

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина

УДК 591.1:639.215

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

_____ А.В. Колесников

Отчет

о научно-исследовательской работе по теме:

**«Влияние абиотических и антропогенных факторов на здоровье рыб,
выращиваемых в прудовых хозяйствах Белгородской области»**

Руководитель НИР

Кулаченко В.П.

Белгород, 2016 г.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР
д.б.н., профессор
кафедры морфологии
и физиологии

_____ Кулаченко В.П.
подпись

Исполнитель НИР:

Доцент, к.б.н.

_____ Кулаченко И.В.
подпись

Главный
ветеринарный врач

_____ Манько Н.Н.
подпись

Аспирант

_____ Вошкин А.Г.
подпись

РЕФЕРАТ

Отчет – 38с., рис – 2, табл. – 6, источн. – 27, прил – 0.

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ, РЫБЫ, СЕГОЛЕТКИ, КАРП, БЕЛЫЙ АМУР, ТОЛСТОЛОБИК, РОСТ, РАЗВИТИЕ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ.

В отчете представлены результаты исследований, выполненных в рамках договора № ____ от _____ «Влияние абиотических и антропогенных факторов на здоровье рыб, выращиваемых в прудовых хозяйствах Белгородской области», внутренний грант.

Цель работы – изучить влияние абиотических и антропогенных факторов на здоровье рыб, выращиваемых в прудовых хозяйствах Белгородской области.

Научно-практическая значимость. Результаты исследований будут использованы при биогеохимической индикации экологического состояния водных экосистем области. Они дадут возможность контролировать интенсивность роста и качество рыбы по содержанию ТМ и корректировать биогеохимических фон окружающей рыбу абиотической среды с целью оптимизации условий выращивания и повышения рыбопродуктивности прудов. Исследования помогут разобраться в механизмах миграции ТМ в водных экосистемах.

Экономическая эффективность: в результате исследований получены данные об экологической обстановке прудовых водоемов по выращиванию рыбопосадочного материала и товарной рыбы, а также установлены возможности и эффективности использования карповых рыб в качестве биоиндикаторов качества прудовой воды для разработки мер экономически эффективного совместного выращивания традиционных видов прудовых рыб, выявлены резервы увеличения продуктивности прудов и получения экологически чистой рыбной продукции в Белгородской области.

Использовались следующие методы: рН воды методом рН-метрии; содержание в воде аммиака ионометрическим методом; содержание в воде нитратов ионометрическим методом; содержание в воде нитритов ионометрическим методом.

Для исследования биоаккумуляции ТМ (меди, железа, цинка, марганца, свинца и кадмия) рыбами использовался атомно-абсорбционный метод.

Весовые и линейно-размерные показатели карповых рыб изучали общепринятыми в рыбоводной практике методами.

Физиологическое состояние рыб оценивали по массе тела и линейно-размерным показателям (ГОСТ-427; ГОСТ 23711; ГОСТ 23676), коэффициенту упитанности по Фультону и физиологической устойчивости рыб и макродиагностическим показателям.

Были получены следующие результаты:

Представлены результаты изучения влияния абиотических и антропогенных факторов на здоровье прудовых рыб в аквакультуре Белгородской области. Показано приемлемое качество среды карповых рыб при выращивании сеголеток в условиях рыбопитомника и товарных рыб в рыбоводном хозяйстве. Отмечены видовые особенности биоаккумуляции тяжелых металлов сеголетками карповых рыб и товарной рыбой. Установлены коэффициенты корреляции между металлами-синергистами и антагонистами. При оценке состояния здоровья сеголеток и товарных рыб с учетом массы тела, упитанности, физиологической устойчивости и макродиагностическим показателям установили, что их величина соответствовала параметрам здоровой безопасной для потребления человеком рыбы. Акцентируется внимание на целесообразность проведения мероприятий, направленных на повышение азота в прудовой воде, необходимого для развития фитопланктона («цветения» воды) – основного первичного источника естественного корма рыб и выделения кислорода за счет фотосинтеза в качестве важного резерва повышения эффективности производства товарной рыбы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
Основная часть	8
1. Аналитический обзор	8
2. Результаты экспериментальных исследований	15
2.1. Выбор объектов исследования	15
2.2. Выбор методов исследования	15
2.3. Результаты контроля гидрохимического состояния исследуемых водоемов	16
2.4. Результаты изучения биоаккумуляции тяжелых металлов сеголетками карповых рыб	17
2.5. Особенности биоаккумуляции тяжелых металлов и здоровье товарной рыбы	21
3. Экономические аспекты	24
4. Публикации по результатам исследований	25
4.1. Список публикаций по результатам выполненной научно-исследовательской работы	25
4.2. Копия статьи	26
Заключение	35
Список использованной литературы	36

ВВЕДЕНИЕ

Прудовое рыбоводство Белгородской области по объему производства товарной рыбы занимает ведущее место среди других направлений аквакультуры и имеет все возможности для дальнейшего развития рыбной отрасли. Регион представляет 22 место в России и 1 место в ЦФО по производству свежей и охлажденной рыбы. В 2013 году произведено 6,3тыс. т рыбы, в том числе 4,03тыс. т карпа (64%) и 1,76тыс. т толстолобика (28%). По итогам 2014 года рыбоводческими хозяйствами региона произведено около 6тыс. тонн прудовой рыбы, в том числе 4тыс. т карпа (66%), 1,5тыс. т толстолобика (25%), 0,18тыс. т белого амура (3%), 0,14тыс. т карася (2,33%), 0,1тыс. т форели (1,67%) и 0,01 тыс. т щуки (0,17%). В 2015 году произведено 5821т рыбы. При таких темпах и объёмах производства, отмечают в руководстве области, регион еще долго не выйдет на уровень самообеспеченности прудовой рыбой. Среднее потребление рыбы на душу населения в регионе – 13 кг в год, из них всего лишь 3,1-3,5кг – местного производства. Официальные нормы потребления рыбы, установленные Минздравом от 18 до 20кг. По данным Департамента АПК в числе лидеров по производству прудовой рыбы Яковлевский район, где в 2015 году произвели 998 т рыбы (17% от общего количества по области), Новооскольский, где вырастили 842т, и Ракитянский – 770т. По эффективности же на первом месте Ивнянский район: там с 1га водоёмов выловили 20ц рыбы, второй – Яковлевский район – 18ц, третий – Ракитянский – 14ц. В многочисленных прудовых хозяйствах пытаются создавать необходимые условия для существования, роста и развития рыбы и использования современных методов интенсификации (мелиорация и удобрение прудов, кормление рыбы). Рациональное ведение рыбоводства основывают на разведении и использовании ценных видов и пород прудовых рыб, дающих в короткий срок высококачественную продукцию для обеспечения населения региона. Однако эффективность производства рыбы в Белгородской области еще низкая –

12ц/га. Приведенные данные о снижении производства товарной рыбы в регионе обязывает нас акцентировать внимание на поиски резервов повышения продуктивности прудовой рыбы. Остро ощущается недостаток высокопродуктивного племенного молодняка. Недостаточно оптимизирована технология выращивания товарной рыбы. На рыбопродуктивность водоемов отрицательное влияние оказывают абиотические и антропогенные факторы. К числу важнейших факторов, влияющих на устойчивость биоценозов, относится антропогенное химическое загрязнение поверхностных вод тяжелыми металлами. Изучение биологических систем различного уровня организации в условиях, как их естественной среды обитания, так и изменения под воздействием антропогенного фактора позволит непосредственно выявить эффекты, обусловленные воздействием всего комплекса загрязняющих веществ и естественных абиотических факторов, определить пороговые уровни нагрузок и дать наиболее реалистичный прогноз ее развития. Особо острой проблемой является загрязнение природных пресных вод тяжелыми металлами, для которых в воде не существует надежных механизмов самоочищения: они лишь перераспределяются в экосистемах, взаимодействуя с организмами разных трофических уровней и оставляя видимые или невидимые последствия. Изучение элементного состава гидробионтов позволяет решить ряд вопросов экологического, физиологического и практического характера. Этим фактором обусловлено появление в последнее десятилетие довольно большого числа работ, посвященных содержанию микроэлементов группы тяжелых металлов в гидробионтах. Рыбы способны аккумулировать тяжелые металлы даже в тех случаях, когда содержание их в водной экосистеме не превышает установленных предельно допустимых норм. Под действием токсических веществ в организме рыб могут происходить патологические изменения на молекулярном, организменном и на популяционном уровнях. Кроме этого возникает серьезная угроза здоровью человека, так как рыба – один из основных продуктов его питания.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

По многочисленным современным научным данным внешняя среда влияет на все жизненные процессы, происходящие в организме рыбы: дыхание, питание, кроветворение и кровообращение, нервную деятельность, размножение, рост и развитие [2, 3, 4, 5, 7, 20, 23, 26]. Рыбы, как обитатели водной среды, на разных стадиях своего развития и в различные периоды жизни неодинаково реагирует на ее условия [7, 8, 11].

Рост и развитие рыб, богатство и многообразие ихтиофауны водоема зависит от многих абиотических и биотических факторов среды, действующих на организм рыбы. Таковыми считают площадь и глубина водоема, характер его грунта, населяющие его бактерии, растения и животные, гидрологический и гидрохимический режим и так далее [3, 7, 20, 26].

Наблюдения показывают, что в нашем регионе чаще всего приходится сталкиваться специалисту-рыбоводу с такими, как: температура воды, освещенность, уровень и течение воды, гидрохимический режим, кормовая база. Постоянный мониторинг этих факторов позволяет рыбоводу не только контролировать внешнюю среду, но и изменять ее в желательном направлении [2, 27], успешно решать проблемы производства аквакультуры на территории региона, находящиеся под пристальным вниманием руководства [1].

Одним из факторов, оказывающих большое воздействие на отправление жизненных функций рыбы, определяющих ее рост и развитие является температура воды [23]. Этот фактор действует на рыбу как непосредственно – изменяя интенсивность ферментативных процессов, происходящих в организме, активность потребления пищи, характер обмена веществ, ход развития половых желез и прочее, так и косвенно, оказывая свое влияние на улучшение или ухудшение развития естественной кормовой базы [2, 3, 5, 7, 20].

Температура является также внешним стимулом, определяющим для физиологически подготовленного организма рыб начало миграций, нереста и зимовки [27].

Колебания температуры воды значительны. Так, температура в пресных водах может изменяться в течение года от 0 до 30°C и выше, а в морях – от минус 2 до плюс 20-30°C. Различные виды рыб живут при различных колебаниях температуры воды. Так, эвритермные рыбы (щука, окунь, карась, лещ, сазан, линь, осетр, белуга, севрюга, стерлядь и др.) живут в водоемах, в которых температура воды изменяется в течение года в широких пределах (в несколько десятков градусов), а stenotherмные рыбы (обитатели тропических и полярных широт) переносят лишь температурные колебания в 5-7°C.

Температурные условия, при которых все жизненные процессы протекают в организме нормально, принято называть оптимальными [23]. Исходя из оптимальных температурных условий, все виды рыб условно подразделяют на теплолюбивых и холодолюбивых.

Многие теплолюбивые рыбы (осетр, севрюга, белуга, шип, стерлядь, сазан, лещ, судак, тарань, вобла и др.) могут жить в водоемах, в которых температура воды изменяется в течение года от 0 до 30°C и даже несколько выше. Эти рыбы нерестятся в весенне-летний период при температуре воды 8-20°C, а некоторые из них – при 17-25°C. Икра этих рыб развивается обычно при тех же температурах, при которых происходит нерест. Питание и рост теплолюбивых рыб происходят наиболее интенсивно при 18-25°C.

Холодолюбивые рыбы (лососи, кумжа, белорыбица, сиви и др.) нерестятся в основном осенью при температуре воды не выше 10-14°C. Икра этих рыб развивается при температуре воды от 0 до 14°C. Холодолюбивые рыбы наиболее интенсивно питаются и растут при температуре воды 8-15°C. При дальнейшем повышении температуры воды у этих рыб резко снижается двигательная активность, интенсивность питания и замедляется рост. Взрослые особи лососей легко переносят колебания от отрицательных температур воды до 18-20°C. Однако отрицательная температура и соленость

воды неблагоприятно влияют на молодь лососей. Так, скатывающаяся из рек молодь кеты, нерки и горбуши не переносит отрицательную температуру морской воды (температура минус $0,1^{\circ}\text{C}$ является нижней летальной температурой для этой молоди).

По данным исследователей большое значение в жизни рыб имеет освещенность и скорость течения. Известно, что в результате таяния снегов и дождей повышается уровень воды в реке, увеличивается скорость течения, мутность и, следовательно, снижается степень прозрачности воды, которая существенно влияет на ее освещенность.

Прозрачность воды зависит от содержания в толще воды неорганических и органических взвешенных частиц, а также мельчайших растительных и животных организмов [22]. Чем больше в воде содержится взвешенных частиц и микроорганизмов, тем меньше ее прозрачность и, наоборот. Поздней осенью и зимой вода бывает более прозрачна, чем весной и летом, так как весенний паводок и летние ливневые дожди приносят в водоем большое количество неорганических и органических веществ, в это же время года в воде бурно развиваются одноклеточные водоросли и беспозвоночные животные.

Большое количество взвешенных частиц глины и песка в воде вызывает отмирание фито- и зоопланктона, затрудняет дыхание рыб и ухудшает их питание. Мутность воды, образованная взвесью частиц из отмерших растительных и животных организмов, ухудшает гидрохимический режим водоема.

От освещенности у большинства рыб зависит строение органа зрения, которое играет значительную роль при их ориентировке во время движения и суточном ритме активности. Этот фактор среды обуславливает возможности охоты хищника за жертвой и защиты жертвы от хищника.

Освещенность влияет на развитие рыб [22]. Так, у многих видов рыб в эмбриональный период нарушается обмен веществ, если развитие происходит

в несвойственных для них условиях освещенности. Примером этому может быть развитие зародышей и предличинок лососей на свету.

Освещенность оказывает также большое влияние на нерестовые миграции проходных и полупроходных рыб из моря в реку, их нерест и миграцию их молоди из реки в море. Однако на эти процессы влияет не только свет, но и уровень воды в реке, скорость течения и температура. Поэтому влияние этих факторов среды на рыб необходимо рассматривать не отдельно, а при их совместном воздействии.

Гидрохимический режим. Гидрохимический режим водоема оказывает на рыб такое же сильное воздействие, как все перечисленные выше факторы среды [11, 15]. Он зависит от химических свойств воды, ее способности растворять жидкие, твердые и газообразные вещества. Совокупность указанных веществ, их характер и количество во многом определяют условия жизни рыб в водоемах.

Важную роль как в жизни рыб, их развитии, так и в предрасположении их к различным болезням играет кислотность или активная реакция (рН). Поэтому при разработке мероприятий необходимо учитывать и этот показатель качества воды, пригодной для рыборазведения [21, 23, 26].

Значение имеют и такие компоненты прудовой воды как азот аммонийный, нитраты и нитриты [27]. Аммиак ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$): токсичен (поэтому рыба от него и избавляется). Бесцветный. Выводится через жабры, легко растворяется в воде. Для того чтобы предотвратить отравление рыбы аммиаком, от него нужно избавляться полностью [26]

Нитриты (NO_2): промежуточный продукт биологического (бактериального) расщепления аммиака. Также токсичны. Считаются более стойкими, чем аммиак. Бактерии дольше их расщепляют, поэтому содержание нитритов снижается медленнее. В новом водоеме содержание нитритов может надолго выйти из-под контроля, достигая такого уровня, при котором даже замена воды на 30% не исправит ситуацию. Если допустить образование избытка нитритов, они сами по себе могут подавлять окисляющие их

бактерии, что еще больше замедлит их переработку. Нитритов, как и аммиака, в воде не должно быть вовсе [27].

Нитраты (NO_3): наименее токсичны из азотистых веществ. Их можно считать запасом азота, которым, в конце концов, оказывается весь азот водной системы. Со временем нитраты накапливаются в воде и могут расходоваться растениями или частично выводиться при замене воды [25].

Показано, что по содержанию общего азота можно определять качество воды и прогнозировать ее изменения в зависимости от сочетания других показателей (температуры, pH, содержания солей и газов), от которых зависит переход одной формы соединения азота в другую [20, 23].

Азот – один из необходимых биогенных элементов. Его соединения, и в первую очередь нитриты, нитраты и аммоний или аммонийный азот, используются растениями для построения клеток. После гибели растений и животных в результате разложения органических веществ азот возвращается в водоем.

Рыбы и другие водные животные выделяют аммиак как конечный продукт белкового обмена, а отмершие (зоо- и фитопланктон) отдают азот в виде альбуминоидного азота. После гибели растений и животных в результате процессов разложения органических веществ альбуминоидный азот переходит в аммиак, а затем в нитриты и нитраты.

Согласно отраслевому стандарту содержание свободного аммиака в воде рыбоводных прудов свыше 0,1 мг/л не допускается. По технологическим нормам аммиак в воде рыбоводных прудов не должен превышать 0,01-0,07 мг/л. Кратковременно допустимые (1-2сут) и временно допустимые (3-5сут) концентрации аммиака в воде рыбоводных прудов могут быть соответственно 1,0-1,5 и 0,1-0,2 мг/л [26].

Наряду с абиотическими факторами внешней среды на рыб оказывают огромное влияние биотические факторы. К биотическим факторам внешней среды рыб относится пища, представленная в водоеме различными кормовыми организмами [9, 15].

Кормовые ресурсы водоема – это вся совокупность животных и растительных организмов в водоеме и их продукты распада, которые имеют в водоеме, независимо от того, используются ли они в настоящее время рыбой или нет [8].

Из антропогенных факторов существенное влияние на рыбопродуктивность и здоровье рыб оказывают различного рода загрязнители прудовых вод, связанных с деятельностью человека [4, 13, 15, 17-27.].

Деятельность человека, изменяющая гидрохимический режим водоема, сильно отражается и на уровне рН. В водохранилищах, образованных при зарегулировании стока рек, концентрация водородных ионов колеблется в широких пределах. Сточные воды предприятий химической, металлургической, целлюлозной и другой промышленности содержат как кислоты, снижающие рН воды, так и щелочи, соду и другие компоненты, повышающие рН. Значение рН среды оказывает сильнейшее влияние на устойчивость рыб к различным токсическим веществам, входящим в состав промышленных стоков. К стойким загрязняющим веществам относятся тяжелые металлы. Они слабо разлагаются в природных условиях, высокотоксичны для живых организмов в относительно низких концентрациях, способны к биоаккумуляции и биомагнификации. Значительное место среди них занимают железо, марганец, свинец, медь, цинк, кадмий, ртуть [3, 5, 7, 22]. Ореолы загрязнения тяжелыми металлами поверхностных и подземных вод связаны с локальными источниками (применение химических средств защиты растений, удобрение полей, применение минеральных удобрений в качестве пополнения запасов в прудовой воде биогенов и др.). Тяжелые металлы, раз попав в водоем, уже не исчезают из него, а путешествуют по различным пищевым цепям, передаются от одних организмов к другим. Их избыток отрицательно влияет на обмен веществ у водных организмов, вызывает уродства, подавляет рост и делает рыб восприимчивыми к различным болезням. Многие тяжелые металлы и их соединения, накапливающиеся в избытке в рыбах, оказывают вредное

воздействие на наследственный аппарат людей, постоянно питающихся загрязненной рыбой [25]. Это дает основание полагать, что поступление металлов в организм в концентрациях, превышающих его физиологические потребности, может представлять серьезную опасность для наследственности. Хроническое воздействие тяжелых металлов вызывает в организмах рыб нарушение функций жизненно важных органов: жабр, печени, почек, гонад [9, 19, 21, 22, 24]. Характер наблюдаемых патологий является типичным для рыб, обитающих в загрязняемых тяжелыми металлами водоемах, и является зависимым от величины нагрузки. Рыбы, обитающие в одном водоеме, но различающиеся характером питания и образом жизни, испытывают различную нагрузку, в связи с чем могут возникать ситуации с проблемами здоровья рыб, их сохранности и продуктивности.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Выбор объектов исследования

В качестве объектов исследования нами выбраны прудовая вода, сеголетки карповых рыб (карпа чешуйчатого и зеркального, белого амура и толстолобика) рыбопитомника «Шараповский» и наиболее ценные товарные рыбы карпы и толстолобики Курасовского рыбхоза «Ключики» Белгородской области.

2.2. Выбор методов исследования.

Изучение влияния абиотических факторов на состояние здоровья карповых рыб осуществляли с учетом контроля качества прудовой воды по таким показателям, как:

- рН воды методом рН-метрии;
- содержание в воде аммиака ионометрическим методом;
- содержание в воде нитратов ионометрическим методом;
- содержание в воде нитритов ионометрическим методом.

В качестве антропогенного фактора влияния на здоровье наиболее ценных объектов прудовой аквакультуры (карпа и толстолобика) изучали биоаккумуляцию тяжелых металлов в организме рыб. Для исследования биоаккумуляции ТМ (меди, железа, цинка, марганца, свинца и кадмия) рыбами использовался атомно-абсорбционный метод.

Весовые и линейно-размерные показатели карповых рыб изучали общепринятыми в рыбоводной практике методами.

Физиологическое состояние рыб оценивали по массе тела и линейно-размерным показателям (ГОСТ-427; ГОСТ 23711; ГОСТ 23676), коэффициенту упитанности по Фультону и физиологической устойчивости рыб и макродиагностическим показателям.

2.3. Результаты контроля гидрохимического состояния исследуемых водоемов.

Таблица 1. Нормы качества воды при выращивании рыбы и показатели пруда рыбхоза «Ключики»

Показатели	ОСТ для поступающей воды	Технологические нормы	Кратковременно допустимые значения	Проба воды в августе
рН	7,0-8,0	6,8-7,2	6,5-8,5	7,3
Нитриты, мг/л	До 0,02	До 0,1-0,2	До 1	0,11
Нитраты, мг/л	2-3	До 60	100	0,23
Аммонийный азот, мг/л	1,0	2-4	До 10	0,19
Аммиак свободный, мг/л	До 0,05	До 0,05	До 0,1	-

При достаточно высокой температуре воды, оптимальной для роста карпа и толстолобика мы видим пониженное содержание азота (сумма 0,5мг/л) при норме 2,0-2,5мг/л), необходимого для развития фитопланктона («цветения» воды) – основного первичного источника естественного корма рыб и выделения кислорода за счет фотосинтеза.

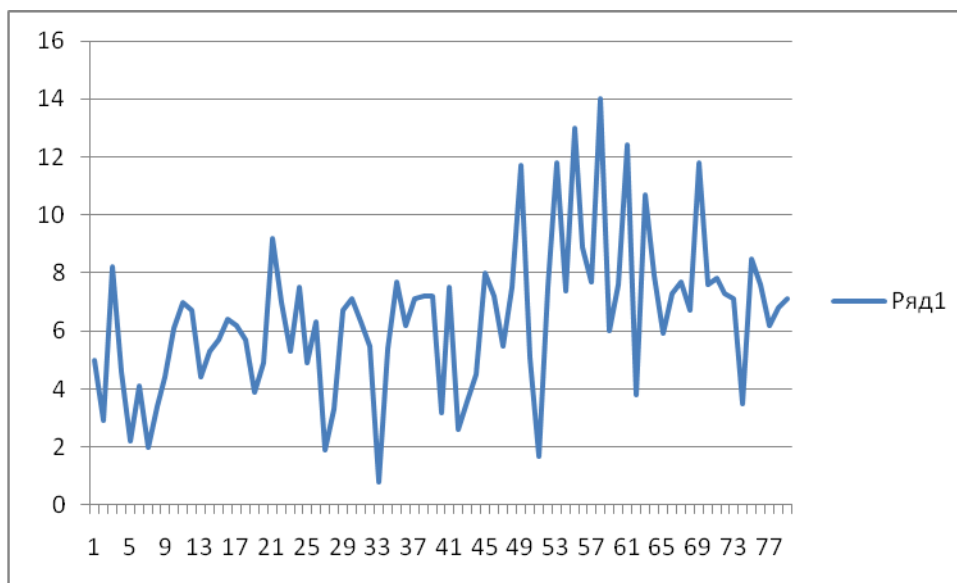


Рис.1. Содержание кислорода в воде пруда (июль 2016) мг/л

При норме 5-6 мг/л в дневное время показатель достигал 8-10 мг/л, а к утру падал до четырех и даже двух мг/л, что не может не сказываться на интенсивности роста рыб.

Такой абиотический фактор как температура действует на рыбу, изменяя интенсивность ферментативных процессов, происходящих в организме, активность потребления пищи, характер обмена веществ, ход развития половых желез и прочее, и тем самым оказывает свое влияние на улучшение или ухудшение развития естественной кормовой базы. Изменение температуры воды в нагульном пруду в летний период приведены на рис. 2

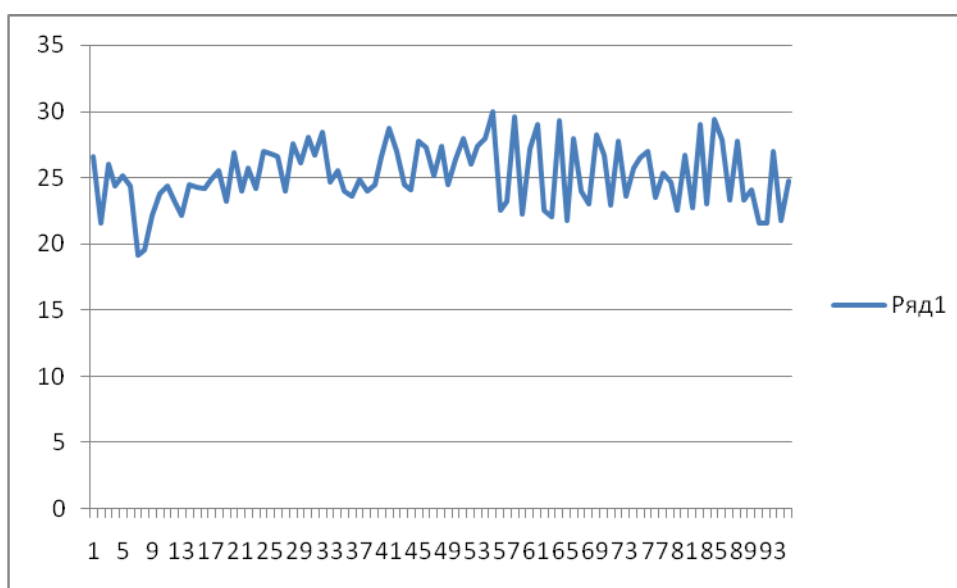


Рис. 2. Температура воды в нагульном пруду рыбхоза «Ключики» с 10 июля до 29 августа

2.4. Результаты изучения биоаккумуляции тяжелых металлов сеголетками карповых рыб.

По нашим данным в донных отложениях прудов значительно выше среднего уровня содержания в пахотном слое почвы было лишь содержание меди, которая весьма токсична для прудовых рыб. По остальным тяжелым металлам содержание отражало ситуацию, характерную для типичных черноземов области.

Установили, что биоаккумуляция тяжелых металлов сеголетками карпа чешуйчатого и карпа зеркального выше, чем белого амура и толстолобика (таблица 2).

Таблица 2. Биоаккумуляция тяжелых металлов сеголетками карповых рыб

Тяжелые металлы, мг/кг	Карп чешуйчатый	Карп зеркальный	Белый амур	Толстолобик гибрид
Железо	17,17±5,47	16,5±1,31	11,40±0,57	13,38±0,45
Марганец	0,58 ±0,02	0,47±0,05	0,31±0,024	0,51±0,01
Цинк	12,05±4,56	11,51±1,15	8,52±0,38	8,59±0,45
Медь	3,34±1,10	0,94±0,18	0,98±0,16	1,01±0,35
Кадмий	0,056±0,02	0,052±0,06	0,318±0,01	0,039±0,01
Свинец	0,52±0,15	0,49±0,06	0,40± 0,05	0,397±0,02
Ртуть	0,0077±0,01	0,0063±0,01	0,0025±0,01	0,0028

Так, содержание железа у сеголеток рыб составило в среднем 14,61мг/кг. В литературе отмечают низкую токсичность железа и его солей для рыб, но акцентируют внимание на большой опасности закисного железа в прудовой воде со слабой буферной способностью и низким значением рН [6]. В такой ситуации на жабрах рыб осаждается гидроокись железа, что влияет проникновение кислорода через жаберный эпителий и рыба гибнет. При визуальном исследовании жабр отложения гидроокиси железа, изменения цвета жабр и наличия некрозов мы не наблюдали.

Биоаккумуляция марганца сеголетками колебалась от 0,31 до 0,58 мг/кг и составила в среднем 0,47мг/кг. Самое низкое содержание оказалось у сеголеток белого амура.

Большую опасность для прудовых рыб в мягкой воде с пониженным содержанием растворенного кислорода представляют такие тяжелые металлы как медь и цинк [6]. Биоиндикатором этих металлов в воде в наших исследованиях явились сеголетки карповых рыб. Содержание меди и цинка у них составило в среднем соответственно 1,57 и 10,39мг/кг (ПДК для меди 10мг/кг, для цинка 40мг/кг). Наиболее интенсивно аккумулировали медь и цинк карпы чешуйчатые.

Медь, железо, марганец и цинк необходимы для рыб. Кадмий, свинец и ртуть не требуются рыбам для нормального обмена [6]. Они накапливаются в рыбе по мере загрязнения прудовой воды в результате антропогенных воздействий. Эти металлы входят в общий перечень наиболее важных загрязняющих веществ окружающей среды, согласованный странами, входящими в ООН. По данным наших исследований кадмий накапливается сеголетками карповых рыб в количестве от 0,032 до 0,057 мг/кг (ПДК 0,2 мг/кг). Карпы чешуйчатые и зеркальные превосходили по биоаккумуляции этого металла сеголеток белого амура и толстолобика.

Количество свинца колебалось у сеголеток от 0,39 до 0,52 мг/кг при ПДК 1 мг/кг. Наименьшее его содержание определили у сеголетков толстолобика. При среднем содержании ртути в организме сеголеток карповых рыб 0,0048 мг/кг ее минимальное содержание определено у белых амуров 0,0025 мг/кг (ПДК 0,6 мг/кг). Случаев высокой и экстремально высокой биоаккумуляции исследуемых металлов сеголетками карповых рыб нами не выявлено.

В литературе акцентируют внимание на то, что сила влияния тяжелых металлов на организм рыб зависит от возраста, видовой и половой принадлежности [2, 4]. Наиболее чувствительны к действию токсических веществ рыбы на ранних стадиях развития, особенно сеголетки, когда усилен обмен веществ, повышена интенсивность питания. Отмечено, что чрезмерное поступление в организм рыб тяжелых металлов приводит к изменению белоксинтезирующей системы, нарушению структурно-функциональной характеристики органов и тканей рыб, влияет на их жизнедеятельность, ослабляет устойчивость к раздражителям и может приводить к гибели [2, 3, 5, 19]. В связи с этим мы изучали и состояние здоровья сеголетков.

Оценку физиологического состояния сеголеток карповых рыб провели по их массе, коэффициентам упитанности и физиологической устойчивости, а также макродиагностическим показателям.

Из данных, приведенных в таблице 3 видно, что масса сеголеток исследуемых видов карповых рыб была выше стандартных требований для IV рыбоводной зоны (30г), что свидетельствовало о нормальном их развитии.

Таблица 3. Показатели физиологического состояния сеголеток

Показатели	Карп чешуйчатый	Карп зеркальный	Белый амур	Толстолобик
Масса, г	56-122	43-110	65-95	50-65
Коэффициент упитанности	2,23-3,24	2,62- 3,22	1,93-2,13	1,71-1,97
Физиологическая устойчивость (М:О)	6,35	6,54	Нет данных	6,23
Физиологическая устойчивость (Д:О)	1,20	1,31	1,37	1,57

Примечание: * - масса : обхват; ** - длина : обхват.

При недостаточном питании и неблагоприятных абиотических условиях линейный рост прекращается. Жир у взрослых рыб обеспечивает развитие гонад. У голодающих рыб жир гонад расходуется в последнюю очередь, поэтому даже при истощении родителей потомство бывает обеспечено питательными веществами (жир в икринке).

О нормальном физиологическом состоянии исследуемых сеголеток свидетельствовали данные определения коэффициента упитанности, который колебался у сеголеток карпа чешуйчатого от 2,23 до 3,24, у сеголеток зеркального карпа – от 2,62 до 3,22, у белого амура – от 1,93 до 2,13, у толстолобика – от 1,71 до 1,97, что является показателем хорошего здоровья сеголеток для обеспечения благоприятной их зимовки.

Физиологическая устойчивость сеголеток исследуемых видов карповых рыб находилась примерно на одном уровне, что видно из данных таблицы 3.

При макродиагностическом исследовании здоровья сеголеток рыб изменения конфигурации тела не обнаружили. Поверхность тела сеголеток чистая с тонким слоем слизи. Чешуя блестящая, плотно прилегающая. Глаза выпуклые, светлые и чистые. Плавники не повреждены. Наличие паразитов, различного рода цист и опухолей не выявлено. Мы учитывали также показатели состояния таких информационных органов для оценки

неблагоприятного воздействия изменений окружающей среды как жабры, почки, селезенка.

Жабры красные без повреждений и наличия паразитов. Форма, цвет и развитие почек и селезенки характерны для здоровых рыб. Хотя печень рыб, по мнению некоторых авторов (И.М. Донник, Ж.А. Проккоева, 2013) не является надежным индикатором неблагоприятных антропогенных воздействий, мы установили, что форма, цвет и развитие ее соответствовало здоровой рыбе [6]. Мускулатура хорошо развита для данного возраста рыб, упругая, плотно прилегает к костям, на поперечном разрезе окраска тканей характерна для каждого вида рыбы без наличия паразитов.

Полученные данные свидетельствуют о видовых особенностях биоаккумуляции тяжелых металлов сеголетками, что обусловлено характером питания и образом жизни. Они позволяют судить о фоновой нагрузке соединениями тяжелых металлов в водоеме и антропогенной нагрузке на него в целом, дают возможность контролировать качество рыбопосадочного материала традиционно выращиваемых прудовых рыб, а также корректировать биогеохимический фон окружающей среды при оптимизации технологии выращивания.

2.5. Особенности биоаккумуляции тяжелых металлов и здоровье товарной рыбы

Из данных приведенных в таблице 4 видно, что у товарных чешуйчатых карпов более высоким, чем у толстолобиков, было лишь содержание железа и меди.

Таблица 4. Биоаккумуляция тяжелых металлов товарными карповыми рыбами

Показатели, мг/кг	Карп	Толстолобик
Железо	22,51 ± 2,36	19,50 ± 3,20
Марганец	0,298 ± 0,05	0,319 ± 0,05
Цинк	9,96 ± 1,16	12,52 ± 0,93
Медь	0,70 ± 0,036	0,53 ± 0,070
Свинец	0,43 ± 0,025	0,44 ± 0,036
Кадмий	0,04 ± 0,006	0,055 ± 0,004

По содержанию марганца, цинка и кадмия показатели выше у толстолобика, а по содержанию свинца показатели почти равные. Следовательно, биоаккумуляция тяжелых металлов различными видами сеголеток и товарных карповых рыб неодинакова. Она обусловлена не только степенью антропогенного загрязнения водоемов, но и особенностями питания этих рыб.

В характере биоабсорбции тяжелых металлов товарными рыбами отмечена корреляционная межэлементная зависимость металлов антогонистов и синергистов, которая может влиять на величину их накопления в рыбе.

Таблица 5. - Коэффициенты корреляции между металлами-синергистами и антагонистами

Показатели	Карп	Толстолобик
Железо – марганец	0,87	0,48
Марганец – медь	0,84	0,07
Цинк – медь	0,95	0,88
Железо – Медь	0,97	0,76
Свинец – кадмий	0,96	0,93

В таблице 5 нами приведены коэффициенты корреляции между металлами синергистами и антагонистами, которые ниже у товарных толстолобиков по сравнению с товарными карпами. Следует заметить, что синергистами считают элементы, которые:

- а) взаимно способствуют усвоению друг друга в желудочно-кишечном тракте;
- б) взаимодействуют в осуществлении какой-либо обменной функции.

В тоже время антагонисты – это элементы, которые:

- а) тормозят всасывание друг друга в желудочно-кишечном тракте;
- б) оказывают противоположное влияние на какую-либо биохимическую функцию в организме. Так, фосфор и магний, цинк и медь взаимно тормозят абсорбцию друг друга в кишечнике, а кальций ингибирует абсорбцию цинка и марганца (но не наоборот).

Следовательно, нарушение баланса названных выше элементов при взаимодействии с ионами тяжелых металлов является одним из важных аспектов биологической активности последних. В связи с этим изучение поражений разными химическими формами тяжелых металлов на малых уровнях воздействия, их связывание, биотрансформация, транспорт и механизм действия у рыб в разных условиях обитания признаются приоритетными направлениями дальнейших исследований [22].

По массе, упитанности, физиологической устойчивости и макродиагностическим показателям отклонений от нормального состояния здоровья исследуемых видов товарных рыб не обнаружили. Приведенные данные по накоплению тяжелых металлов в исследуемой товарной рыбе не превышали ПДК и в комплексе с данными физиологического состояния рыб свидетельствовали о ее пищевой пригодности для употребления.

Для рыбоводных прудов, расположенных близко к автомобильным дорогам, большую опасность представляет свинец и его соединения, которую следует иметь в виду при изучении антропогенного влияния свинца на здоровье карповых рыб и пищевую безопасность рыбной продукции (табл.6)

Таблица 6. Растворимость некоторых соединений Рb (II) в воде

Соединение	Растворимость		-lg (ПР)	t, °C
	мг/л	моль/л		
Pb(OH) ₂	11,4	5,5×10	15	25
PbCl ₂	5745-12830	2,77×10-6,2×10	4,67-3,62	25
PbCO ₃	0,037	1,8×10	13,48	18
PbHPO ₄	2,3	1,8×10	9,92	25
PbSO ₄	37	1,8×10	7,8	25
PbS	6×10	2,8×10	27,1	25
Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl	1×10	5×10	83,7	25

3. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

В результате исследований получены данные об экологической обстановке прудовых водоемов по выращиванию рыбопосадочного материала и товарной рыбы. Определены возможности эффективности использования карповых рыб в качестве биоиндикаторов качества прудовой воды для разработки мер экономически эффективного совместного выращивания традиционных видов прудовых рыб. Выявлен один из резервов увеличения продуктивности прудов за счет повышения содержания азота в воде (в исследуемом пруду сумма 0,5 мг/л при норме 2,0-2,5 мг/л), необходимого для развития фитопланктона («цветения» воды) – основного первичного источника естественного корма рыб и выделения кислорода за счет фотосинтеза, путем применения к прудам, особенно имеющим долгий срок их эксплуатации (натуральная рыбопродуктивность которых уже снизилась) удобрений. Внесение удобрений в водно-почвенной системе создаст правильную концентрацию не только азота, но фосфора, калия, кальция, железа и др. и ощутимо повысит рыбопродуктивность, так как эти элементы необходимы для развития фитопланктона и др. естественных кормов для гидробионтов.

4. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Список публикаций по результатам выполненной работы

И.В. Кулаченко, В.П. Кулаченко, А.Г. Вошкин Толстолобик – ценный объект аквакультуры //Рыбное хозяйство. – 2016. – №5 – С.70-75.

4.2. Копия статьи

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования и анализ литературных данных показал, что:

1. При достаточно высокой температуре воды, оптимальной для роста карпа и толстолобика установили низкое содержание азота (сумма 0,5мг/л при норме 2,0-2,5мг/л), необходимого для развития фитопланктона («цветения» воды) – основного первичного источника естественного корма рыб и выделения кислорода за счет фотосинтеза, что может отражаться на интенсивности роста рыб.

2. При одновременном приемлемом воздействии абиотических (рН, содержание аммонийного азота, нитратов и нитритов), антропогенных (тяжелые металлы) факторов и совместном выращивании сеголеток (карпа чешуйчатого, зеркального, белого амура и толстолобика) и товарных рыб (карпа и толстолобика) биоаккумуляция тяжелых металлов в организме рыб зависела от вида рыб и не превышала ПДК.

3. При оценке состояния здоровья сеголеток и товарных рыб с учетом массы тела, упитанности, физиологической устойчивости и макродиагностическим показателям установили, что их величина соответствовала параметрам здоровой безопасной для потребления человеком рыбы.

4. Одним из резервов повышения эффективности производства товарной рыбы в Белгородской области является регулярное удобрение прудов органическими и минеральными удобрениями, повышающее естественную рыбопродуктивность прудов через последовательное развитие отдельных звеньев пищевой цепи: бактерий, фитопланктона, зоопланктона и бентоса. Удобрение прудов приводит к обогащению воды биогенными элементами, что способствует активному развитию первичной продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление правительства Белгородской области от 3 июня 2013 года №224-пп «Об утверждении долгосрочной целевой программы «Развитие ценных пород рыб и других гидробионтов в Белгородской области на 2013-2015гг. и на период до 2020г.»
2. Аминева Ф.А. Состояние ихтиофауны в зоне выброса горно-обогатительного комбината: дисс... канд. биол. наук 03.02.14 и 06.04.01. – М. – 2011. – 145с.
3. Аршаница Н.М. Особенности сезонного распространения тяжелых металлов в абиотических компонентах и ихтиофауне руслового водохранилища /Н.М. Аршаница //Матер. межд. научно-практической конференции. - М.: МГОУ. – 2010. – С. 124-128.
4. Голубева Е.М. Экосистемный подход к оценке загрязнения реки Амур токсичными элементами дисс... канд. биол. наук 03.02.08. – 2012. – Хабаровск, - 163с.
5. Гомбоева С.В. Экологические особенности распределения тяжелых металлов в рыбах Байкальского региона: дис... канд. биол. наук: 03.00.16: Улан-Удэ, 2003. – 150 с.
6. Донник И.М. Патоморфологическое состояние рыб, выращенных на сбросных водах электростанции /И.М. Донник, Ж.А. Проккоева //Аграрный вестник Урала. – 2013. – №9 (115). – С.29.
7. Давыдова О.А..Влияние физических и химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах /О.А. Давыдов, Е.С. Климова, Е.С. Ваганов и др. – Ульяновск, 2014. – 167с.
8. Жарикова В.Ю. Экологическая обстановка на водных объектах Тамбовской и Белгородской областей /В.Ю. Жарикова, П.П. Головин, А.И. Ильин и др. //Рыбное хозяйство. – 2014. – №4. – С.38.
9. Камбиев А.А. Эффективность использования биологических ресурсов водоема и прибрежной зоны для снижения уровня токсикантов в

воде и заболеваемости рыб (в условиях Кабардино-Балкарской республики): дисс... канд. биол. наук 03.02.14. - Владикавказ – 2012 г. – 130с.

10. Коновалов Ю.Д. Реакция белоксинтезирующей системы рыб на наличие в их организме катионов ртути, кадмия, меди и цинка Ю.Д. Коновалов //Гидробиол. журн.- 2001 – Т.37. – №1.- С.95-105.

11. Константинов, А. С. Влияние колебаний солености воды на рост, размножение и плодовитость большого прудовика *Lymnaea stagnalis* /А.С. Константинов, В. А. Кузнецов, Т. Н. Костоева // Успехи современной биологии. 2007. - Т. 127, № 3. - С. 305-309.

12. Коротенко А.В. Оценка физиологического состояния рыб – объектов аквакультуры при различных стрессорных воздействиях и поиск адаптогенов /А.В. Коротенко дисс... канд. биол. наук 06.04.01. – Астрахань. – 2012. -132с.

13. Кулаченко И.В. Содержание микроэлементов в среде обитания и организме карпа в связи с возрастом /И.В. Кулаченко, В.П. Кулаченко //Бюллетень научных работ. – Белгород: Изд-во Белгородской ГСХА, 2005. – В.3. – С. 57-59.

14. Лукиянов С.В Влияние колебаний абиотических факторов (рН, соленость, температура) на рыб в эмбрионально-личиночный период развития дисс... канд.биол. наук. – 2010. – 145с.

15. Металлы внутри рыб/Электронный ресурс: <http://fishfilm.ru/3746-metally-vnutri-ryb.html> Дата обращения 10.3.2016.

16. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы. Методические указания (МУК3.2.988-00). М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. – 69с.

17. Моисеенко, Т.И. Влияние закисления на водные экосистемы /Т.И. Моисеенко //Экология. 2005. - № 2. - С. 110-119.

18. Моисеенко Т.И. Биологические методы оценки качества вод: часть 1. Биоиндикация /Т.И. Моисеенко //Вестник ТюмГУ. - 2010. - №7. – С. 20.

19. Натаров В.М., Савченко В.В. Гидробионты как индикаторы загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами Электронный ресурс:<http://bp21.org.by/ru/books/celeb142.html>. Дата обращения 11.03.2016г.
20. Обогрелова М.А. Влияние активных кислородных метаболитов на морфогенез пищеварительной системы зеркального карпа /М.А. Обогрелова дисс... канд. биол. наук 06.02.01. - Саранск – 2013.
21. Привезенцев Ю.А. Рыбоводство /Ю.А. Привезенцев, В.А. Власов: учебники и учебные пособия. – М.: Мир. – 2007.- 456с.
22. Стекольников А.А. Эколого-токсикологическое состояние реки Волхов и сезонные особенности содержания металлов в рыбе и среде их обитания /А.А. Стекольников дисс. к.б.н 06.02.05. – СПб. -2016. – 133с.
23. Филенко О.Ф. Механизм реагирования водных организмов на воздействие токсичных веществ /О.Ф. Филенко, А.Г. Дмитриева, Е.Ф. Исаева и др. //Антропогенное влияние на водные экосистемы. М.: Изд-во МГУ, 2005. С. 70-93.
24. Чуйко Е.В. Влияние содержания тяжелых металлов в донных отложениях на их биоаккумуляцию в ихтиофауне. Е.В. Чуйко //Журнал. Астраханский вестник экологического образования. – 2013.- В.№3(25).
25. Эпидемиологический надзор за паразитарными болезнями: Методические указания (МУ 3.2.1756-03). М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2005. - 83с.
26. Электронный ресурс:<http://www.zooclub.ru/aqua/sprav/1-9.shtml>. Дата обращения 11.11.2016 года. Влияние экологических и зоогигиенических условий на возникновение болезней у рыб, характер их течения и распространения.
27. Электронный ресурс: <http://www.aquavogue.ru/vodoem/kachestvo-vody-v-prudu.html>. Дата обращения 13.11.2016 года.