

123
Министерство рыбного хозяйства СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРУДОВОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи

АНДРОННИКОВ СЕРГЕЙ БОРИСОВИЧ

УДК 639.311.053.1.556.551.4

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА СОСТОЯНИЕ РЫБЫ
В ИНТЕНСИВНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ РЫБОВОДНЫХ
ПРУДАХ

03.00.10 - ихтиология

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва 1987

и

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Решениями XXVII съезда КПСС поставлена задача улучшения снабжения населения страны пресноводной рыбой, являющейся ценным продуктом питания. Основным источником производства пресноводной рыбы стали прудовые рыбоводные хозяйства. Планами Продовольственной программы к 1990 году намечено увеличить производство прудовой рыбы в три раза.

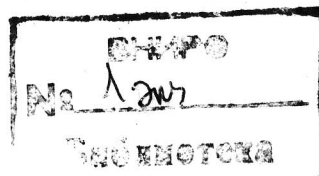
Для рыбоводных прудов характерно направленное влияние на них деятельности человека с целью повышения их продуктивности. При современном уровне интенсификации рыбоводных процессов в условиях ограниченного водообмена одним из основных факторов, лимитирующих рост рыбопродуктивности, выступает качество прудовой воды.

Интенсивно эксплуатируемые пруды часто переходят в категорию гипертрофных, т.е. сильно загрязненных водоемов, характеризующихся малой прозрачностью воды, значительной биомассой фитопланктона, высокой концентрацией биогенных элементов и взвешенных веществ, увеличением органического загрязнения (Баранов и др., 1976).

При увеличении органической нагрузки в воде прудов происходит накопление таких вредных для рыб продуктов как аммиак, сероводород, метан, меркаптан и подобные им соединения.

Из указанных веществ наибольшую опасность для рыб представляет аммиак, обнаруживаемый в течение всего рыбоводного сезона. В зависимости от его концентрации и физико-химических условий водной среды аммиак может оказывать на рыб острое, хроническое или летальное действие. Однако до настоящего времени в отечественной рыбоводной литературе нет данных о влиянии аммиака на рыб в прудах. Этот показатель качества воды для рыбоводных прудов не нормировался (Федорченко, 1976). Не разработаны объективные методы

I



Работа выполнена в лаборатории рыбоводной токсикологии и нормативов качества воды Всесоюзного научно-исследовательского института прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ)

Научный руководитель - кандидат биологических наук, ст.н.с.

Шестерин И.С.

Научный консультант - Заслуженный деятель науки РСФСР, доктор биологических наук, профессор

Строганов Н.С.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор

Константинов А.С.

кандидат биологических наук, ст.н.с.

Иванова Н.С.

Ведущее учреждение: Белорусское научно-производственное объединение рыбного хозяйства

Защита с
нии специа
научно-иссле
по адресу: 1
I
С диссе
научно-иссле
Авторыфе
Ученый се
кандидат био

оценки физиологического состояния рыб при действии различных концентраций аммиака, основанные на использовании тест-органов рыб.

Цель и задачи работы. Целью настоящей работы было изучение роли аммиака в рыбоводных прудах и его влияние на рыб. Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи: изучение уровней накопления и динамики аммиака в прудах при различной степени интенсификации рыбоводных процессов; определение взаимосвязи аммиака с рН, температурой, жесткостью воды и содержанием растворенного в воде кислорода; установление допустимых уровней концентрации свободного аммиака для карповых рыб; разработка метода оценки физиологического состояния рыб при действии на них аммиака.

Научная новизна. Впервые определены уровни накопления и динамика свободного аммиака в воде рыбоводных прудов. Показана роль основных экологических факторов среды - рН, растворенного кислорода, температуры и жесткости воды - в проявлении токсичности аммиака. Установлены оптимальные и допустимые уровни накопления аммиака в прудовой воде. Выявлена высокая чувствительность респираторных складок жаберных лепестков (РСЖЛ) к изменению концентраций аммиака и других токсикантов. Определена физиологическая норма ширины РСЖЛ карпа.

Практическая ценность работы. Установлены технологические нормативы содержания свободного аммиака в зависимости от изменения рН, температуры, растворенного в воде кислорода и жесткости воды. Нормативы вошли в ОСТ 15.247-81 "Показатели качества воды прудовых хозяйств" и "Инструкцию по химическому анализу воды прудов" (М. 1984). Разработаны тест-методика оценки физиологического состояния карпа по изменению ширины РСЖЛ и способ контроля воды на токсичность (а.с. № 1140729). Методики вошли в "Инструкцию по физиолого-биохимическим анализам рыбы (М. 1984/1985) и "Инструк-

цию по определению предзаморного состояния и токсикозов рыб в прудах" (М. 1986). Инструкции внедрены в Минрыбхозе СССР в практику работы производственных лабораторий рыбоводных хозяйств и зональных ихтиопатологических инспекций.

Апробация работы. Материалы исследований доложены на заседании МОИП (Москва, 1978), Всесоюзном совещании "Совершенствование биотехники прудового рыбоводства" (п. Рыбное, 1980), IV Всесоюзной конференции по водной токсикологии (Рига, Юрмала, 1983), Всесоюзной конференции молодых ученых "Методы интенсификации прудового рыбоводства (п. Рыбное, 1984), III Межвузовской конференции молодых ученых и специалистов (Калининград, 1984), VI Всесоюзной конференции по экологической физиологии и биохимии рыб (Вильнюс, 1985).

Дубликации. По теме диссертации опубликовано 16 работ.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 123 страницах, содержит 36 таблиц и 16 рисунков. Работа состоит из введения, обзора литературы, описания методов исследований, обсуждения полученных результатов, заключения, выводов, приложений. Список литературы включает 108 наименований работ, в том числе 46 иностранных авторов.

Глава I. Обзор литературы

Глава II. Материал и методы исследований

Работа выполнена в лаборатории рыбоводной токсикологии и нормативов качества воды ВНИИПРХ. Она является частью комплексных исследований, проводимых лабораторией по заданию ГКНТ 0.85.05.04. 08.Д и комплексной целевой программе "Пруд". Исследования осуществлялись в 1977-1982 годах. Рыбоводные эксперименты проводились в 1979-1982 годах на прудах Центрального экспериментального отдела

ВНИИПРХ.

Материалом для исследований послужили различные возрастные группы карпа, плотвы и голяна. За время работы было обследовано 1215 экземпляров рыб. О состоянии выращиваемой рыбы судили по состоянию жаберного аппарата и приросту массы тела рыб. Кормление рыбы в прудах в 1979 и 1980 годах проводилось по нормам и рецептам лаборатории товарного рыбоводства ВНИИПРХ, в 1981 и 1982 годах — по нормам Ю.П. Бобровой (Бобров, Боброва, 1979). Степень поражения жаберного аппарата и величину прироста массы выращиваемой рыбы сопоставляли с результатами химического анализа прудовой воды, определяющими ее качество. Качество воды оценивалось по содержанию растворенного в воде кислорода и температуре воды, определявшимся термооксиметром; по величине pH, определяемой с помощью реактива РКС и лабораторного pH-метра. Содержание аммиака и аммонийного азота в воде выявляли методом колориметрического определения с реактивом Несслера (Дурье, 1973). Из полученной при колориметрировании суммы восстановленных форм азота ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$), в соответствии с pH и температурой воды, по специальной таблице вычисляли долю свободного аммиака (Шестерин и др., 1978). Жесткость воды определяли с помощью раствора трилона Б (Дурье, 1973). Пробы воды для анализов отбирали на вытоке воды из пруда и обрабатывали в день их взятия. Содержание кислорода и температуру воды определяли на поверхности прудов и у дна, а при обнаружении стратификации — по нескольким горизонтам.

Установление взаимосвязи между сменой размеров клеток фитопланктона, содержанием в воде аммиака и его влиянием на рыбу проводилось также в культиваторах, заливаемых прудовой водой.

В лабораторных условиях были поставлены токсикологические эксперименты по комбинированному влиянию на рыб аммиака и связанных

с ним показателей качества воды. Эксперименты проводились в аквариумах и осуществлялись согласно "Методикам биологических исследований в водной токсикологии" (1971). Математическая обработка полученных данных проводилась по методу математического планирования эксперимента (Максимов, Федоров, 1969) и изложенным в пакете статистических программ ВМДР методу пошаговой линейной регрессии и методу всех возможных регрессий.

СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Глава III. Состояние жаберного аппарата рыб в норме и при влиянии аммиака и других токсикантов

При определении влияния аммиака на рыб в рыбоводных прудах и в лабораторных экспериментах возникла необходимость разработать специальную методику, позволяющую объективно оценить состояние рыб. Для этих целей остановились на оценке физиологического состояния рыб по жаберному аппарату.

Жаберный аппарат рыб является не только органом дыхания, но и органом выделения, особенно продуктов распада белкового обмена. Через жабры из тела рыб выделяется около 60,0 % аммиака (Smith, 1930). Как тест-орган жабры известны давно (Андрес, Куражковская, 1963; Ragenkopf, 1983). Но при определении действия различных факторов водной среды использовалась, в основном, визуальная оценка состояния жабр, констатирующая изменение цвета лепестков, их опечность, наличие разрушений, отделение эпителия от жаберных пластинок (Дукьяненко, 1967; Метелев и др., 1971). Такие изменения происходят спустя несколько часов, а то и дней от начала воздействия токсиканта на рыбу. Оценка состояния жаберного аппарата по вы-

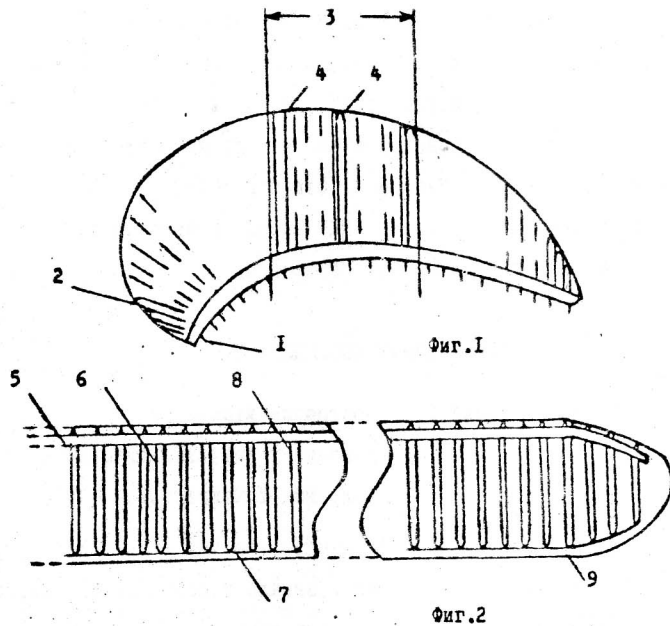


Рис. 1. Схема жаберного препарата
 Фиг. 1 - жаберная дуга с лепестками:
 1 - тычинки; 2 - лепестки; 3 - исследуемый
 участок жаберных лепестков; 4 - исследуемые
 жаберные лепестки.
 Фиг. 2 - жаберный лепесток:
 5 - приносящий кровеносный сосуд; 6 - респи-
 раторные складки; 7 - апикальный конец респи-
 раторной складки; 8 - основание респира-
 торной складки; 9 - выносящий кровеносный сосуд

шеназванным критериям носит часто субъективный характер и не поддается количественной оценке.

Для устранения отмеченных недостатков мы разработали метод контроля качества воды по степени поражения РСЖЛ (а.с. № П140729).

На рисунке 1 показана схема жаберного препарата.

Методика основана на изменении апикального (внешнего) конца респираторных складок. Установлено, что у здоровых карпов данный участок респираторных складок для рыб массой тела от 1 до 100 г равен 7,8-8,6 мк, а для рыб массой тела от 100 до 290 г - 8,6-12,9 мк. Эти размеры ширины апикального конца респираторных складок приняты нами за физиологическую норму для рыб вышеуказанной массы тела.

Работа по методике осуществляется следующим образом. У рыбы с правой стороны срезается жаберная крышка и обнажаются жабры. На участке средней трети длины первой жаберной дуги выстригается часть дуги вместе с лепестками и тычинками длиной не более 0,5 см. Эту часть очищают от сгустков крови, не травмируя лепестки и помещают на предметное стекло, срезают жаберные лепестки от дуги и удаляют ее со стекла. На жаберные лепестки капают каплю чистой воды и накрывают их покровным стеклом. Полученный препарат просматривают под микроскопом и с помощью окуляр-микрометра измеряют ширину апикальных концов респираторных складок четырех вторичных (малых) жаберных лепестков (Verma et al., 1977). На каждом лепестке измеряют ширину апикального конца у 25 респираторных складок для рыб массой тела до 3 г и у 50 респираторных складок для рыб массой от 3 г и выше. Всего на препарате измеряют, в зависимости от массы тела рыб, 100 или 200 респираторных складок. Затем из отношения числа пораженных складок к общему числу просчитанных (100 или 200 шт) определяют степень поражения респираторных скла-

док, выраженную в процентах и по этой величине судят о токсичности водной среды.

Следует отметить, что у рыб массой тела до 15 г наблюдается нарастание количества респираторных складок в жаберных лепестках. У старших, более крупных рыб, этот процесс затормаживается в связи с окончанием формирования жаберного аппарата.

Исследования, проведенные с использованием предлагаемой методики, показали, что наибольшее поражение респираторных складок происходит в первые 4 часа контакта "токсикант-рыба", т.е. предлагаемый метод можно отнести к экспрессным.

Данная методика была использована нами при оценке влияния на плотву и гольяна разных концентраций трифенилоловохлорида. Полученные результаты свидетельствуют о том, что чем выше концентрация токсиканта в воде, тем больше степень поражения РСЖЛ.

Таким образом, метод контроля качества водной среды по степени поражения респираторных складок жаберных лепестков может применяться не только для оценки влияния на рыб аммиака, но и других токсикантов.

Глава IV. Динамика аммиака, кислорода, pH, температуры и жесткости воды и их влияние на рыб в прудах

I. Изучение динамики и уровней накопления аммиака в рыбоводных прудах

К числу основных показателей качества воды, влияющих на состояние рыб, относятся аммонийный азот и аммиак - вещества, составляющие группу восстановленных форм азота. До настоящего времени в отечественном рыбоводстве нормирование веществ этой группы проводилось только по аммонийному азоту (Привезенцев, 1973, 1982;

Федорченко, 1976). Его содержание в воде рыбоводных прудов допускалось до 2,5 мг/л. Но аммонийный азот менее токсичен, чем аммиак, предельно-допустимая концентрация (ПДК) которого для естественных рыбохозяйственных водоемов составляет 0,05 мг/л.

Однако, для прудовых хозяйств указанная величина ПДК не достаточна в связи с тем, что в процессе интенсивного выращивания рыбы происходит целенаправленное увеличение трофности прудов, приводящее к повышению содержания аммиака и других веществ до уровня "грязных вод", если сравнивать их концентрации с ПДК, установленными для естественных водоемов.

Поэтому возникла необходимость изучения динамики и уровней накопления аммиака в рыбоводных прудах и определения его взаимосвязи с другими показателями качества воды.

На рисунках 2, 3 и 4 показана типичная динамика аммиака, аммонийного азота и pH в нагульных прудах с плотностью посадки рыбы от 3,5 до 16,8 тыс. шт/га. Рассматривая динамику этих показателей качества воды рыбоводный сезон можно условно разделить на три периода: весенне-раннелетний (май - первая декада июня), летний (вторая декада июня - конец августа) и осенний.

В весенне-раннелетний период рыбоводного сезона отмечаются максимальные концентрации аммиака, достигающие до 0,40 мг/л. Это связано с сильнощелочными свойствами воды (рис. 4), pH которой в это время достигает 10,0-10,5. Это происходит за счет процессов жизнедеятельности водорослей, изменяющих физико-химические параметры воды. Такой процесс длится часто несколько недель.

В летний период рыбоводного сезона происходит снижение концентраций свободного аммиака до 0,10 мг/л и менее (рис. 2). Увеличивается содержание аммонийного азота (рис. 3). Это связано с понижением pH прудовой воды до 7,5-8,5 (рис. 4). Однако концент-

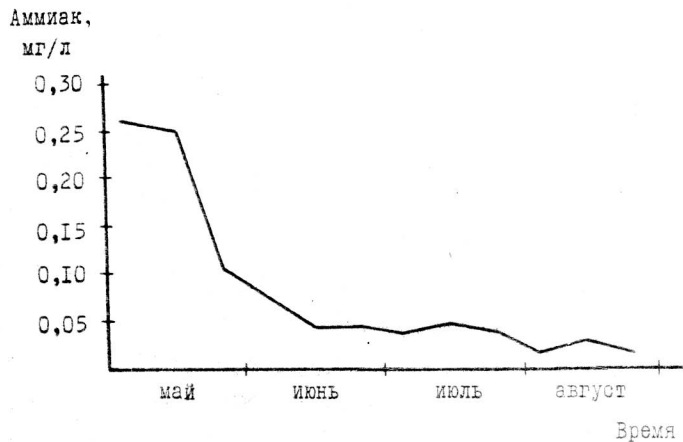


Рис. 2. Динамика аммиака в воде рыбоводных прудов

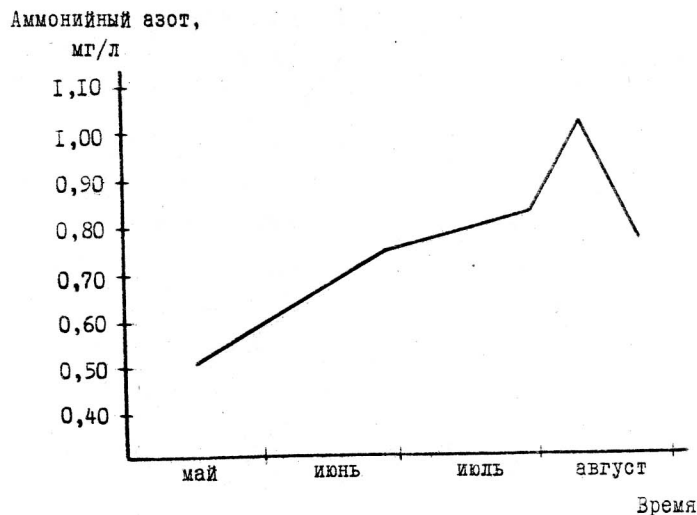


Рис. 3. Динамика аммонийного азота в воде рыбоводных прудов

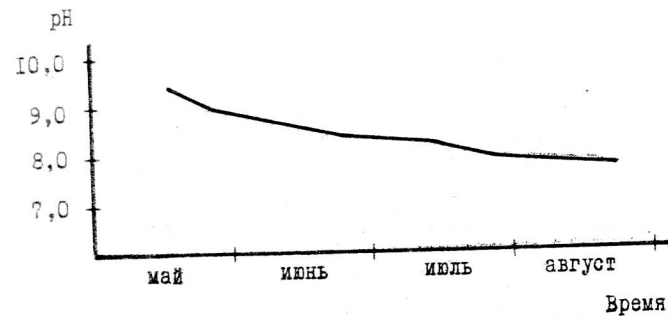


Рис. 4. Динамика рН воды рыбоводных прудов

рации свободного аммиака часто превышают ПДК, установленные для естественных рыбохозяйственных водоемов. Это связано с повышением температуры воды и смещением равновесия между аммонийным азотом и свободным аммиаком (Глинка, 1973), интенсивностью рыбоводных мероприятий, приводящих к увеличению органического загрязнения воды. Накоплению аммиака в воде способствуют также выделения его рыбами (Smith, 1930; Стржанов, 1962).

В осенний период рыбоводного сезона отмечаются самые минимальные концентрации аммиака, не превышающие 0,03 мг/л.

В связи с тем, что максимальные концентрации свободного аммиака приходятся на периоды минимального содержания в воде аммонийного азота, необходимо отдельно нормировать допустимые уровни свободного аммиака для рыбоводных прудов с целью предотвращения токсикозов рыб.

2. Влияние аммиака на жаберный аппарат карпов при различных физико-химических условиях водной среды

Проведенные исследования по влиянию аммиака на жаберный аппарат карпов, выполненные с помощью метода, описанного в главе III, выявили, что наибольшее поражение респираторных складок, достигающее 80,0 % и более, отмечается в весенне-раннелетний период рыбобоводного сезона, т.е. в то время, когда фиксируются максимальные концентрации аммиака и pH воды. Отрицательное действие аммиака на жабры в этот период сезона усиливается за счет того, что оно происходит в воде, с жесткостью, не превышающей 2,8 мг-экв/л, т.е. в мягкой воде. И лишь невысокая температура воды и большие концентрации кислорода, достигающие 17,0-20,0 мг/л ослабляют отрицательное влияние аммиака на жабры.

В летний период рыбобоводного сезона степень поражения респираторных складок уменьшается. Это связано с понижением содержания аммиака и pH воды, а также с увеличением жесткости воды до 3,0 мг-экв/л и более. Но повышение температуры воды и уровня органического загрязнения способствуют образованию аммиака. Поэтому в летний период сезона степень поражения жаберного аппарата достигает иногда 70,0-80,0 %.

Как правило, в этот период отмечается понижение кислорода в воде.

Патологические изменения в жаберном аппарате рыб на фоне пониженного содержания кислорода в воде могут привести к заболеванию и гибели рыб.

В осенний период рыбобоводного сезона, в связи с понижением содержания аммиака, pH и температуры воды, с повышением содержания растворенного в воде кислорода степень поражения респираторных

складок не превышала 30,0-40,0 %.

Показано, что влияние аммиака на жаберный аппарат характеризуется длительным последствием. Поражение РСЖЛ отмечается даже тогда, когда содержание аммиака снижается до уровня технологической нормы.

3. Влияние аммиака, кислорода, температуры и жесткости прудовой воды на рост карпа

Изучение динамики прироста массы тела годовиков карпа в течение рыбобоводного сезона показало, что наибольшее увеличение массы происходит в весенне-раннелетний период. Это связано с высокой потенциальной способностью роста годовиков карпа.

В летний период уровень массонакопления у рыб снижается. Это связано с биологическими особенностями организма и условиями их выращивания.

Сопоставление прироста массы тела карпов с результатами гидрохимических анализов выявило следующее. Наибольшие приросты, достигающие 64,0 %, получены в тех прудах, где содержание аммиака находилось в пределах 0,01-0,07 мг/л. При этом, содержание кислорода было не менее 4,5-5,0 мг/л, температура воды - 18,0-22,0°C, жесткость воды - 3,0 мг-экв/л и выше. Рыбы могут переносить концентрации аммиака, большие, чем 0,07 мг/л, но это отрицательно сказывается на приросте.

Глава V. Влияние аммиака на рыб в контролируемых условиях водной среды

С целью уточнения предельных концентраций аммиака для рыбобоводных прудов и выявления его токсичности при изменяющихся физико-химических условиях водной среды проводились различные модельные опыты.

1. Взаимосвязь аммиака и фитопланктона в формировании качества воды

В связи с тем, что накопление восстановленных форм азота зависит от размеров клеток водорослей (Иванов, 1978), были поставлены опыты по оценке влияния развивающегося фитопланктона на жаберный аппарат рыб.

Проведенные эксперименты показали, что увеличение размера клеток фитопланктона с 38,0 до 161,0 мк сопровождалось повышением содержания аммиака с 0,06 до 0,20 мг/л. Накопление в роде аммиака отмечалось и при смене крупных клеток водорослей на мелкие. Это послужило причиной возникновения в эксперименте жаберного некроза карпа. Он обнаружился тогда, когда вода имела следующие параметры: концентрация аммиака - 0,08 мг/л; pH - 8,6; жесткость - 1,1 мг-экв/л (мягкая вода). Содержание кислорода составило 70,0 % насыщения.

2. Комбинированное влияние аммиака, растворенного в воде кислорода, pH, температуры и жесткости воды на физиологическое состояние рыб

Лабораторным экспериментам по изучению комбинированного влияния аммиака и связанных с ним показателей качества воды на физиологическое состояние рыб предшествовали опыты, в которых изучалось влияние на рыб одного или двух параметров водной среды.

Результаты опытов показывают, что наибольшее поражение респираторных складок вызывает аммиак, растворенный в мягкой воде, а также сочетание аммиака с жесткостью, установленной с помощью сульфата магния. Сильное поражение жабр, равное 91,0 %, получено при влиянии аммиака и магниевой жесткости в сильнощелочной среде.

В связи с тем, что в прудах эти вещества влияют на рыб одновременно, возникла необходимость в постановке экспериментов, в которых бы оценивалось одновременное влияние на рыб аммиака, pH, жесткости и температуры воды. Эти эксперименты планировали и проводили по схеме полного факторного эксперимента $(ПФЭ)2^4$, приведенной в таблице 1. Степень поражения респираторных складок определяли через 4 и через 8 часов от начала эксперимента.

Таблица 1
Результаты многофакторного эксперимента

№ опытов	Условия опытов				Степень поражения жабр (среднее по 4 повторностям)			
	pH	жест- кость, мг-экв/л (MgSO ₄)	NH ₄ Cl, мг/л	O ₂ , мг/л	Через 4 ч.		Через 8 ч.	
					p%	-	p%	-
1	8,0	1,04	0,0	6,0	49,2	1,555	60,6	1,789
2	11,0	1,04	0,0	6,0	78,2	2,169	88,7	2,456
3	8,0	3,05	0,0	6,0	69,1	1,963	75,4	2,104
4	11,0	3,05	0,0	6,0	85,6	2,363	86,3	2,382
5	8,0	1,04	0,2	6,0	72,7	2,043	81,8	2,260
6	11,0	1,04	0,2	6,0	82,2	2,271	75,6	2,108
7	8,0	3,05	0,2	6,0	86,7	2,396	86,5	2,389
8	11,0	3,05	0,2	6,0	88,7	2,456	84,1	2,322
9	8,0	1,04	0,0	12,0	69,8	1,979	79,7	2,206
10	11,0	1,04	0,0	12,0	84,9	2,343	90,4	2,511
11	8,0	3,05	0,0	12,0	85,2	2,353	89,0	2,466
12	11,0	3,05	0,0	12,0	92,6	2,592	90,2	2,504
13	8,0	1,04	0,2	12,0	76,8	2,137	80,2	2,219
14	11,0	1,04	0,2	12,0	91,9	2,565	95,1	2,684
15	8,0	3,05	0,2	12,0	71,8	2,023	84,0	2,319
16	11,0	3,05	0,2	12,0	83,8	2,313	89,0	2,466

Результаты экспериментов, изложенные в таблице I, говорят о том, что поражение жаберных лепестков происходит, в основном, в первые 4 часа от начала опыта. За последующие 4 часа величина поражения увеличивается, в среднем, на 4,0 %. Наименьшая степень поражения РСЖЛ наблюдается при отсутствии в воде хлористого аммония (соответственно и аммиака), низкой магниевой жесткости, pH воды 8,0 и при содержании кислорода, равного 6,0 мг/л (опыт I). В остальных опытах степень поражения жабр была высокой, особенно, когда указанные в условиях опытов вещества действовали на рыб в сильнощелочной среде (pH = 11,0).

Таким образом, проведенные исследования показали, что аммиак обнаруживается в прудовой воде в течение всего рыбоводного сезона. В весенне-раннелетний период присутствие свободного аммиака связано, в основном, с диссоциацией восстановленных форм азота при высоких значениях pH воды. Повышение pH в это время происходит вследствие нарушения карбонатно-кальциевого равновесия за счет интенсивного фотосинтеза водорослей и высших водных растений. Кроме того, как показали исследования, проведенные в лаборатории рыбоводной токсикологии ВНИИПРХ, водоросли сами выделяют аммиак во внешнюю среду (Иванов, 1976; 1978).

В летний период рыбоводного сезона с повышением температуры воды увеличивается интенсивность рыбоводных мероприятий, что приводит к увеличению органического загрязнения и накоплению аммиака в прудах за счет разложения органических веществ. Кроме того, само повышение температуры воды приводит к увеличению доли свободного аммиака в системе восстановленных форм азота. Накоплению аммиака в прудах способствуют выделения гидробионтов.

Концентрации свободного аммиака в прудах весной достигали 0,34-0,52 мг/л, а летом - до 0,33 мг/л.

Следовательно, постоянный контроль за содержанием аммиака и поддержание его на уровне, не превышающем предельных значений в данный период сезона, имеет важное практическое значение.

Для целей контроля качества водной среды и раннего выявления отрицательного влияния аммиака и других токсикантов удобным тест-органом являются жабры рыб.

Поражение жаберного аппарата годовиков карпа в прудах прямо коррелирует с содержанием в воде свободного аммиака. Влияние его на рыб сильнее выражено в весенний период.

Лабораторные эксперименты показали, что наибольшее поражение РСЖЛ отмечено при воздействии аммиака в мягкой воде, при повышенных значениях pH и растворенного кислорода.

Такая экологическая ситуация характерна именно для весенне-раннелетнего периода рыбоводного сезона.

Анализ роста рыбы в прудах и поражения жаберного аппарата показывает, что концентрации свободного аммиака в пределах 0,01-0,07 мг/л можно считать оптимальными. При увеличении концентрации аммиака свыше 0,1 мг/л происходит снижение прироста массы тела рыбы, увеличение поражения РСЖЛ.

Исследования, проведенные на прудах и в лабораторных условиях позволили определить допустимые концентрации аммиака, кислорода, температуры и жесткости воды, изложенные в таблице 2.

Для прудового рыбоводства постоянное содержание в воде аммиака в концентрациях выше 0,10 мг/л, особенно в периоды сезона с температурой воды выше 20,0°C и жесткостью воды менее 1,5 мг-экв/л следует считать недопустимым. Это связано с тем, что с повышением температуры воды, например, с 5,0 до 10,0°C при pH 8,0 доля аммиака в системе восстановленных форм азота увеличивается, примерно, на 0,5 %, а при повышении с 20,0 до 25,0°C - на 2,0 % (Дурье, 1973)

Таблица 2

Допустимые концентрации аммиака в зависимости от содержания кислорода, температуры и жесткости воды

Показатели	Аммиак, мг/л	Кислород, мг/л	Температура, °C	Жесткость, мг-экв/л
Норма	0,01 - 0,07	8,0 ± 2,0	18,0 - 22,0	более 3,0
Кратковременно допустимые (1-2 суток)	1,00 - 1,50	18,0 ± 5,0	до 20,0	более 2,0
Временно допустимые (3-5 суток)	0,10 - 0,20	7,0 ± 2,0	до 20,0	более 2,0

Помимо этого, с повышением температуры возрастает чувствительность карпов к аммиаку. При температуре воды более 18,0°C повышается эндогенная нагрузка аммиака на организм в следствие быстрого распада белка тела при повышенной энергетической потребности организма (Schreckenbach, Spangenberg, 1983).

Применительно к условиям рыбоводного сезона Северо-Западных районов РСФСР, Прибайтики, Белоруссии период повышения температуры воды отмечается во второй половине мая - в первой декаде июня. В это же время, как показали наши исследования, отмечаются повышенные значения pH и аммиака в воде прудов. Для указанных районов характерно в это время заболевание карпа жаберным некрозом (Мусселиус, 1981).

Так как наибольшее поражение жаберного аппарата отмечается в первые 4 часа контакта "токсикант-рыба", необходимо в периоды увеличения концентраций аммиака в прудах проводить гидрохимические анализы чаще, чем это предусмотрено инструкциями.

ВЫВОДЫ

1. В результате евтрофирования водоемисточников рыбоводных хозяйств, усиления интенсификации прудового рыбоводства одним из ведущих лимитирующих факторов повышения рыбопродуктивности является загрязнение водной среды прудов аммиаком и аммонийным азотом.

2. Показано, что аммиак в нагульных прудах с плотностью посадки годовиков карпа от 3,5 до 16,8 тыс. шт/га присутствует постоянно и характеризуется величинами от 0,01 до 0,52 мг/л.

3. В весенне-раннелетний период рыбоводного сезона поступление аммиака в водную среду обуславливается, в основном, диссоциацией в системе восстановленных форм азота при повышенных значениях pH и жизнедеятельностью гидробионтов. В летний период основным источником аммиака является разложение органических соединений и диссоциация восстановленных форм азота при повышенной температуре воды.

4. Нормативные значения аммиака для рыбоводных карповых прудов составляют 0,01-0,07 мг/л. Недопустимо превышение его концентраций свыше 0,10 мг/л. При температуре воды ниже 20,0°C, жесткости воды более 2,0 мг-экв/л и пересыщении воды кислородом возможно кратковременное (1-2 суток) превышение этих величин.

5. Установлена прямая связь между уровнем накопления аммиака в прудах и физиологическим состоянием рыбы, оцениваемым по жаберному аппарату. Для этого разработана тест-методика оценки физиологического состояния рыбы по измерению ширины и количества нормальных и пораженных респираторных складок жаберных лепестков. Показано, что ширина апикального конца респираторных складок постоянно относительно возраста рыб и составляет для карпов массой от 1,0 до 100,0 г 7,8-8,6 мк, а для карпов массой от 100,0 до

300,0 г 8,6–12,9 мк. Эти величины могут быть приняты за физиологическую норму. Наибольшая степень поражения респираторных складок, равная 90,0–95,0 %, отмечается при концентрациях аммиака, достигающих 0,40 мг/л и значениях рН воды 9,5–10,5. Этому способствуют повышенная температура воды, а также пересыщение или минимальное содержание растворенного кислорода.

6. При действии аммиака и других токсикантов ширина апикальных концов респираторных складок жаберных лепестков может увеличиваться в размерах, значительно превышающих физиологическую норму. Очень часто наблюдается разрушение апикальных концов. Максимальное поражение жаберного аппарата наблюдается в первые 4 часа контакта "токсикант-рыба", что позволяет характеризовать указанную выше методику как экспрессную.

7. При степени поражения респираторных складок до 30,0 % можно сказать, что в воде присутствует малотоксичные для рыб вещества. При поражении 30,0–60,0 % необходимо усилить контроль за качеством воды и выявить источник ее загрязнения. При поражении 60,0–90,0 % респираторных складок надо принимать срочные меры по улучшению водной среды. При поражении респираторных складок свыше 90,0 %, если не улучшатся условия выращивания, можно прогнозировать летальный исход для рыбы в течение 1–2 суток.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Иванов Э.В., Лукина Т.М., Андронников С.Б., Шестерин И.С. Развитие токсикозов рыб в зависимости от изменения ионного состава воды. – Докл. МОИП (II полугодие 1976 г.), Зоология и ботаника, М., Изд-во МГУ, 1978, с. 35–36.
2. Шестерин И.С., Иванов Э.В., Андронников С.Б. Роль показателя рН при оценке качества воды в прудах. – Сб. научн. тр. ВНИИПРХ "Растительноядные рыбы и новые объекты рыбоводства и акклиматизации". М., 1979, вып. 26, с. 133–141.
3. Иванов Э.В., Лукина Т.М., Андронников С.Б., Шестерин И.С. Продукты разложения мочевины в рыбоводных прудах. – В кн.: Тезисы Всесоюзного совещания "Совершенствование биотехники прудового рыбоводства". М./ВНИИПРХ/, 1980, с. 99–101.
4. Иванов Э.В., Андронников С.Б., Лукина Т.М., Шестерин И.С. О допустимых уровнях накопления свободного аммиака в прудах. – В кн.: Тезисы Всесоюзного совещания "Совершенствование биотехники прудового рыбоводства". М./ВНИИПРХ/, 1980, с. 102–103.
5. Шестерин И.С., Иванов Э.В., Андронников С.Б., Лукина Т.М. Вещества аутогенного происхождения в прудах и их комбинированное влияние на рыб. – Сб. научн. тр. ВНИИПРХ "Болезни рыб и водная токсикология". М., 1981, вып. 32, с. 143–155.
6. Шестерин И.С., Иванов Э.В., Андронников С.Б., Лукина Т.М. О нормировании свободного аммиака в рыбоводных прудах. – Рыбное хозяйство, 1982, № 6, с. 62.
7. Шестерин И.С., Богданова Л.А., Глазачева И.В., Баранов С.А., Иванов Э.В., Лукина Т.М., Андронников С.Б. Технологические нормативы качества воды при выращивании карповых рыб в прудах. – (плакат), ВНИИПРХ, 1983.

8. Лиманский В.В., Яржомбек А.А., Бекина Е.Н., Андронников С.Б. Инструкция по физиолого-биохимическим анализам рыбы. М., 1984, с. 6-8.
9. Лукина Т.М., Андронников С.Б., Шестерин И.С. О применении гипохлорита натрия в прудах. - В кн.: Методы интенсификации прудового рыбоводства: Тез. докл. Всес. конф. молодых ученых. М., 1984, с. 4.
10. Андронников С.Б., Лукина Т.М., Иванов Э.В. Влияние аммиака и кислорода на жаберный аппарат рыб. - В кн.: Методы интенсификации прудового рыбоводства: Тез. докл. Всес. конф. молодых ученых. М., 1984, с. 141.
11. Иванеха Е.В., Андронников С.Б., Лукина Т.М. Изучение продуктов разложения органических веществ в прудах. - В кн.: Методы интенсификации прудового рыбоводства: Тез. докл. Всес. конф. молодых ученых. М., 1984, с. 142.
12. Иванов Э.В., Андронников С.Б., Лукина Т.М., Шестерин И.С. Способ контроля воды на токсичность. Авт. св. № 1140729, Б.И. № 7, 1985, с. 11-12.
13. Иванеха Е.В., Андронников С.Б., Шестерин И.С. Накопление продуктов разложения органических веществ в прудах и их влияние на рыб. - В кн.: III межвузовская конференция молодых ученых и специалистов: Тез. докл. Калининград, 1984, с. 116-117.
14. Андронников С.Б., Иванов Э.В., Лукина Т.М., Шестерин И.С. Оценка экологических условий водной среды по жаберному аппарату рыб. - В кн.: VI Всесоюзная конференция по экологической физиологии и биохимии рыб: Тез. докл. Вильнюс, 1985, с. 8-9.
15. Лукина Т.М., Андронников С.Б., Иванов Э.В., Шестерин И.С. Влияние качества воды на состояние жаберного аппарата карпа в прудах. - Сб. научн. тр. ВНИИПРХ "Вопросы интенсификации

прудового рыбоводства". Вып. 45. М., 1985, с. 188-191.

16. Иванов Э.В., Андронников С.Б., Лукина Т.М., Шестерин И.С. Способ определения токсичности водной среды по жаберному аппарату рыб. - Информационный листок № 266-86 МособлЦНТИ. 1986, с. 1-3.