

В нашей стране пройден лишь первый этап внедрения технологических разработок выращивания отдельных видов тилапии. Перспективы расширения производства тилапии в нашей стране связаны с разработкой индустриальных технологий воспроизводства и выращивания этих рыб, созданием высокопродуктивных линий и гибридных форм, что требует более глубокого изучения видовых особенностей тилапии (Бугаец, 1999).

Известно, что показатель рН воды – это один из наиболее важных факторов внешней среды, влияющих на физиологическое состояние рыб, как в природных экосистемах, так и при выращивании в условиях аквакультуры. рН внутренней среды организма является важнейшей константой гомеостаза. Активность ферментов в организме зависит от значения рН растворов, в которых они работают, т.е. от рН среды организма. Изменение рН крови всего на 0,2 единицы может вызвать блокирование работы ферментов и сопряжено, таким образом, со смертельным риском. Однако такие изменения рН внутри организма животного бывают крайне редко, так как на страже поддержания этого показателя на относительно постоянном уровне (7,3...7,5) стоят емкие буферные системы. Рыбы, в отличие от прочих животных, обитают в водной среде, т.е. в растворе, рН которого может меняться в широких пределах. Механизм защиты от воздействия неблагоприятных значений рН внешней среды у рыб изучен плохо (Калашников, 1939; Зеленников, 1997; Щербаков, Власов, Иванов и др., 1999).

Уровень рН в рыбоводных прудах подвержен значительным колебаниям в течение суток. В условиях оборотных систем индустриального рыбоводства в результате микробиологических процессов биофильтрации может происходить снижение щелочности воды и соответственно падение рН (Masser, Rakocy, Losordo, 1998). В связи с промышленным загрязнением рН естественных водоемов также претерпевает значительные изменения в последнее время.

Например, многие водоемы становятся все более кислыми из-за выпадения кислотных дождей (Baltes, Nagel, 1995).

Сведения по устойчивости красной тилапии к воздействию различных уровней рН в научной литературе практически отсутствуют.

В связи с этим целью работы являлось комплексное изучение влияния различных значений рН воды на продуктивные качества и физиологическое состояние тилапий.

Цель и задачи исследований:

Исходя из вышеуказанной цели, были поставлены следующие задачи:

Провести выращивание молоди красной тилапии, а также выращивание товарной рыбы в бассейновых условиях с различными значениями рН воды, при этом изучить:

воздействие рН на рост тилапий;

использование ими корма;

поведение рыб;

изменение устойчивости к стрессам;

морфометрические показатели;

потребление кислорода;

параметры крови,

а также на химический состав мышц и внутренних органов;

определить сублетальные границы рН воды для красной тилапии.

Научная новизна исследований. Впервые комплексно изучено влияние рН воды на физиологическое состояние и продуктивные качества красной тилапии при выращивании в бассейнах. Была установлена их высокая устойчивость к данному фактору среды и подтверждена возможность их выращивания в условиях с высоким уровнем колебания этого показателя, в которых большинство других объектов аквакультуры погибают.

1.4.Практическое значение результатов.

Определен рекомендуемый диапазон значений рН воды для выращивания красной тилапии.

1.5.Апробация работы. Материалы работы доложены на научных конференциях молодых ученых МСХА 1998, 1999 г.г.; на 2-ом международном симпозиуме «Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре», Краснодар, 1999; на международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития аквакультуры», Беларусь, г. Горки, 1999.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ.

1.7.Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, двух экспериментальных глав, заключения, выводов и списка

литературы. Работа изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 31 таблицу и 10 рисунков. Список литературы включает в себя 242 источника, из которых 186 иностранных.

2.МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были проведены в лаборатории кафедры рыбоводства Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева в 1998...1999 гг. Объектом исследований была красная тилapia – гибрид *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* массой от 2 до 200 г. Для достижения поставленных целей были проведены 2 опыта. В первом опыте выращивали молодь с 2 до 25 г (табл. 1). Во втором опыте преследовали цель вырастить товарную рыбу (табл. 2). И в первом и во втором опыте были сформированы пять опытных групп рыбы, условия выращивания которых, отличались лишь по значению рН воды в бассейне. Использовались бассейны объемом по 250 л. В каждом из них поддерживали определённое значение рН воды. Во всех вариантах поддерживали одинаковую температуру (26 °С) и содержание кислорода (4,5-5,0 мг/л). С целью недопущения накопления азотистых веществ осуществляли подмену и очистку воды. Рыб кормили полноценными комбикормами производства фирмы Provimi, высокое качество которых было подтверждено исследованиями ряда авторов (Липпо, Лабенец, 1999). В опыте по выращиванию молоди для кормления рыбы применяли маятниковые автокормушки. При выращивании товарной тилпии рыб кормили комбикормом по поедаемости 6 раз в сутки.

Таблица 1
Выращивание молоди красной тилпии (опыт 1).

Показатель	Номер бассейна				
	1	2	3	4	5
	рН (3,5-5,0)	рН (5,0-6,7)	рН (6,7-7,4)	рН (7,4-8,2)	рН (8,2-9,5)
Объём бассейна, л	250	250	250	250	250
Продолжительность опыта, сут	60	60	60	60	60
Начальная масса рыбы, г	2,61	2,76	2,99	2,95	3,09
Плотность посадки: шт/бассейн	54	54	54	54	54
	шт/м ³	216	216	216	216
Кормление	(«Дельта 22» комбикорм производства фирмы PROVIMI)				

В ходе эксперимента, еженедельно устанавливали интенсивность роста, эффективность использования корма, а каждые двадцать дней определяли экстерьерные показатели.

Таблица 2

Выращивание товарной красной тилапии (опыт 2).

Показатель	Номер бассейна				
	1 pH (3,5-5,0)	2 pH (5,0-6,7)	3 pH (6,7-7,4)	4 pH (7,4-8,2)	5 pH (8,2-9,5)
Объем бассейна, л	250	250	250	250	250
Продолжительность опыта, сут	150	150	150	150	150
Начальная масса рыбы, г	25,29	24,61	24,84	24,53	24,4
Плотность посадки: шт/бассейн	35	35	35	35	35
	шт/м ³	140	140	140	140
Кормление	(Аквагроуер "SP-6" комбикорм производства фирмы PROVIMI)				

В течение опытов проводили изучение стандартного обмена (Строганов, 1962) и постоянное наблюдение за поведением рыб.

В конце опытов были проведены гематологические (Голодец, 1964; Георгиевский, 1976; Остроумова, 1957; Иванова, 1983) биохимические (Щербина, 1971; Лебедев, Усович, 1976), морфометрические исследования (Правдин, 1966; Привезенцев, 1991, Смирнов, Рыжков, Добринская, 1972), а также исследования сублетальных границ pH воды для красной тилапии и ее устойчивости к стрессфакторам.

Полученные результаты были обработаны биометрически с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2000 согласно общепринятым методикам (Плохинский Н.А., 1980).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как показали наши исследования, pH оказывает существенное влияние на продуктивные качества и физиологическое состояние тилапий. Естественно, что лучшие показатели были получены при pH, близкой к нейтральной. Но на подкисление и подщелачивание воды реакция рыбы была неодинаковой.

3.1. Характеристика роста и развития рыб

3.1.1. Динамика роста молоди

Рост тилапий подвержен значительному воздействию со стороны активной реакции среды выращивания (рис. 1). Наименьшая скорость роста и соответственно, наименьшая конечная масса тела отмечена у молоди тилапий, выращиваемой в сильно щелочной воде (pH 8,2-9,5). Существенных различий по

конечной массе между другими опытными группами не установлено. Даже у тилапий в бассейнах с сильно кислой водой этот показатель был близок к рыбам, выращенным в более благоприятных в отношении водородного показателя условиях. Отчасти это обусловлено высокой устойчивостью молоди красной тилапии к низким значениям рН, частично более низким уровнем выживаемости рыб в этом варианте опыта (85 %). При этом погибали наиболее ослабленные и мелкие особи. Что и привело к повышению средней массы рыб в этом варианте опыта.

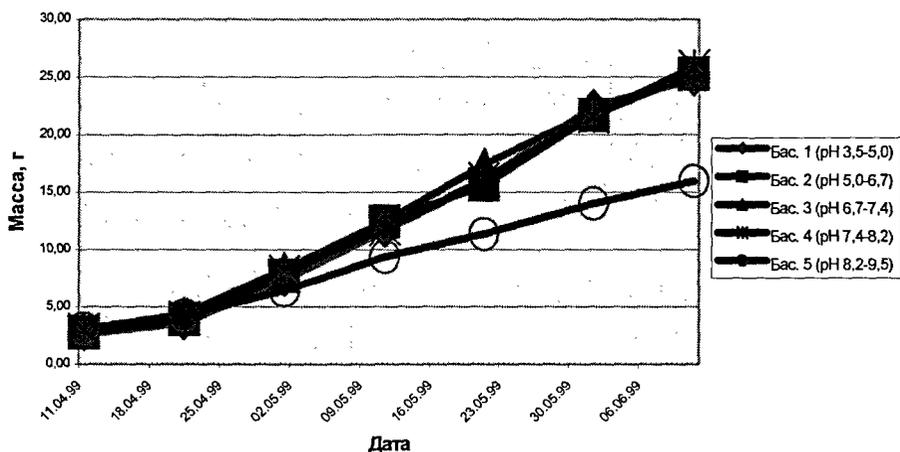


Рис. 1. Динамика роста молоди тилапии при различных значениях рН воды

В остальных опытных группах выход рыб составил либо 100 % (умеренно кислая и нейтральная вода), либо был близок к данному показателю, т.е. в умеренно щелочной воде (96 %) и сильно щелочной (98 %).

3.1.2. Динамика роста товарной рыбы

При выращивании товарной тилапии различия в скорости роста были более значительными, чем при выращивании молоди. Однако, первые две декады опытного периода отставание по массе у рыб в сильно кислой воде от тилапий из благоприятных условий выращивания практически отсутствовало. Лишь по истечению первых 20 дней различия в росте стали достоверными (рис. 2).

Более существенные различия по массе рыб в конце опыта связаны с тем, что выращивание товарной тилапии было в 2,5 раза продолжительнее, чем

выращивание молоди, т.е. стресс от воздействия рН воды при выращивании товарной тилапии принял хроническую форму. Наибольшей конечной массы (200 г) по истечении 5 месяцев выращивания тилапии достигли в нейтральной воде. Несколько хуже росли рыбы в умеренно щелочной и умеренно кислой воде, достигнув соответственно конечной массы 180 и 163 г. В сильно кислой воде тилапии достигли массы, в два раза меньшей, чем в нейтральной – 101 г. Наименьшая скорость роста и наименьшая конечная масса были отмечены, как и в первом опыте в сильно щелочной воде (78 г).

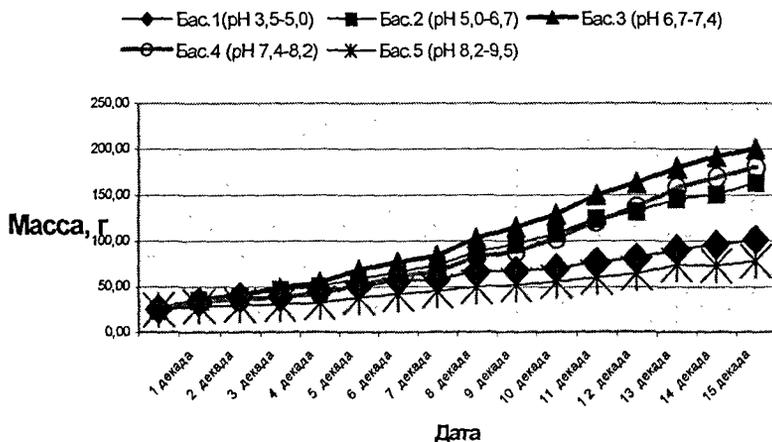


Рис. 2. Рост товарной тилапии при разных значениях pH воды

Выживаемость рыб была равна 100 % во всех опытных группах, за исключением сильно кислой воды (83 %). Гибель рыб в варианте с кислой водой происходила, как правило, после проведения контрольных обловов, т.е. тилапии не выдерживали дополнительного стресса, вызванного гипоксией и манипуляциями при взвешиваниях и измерениях. Как и в опыте по выращиванию молоди, средняя масса товарной рыбы в сильно кислой воде возросла из-за гибели наиболее ослабленных мелких особей. Таким образом, pH воды является сдерживающим фактором роста для красной тилапии.

3.2. Эффективность использования корма

Как показали наши исследования, красная тилапия эффективно использовала корм при всех опытных значениях pH (рис. 3).

Наиболее эффективно использование корма было в умеренно щелочной и нейтральной воде. По мере сдвига pH воды в сторону неблагоприятного диапазона затраты корма возрастали. Это связано со снижением потребления корма.

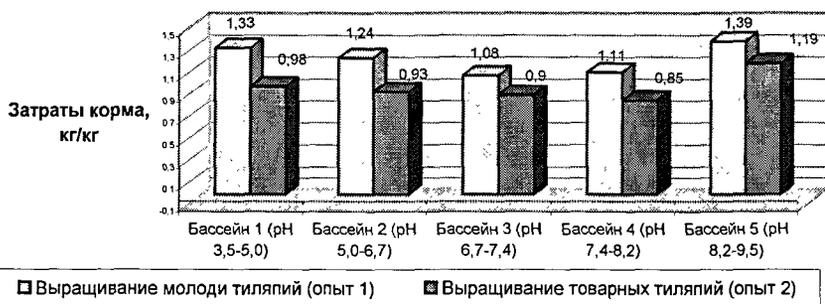


Рис. 3. Затраты корма за период выращивания рыбы при разных значениях pH воды

С замедлением роста относительная доля энергии корма, затрачиваемая на поддержание жизнедеятельности увеличивалась, а доля энергии, затрачиваемая на прирост массы тела снижалась. Таким образом, эффективность использования энергии корма снижалась. Об этом свидетельствуют также данные Раденко, В.Н., Радишева, О.А, Тереньтева П.В. и др. (1988).

3.3. Экстерьерно-интерьерные показатели

3.3.1. Индексы телосложения рыб при изменениях pH среды

Экстерьерная оценка играет важную роль при разведении сельскохозяйственных животных, в частности рыб. Как и в случае с массой тела, на индексы телосложения молоди тилапий pH воды оказало меньшее влияние, чем при выращивании товарной рыбы. Индекс толщины тела у молоди в нейтральной воде был достоверно выше (25,4 %), чем в сильно кислой (24,6 %), а индекс большеголовости достоверно ниже (31,7 %), чем в сильно щелочной воде (33,4 %). Коэффициент упитанности рыб в нейтральной воде был выше (4,0), по сравнению с другими опытными группами, но эти различия были не достоверны.

На индексы телосложения у товарных тилапий величина водородного показателя среды обитания оказала более существенное и достоверное влияние по сравнению с молодь тилапий. Наименьшим коэффициентом упитанности (2,9), наименьшей относительной толщиной тела (22,1 %) и величиной его относительного обхвата (86,6 %), а также наибольшим индексом большеголовости (33,9 %) обладали тилапии, выращенные в сильно щелочной воде. Показатели экстерьера у рыб в сильно кислой воде были немногим лучше таковых у тилапий из сильно щелочной воды. По мере сдвига pH воды в сторону нейтральных значений pH состояние экстерьера рыб с продуктивной точки зрения улучшалось. Так наиболее высокими значениями коэффициента упитанности (3,3), относительной толщины тела (23,6 %), его обхвата (91,5 %), а

также наименьшим индексом большеголовости (31,2 %) обладали тилапии, выращенные в нейтральной воде.

3.3.1. Соотношение частей тела

При изменении рН воды в сильно кислую и сильно щелочную сторону масса мышц у молоди тилапий снижалась, а масса головы и суммарная масса внутренних органов возрастала, то есть уменьшался выход съедобных частей. С повышением рН возрастала относительная масса жабр, что связано с повышением уровня потребления кислорода и интенсивности функционирования этого органа. Масса кожи изменялась обратно пропорционально массе жабр. Наибольшая масса жабр и наименьшая масса кожи была у тилапий в сильно щелочной воде, соответственно – 3,4 и 2,5 %. У рыб в сильно кислой воде масса кожи была наибольшей среди всех опытных групп (3,98 %), а масса жабр наименьшей (3,0 %). Масса чешуи менялась пропорционально массе кожи.

В отношении влияния рН на относительную массу частей тела у товарных тилапий наблюдали тенденции, характерные для молоди, но за некоторыми исключениями. Наибольшая относительная масса мышц - 50,4 % и масса тушки - 66,8 % была отмечена у рыб, выращенных в нейтральной воде. По мере сдвига водородного показателя в сторону кислых и щелочных значений индекс мышц и тушки, а следовательно мясные качества тилапий понижались. С повышением рН увеличивалась относительная масса жабр, что, как и в опыте с молодью очевидно было связано с увеличением потребления кислорода. Наименьшей массой кожи - 2,9 % и чешуи - 2,4 % и наибольшей массой жабр - 3,3 % обладали тилапии, выращенные в сильно щелочной воде. С повышением рН уменьшалась масса внутренних органов, что очевидно также связано с ускорением обмена веществ в организме рыб.

3.3.2. Масса внутренних органов красной тилапии

В вариантах опыта с повышением рН наблюдали характерное увеличение массы сердца у молоди тилапий, что согласуется с повышением потребления кислорода, то есть с усилением обмена веществ в организме рыб. При этом сердце работает более активно, что приводит к увеличению процессов анаболизма в нем и как следствие к росту его массы. Между показателем массы сердца и потреблением кислорода у молоди тилапий выявили существенную взаимосвязь. Коэффициент корреляции составил +0,9. Между величинами массы сердца и жабр также имелась положительная взаимосвязь ($r=+0,8$). Между массой сердца, массой жабр с одной стороны и массой кожи с другой имеется существенная обратная корреляционная связь ($r=-0,9$).

Наименьшую массу желудка наблюдали в сильно кислой воде (0,29 %), наибольшую - в сильнощелочной воде (0,46 %). Коэффициент корреляции между данным показателем и рН составил около +0,9. Схожую картину, как и в отношении желудка, наблюдали в распределении относительной массы кишечника.

Почки рыб являются органом выделения и кроветворения (Житенева, Полтавцева, Рудницкая, 1989, Veaman at all, 1999), служат депо крови, а также органом, в котором вырабатываются различные гормоны. Наибольшая относительная масса почек была отмечена у молоди тилапий в сильно щелочной воде (0,25 %), наименьшая в сильно кислой (0,21 %). Существовала положительная корреляция между данным показателем и содержанием гемоглобина в крови ($r=+0,53$).

Наименьшую массу гонад у молоди тилапий наблюдали в сильно кислой воде (1,24 %). С повышением рН ближе к нейтральным значениям относительная масса гонад возрастала, а в сильно щелочной воде опять становилась минимальной и равной (1,31 %). Сопоставляя данные по относительной массе гонад с данными по средней стадии зрелости гонад по группам, следует отметить, что при более благоприятных значениях рН тилапии были более зрелыми.

На количество внутрисполостного жира оказывают влияние многие факторы среды: обеспеченность пищей, возраст, половое созревание рыб, температура воды и т.д. (Лапин, Шатуновский, 1981; Маслова, 1990) В наших исследованиях рН оказало достоверное влияние на относительную массу внутрисполостного жира. У молоди наибольшее его содержание было в сильно кислой воде (4,3 %). Оно было достоверно выше, чем у тилапий, выращенных в умеренно кислой (3,0 %), умеренно щелочной (3,2 %) и сильно щелочной воде (3,1 %) при $P<0,05$.

Величина гепатосоматического индекса находится в тесной взаимосвязи с половым созреванием рыб (Панов, 1979). У многих видов наблюдали увеличение относительной массы печени на начальных этапах созревания половых продуктов и уменьшение на завершающих стадиях (Брусынина, 1976; Статова, Мариц, 1985). Подобную тенденцию наблюдали у тилапий в сильно щелочной воде. У молоди тилапий более высокому значению массы печени соответствовала более ранняя стадия зрелости гонад.

Масса селезенки - показатель более нестабильный, чем масса других внутренних органов. Никаких изменений селезенки, связанных с рН воды обнаружено не было.

В отношении массы сердца и его взаимосвязи с массой жабр и кожи у товарной тилапии и молоди наблюдали схожую картину. У товарной рыбы сохранились тенденции, характерные для молоди, и в отношении массы желудка и кишечника.

Между массой почек и количеством эритроцитов у товарных тилапий наблюдали положительную корреляционную связь. Коэффициент корреляции был равен +0,86. Таким образом, у рыб, кровь которых содержит большее число эритроцитов, почки как кроветворный орган имеют большую относительную массу. Наблюдали также корреляцию между относительной массой почек и содержанием гемоглобина в крови ($r=+0,66$).

У товарных рыб гонады были более зрелыми при более благоприятных значениях водородного показателя. Однако достоверных отличий по гонадосоматическому индексу между группами не обнаружили. Между относительной массой жира и массой гонад наблюдали отрицательную коррелятивную связь ($r = -0,8$). У товарных тилапий отметили обратную корреляционную связь между стадией зрелости гонад и относительной массой печени ($r = -0,6$).

Показатель относительной массы селезенки у товарных тилапий, как и у молоди отличался высокой нестабильностью.

По абсолютным величинам масс внутренних органов между опытными группами существовали значительно более существенные различия в связи с разницей в массе тела тилапий.

3.4. Физиологические показатели красной тилапий

3.4.1. Изучение стандартного обмена у молоди и товарной рыбы

Потребление кислорода рыбой является интегральным показателем метаболических процессов и коррелирует с приростом живой массы (Винберг, 1956). Как у молоди, так и у товарной тилапии pH воды оказывало значительное влияние на потребление кислорода, то есть на интенсивность обменных процессов. Наименьшим потребление кислорода было в сильно кислой воде (рис. 4 и рис. 5). С повышением pH оно возрастало в два и более раз, достигая своего наивысшего значения в умеренно щелочной воде.

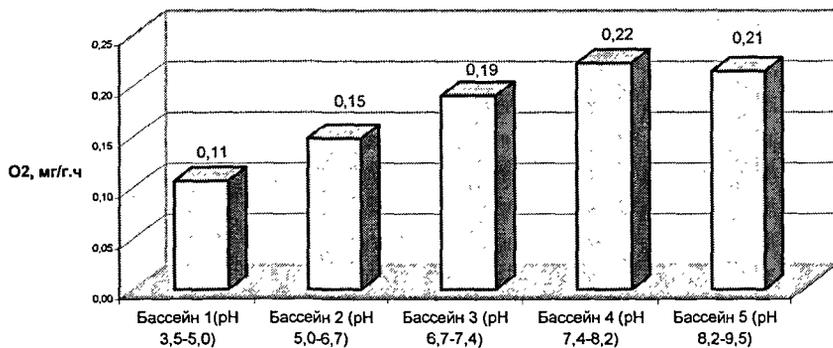


Рис. 4. Потребление кислорода молодью тилапий при разных значениях pH воды, мг/г массы тела в час

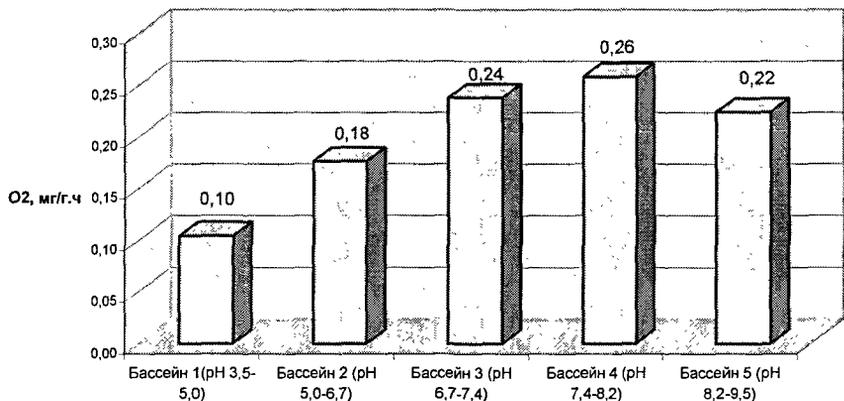


Рис. 5. Потребление кислорода товарной рыбой при разных значениях pH воды, мг/г массы тела в час

В сильно щелочной воде потребление кислорода было несколько ниже, чем в умеренно щелочной.

3.4.2. Влияние изменения pH воды на поведение тилапий

Пониженное потребление кислорода при снижении pH воды согласуется и с поведением рыб. В сильно кислой воде двигательная активность тилапий была

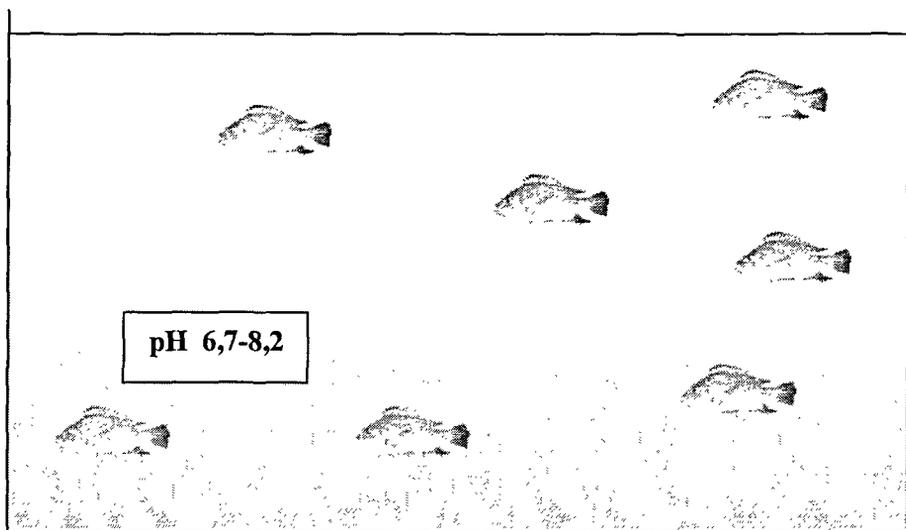


Рис. 6. Структура стаи тилапий в нейтральной и умеренно щелочной воде

наименьшей.

Существенно активнее была рыба в умеренно кислой и умеренно щелочной среде. Аппетит рыб, который выражается в потреблении пищи, также был значительно выше в нейтральной воде. Тилапии постоянно плавали в поисках корма по всей акватории, очень активно брали корм (рис 6). Нетипичным было поведение тилапий непосредственно после добавления реактивов. Например, в бассейне с умеренно кислой средой, где показатель рН воды в течение суток стремился в сторону повышения (с 5 до 6,7). Добавление кислоты приводило к резкому снижению рН до 5 и вызывало у рыб сильное беспокойство. Они собирались в плотную стаю (рис. 7). При кормлении проявляли высокий аппетит, но брали корм очень настороженно, выплывая на мгновение из стаи, хватая гранулу, после чего тут же возвращались обратно.

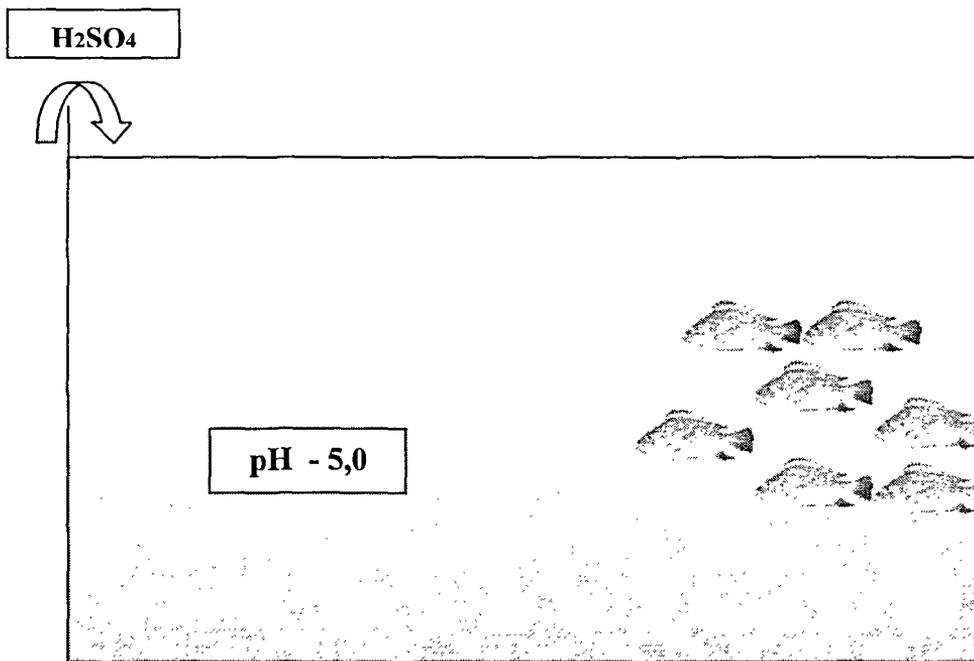


Рис. 7. Структура стаи тилапий при понижении рН

Похожее стайное поведение наблюдали и в бассейне с колебаниями рН от 8,2 до 9,5. Исключением являлось то, что после добавления щелочи и скачка рН до 9,5 рыбы хоть и собирались в стаю, но были более вялыми и почти прекращали потреблять корм. Корм иногда захватывали, но тут же выбрасывали из ротовой полости.

3.5. Оценка качества мяса красной тилапии при различных значениях рН воды

Изменение рН среды обитания рыб – это есть моделирование загрязнения природного водоема. И с практической точки зрения неизбежен вопрос о качестве рыбной продукции, полученной из водоемов с разным значением рН. Трудно ожидать каких-либо токсических влияний на рыбную продукцию от изменения рН воды. Тем не менее, этой проблеме мы уделили специальное исследование.

При проведении органолептической оценки у тилапий, выращенных при всех значениях рН воды выявили хорошие вкусовые качества. После кулинарной обработки мясо красной тилапии обладало типичным рыбным вкусом и отличалось сочностью и отменным ароматом. Бульон после варки красной тилапии имел хорошие вкусовые качества – был насыщенным, прозрачным, не имел посторонних запахов и привкуса. Причем вкусовые ощущения не зависели от условий выращивания рыбы. Изучение химического состава подтвердило высокую пищевую ценность рыб. Наибольшее содержание жира было характерно для рыб, выращенных в умеренно кислом диапазоне рН (2,5 %). Наиболее высокий уровень сухого вещества и сухого обезжиренного вещества был выявлен в нейтральной (27,63 и 25,54 %) и умеренно щелочной воде (25,83 и 23,83 %). Меньше всего жира (1,26 %) и сухого вещества (22,67 %) содержалось в мышцах тилапий из сильно щелочных условий. Это соответствует и более низкой по сравнению с другими опытными вариантами конечной массе рыб и наихудшим экстерьерным показателям. Выявить существенную зависимость между показателем рН и химическим составом тела не представляется возможным, так как большинство различий, наблюдаемых между опытными группами не достоверны.

3.6. Гематологические исследования

3.6.1. Показатели крови молодежи тилапий

Кровь является важнейшей составляющей внутренней среды организма. Характеристики крови находятся под влиянием, как факторов внутренней среды, так и под воздействием внешних факторов (Головина, Тромбицкий, 1989, Кудряшова, 1967, Серпунин, 1983).

Как показали наши исследования, наибольшее количество эритроцитов и наивысшее содержание гемоглобина было характерно для крови молодежи тилапий в сильно щелочной воде (табл. 3). Наименьшими эти показатели были у рыб в нейтральной воде. Повышенное содержание гемоглобина и эритроцитов при неблагоприятных значениях рН очевидно, связано с той буферной функцией, которую наряду с дыхательной выполняет гемоглобин. Он участвует в поддержании рН крови - важнейшей константы гомеостаза.

Гематологические показатели молоди тилапии

Показатели	Значение pH воды				
	3,5-5,0	5,0-6,7	6,7-7,5	7,5-8,2	8,2-9,5
Кол-во эритроцитов, млн/куб. мм	2,01±0,09	2,01±0,12	1,89±0,10 3-5	1,76±0,08 4-5	2,33±0,13 3-5, 4-5
Содержание гемоглобина, г%	7,23±0,34 1-5	7,40±0,41 2-5	6,73±0,18 3-5	7,59±0,38 4-5	9,09±0,35 1-5, 2-5, 3-5, 4-5

*Примечание: Здесь и далее выделенными жирным цветом цифрами показаны номера опытных групп, между которыми существуют достоверные различия при $P < 0,05$.

3.6.2. Показатели крови товарной тилапии

Изучение характеристик крови товарной тилапии выявило наиболее существенные изменения в показателях красной и белой крови у рыб в сильно кислой воде (pH 3,5-5,0). В этом варианте опыта наблюдали наибольшее количество патологических форм эритроцитов. Число эритроцитов с инвагинацией ядра превышало контроль (pH 6,7-7,4) в 10 раз. В лейкоцитарной формуле увеличилось количество зрелых гранулоцитов (нейтрофилов, базофилов и эозинофилов) и особенно их бластных форм - в 9 раз по сравнению с контролем (табл. 4).

В контроле количество лейкоцитов было наивысшим среди опытных групп (96,7 тыс./мм³), что говорит о высоком уровне иммунитета у рыб. Бластные формы гранулоцитов имели низкие показатели. В среднем по группе они составили 0,84 %. Количество патологических форм эритроцитов в контроле было самым низким среди опытных групп.

В крови рыб из сильно щелочной воды (pH 8,2-9,5) также присутствовало большое количество патологических форм эритроцитов, в частности наибольшее количество эритроцитов с инвагинацией ядра. Однако, процесс агглютинации был выражен значительно слабее, чем у тилапий в сильно кислой воде. Количество лейкоцитов по сравнению с контролем было меньше в 2,4 раза. Таким образом, в сильно кислой и сильно щелочной воде у рыб развивалась лейкопения, т.е. снижение числа лейкоцитов. Как следствие у рыб снижался иммунитет и в сильно кислой воде после проведения обловов наиболее ослабленные рыбы не выдерживали дополнительного стресса и погибали.

Таблица 4

Лейкоцитарная формула крови товарных телят, выращенных при различных значениях pH воды

Показатели	Значение pH воды				
	3,5-5,0	5,0-6,7	6,7-7,5	7,5-8,2	8,2-9,5
число лейкоцитов, с./мм ³	32,15±2,56 <u>1-2, 1-3, 1-4</u>	54,80±8,22 <u>1-2, 2-3</u>	96,7±6,33 <u>1-3, 2-3, 3-4, 3-5</u>	58,46±3,51 <u>1-4, 3-4, 4-5</u>	39,59±4,8 <u>3-5, 4-5</u>
Лейкоцитарный состав крови, %					
Агранулоциты					
лимфоциты	86,08±2,04 <u>1-2, 1-3, 1-4, 1-5</u>	95,67±0,86 <u>1-2</u>	97,02±0,78 <u>1-3, 3-4</u>	92,62±1,30 <u>1-4, 3-4</u>	95,06±0,8 <u>1-5</u>
из них	2,48±0,38 <u>1-3</u>	1,96±0,55	1,16±0,24 <u>1-3</u>	1,67±0,37	1,50±0,40
моноциты	2,49±0,61	1,74±0,31	1,23±0,31 <u>3-4</u>	2,53±0,30 <u>3-4</u>	1,86±0,34
из них монобласты	1,72±0,39	1,49±0,26	0,84±0,23 <u>3-4</u>	1,85±0,30 <u>3-4</u>	1,36±0,43
Гранулоциты					
нейтрофилы	1,03±0,42	0,49±0,26	0,38±0,13	0,31±0,08	0,27±0,05
эозинофилы	2,75±0,64 <u>1-2, 1-3, 1-5</u>	0,18±0,10 <u>1-2</u>	0,45±0,13 <u>1-3</u>	1,19±0,44	0,5±0,2 <u>1-5</u>
базофилы	0,10±0,10	НЕТ	0,07±0,07	НЕТ	НЕТ
из них бластных форм гранулоцитов	4,21±0,74 <u>1-3</u>	3,45±0,76	2,0±0,32 <u>1-3</u>	3,52±0,64 <u>4-5</u>	2,86±0,81 <u>4-5</u>
из них бластных форм моноцитозитов	7,55±1,68 <u>1-2, 1-3, 1-5</u>	1,92±0,49 <u>1-2</u>	0,84±0,27 <u>1-3, 3-4, 3-5</u>	3,35±0,93 <u>3-4</u>	2,61±0,2 <u>1-5, 3-5</u>
из них бластных форм моноцитозитов и гранулоцитов	11,76±1,3 <u>1-2, 1-3, 1-4, 1-5</u>	5,37±1,17 <u>1-2</u>	2,84±0,58 <u>1-3, 3-4</u>	6,87±1,29 <u>1-4</u>	5,47±0,93 <u>1-5</u>

Таблица 5

Показатели красной крови товарной телят

Показатели	Значение pH воды				
	3,5-5,0	5,0-6,7	6,7-7,5	7,5-8,2	8,2-9,5
содержание гемоглобина, г%	10,20±0,29	10,06±0,11	10,32±0,36	10,38±0,2	10,68±0,3
число эритроцитов, т./мм ³	2,05±0,05 <u>1-3</u>	2,05±0,13	1,73±0,04 <u>1-3, 3-4, 3-5</u>	2,06±0,1 <u>3-4</u>	2,12±0,07 <u>3-5</u>
гематокрит, %	31,0±1,48	29,4±1,6	28,6±1,66	28,2±0,66	29,00±1,73
Э, мм/ч	2,8±0,46	2,80±0,12	3,70±0,60	2,80±0,34	2,90±0,53
коэффициент оседания эритроцитов, % NaCl	0,37±0,01	0,38±0,0	0,37±0,009	0,36±0,006	0,37±0,012
число одного эритроцита, мкм ³	151,74±9,23	144,53±5,9 2	166,07±11,25	137,9±5,01	136,87±7,12
содержание гемоглобина на один эритроцит, мкг	49,97±2,51 <u>1-3</u>	49,97±3,17	59,77±2,28 <u>1-3, 3-4, 3-5</u>	50,83±2,18 <u>3-4</u>	50,55±1,88 <u>3-5</u>
среднее содержание гемоглобина в одном эритроците, %	33,16±1,67	34,60±1,82	36,62±2,72	36,85±0,77	37,19±1,64

Количество эритроцитов у рыб в нейтральной воде было несколько ниже, чем в других группах (1,73 млн/мм³) (табл. 5).

Существенных различий в содержании гемоглобина между опытными группами не наблюдали. Среднеклеточная концентрация гемоглобина в одном эритроците возрастала с повышением рН среды выращивания. Однако различия эти недостоверны при ($P < 0,05$).

3.7. Реакция адаптации рыб к изменениям рН воды

Для определения сублетальных границ рН у тилляпии были проведены специальные исследования (табл. 6).

Моделировали экстремально кислые и экстремально щелочные условия среды. Значения рН доводили до предела, т.е. до значений рН, при которых начинались патологические изменения и гибель рыбы. Наблюдения за рыбой осуществляли круглосуточно. В процессе опыта регистрировали пищевое поведение, иерархические взаимоотношения в стае, рефлексы позы, характер дыхания, состояние поверхностных тканей и внутренних органов (после вскрытия), реабилитационные возможности рыбы после пребывания в воде с сублетальным значением рН. Сублетальное значение рН воды констатировали после гибели 50% особей в группе.

Исследования показали, что красная тилляпия обладает высокой толерантностью к понижению рН воды. Нарушения физиологических функций и органические изменения развиваются у рыбы при значениях рН, которые в естественных условиях не встречаются.

Таблица 6

Продолжительность жизни тилляпии при сублетальных значениях рН воды.

Показатель	Снижение рН		Повышение рН	
	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
рН, при котором рыбу выращивали	7,1	4,2	7,1	8,9
рН, при котором наступала гибель 50 % рыб	3,2	3,0	11,3	11,3
Наступление гибели 50 % рыб, ч	18	45	21	18

Рыбы, выращенные в кислой воде проявили повышенную устойчивость к низким значениям рН по сравнению с рыбами, выращенными в нейтральной.

Устойчивость к экстремально щелочным значениям рН у рыб, выращенных в щелочной воде была даже несколько ниже, чем у рыб, выращенных в нейтральной. То есть повышения устойчивости не произошло.

По окончании опытов выжившие в сублетальных условиях особи были помещены в бассейн с нормальным значением рН и довольно быстро восстановились. Личинки, подвергшиеся воздействию высоких значений рН,

были пересажены в благоприятные условия и в последствии нормально развивались.

Изменения картины крови рыб под влиянием сублетальных значений рН воды

Сублетальные значения рН воды оказали существенное влияние на гематологические показатели рыб. По мере приближения значений рН к границам, опасным для жизнедеятельности тилапий, происходило увеличение числа эритроцитов и содержания гемоглобина (табл. 7).

Таблица 7

Гематологические показатели товарной тилапии при сублетальных значениях рН воды

Показатели	Значения рН воды		
	3,2	11,1	7,8
Средняя масса тела, г	224,21±25,5	228±23,4	254±15,48
Содержание гемоглобина, г%	9,11±0,3	9,31±0,32	7,4±0,31
	1-3	2-3	1-3, 2-3
СОЭ, мм/ч	2,07±0,17	2,86±0,3	2,71±0,1
	1-3		1-3
Осмотическая устойчивость эритроцитов, % NaCl	0,36±0,01	0,31±0,004	0,38±0,004
	1-2	1-2, 2-3	2-3
Число эритроцитов, млн./мм ³	1,92±0,1	1,82±0,12	1,41±0,08
	1-3	2-3	1-3, 2-3
Гематокрит, %	30,71±1,64	22,43±1,09	20,57±1,57
	1-2, 1-3	1-2	1-3
Объём одного эритроцита, мкм ³	162,29±11,06	125,4±7,46	146,56±10,45
	1-2	1-2	
Количество гемоглобина в одном эритроците, мкг	48,22±2,68	52,19±2,86	53,02±2,36
Среднеклеточная концентрация гемоглобина в одном эритроците, %	29,94±1,0	41,78±1,22	36,75±1,89
	1-2, 1-3	1-2	1-3

Очевидно, это было вызвано следующими причинами. Во-первых, рыбы находились в состоянии гипоксии в результате поражения жабр и кожных покровов. Их организм был вынужден мобилизовать дополнительные резервы красных кровяных телец для усиления поступления кислорода. При этом, закономерно увеличивалось содержание гемоглобина в крови. Во-вторых, помимо нейтрализации гипоксии гемоглобин выполнял и другую важную функцию – буферную. Он участвовал в поддержании гомеостаза внутренней среды организма. При сдвиге рН в кислую и особенно в щелочную сторону наблюдали значительное увеличение как щелочного, так и кислотного буфера крови, то есть происходила мобилизация всех буферных систем организма с целью поддержания постоянства рН внутренней среды (табл. 8).

Буферные свойства сыворотки крови тилипии при различных значениях рН воды.

Показатели	Значения рН воды		
	3,3	11,1	7,8
Средняя масса тела, г	379±26,6	356,2±17,72	340,2±26,6
Щелочной буфер, г% 0,1 н раствора НСl на 100 мл сыворотки	184±13,52 <u>1-2, 1-3*</u>	111,6±5,23 <u>1-2</u>	106,6±4,74 <u>1-3</u>
Кислотный буфер, г% 0,1 н раствора NaOH на 100 мл сыворотки	60,68±3,56 <u>1-2, 1-3</u>	37,3±7,79 <u>1-2</u>	35,98±2,68 <u>1-3</u>
Соотношение величины щелочного и кислотного буфера	3,1±0,35	3,37±0,51	3,01±0,17

Под влиянием сублетальных значений рН в организме рыб произошли изменения как в количественном, так и в качественном составе белой крови.

Более четко прореагировала белая кровь тилипий на изменение среды в кислую сторону (рН 3,4), чем в щелочную. При этом количество лейкоцитов уменьшилось в 2,7 раза (23,5 против 63,5 тыс./мм³) в контроле. В лейкоцитарной формуле крови резко увеличился процент фагоцитирующих элементов (моноцитов и нейтрофилов): моноцитов в 4,2 раза (6,56 против 1,54 %) в контроле; нейтрофилов в 8,6 раза (6,55 против 0,77 %), при этом число палочкоядерных увеличилось в 9,2 раза, сегментноядерных в 3,5. Количество базофилов возросло в 4,1 раза (2,48 по сравнению с 0,61 %). Количество бластных форм по сравнению с контролем возросло в среднем в 8,7 раза (15,1 против 1,73 %).

У тилипий, подвергнутых воздействию сублетальных щелочных условий также отмечены изменения в показателях белой крови, но в меньшей степени, чем у тилипий, находящихся в сильно кислой среде. Количество лейкоцитов уменьшилось в 2 раза (32,7 тыс./мм³, против 63,5 в контроле). Число моноцитов возросло в 2,8 раза, нейтрофилов в 4,6 раза. Присутствие в периферической крови большого количества бластных форм, как белой, так и красной крови, свидетельствует о нарушении физиологического состояния организма рыб.

ВЫВОДЫ

1. pH оказывает существенное влияние на скорость роста красной тилапии. Наибольшей конечной массы (200 г) после 5 месяцев выращивания рыбы достигли в нейтральной воде. В умеренно щелочном и умеренно кислом диапазоне значений pH воды конечная масса была несколько ниже, соответственно 180 и 163 г. Хуже всего тилапии росли в сильно кислой и сильно щелочной воде (конечная масса - 101 и 78 г соответственно). Влияние pH на скорость роста молоди было менее выражено. Существенное отставание в росте было отмечено лишь в сильно щелочной воде.
2. Наиболее эффективно тилапии использовали корм в нейтральной и умеренно щелочной воде. У товарных рыб в этих условиях кормовой коэффициент составил соответственно - 1,08 и 1,11; у молоди - 0,9 и 0,85. Эффективность использования корма в умеренно кислой, сильно кислой и сильно щелочной воде была несколько ниже, однако также достаточно высока. Кормовой коэффициент составил соответственно у товарной тилапии - 1,24; 1,33 и 1,39; у молоди - 0,93; 0,98 и 1,19.
3. Наименьший выход рыбы был отмечен в кислой воде: 85 % у молоди и 83 % у товарной рыбы. В остальных опытных группах выживаемость рыб была равна или очень близка к 100 %. Гибель рыбы обычно происходила после проведения контрольных обловов, т.е. тилапии не выдерживали дополнительного стресса, вызванного гипоксией и манипуляциями при взвешиваниях и измерениях.
4. Тилапии в нейтральной воде отличались наибольшим значением индекса упитанности и наименьшей величиной индекса большеголовости, что свидетельствует о лучшем развитии их продуктивных качеств по сравнению с другими вариантами опыта. Наименее упитанными были особи из сильно щелочной воды.
5. Изучение интерьерных показателей, выявило, что при отклонении pH воды в сторону его крайних значений, происходит снижение относительной массы мышц и массы тушки, то есть уменьшение выхода съедобных частей. С повышением pH возрастает относительная масса жабр и масса сердца, что обусловлено усилением потребления рыбами кислорода, т.е. необходимостью более активного функционирования этих органов.
6. pH воды не оказало влияние на товарное качество рыбы. Рыба, выращенная в диапазоне значений pH воды от 3,5 до 9,5 имела хорошие вкусовые качества.
7. Потребление тилапиями кислорода снижалось по мере снижения pH воды. Это связано с уменьшением интенсивности обмена веществ. В умеренно щелочной воде уровень потребления кислорода был наивысшим и превышал соответствующий показатель у рыб в сильно кислой воде у молоди в 2 раза и у товарных рыб в 2,6 раза.
8. Красная тилапия обладает высокой толерантностью к изменениям активной реакции среды и переносит резкие колебания pH воды в пределах от 3,2 до 11,1. Сублетальными значениями активной реакции среды для красной тилапии являются pH 3,0 и pH 11,3. Тилапии, выращенные в кислой воде, более приспособлены к понижению pH воды по сравнению с выращенными в нейтральной. Гибель 50 % особей, адаптированных в течение 5 месяцев к сильно кислой воде, наступала при pH 3,0 через 45 часов, у рыб, содержащихся в нейтральной воде, при pH 3,2 через 18 часов.

9. Величина водородного показателя оказывает существенное влияние на параметры крови красной тилапии, а следовательно и на весь её организм. При этом у тилапий существует эффективный механизм поддержания гомеостаза, не смотря на воздействие неблагоприятных значений pH внешней среды.
10. Для компенсации гипоксии, вызванной повреждением эпителия жабр при сублетально низких и сублетально высоких значениях pH воды, в крови тилапий происходит увеличение количества эритроцитов и содержания гемоглобина.
11. Увеличение концентрации гемоглобина крови приводит к усилению ее буферных свойств и способствует тем самым поддержанию стабильного уровня pH в ней. При сдвиге pH в кислую сторону, величина щелочного и кислотного буфера крови возрастает в 1,6-1,7 раза по сравнению с сильно щелочной и умеренно щелочной водой.
12. При отклонении pH воды от оптимального значения происходит ослабление неспецифического иммунитета организма рыб, которое выражается в снижении числа лейкоцитов в крови (лейкопении), а также при сублетальных величинах pH воды в повреждении жаберного эпителия, кожи и в значительном увеличении фагоцитирующих элементов крови.
13. Оптимальным для выращивания красной тилапии является диапазон значений pH воды 6,5-8,0.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Щербаков Д.А., Власов В.А., Пуговкина Д.А. Депонированная рукопись. «Влияние различных значений pH воды на рост и физиологическое состояние красной тилапии *Oreochromis sp.*», объемом 4 стр. под № 95/40 ВС-98 // Труды научной конференции молодых учёных и специалистов ТСХА 9-10 июня 1998 г.
2. Щербаков Д.А., Власов В.А., Иванов А.А., Пуговкина Д.А. Толерантность красной тилапии (*Oreochromis sp.*) к изменениям значений pH среды обитания // Доклады ТСХА, вып. 271, Москва, издательство МСХА, 2000, с. 220-225.
3. Щербаков Д.А., Власов В.А., Иванов А.А., Пуговкина Д.А., МСХА. Влияние различных значений pH воды на рост и развитие красной тилапии (*Oreochromis sp.*) при выращивании в бассейнах. Сборник научных трудов ВНИИПРХа, N75, 2000, с. 181-189.
4. Щербаков Д.А., Власов В.А. Выращивание красной тилапии (*Oreochromis sp.*) в бассейнах при различных значениях pH воды, Материалы докладов 2-ого международного симпозиума «Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре», Краснодар, 1999 с. 122.
5. Щербаков Д.А., Власов В.А., Иванов А.А. Изменения буферных свойств сыворотки крови красной тилапии (*Oreochromis sp.*) под влиянием сублетальных значений pH воды Сборник трудов международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития аквакультуры», Беларусь, г. Горки, 7-9 декабря 1999, стр. 49-51.
6. Щербаков Д.А. Депонированная рукопись. «Влияние сублетальных значений pH воды на некоторые гематологические показатели красной тилапии (*Oreochromis sp.*)», объемом 5 стр. под № 116/64 ВС-99 Труды научной конференции молодых учёных и специалистов ТСХА 8-9 июня 1999 г.
7. Mustaev S., D. Chtcherbakov, A. Zavyalov, and V. Vlasov A new principle of organisms cultivation, including aquatic animals, International conference "Aqua 2000", Nice, France, 2000, p. 155.