

**Региональный этап Российского национального юниорского
водного конкурса - 2019**

**Комплексная оценка состояния водной среды
реки Листвянки**



Выполнил: обучающийся ОГБУДО "Детский эколого-биологический центр" Марочкин Иван Михайлович.

Руководитель: Фокина Нина Николаевна, педагог дополнительного образования ОГБУДО "Детский эколого-биологический центр"

Рязань, 2019

Аннотация

Проблема деградации водных ресурсов актуальна во всем мире и в России в частности. В связи с этим поиск и апробация методов оценки качества воды, позволяющих быстро и эффективно провести интегральную оценку загрязнения водоема, является важной природоохранной задачей.

Река Листвянка является коллектором сточных вод г.Рязани. Поэтому важно иметь способ быстрого и точного получения информации о состоянии вод реки. Реализация данного проекта позволит снизить экологические риски, связанные с ухудшением качества воды в реке, так как появится возможность вовремя принять необходимые меры по снижению нагрузки на экосистему, уменьшению объема сброса сточных вод или проведение дополнительной очистки реки.

Цель проекта: комплексно оценить качество водной среды реки Листвянки на основе гидрохимических и биоиндикационных показателей.

В работе использовались следующие **методы**: биоиндикационный метод С.Г. Николаева; определение токсичности вод с помощью тест-объекта *Daphnia magna*; биотестирование с помощью головастиков гладкой шпорцевой лягушки; гидрохимические методы оценки качества воды.

Все методы исследования, используемые в работе, свидетельствовали о неблагополучном состоянии реки Листвянки. Вода в ней принадлежит к 5 классу качества и оценивается как грязная. При этом ниже по течению реки ее состояние не улучшается, а, наоборот, ухудшается и пополняется свежими загрязнениями. Об этом свидетельствует наличие высоких концентраций аммонийного азота при небольших количествах нитратов, а также высокая токсичность воды в 3 створе. Также органолептический анализ донных отложений выявил наличие химического запаха при плотной консистенции во 2 створе и нефтяного запаха при очень плотной консистенции в 3 створе. Данные виды запахов свидетельствуют о присутствии в воде промышленных сточных вод и сточных вод нефтеперерабатывающей компании.

Мы предлагаем использовать для оценки состояния водной среды тест-объекты – головастиков гладкой шпорцевой лягушки, способных изменять плотность меланина в клетках кожи в зависимости от освещения. Апробированный нами метод биотестирования позволяет достаточно быстро и точно оценить качество воды, выявить наличие загрязнения и, соответственно, вовремя принять необходимые меры по минимизации антропогенной нагрузки на реку.

Актуальность проекта. Вода и водные экосистемы играют большую роль в жизни человека. В связи с усилившимся антропогенным воздействием на реки (промышленные, коммунальные, бытовые и ливневые стоки) качество воды стало ухудшаться. Загрязнение природных пресных вод относится к глобальным экологическим проблемам, так как охватывает весь земной шар. Гидробионты участвуют в цепях питания и загрязнители из воды попадают на разные уровни, в том числе и к человеку. Контроль за качеством вод и их охрана являются важными природоохранными и природопользовательскими задачами, что отражено в цели устойчивого развития «Чистая вода и санитария». Плохое качество пресной воды может привести к массовым заболеваниям, ухудшению качества жизни, проблемам со здоровьем.

Выбор реки Листвянка в качестве объекта исследования неслучайный. Река является коллектором городских и промышленных сточных вод г. Рязани (96%), причем собственные стоки предприятия составляют лишь 20% [13].

В настоящее время существует несколько подходов к оценке качества водной среды. Наиболее распространенным и достоверным считается химический метод оценки. Однако они не всегда могут быть достаточно эффективными из-за недостаточной чувствительности. В последние годы активно разрабатываются методы оценки состояния окружающей среды при помощи тест-объектов и биоиндикации. Живые организмы реагируют на весь комплекс негативных факторов и воспринимают даже незначительные отклонения от нормы [1]. Мы решили оценить качество воды в реке Листвянка разными способами, чтобы получить реальную картину ее состояния.

Цель проекта: комплексно оценить качество водной среды реки Листвянки на основе гидрохимических и биоиндикационных показателей.

Задачи проекта:

1. Выбрать и применить биологические и гидрохимические методы оценки качества водных объектов.
2. Выбрать створы в реке для проведения биоиндикационного и гидрохимического исследований.
3. Провести биоиндикационное исследование по методу С.Г. Николаева.
4. Оценить токсичность воды в р. Листвянки с использованием *Daphnia magna*.
5. Оценить влияние растворенных веществ в реке на меланоцитотропную систему личинок гладкой шпорцевой лягушки *Xenopus laevis*.
6. Проанализировать данные гидрохимических исследований качества воды реки.
7. Дать общую оценку качества воды реки Листвянки.

8. Разработать мероприятия по снижению экологического риска.

Объект исследования: загрязнение малых рек.

Предмет исследования: изучение экологического состояния реки Листвянка разными методами оценки.

Гипотеза: в связи со сбросом в реку бытовых, канализационных и промышленных стоков, вода в реке будет сильно загрязнена.

Предполагаемый результат:

- проведено биоиндикационное исследование реки Листвянки методом С.Г. Николаева;
- оценена токсичность трех створов реки с использованием дафний;
- в ходе проекта была оценена пригодность использования головастиков гладкой шпорцевой лягушки как тест-объектов для оценки качества воды;
- проведена оценка реки по гидрохимическим показателям;
- выявлены источники загрязнения реки Листвянка;
- полученные результаты опубликованы, доложены на конференциях и могут быть использованы для рекомендаций по охране реки.

Практическое значение

Полученные данные важны для практики природопользования и охраны окружающей среды. Эти данные окажутся полезными для оценки пригодности вод для рыбохозяйственных и питьевых целей, обнаружению источников загрязнения и их минимизации. Этот небольшой шаг приблизит человечество к осуществлению цели устойчивого развития. Река Листвянка впадает в реку Оку и далее в Волгу. Наше исследование поможет приблизиться к решению проблемы загрязнения более крупных рек ниже по течению.

Апробированный нами метод биотестирования позволяет достаточно быстро и точно оценить качество воды, выявить наличие загрязнения и соответственно вовремя принять необходимые меры по снижению нагрузки на экосистему, уменьшению объема сброса или проведение дополнительной очистки воды. Предлагаемый нами тест-метод - дешевый и простой прием определения состояния воды, не требующий специальной подготовки, работы со сложным оборудованием, работы высококвалифицированных специалистов.

Аналитический обзор литературных источников

В основном в литературных источниках встречаются данные о состоянии таких водоемов города Рязани, как Ореховое озеро, Борковские карьеры, река Трубеж,

Лыбедь, Павловка, Плетенка, Ока [2, 9, 10 и др.].

Данные о состоянии реки Листвянки в литературе малочисленны. Известны данные по общему микробному числу (ОМЧ) реки в 2013 году. Было выявлено 330 000 КОЕ/мл, примерно столько же было обнаружено в р. Ока (350 000). Параллельно проводилось исследование этих рек на фитотоксичность по длине проростка редиса сорта «Красный великан». Была установлена прямая корреляционная зависимость между значениями ОМЧ и фитотоксичностью [4].

Управление Роспотребнадзора по Рязанской области ежегодно проводит наблюдение за санитарным состоянием водных объектов питьевого, хозяйствственно-бытового и рекреационного водопользования [13]. Однако в их сводках отсутствуют конкретные данные о состоянии реки Листвянка.

В средствах массовой информации периодически появляется информация о состоянии реки. Река стабильно относится к загрязненным водным объектам. В 2014 году в устьевом створе Листвянка характеризовалась как загрязненная (по данным «РНПК»). Среднегодовые концентрации примесей в этот период составили (в ПДК): аммонийный азот – 1,7; азот нитритов – 6,3; железо – 5,2; фосфаты – 1,4; БПК5 – 1,3. Характерными загрязняющими веществами являлись фосфаты (повторяемость концентраций выше ПДК 100%), азот аммонийный и БПК5 (87%), сульфаты (87%), нитраты (60%), нефтепродукты (53%), железо (100%), азот нитритов (повторяемость выше ПДК 20%, выше 10 ПДК 80%) [14].

В 2014 году появилась информация о попадании в реку неочищенных стоков из-за поломки канализационного коллектора в районе деревни Хамбушево. Виновным признали рязанский нефтезавод и обязали провести очистку сточных вод, что было осуществлено в 2016 году [15].

Таким образом, литературных данных по состоянию реки Листвянка очень мало, особенно за последние годы. А проводить мониторинг качества воды этой малой реки очень важно, так как она является местом сброса всех сточных вод Рязани и впадает в Оку.

Описание района исследований

Исследования проводили на реке Листвянка в сентябре-декабре 2018 года. Река берет начало при слиянии временных водотоков двух балок в одном километре к югу от поселка Никиуличи Рязанского района и течет в южном направлении до с. Реткино, где принимает правый приток р. Крипивня. От с. Реткино Листвянка меняет направление на восточное, а у д. Богданово круто поворачивает на север, где впадает в

р. Оку справа в 674 км от ее устья. Длина р. Листвянки - 34,4 км, площадь водосбора - 187 км². Сток в верхнем течении зарегулирован системой прудов очистных сооружений г. Рязани у пос. Строитель и прудов иного назначения в устьях мелких притоков (всего 24 пруда). Русло реки извилистое, шириной 10 - 40 м. Ширина реки в межень - 5-15 м, глубина 1,0-2,0 м, скорость течения - 0,5 м/с. Берега преимущественно крутые, местами обрывистые, высотой 2,0-5,0 м [5].

Нами были выбраны 3 створа (рис. 1. Прил.1). Створ №1 - левый берег реки Листвянка рядом с селом Редкино. Ширина водотока – 12 м, глубина на середине не более 1 м, вода мутная, желтоватого цвета. Источники загрязнения – сточные, промышленные, бытовые и дорожные стоки. Берег этого створа пологий, поросший прибрежной растительностью. Рядом проходит дорога. Грунт в узком месте – каменистый, в расширении песчаный с растительными остатками.

Створ № 2 находится на правом берегу около моста через трассу М5 недалеко от деревни Марьино 2. Ширина водотока – 7 м, глубина на середине более 1м. Вода мутная, имеет запах. Источники загрязнения – сточные, бытовые, промышленные и дорожные стоки. Берег данного створа пологий, травяной покров не нарушен, но захламлен бытовым мусором. Грунт заиленный.

Створ № 3 - левый берег реки Листвянка, располагается недалеко от моста трассы, ведущей в деревню Лужки. Ширина водотока 8 м, глубина на середине более 2 м, вода мутная. Берег пологий, травяной покров не нарушен. Грунт – илистый, плотный, под остом у берега - каменистый. Источники основных загрязнений данного створа те же.

Результаты и их обсуждение

Сначала мы решили провести биоиндикационные исследования по методу С.Г. Николаева в трех створах реки Листвянки. [6]. Для этого с помощью водного сачка провели отлов водных беспозвоночных в каждом створе. Собранных животных рассмотрели и определили при помощи определителей в полевых и лабораторных условиях. Параллельно взяли пробы воды для биотестирования и гидрохимических исследований.

В первом и третьем створах реки выявлен 5 класс качества воды, что свидетельствует о значительном загрязнении воды (рис. 2. Прил.1). Немного лучше состояние воды во втором створе (между 4 и 5 классами). О сильном загрязнении свидетельствует и небольшое видовое разнообразие отловленных здесь беспозвоночных (10 объектов – в 1 створе, 14 - во 2 створе и 6 – в 3 створе).

Преимущественно в уловах нам попадались индикаторные таксоны загрязненных вод (4 и 5 классы качества): плоские пиявки (улитковая пиявка), червеобразные пиявки (малая ложноконская пиявка), мотыль, водяные ослики. И только во втором створе была обнаружена губка эфидатия, показатель чистой воды.

Затем взятые пробы воды мы решили проверить на токсичность. Для этого использовали тест-объект *Daphnia magna* и методические рекомендации Министерства природных ресурсов Российской Федерации [12].

В первые часы эксперимента дафнии во всех трех створах были живы. На второй день через 20 часов нами была зафиксирована гибель 2 дафний из 10 (20%) в воде из 2 створа (недалеко от д. Марьино) и 4 дафний (40%) из 3 створа (недалеко от д. Льгово). Дафнии в воде из 1 створа (недалеко от д. Редкино) и в контроле были живы и активны. Через 4 часа в воде из 2 створа погибло 5 раков, а из 3 створа – 6, в контроле и в 1 створе все дафнии живы. На следующий день, через 48 часов от начала эксперимента, мы наблюдали гибель 2 дафний в воде 1 створа, 6 дафний во 2 створе и 8 – в 3 створе, в контроле все раки живы и активны. На третий день, через 72 часа все раки во 2 и 3 створе погибли, а в 1 створе 6 дафний еще были живы. На четвертый день мы зафиксировали гибель 7 дафний в воде из первого створа. В контроле все раки были живы и активно плавали в толще воды.

Время гибели всех особей во 2 и 3 створах составило 72 часа, а в 1 створе 3 дафнии остались живы и через 120 часов. Анализ времени гибели 50% особей показал, что наиболее токсична вода в третьем створе, а наименее – в 1 створе (рис.3. Прил. 1). В 3 створе 50% дафний погибло на второй день, во 2 створе – на третий, а в третьем – на 4 день.

Таким образом, биотестирование воды показало, что при продвижении вниз по течению реки острая токсичность воды увеличивается (от первого створа к третьему). В контроле токсичность воды не выявлена. Самой токсичной оказалась вода в 3 створе – недалеко от п. Лужки.

Содержание и разведение дафний сопряжено с определенными трудностями, с необходимостью питания их растительным кормом, в частности хлореллой. Поэтому мы решили апробировать новый тест-объект, неприхотливый в разведении и содержании, – личинок гладкой шпорцевой лягушки.

Важной особенностью головастиков является их способность изменять плотность меланина в клетках кожи в зависимости от освещения. Этот процесс регулируется гормональной системой. Меланоцитостимулирующие гормоны, вырабатываемые гипофизом, вызывает распределение гранул меланина по меланофору и,

соответственно, потемнение. Вырабатываемый эпифизом мелатонин, напротив, стимулирует агрегацию меланина, что выражается в посветлении. Использование головастиков шпорцевой лягушки для оценки состояния водной среды основано на способности различных веществ влиять на скорость данной физиологической реакции. В отличие от многих других головастиков, они ведут планктонный образ жизни и питаются, фильтруя воду. Вероятно из-за этого они способны быстро реагировать за содержание в воде загрязняющих веществ.

Метод исследования разработан В.А. Голиченковым с соавторами [4]. Использовать визуальное сравнение плотности черного цвета задней трети хвоста со стандартной шкалой предложено Д.С. Николаевым и О.С. Половецкой [7].

Эксперименты показали, что вещества, содержащиеся во всех трёх створах реки, замедляют максимальное почернение хвостового плавника личинок на 15-25% относительно контроля (рис. 4. Прил. 1). При этом наибольшее ингибирующее действие отмечено для воды из 3 створа. Таким образом, используемый нами метод биотестирования с использованием головастиков шпорцевой лягушки показал результаты, сходные с предыдущими биологическими методами исследования. Скорость меланоцитотропной реакции является чувствительным показателем различного воздействия. Все это делает личинок шпорцевой лягушки перспективным объектом биотестирования.

Полученные результаты биологических методов оценки качества воды позволили нам выявить неблагополучное состояние реки Листвянки. Однако по ним невозможно судить о химическом составе воды и возможных источниках загрязнения. Поэтому мы решили провести химические исследования воды реки по общепринятым методикам на базе лаборатории химического анализа РГУ имени С.А. Есенина. Полученные результаты представлены в таблице 1. Приложения 2.

По нашим данным вода в исследуемой реке имела слабо-щелочную реакцию среды. Концентрации фосфатов не превышали уровень ПДК для хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а для объектов рыбохозяйственного значения превышали допустимый уровень. При этом их количество увеличивалось при продвижении вниз по течению реки. Это свидетельствует о поступлении в реку фосфатов в виде удобрений, СМС, со стоками ферм, с неочищенными бытовыми сточными водами при протекании реки мимо населенных пунктов, встречающихся на ее пути.

При оценке концентрации азота аммонийного нами было установлено, что он во всех пробах воды превышал уровень ПДК для рыбохозяйственных водных объектов:

1 створе в 3,2 раза, во 2 створе в 2,5 раза и в 3 створе в 5,5 раз. Причем наибольшее количество аммонийного азота отмечалось в 3 створе – в районе д. Лужки, недалеко от места впадения в Оку. Это свидетельствует о том, что количество свежих органических (фекальных) веществ постоянно пополняется при продвижении вниз по течению реки. На свежее загрязнение воды указывает и отсутствие нитратов в 3 створе реки.

Концентрация нитрит- и нитрат-ионов превышала ПДК для рыбохозяйственных водных объектов преимущественно в 1 створе, причем для азота нитратного в 5,9 раз. Во 2 и 3 створах эти вещества находились в пределах нормы. Для вод хозяйствственно-бытового использования концентрации нитрит-ионов находятся в пределах ПДК, а количество нитрат-ионов также превышает ПДК в 1,2 раза. Выявленное соотношение соединений азота в 1 створе говорит о протекании здесь более интенсивных процессов самоочищения, чем во 2 и 3.

Показатели азота аммонийного, нитратного могут служить для определения типа сапробности исследуемого участка водоема и класса качества воды. При сравнении полученных нами концентраций соединений азота с трофо-сапробными показателями, приведенных в ГОСТ 17.1.2.04-77, было установлено, что вода в 1 створе относится к альфамезосапробному классу и соответствует 5-6 классу качества воды (грязная), к олигосапробному классу и 4-5 классам качества воды (загрязненная) во 2 створе и 5 классу (грязная) - в 3 створе. Это еще раз подтверждает, что исследуемые водоемы испытывают сильную антропогенную нагрузку.

Анализируя показатели содержания сульфат-ионов, можно отметить, что их значение выходит за пределы норм ПДК во всех пробах воды для рыбохозяйственных водных объектов. При этом наибольшее содержание сульфат-ионов отмечалось в 1 створе и составляло 188 мг/дм³, что почти в 2 раза превышает уровень ПДК. Наименьшая концентрация сульфат-ионов наблюдалась в 3 створе и составляла 136 мг/дм³, что в 1,4 раза превышает ПДК. Для хозяйственно-питьевого использования концентрация сульфат-ионов не превышала ПДК. Вероятнее всего, поступление сульфат-ионов происходит со сточными водами коммунального хозяйства, промышленных и сельскохозяйственных производств, бытовых загрязняющих веществ.

Содержание железа, цинка и меди также наибольшее в 1 створе по сравнению со 2 и 3 и превышало ПДК в 2,4 раза по железу, в 5 раз по цинку и в 14 раз по меди для рыбохозяйственных водных объектов (табл. 1. Прил. 2). С течением реки концентрации этих веществ уменьшаются. Для хозяйственно-питьевого использования концентрация железа, цинка и меди не превышала ПДК. Свинец в исследуемых створах не был выявлен.

Также во время исследования нами анализировался показатель общей жесткости воды. Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая действие на органы пищеварения. При оценки общей жесткости нами было установлено, что вода в реке Листвянка относится к умеренно-жесткой. Концентрации хлорид-ионов и общая минерализация не превышали уровень ПДК.

Таким образом, гидрохимические исследования воды реки Листвянки показали, что данный водоем испытывает сильную антропогенную нагрузку, о чем свидетельствует повышенное содержание в анализируемых пробах воды азота аммонийного, нитратов, нитритов, сульфат-ионов, поступление которых связано с недостаточно очищенными коммунальными и промышленными стоками.

Итак, все методы исследования, используемые в работе, свидетельствуют о неблагополучном состоянии реки Листвянки. Вода в ней принадлежит к 5 классу качества и оценивается как грязная. При этом ниже по течению реки ее состояние не улучшается, а, наоборот, ухудшается и пополняется свежими загрязнениями. Об этом свидетельствует наличие высоких концентраций аммонийного азота при небольших количествах нитратов, а также высокая токсичность воды в 3 створе. Также органолептический анализ донных отложений выявил наличие химического запаха при плотной консистенции во 2 створе и нефтяного запаха при очень плотной консистенции в 3 створе (табл. 2. Прил. 2). Данные виды запахов свидетельствуют о присутствии в воде промышленных сточных вод и сточных вод нефтеперерабатывающей компании.

Выводы

1. По биоиндикационной методике С.Г. Николаева вода в реке Листвянка имеет 5 класс качества, что соответствует грязной воде.
2. Биотестирование воды показало, что при продвижении вниз по течению реки токсичность воды увеличивается. Самой токсичной оказалась вода в 3 створе.
3. Вещества, содержащиеся в воде всех трёх створов реки, замедляют меланоцитотропную реакцию головастиков гладкой шпорцевой лягушки по сравнению с контролем.
4. Результаты гидрохимических исследований подтвердили сброс в реку плохо очищенных коммунальных и промышленных стоков, о чем свидетельствует повышенное содержание в анализируемых пробах воды азота аммонийного, нитрат- и нитрит-, сульфат- ионов, а также железа, цинка и меди.

5. Органолептический анализ донных отложений выявил присутствие химического и нефтяного запахов, что свидетельствует о присутствии в воде промышленных сточных вод и сточных вод нефтеперерабатывающей компании

6. Состояние реки Листвянка оценивается как неблагополучное. При этом ниже по течению реки ее состояние ухудшается и пополняется свежими загрязнениями.

Таким образом, гипотеза, выдвинутая нами в начале исследования, подтвердилась. Биоиндикационные и химические методы анализа качества воды реки Листвянка выявили её неблагополучное состояние. Источники загрязнения: плохо очищенных хозяйствственно-бытовых и промышленных стоки ЗАО «РНПК», автодорога, поселки выше по течению.

Следующий этап нашей работы по проекту – разработать рекомендации по улучшению состояния реки. Мы предлагаем следующие **мероприятия**:

1. Разгрузить нефтеперерабатывающую компанию. Построить новые очистительные сооружения, которые будут очищать только канализационные стоки.
2. Усовершенствовать технологию очистки сточных вод.
3. Ввести закон, который предусматривал бы плату штрафов за сбросы неочищенных отходов.
4. Проводить не менее 2 раз в год мониторинг степени загрязнения воды в местах сброса сточных вод из очистных сооружений.
5. Привлечь волонтеров для проведения биоиндикационных исследований в этих местах.
6. Полученные результаты освещать в средствах массовой информации.
7. Проинформировать местных жителей близлежащих населенных пунктов о состоянии реки и путях решения проблемы ее загрязнения.
8. Проводить беседы в школе о необходимости беречь воду, не лить ее бездумно, не загрязнять водоемы и прилегающие к ним территории.
9. Продолжить биоиндикационные и гидрохимические исследования реки Листвянка, что позволит проследить тенденцию изменения качества воды.

Завершающий этап работы над проектом – информирование местного населения и местных органов управления. Данные наших исследований были направлены в отдел водных ресурсов Московско-Окского БВУ по Рязанской области в виде письма. Также была написана заметка в газету «Рязанские ведомости». Результаты нашего проекта были доложены на научной конференции «Биология в высшей школе: актуальные вопросы науки, образования и междисциплинарной интеграции», проходившей в Рязанском государственном медицинском университете имени академика И.П. Павлова

с опубликованием тезисов, а также на школьной конференции «Актуальные эколого-биологические проблемы в работах юны исследователей ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. Нами были сделаны буклеты и разданы участникам конференции.

Смета затрат на выполнение проекта

Статья расходов	Стоимость (ед.), руб.	Кол-во единиц	Всего, руб.
Водный сачок	2 080 руб.	1	2 080 руб.
Ведро пластмассовое, 5л	58 руб.	3	174 руб.
Пластмассовые емкости	35 руб.	3	105 руб.
Аквариум для содержания тест-объектов	700 руб.	2	1 400 руб.
Оборудование для аквариума	1 112 руб.	1	1 112 руб.
Проведение гидрохимических исследований	4 270 руб.	1	4 270 руб.
Микроскоп Levenhuk 2ST, бинокулярный	8 190 руб.	1	8 190 руб.
Стакан Н-1-50 ТС ГОСТ 25336-82 (со шкалой)	35 руб.	24	840 руб.
Чашки Петри	66 руб.	3	198 руб.
Бумага для буклетов	240 руб.	1	240 руб.
Итого необходимо			18 609 руб.

Полная стоимость проекта: 18 609 руб.

Список литературы

1. Ашихмина Т.Я. и др. Биоиндикация и биотестирование - методы познания экологического состояния окружающей среды. - М.: 2005. - С. 20 - 27.
2. Бабкина Н.Г., Марочкина Е.А., Чельцов Н.В. Определение качества воды на пляжах города Рязани // Современные проблемы экологии: доклады 21 Междунар. науч.-практич. конференции. Под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2018. - С. 61-65.
3. Воронова Л.Д., Голиченков В.А., Попов Д.В., Калистратова Е.Н., Соколова З.А. Реакция пигментной системы личинок земноводных на малые концентрации некоторых пестицидов. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 1983. - Т.4. - С.77-90.
4. Гальченко С.В., Круглова А.П., Чердакова А.С. Исследование экологического состояния рек Ока, Трубеж, Листвянка методами биодиагностики // Труды 2 межд. научно-практ. конф. молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование». - М., 2013. - 480 с.
5. Кривцов В. А. и др. Природа Рязанской области: Монография. – Рязань,

2008. – 407 с.

6. Николаев С.Г. Мониторинг водных объектов Рязанской области методом биоиндикации: информационно-методическая брошюра. - Р.: Оргтехцентр, 2005. - 51 с.
 7. Николаев Д. С., Половецкая О. С. Меланоцитотропная активность экстрактов органического вещества карбонатно-харового сапропеля // Естественные и технические науки. – 2003. – №. 1. – С. 35-41.
 8. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 года N 552. - М., 2016.
 9. Подоль С.Р., Попова З.И. Гидрохимическое состояние поверхностных вод города Рязани. Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова - №4. - 2014. - С 79-82.
 10. Подоль С.Р., Попова З.И. Тяжелые металлы в малых реках города Рязани // Здоровая окружающая среда - основа безопасности регионов: материалы первого международного экологического форума в Рязани. – Рязань, 2017. - С. 124-128.
 11. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2003 N 78 (ред. от 13.07.2017). - М., 2017.
 12. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. - М., 2002.
- Электронные ресурсы:**
13. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения по Рязанской области в 2015-2017 годах». Режим доступа: <http://62.rosпотребnadzor.ru/360>
 14. Состояние и охрана водных ресурсов – КиберПедия. Режим доступа: <https://cyberpedia.su/15x9ac6.html>.
 15. Медиа Рязань. Режим доступа: <http://mediaryazan.ru/news/detail/217580.html>

Приложение 1



Рис. 1. Расположение трех створов на реке Листвянка.

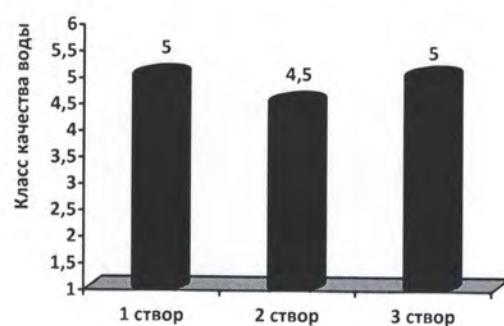


Рис. 2. Показатели класса качества воды р. Листвянки в трех створах.

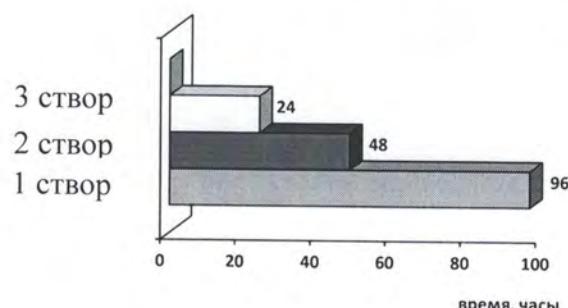


Рис. 3. Изменение времени гибели 50% особей в разных створах реки Листвянки.

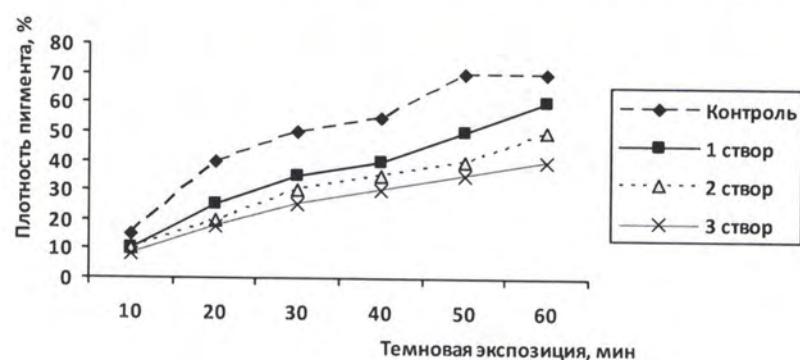


Рис. 4. Реакция личинок *Xenopus laevis* на воздействие воды из р. Листвянки.

Приложение 2

Таблица 1. Основные гидрохимические показатели реки Листвянки.

Химические показатели	р. Листвянка			ПДК1	ПДК2
	1 створ Редкино	2 створ Марьино	3 створ Лужки		
Водородный показатель (рН)	7,6	7,75	7,8	6,5-8,5	6,5-8,5
Азот аммонийный, мг/дм ³	1,28	0,99	2,18	1,5	0,4
Азот нитритный, мг/дм ³	0,081	0,027	0,022	3,3	0,02
Азот нитратный, мг/дм ³	53,38	5,2	3,92	45	9,0
Фосфаты (по фосфору), мг/дм ³	0,24	0,46	0,51	1,1	0,2
Железо общее, мг/дм ³	0,24	0,11	0,10	0,3	0,1
Сульфаты, мг/дм ³	188	184	136	500	100
Хлориды, мг/дм ³	191,49	184,35	170,17	350	300
Цинк, мг/дм ³	0,0496	0,0133	0,0162	1,0	0,01
Медь, мг/дм ³	0,0140	0,0128	0,0098	1,0	0,001
Свинец, мг/дм ³	-	-	-	0,01	0,006
Общая жесткость, мг-экв/дм ³	3,33	2,1	2,4	7-10	6-9
Общая минерализация (сухой остаток), мг/дм ³	667	639	687	1000-1500	1000-1500
Взвешенные вещества, мг/дм ³	18	9	2	10,0	10,0

Примечание: ПДК1 - предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ПДК2 - предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.

Таблица 2. Органолептические показатели донных отложений реки Листвянки

Показатели	1 створ	2 створ	3 створ
Цвет	Черно-серый	Темно-серый	Беловато-серый
Запах	Гнилостный	Химический	Нефтяной
Консистенция	Мягкая	Плотная	Очень плотная
Включения	Остатки травы, ракушки, песок	Твердые частицы	Однородные
Тип по механическому составу	Илистый песок	Песчанистый ил	Глинистый ил