

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Пришненская средняя школа № 27»
Щекинского района Тульской области

Региональный этап Всероссийского конкурса юных
исследователей окружающей среды

Номинация «Юные исследователи»

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
БАССЕЙНА РЕКИ ВОРОНКИ НА ТЕРРИТОРИИ
МУЗЕЯ-УСАДЬБЫ Л.Н. ТОЛСТОГО
«ЯСНАЯ ПОЛЯНА»**



Выполнил:

Симаков Матвей Сергеевич,
13 лет, учащийся 7а класса,
член НОУ «Поиск»

Руководитель:

Ихер Татьяна Петровна,
учитель биологии и экологии,
руководитель НОУ «Поиск»,
почетный работник общего
образования РФ, советник
Российской академии
естествознания



Село Пришня, 2019 год

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Краткая характеристика объекта исследования	6
Методика исследования	6
Результаты исследования и их обсуждение	7
1. Рекогносцировочное обследование водотоков	7
2. Геоботаническое изучение прибрежно-водной и водной флоры	11
3. Биоценотическое изучение водотоков	13
4. Гидробиологическое изучение качества речных вод	14
5. Изучение самоочищающей способности донных отложений	15
6. Анализ динамики качества компонентов речных экосистем бассейна р. Воронки в динамике за 2012-2018 гг.	17
Выводы	19
Список использованных источников информации	21
Приложение 1. Карта-схема музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна»	23
Приложение 2. Каталог створов на водотоках бассейна р. Воронки в пределах яснополянского заповедника	23
Приложения 3. Модели биоценозов бассейна р. Воронки на территории яснополянского заповедника	24
Приложение 4. Показатели качества речных вод бассейна р. Воронки, установленные по индексу сапробности по макрозообентосу (2012 г. и 2018 г.)	26
Приложение 5. Характеристика самоочищающей способности донного грунта водотоков бассейна р. Воронки в пределах заповедника «Ясная Поляна»	27
Приложение 6. Обобщенная биоценотическая характеристика водных экосистем бассейна р. Воронки в яснополянском заповеднике	28
Приложение 7. Показатели качества речных вод в бассейне реки Во- ронки на территории музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна» по классам качества речных вод (в %% от общего числа створов)	29
Приложение 8. Распределение створов в бассейне реки Воронки на территории музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна» по интенсивности окислительно-восстановительных процессов в донном грунте (в %% от общего числа створов)	30
Приложение 9. Распределение створов в бассейне реки Воронки на территории музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна» по протеолитической активности микробиоты в донных отложениях (в %% от общего числа створов)	31
Фотоприложение 1	32
Фотоприложение 2	33

ВВЕДЕНИЕ

Создание и функционирование различных особо охраняемых природных территорий представляет собой самостоятельный и важный раздел системы государственных мероприятий по охране природы [18, 21]. В Тульской области по состоянию на 01.01.2018 были зарегистрированы 54 особо охраняемые природные территории (ООПТ), на долю которых приходилось менее 1,0% всей площади территории [24], что совершенно недостаточно для поддержания экологического равновесия биоты и сохранения биоразнообразия в регионе. По современным научным данным [17, 21, 24], доля особо охраняемых природных территорий всех категорий в идеале должна составлять 10–15% площади в смешанном и широколиственном лесу, в лесостепи, степи и пустыне. Все ООПТ в регионе являются памятниками природы. Тульские заповедники (музей-усадьба Л.Н. Толстого «Ясная Поляна», родовая усадьба И.С. Тургенева, музей-усадьба А.Т. Болотова и пр.) созданы как местности, имеющие важное культурное и историко-мемориальное значение. Их роль в сохранении дикой природы и редких видов растений и животных невелико, поэтому с природоохранной точки зрения они соответствуют самой низшей категории ООПТ – памятникам природы [17, 34].

Государственный мемориальный и природный заповедник «Музей-усадьба Л.Н. Толстого «Ясная Поляна» создан в соответствии со специальным постановлением президиума ВЦИК от 10 июня 1921 года. Музей-усадьба Л.Н. Толстого с прилегающей к нему территорией является уникальным памятником истории и культуры, посещается многочисленными туристами не только из России, но из многих стран мира, имеет огромное просветительское и рекреационное значение. Растительный и животный мир данной охраняемой природной территории изучается сотрудниками музея-заповедника, учеными биологами МГУ им. М.В. Ломоносова, ТГПУ им. Л.Н. Толстого [24, 34], проводятся мониторинговые наблюдения за природными комплексами. Если изучение фито- и зооценозов заповедника проводится систематически разными творческими группами специалистов, преподавателями и студентами тульских вузов [28], то гидрографическая сеть на территории заповедника исследована довольно слабо, а сведения о современном экологическом состоянии объектов водной

среды на территории музея-заповедника и его ближайшего окружения незначительны.

В Тульской области имеется опыт создания эффективного направления экологического образования с помощью привлечения подрастающего поколения к серьезным научным исследованиям поверхностных вод. Начиная с 1996 года, по инициативе природоохранных структурных подразделений правительства Тульской области ГОУ ДОД ТО «Областной эколого-биологический центр учащихся» возглавляет научно-исследовательские работы по биомониторингу малых рек региона. Основными исполнителями полевых работ являются педагоги и школьники различных образовательных организаций городов и районов области, которые ведут наблюдения за реками, прудами и родниками вблизи мест своего проживания. В настоящее время создана постоянная региональная школьная сеть мониторинга малых рек.

В течение 1995 – 2012 гг. было проведено детальное обследование водотоков бассейна р. Воронки [19, 35], однако участки рек и ручьев, протекающих по территории яснополянского заповедника, в тот период времени остались вне школьного биомониторинга. Несомненно, информация о реальном текущем состоянии речных экосистем в пределах уникальной ООПТ необходима, как администрации, так отделу природы и экологии музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна». Поэтому в августе-сентябре 2012 года отрядом учащихся Пришненской средней школы № 27 и Яснополянской гимназии впервые было проведено совместное комплексное гидробиологическое изучение бассейна реки Воронки на территории яснополянского заповедника, результаты которого оформлены в исследовательской работе «Экологическая паспортизация бассейна реки Воронки на территории яснополянского заповедника» и отдельным разделом вошли в Экологический паспорт музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна» [13]. В последующие годы мониторинговые наблюдения за малыми реками, протекающими по территории заповедника, проводились ежегодно, а их результаты публиковались в ряде изданий [23, 29].

Новизна нашей работы состояла в организации биомониторинговых наблюдений за бассейном р. Воронки на территории музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна», что с практической точки зрения весьма удобно для освоения школьниками методов экологического мониторинга малых рек Туль-

ской области и включения их в социально значимую природоохранную деятельность.

Цель исследования – комплексная эколого-гидробиологическая оценка состояния бассейна реки Воронки, расположенного в пределах Государственного мемориального и природного заповедника «Музей-усадьба Л.Н. Толстого «Ясная Поляна» и его окрестностях, в динамике за 2012 – 2019 гг.

Объектом исследования являлся бассейн среднего течения р. Воронки в пределах музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна».

Предмет исследования – качество компонентов экосистемы р. Воронки, устанавливаемое методами биоиндикации по макрозообентосу и микробиологической активности донных отложений.

Задачи исследования:

1) провести рекогносцировочное обследование и установить источники загрязнения компонентов речных экосистем;

2) повести геоботаническое описание фитоценозов на изучаемых участках водотоков;

3) установить качество речных вод с помощью гидробиологических методов по макрозообентосу;

4) провести экологическую диагностику самоочищающей способности микробиоты донных отложений с помощью аппликационных биоиндикационных методов;

5) выполнить гидрохимический анализ качества речных вод;

6) проанализировать качество компонентов речных экосистем изучаемого бассейна в динамике за 2012 – 2019 гг.;

7) дать оценку экологического состояния бассейна реки Воронки в соответствии с полученными показателями качества компонентов речных экосистем изученных водотоков по результатам экологического мониторинга.

Сроки проведения исследования. Я принимал участие в экологическом мониторинге бассейна р. Воронки, начиная с лета 2017 года. В августе 2019 года вместе с членами НОУ «Поиск» проведены текущие биомониторинговые исследования бассейна р. Воронки. В течение лета – осени 2019 года в школьной лаборатории были выполнены анализы проб воды и донного грунта; полученные результаты полевых и лабораторных исследований систематизированы,

обобщены, проанализированы в совокупности с результатами биомониторинга в 2012 – 2014 гг., что послужило основой для оформления настоящей учебно-исследовательской работы.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлся участок среднего течения реки Воронки протяженностью около 7,0 км с рядом притоков, протекающих в пределах заповедника «Музей-усадьба «Ясная Поляна» (см. карту в прил. 1), расположенного в Щёкинском районе Тульской области, в 13,0 км к югу от г. Тулы [34].

Река Воронка длиной около 25,0 км берет начало из родников в засечных лесах Яснополянского лесничества. Долина реки преимущественно трапецеидальная, пойма двусторонняя шириной до 100 м, сложенная суглинком, поросшая луговой растительностью, затапливаемая в период весеннего половодья; пересекается небольшими ручьями-притоками и сетью балок. Склоны долины, как правило, пологие, в верхнем и среднем течении покрыты широколиственным лесом. Прилегающий водосбор имеет слабоволнистый рельеф, занят сельскохозяйственными угодьями. Низовье реки расположено в черте г. Тулы, где водоток практически превращен в канализационный коллектор, куда поступают сточные воды множества промышленных предприятий [35]. На северо-западе территории г. Тулы р. Воронка с левого берега впадает в р. Упу.

Река Воронка имеет ряд притоков: правобережные – Кочак, Ясенка, Овсянка, Прудёнка, Серебряная; левобережные – Малиновый, Селинка, Латинка, Сухая Воронка, Китаевка, Михалковка. Вдоль долины реки имеется масса выходов подземных вод на дневную поверхность. На территории яснополянского заповедника тоже есть колодцы, в том числе довольно старые, сооруженные еще дедом Л.Н. Толстого, князем Н.С. Волконским, а также самим писателем.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При выполнении данной работы применялись методы исследования, предусмотренные в методиках школьного экологического мониторинга объектов водной среды, разработанных в ГОУ ДОД ТО «ОЭБЦУ», а также в общепринятых методиках комплексного изучения водоемов и водотоков:

– маршрутное и рекогносцировочное обследование компонентов речных экосистем: русла, дна, берегов, физико-химических свойств воды (температура, прозрачность, цвет, запах, рН), древесной и травянистой растительности вдоль

уреза воды и на водосборах, источников загрязнения, степени природного и антропогенного воздействия на речные экосистемы [1, 7, 8, 10, 32-33];

- геоботаническое описание водной и околоводной растительности методом закладки пробных площадей 1 x 1 м; 1 x 5 м; 1 x 10 м с последующим определением незнакомых и сомнительных видов по определителям [2, 5, 7];

- отбор проб макрозообентоса (относительно крупных беспозвоночных животных, обитающих на дне и в толще воды) с последующим определением видового состава и установлением индикаторных таксонов с помощью атласа-определителя [1, 14, 33];

- вычисление индексов сапробности S водоемов и водотоков по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека по формуле $S = \sum sh / \sum h$, где s - индекс индикаторной значимости вида; h - относительное число особей вида (h оценивается следующим образом: случайные находки - 1; частая встречаемость - 3; массовое развитие - 5) [10, 33];

- установление зон сапробности на изучаемых участках водотоков, разряда и классов качества речных вод в соответствии с существующей шести-классной шкалой [10];

- анализ интенсивности окислительно-восстановительных процессов, протекающих в донных отложениях, методом автографии на фотобумаге при 72-часовом контакте с пробой донного грунта [15, 33];

- экологическая диагностика способности донных отложений к естественному самоочищению по установлению степени протеолитической активности микробиоты с помощью аппликаций на рентгеновской пленке при 72-часовом контакте с пробой донного грунта [15, 33];

- комплексная оценка экологического состояния бассейна р. Воронки [11, 15, 20, 22, 33,];

- использование различных методов визуализации результатов исследования: картографическое моделирование, составление моделей биогеоценозов, графическое моделирование с помощью гистограмм, диаграмм, фото [7, 10, 32].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Рекогносцировочное обследование водотоков

Исследуемый участок р. Воронки протяженностью около 7,5 км пересекает территорию заповедника с юго-запада на северо-восток, расположен в зоне ле-

сонасаждений, посаженных Л.Н. Толстым во второй половине XIX века, а также в лесах Яснополянского лесничества. Река обследована по 6 створам (В1 – В6), удалённым на 350 – 550 м друг от друга (см. каталог створов и их месторасположение в прил. 2). На разных участках течения ширина реки колеблется от 1,5 – 3,0 м до 7,0 – 10,0 м; глубина, как правило, не превышает 1,0 м, хотя имеются плёсы (локальные участки глубиной до 1,5 м). Водоток очень слабый: скорость течения колеблется в интервале 0,01 – 0,15 м/с.



Рис. 1. Общий вид реки Воронки вблизи Калинова луга

Дно реки преимущественно глинисто-каменистое либо глинистое, на отдельных участках каменисто-песчаное, как правило, сильно заиленное; ил чёрного цвета, без запаха. Вода слегка мутная, сероватая, с травянистым запахом, органолептически оцененным в 1–2 балла, что является нормой для поверхностных вод суши. На участках с замедленным водотоком в воде много взвешенных веществ и одноклеточных водорослей, отчего вода имеет зелёную окраску. Температура воды составляет 10 – 13⁰ С. На подпруженных участках реки на поверхности – зелёных водоросли, вода с гнилостным запахом.

Речное русло умеренно извилистое, на отдельных участках – извилистое. На двух участках русло перегорожено плотинами: первый пруд («Купание Л.Н. Толстого на Воронке») находится напротив лесонасаждений Арковский верх, второй пруд сооружен летом 2009 года и расположен чуть выше берёзового мостика через реку напротив урочищ Берёзовый клин и Прудиче (карта в прил. 1). Ниже плотин водоток ускоряется до 0,25 – 0,40 м/с.

На отдельных участках речное русло закоряжено, по берегам сильно заросло водно-болотной флорой. Русловые берега преимущественно невысокие, местами эродированные, подмытые, иногда топкие, заболоченные. Древесная флора вдоль русловых берегов в основном редкая, представлена ивой сереющей и ломкой, ольхой чёрной, рябиной обыкновенной, черёмухой обыкновенной, калиной красной, берёзой повислой и др. В широкой долине реки двухсторонняя пойма покрыта луговыми растениями. Невысокие склоны речной долины полого поднимаются к лесонасаждениям заповедника.

В ходе рекогносцировочного обследования участков среднего течения р. Воронки установлено, что основными источниками загрязнения русла реки являются вынос эрозионных масс по руслам малых ручьёв-притоков и днищам оврагов и балок, а также эрозионное разрушение русловых берегов водотока.

Ручей Кочак, правобережный приток реки Воронки длиной около 6,5 – 7,0 км, берущий начало в окрестностях пос. Первомайского Щекинского района, протекает вне территории яснополянского заповедника. Однако большой русловый пруд и устье ручья находятся у д. Грумант, принадлежавшей когда-то семье Волконских-Толстых. Ручей течёт по открытой местности; на водосборе расположены сельскохозяйственные угодья и селитебные зоны. Пруд служит отличной зоной отдыха жителей Щекинского района и г. Тулы. В плотине пруда сооружены два стока: через первый осуществлялся спуск основной массы воды в русло ручья, через второй – придонный спуск прудовых вод, поступающих в узкий коллекторный канал длиной около 100 м. Следует отметить, что придонный спуск был закрыт в 2013 году в соответствии с рекомендациями по результатам обследования бассейна р. Воронки в 2012 году.

Нашему обследованию подлежал участок нижнего течения руч. Кочак длиной около 1,0 км, расположенный ниже плотины пруда (*на створах К7 и К8*), а также бывший коллекторный ручей (створ Кк7) (см. прил. 2).

Эколого-гидробиологическим обследованием вод ручья установлено следующее. Ручей прудового стока характеризуется шириной 1,5 – 3,5 м, глубиной 0,5 – 0,8 м. Скорость течения колеблется в интервале 0,20 – 0,30 м/с. Дно ручья глинисто-каменистое с обильными отложениями черного ила; ил без запаха. Вода полупрозрачная, с зелеными разводами, образованными взвесью микроскопических водорослей, со слабым травянистым запахом в 1 – 2 балла. Темпе-

ратура воды 10 – 12⁰ С. Русловые берега высокие крутые, местами со следами эрозии; пойма отсутствует. По берегам сплошные заросли ольхи черной, березы повислой, черемухи, ивы. Вдоль русловых берегов и узкой долины малого водотока - редкие куртины и неширокие полосы растений-гелофитов, водная растительность сравнительно редкая.

Коллекторный ручей № 2, образованный из придонного стока пруда, имеет ширину не более 1,0 м, глубину – 0,10 – 0,15 м, скорость течения составляет 0,30 – 0,40 м/с. Русловые берега высокие, практически отвесные, лишены травяного покрова. Дно ручья глинистое; вода белёсая, пеной, со слабым сероводородно-аммиачным запахом, органолептически оцененным в 2 балла, температура воды 18⁰ С. Прибрежно-водная и водная растительность в ручье практически отсутствует. В период проведения первичного обследования осенью 2006 года в силу токсичности вод и донных отложений данный искусственный ручей представляла собой безжизненную или мёртвую зону, где беспозвоночных животных обнаружено не было.

На водосборе руч. Кочак отмечены проявления антропогенного воздействия: вытаптывание травяного покрова на водосборной площади, тропиочная сеть, полевые дороги. Территория вокруг коллекторного ручья обильно заросла сорной флорой: бодяком полевым, пустырником лекарственным, донником белым и лекарственным, лопухом большим, крапивой жгучей и пр.

Правобережный безымянный приток р. Воронки протяженностью около 2,0 км берет начало в глубоком густо залесённом овраге Арковский верх и впадает в р. Воронку выше мостика и купальни Л.Н. Толстого (*створ Бп9*).

Левобережный безымянный приток р. Воронки длиной не более 1,2–1,5 км начинается в пределах заповедника; его русло расположено в лесочке, называемом Осинником (*створ Бл10*). Ручей впадает в р. Воронку ниже хозяйственного участка «Пашня» и лесопарка Елочки за Чепыжом (см. карту прил.1).

Указанные выше ручьи протекают среди широколиственного смешанного леса. В древостое преобладают липа и береза, встречаются дуб, клен, осина. Подлесок состоит из лещины обыкновенной, бересклета бородавчатого, калины, боярышника, жимолости лесной, крушины ломкой. В травяном ярусе доминируют папоротники, осоки, пролесник многолетний, сныть обыкновенная, копытень европейский и прочие травы широколиственных лесов.

Изучаемые ручьи представляют собой типичные лесные малые водотоки, характеризующиеся довольно узким извилистым руслом с обрывистыми, местами сильно подмытыми берегами. Русла ручьёв преимущественно сильно закоряжены, местами завалены сучьями, упавшим древостоем. Ширина ручьёв колеблется от 0,5 м до 1,5 м; глубина не превышает 15 – 25 см. Скорость течения составляет 0,20 - 0,40 м/с. Дно ручьёв глинисто-каменистое либо песчано-каменистое, вдоль уреза воды местами заиленное; ил чёрного цвета, без запаха. На участках с более глубоким врезом русла дно каменистое. Вода прозрачная бесцветная, без запаха; температура воды 6 - 8° С.

Вдоль русловых берегов ручьёв встречаются редкие полосы растений-гелофитов. Водная флора развита слабо; лишь на участках нижнего течения водотоков, где их русла более открыты, встречается редкая водная растительность. Примечательно, что в русле левобережного притока обнаружена популяция болотника обыкновенного (водяной звездочки) - растения-гидрофита, довольно редко встречающегося на малых реках Тульской области.

Долины ручьёв узкие, беспойменные, с редким травяным покровом вследствие сильного затенения кронами высоких деревьев. На одном из участков правобережного ручья, где имеются большие скопления камней, обломков коренных пород, обнаружены такие палеонтологические находки, как лепидодендроны, кораллы, губки (окаменелости древних растений и животных).

В результате обследования водосборов и русел ручьёв отмечены следующие источники загрязнения: нарушение барьерной функции травяного покрова вследствие эрозии коренных и русловых берегов.

2. Геоботаническое изучение прибрежно-водной и водной флоры

На обследованных участках реки Воронки прибрежно-водная флора обследованных участков малых водотоков преимущественно обильная, в виде сплошных полос либо куртин, в то время, как на сильно затененных участках лесных ручьёв – редкая. Обилие водных растений зависит от освещения русла водотока: если почти на всех участках реки Воронки отмечается пышное развитие растений-макрофитов, то лесные ручьи-притоки характеризуются наличием редкой водной флоры.

Видовой состав растений выявлялся сплошным обследованием с гербаризацией и последующим определением незнакомых видов по определителям. В

ходе геоботанических описаний растительности определены следующие виды, распределенные по экологическим группам в зависимости от отношения растений к водному режиму (см. фото 2 – 3 и фотоприложение):



Фото 2 - 3. Изучение прибрежно-водных фитоценозов на р. Воронке

- *целиком погруженные в воду* – рдесты гребенчатый, пронзеннолистный, плавающий и курчавый, роголистник погруженный, элодея канадская;
- *свободно плавающие* – ряски трехдольная и маленькая, многокоренник обыкновенный;
- *прикрепленные к дну* – кубышка желтая, ежеголовник всплывающий, болотник обыкновенный (водяная звездочка), горец земноводный, сердечник горький;
- *погруженные в воду частично* – хвощ болотный, осоки пузырчатая, вздутая, черная и береговая, манник водный, рогоз широколистный, камыш лесной, калужница болотная, сердечник горький, незабудка болотная, стрелолист обыкновенный, частуха подорожниковая, сусак зонтичный, омежник водяной, горец перечный, белокрыльник болотный, ирис водный и др.

На участках малых водотоков с каменистым дном и быстрым течением на подводных объектах обнаружен водяной мох фонтиналис.

Отмечено, что на изученных участках водотоков жизненность всех видов флоры оценена как нормальная (1 балл по пятибалльной шкале) [10]: растения нормально вегетируют, цветут и плодоносят. Проективное покрытие растений-макрофитов отличается ажурностью; площади, занятые проекциями надземных органов растений, не превышают 25 – 30%.

Вдоль берегов рек встречаются растения, которые хорошо переносят сильное увлажнение почвы: таволга вязолистная, бодяк огородный, кипрей болотный и розовый, чистец болотный, вербейник обыкновенный, чемерица Лобеля, мята перечная, зюзник европейский, гравилат речной и др. Местами вдоль берегов изучаемых водотоков, отмечены сплошные полосы из сныти обыкновенной, папоротников, осок, герани болотной, незабудки болотной и других теневыносливых растений влажных местообитаний (см. фотоприложение 2).

3. Биоценотическое изучение водотоков

Обследование различных участков реки Воронки и ее притоков позволило выявить ряд биотопов с характерными для них биоценозами. Как известно, основными факторами, определяющими тип биотопа в реке, являются скорость течения и донный грунт [10, 14, 33]. При изучении особенностей донного грунта и разборе биологических проб, отобранных на створах малых рек, установлено следующее (см. прил. 6).

На участках с каменистым и каменисто-песчаным, слабо заиленным дном обнаружено довольно большое количество *литореофильных и псаммореофильных форм*: плоские личинки поденок-гептагений, веснянок, свободноживущих ручейников нейреклипсиса, риакофилы и гидропсихе. На отмелях на камнях, корягах, ветках деревьев встречаются личинки и куколки мошек, ручейники в домиках (анаболия, брахицентрус, колчанка и др.), плоские и червеобразные пиявки, брюхоногие моллюски-затворки.

На песчаном слабо заиленном дне мелководья обитают ручейники в домиках – анаболия, моланна. Здесь можно найти мелких двустворчатых моллюсков – шаровок, водяного клопа афелохируса. На участках водотоков с обильной растительностью почти всегда на стеблях и листьях гидрофитов можно встретить личинок стрекоз красотки, плосконожки, лютки, стрелки (*фитореофилы*). Перечисленные индикаторные таксоны обнаружены на изучаемых участках среднего течения р. Воронки и обоих безымянных ручьев-притоков.

Дно р. Воронки на большинстве участков характеризуется сильной заиленностью. В состав биоценозов илов (*пелореофильные*) входят малоцетинковые черви, личинки стрекозы дедки, личинки вислоккрылки и поденок, мелкие двустворчатые моллюски горошинки и шаровки. На глинистых участках р. Воронки и всех ее притоков в пределах яснополянского заповедника встречаются

личинки свободноживущего ручейника гидропсихе, роющие личинки поденок, проделывающие в глине длинные ходы. Здесь же можно увидеть моллюсков затворок и шаровок, закапывающихся в грунт личинок стрекоз-дедок.

Компонентами фитореофильных биоценозов на отдельных участках р. Воронки и руч. Кочака являются такие индикаторные таксоны, как плоские и червеобразные пиявки, двустворчатые и брюхоногие моллюски (горошинки, шаровки, затворки), личинки равнокрылых стрекоз и поденок.

Графические модели, отражающие усредненные результаты изучения биоценозов водотоков бассейна реки Воронки, помещены в приложениях 3 – 4.

4. Гидробиологическое изучение качества речных вод

Результаты гидробиологического определения показателей качества речных вод изучаемого бассейна представлены в табл. 1. Для сравнения качества речных вод, установленного в 2019 году, с результатами первичного обследования бассейна р. Воронки по тем же створам в указанную таблицу помещены гидробиологические показатели, полученные в 2012 году.

Таблица 1

Эколого-гидробиологическая характеристика речных вод бассейна р. Воронки на территории музея-усадьбы «Ясная Поляна»

Шифр створа	Установленный класс кач-ва воды		Разряд кач-ва воды		Индекс сапробности		Зона сапробности водотока	
	2012	2019	2012	2019	2012	2019	2012	2019
В1	2 – 3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,24	2,18	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
В2	4	3	умеренно загрязн.	слабо загрязн.	2,75	2,48	α-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
В3	3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,37	2,24	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
В4	3 – 4	3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,48	2,31	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
В5	3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,32	2,18	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
В6	4	3	умеренно загрязн.	слабо загрязн.	2,54	2,43	α-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
К7	3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,23	2,21	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
Кк7	6	4	предел. грязная	умеренно загрязн.	4,00	2,75	α-поли-сапробная	α-мезо-сапробная
К8	5	3 – 4	сильно загрязн.	слабо загрязн.	3,12	2,54	α-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
Бп9	2	2	достаточ. чистая	достаточ. чистая	1,88	1,73	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
Бл10	2 – 3	2	слабо загрязн.	достаточ. чистая	2,18	2,08	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная

На гистограммах, помещенных в прил. 5, отражено распределение показателей качества речных вод на изученных створах малых рек, установленных путем расчета индексов сапробности по макрозообентосу (2012 и 2019 гг.).

Анализ данных экологического мониторинга изучаемого бассейна р. Воронки, установленных в 2019 году, показал:

- р. Воронка на всех изученных участках несёт экологически благополучные воды 2 – 3 и 3 классов качества, в соответствии с эколого-санитарной классификацией – слабо загрязненные; по вычисленным индексам сапробности данные участки следует отнести к β -мезосапробным зонам;

- качество воды в руч. Кочак на разных участках колеблется: на створе К7 соответствует 2- 3 классу при $S = 2,21$ (β -мезосапробная зона); на створе К8 – 3- 4 классу при $S = 2,54$ (β -мезосапробная зона), что объясняется негативным влиянием бывшего коллекторного ручья, по которому из пруда стекали сильно загрязненные придонные стоки, характеризующиеся на створе Кк7 4 классом качества при $S = 2,75$ (α -мезосапробная зона);

- оба безымянных притоков р. Воронки характеризуются как β -мезосапробные зоны ($S = 1,73 - 2,08$) с достаточно чистыми, экологически благополучными водами, соответствующими 2 классу качества;

- при сравнении гидробиологических показателей текущего обследования малых рек с результатами, полученными при обследовании 2012 года, выявлено улучшение качества речных вод на всех участках бассейна р. Воронки.

5. Изучение самоочищающей способности донных отложений

Биоиндикационным аппликационным исследованием самоочищающей способности донных отложений водотоков изучаемого бассейна р. Воронки установлено следующее (см. табл. 2, а также таблицу аппликаций образцов донного грунта изучаемых водотоков в прил. 6).

Автографии на фотобумаге после 72-часовой экспозиции с пробами донного грунта р. Воронки имели в основном темное окрашивание, что позволило характеризовать донные отложения на большинстве створов как восстановленный субстрат, характеризующийся анаэробным биоценозом. На створах В1 и В3 выявлено наличие зон окисления – белых точек и пятен, что свидетельствует о сохранении потенциала к самоочищению от загрязнений. Донный грунт на створах руч.

Кочак представляет собой анаэробную среду, токсичную для микробиоты, что доказывается сплошным черно-бурым окрашиванием автографий на фотобумаге. На автографиях донных отложений обоих безымянных ручьев выявлены зоны окисления и восстановления.

Таким образом, экологическая диагностика свидетельствует о медленных процессах минерализации органических веществ в донных грунтах водотоков и слабом потенциале к естественному самоочищению от загрязнений.

Экологической диагностикой способности донных отложений изучаемых водотоков к самоочищению от белкового загрязнения с помощью аппликаций на рентгеновской пленке установлено следующее (см. табл. 2).

Таблица 2

Характеристика самоочищающей способности микробиоты донных отложений бассейна р. Воронки на территории яснополянского заповедника

Шифр створа	Интенсивность о/в процессов в донном грунте		Протеазная активность микробиоты донных отложений	
	2012	2019	2012	2019
В1	Преобладание восстановленности среды	Окисл./восст. процессы сбалансированы	Средняя	Средняя
В2	Высокая степень восстановленности среды	Высокая степень восстановленности среды	Очень низкая	Низкая
В3	Преобладание восстановленности среды	Окисл./восст. процессы сбалансированы	Средняя	Средняя
В4	Высокая степень восстановленности среды	Преобладание восстановленности среды	Средняя	Средняя
В5	Преобладание восстановленности среды	Окисл./восст. процессы сбалансированы	Средняя	Средняя
В6	Высокая степень восстановленности среды	Преобладание восстановленности среды	Очень низкая	Низкая
К7	Преобладание восстановленности среды	Окисл./восст. процессы сбалансированы	Низкая	Средняя
Кк7	Оч. высок. степень восстановленности среды	Оч. высок. степень восстановленности среды	Очень низкая	Низкая
К8	Оч. высок. степень восстановленности среды	Высокая степень восстановленности среды	Низкая	Низкая
Бп9	Преобладание окисленности среды	Преобладание окисленности среды	Средняя	Высокая
Бл10	Преобладание восстановленности среды	Окисл./восст. процессы сбалансированы	Средняя	Средняя

На двух створах р. Воронки установлены очень низкие и низкие уровни протеолитической активности донных отложений. На четырех створах зафиксирована средняя активность протеаз в виде множества точек и пятен на рентгеновской пленке.

Аппликациями образцов донного грунта руч. Кочак на рентгеновской пленке выявлена преимущественно низкая протеазная активность илов, что является следствием слабой ферментативной активности микробиоты, разрушающей белковые соединения. Наиболее высокая способность к микробиологическому разрушению белковых соединений установлена в донных грунтах низовьев обоих безымянных ручьев: на пластинках рентгеновской пленки после контакта с образцами донных отложений обнаружены обширные зоны разрушения желатина протеазами, вырабатываемыми микробиотой.

Обобщенная биоценотическая характеристика изученных речных экосистем бассейна реки Воронки приведена в прил. 7.

6. Анализ динамики качества компонентов речных экосистем бассейна р. Воронки (2012 – 2019 гг.)

Результаты текущего биомониторингового изучения малых водотоков бассейна р. Воронке в яснополянском заповеднике целесообразно было сравнить с результатами наблюдений, выполненных в предыдущие годы. Поэтому все гидробиологические показатели качества вод и микробиологические показатели самоочищающей способности микробиоты донных отложений, полученные в течение 2012 – 2019 гг., были сведены в таблицу 4.

Таблица 4

Изменение качества компонентов речных экосистем бассейна р. Воронки в динамике за 2012 – 2019 гг.

Характеристика качества компонентов речных экосистем	Кол-во створов пруда по годам обследования, % от общего числа створов			
	2012	2014	2017	2019
Воды 2 класса качества	9,1	9,1	18,2	18,2
Воды 2 – 3 класса качества	18,2	18,2	27,3	36,3
Воды 3 класса качества	27,2	27,2	27,2	27,3
Воды 3 – 4 класса качества	9,1	18,2	18,2	9,1
Воды 4 класса качества	18,2	18,2	9,1	9,1
Воды 5 класса качества	9,1	9,1	0	0
Воды 6 класса качества	9,1	0	0	0
Преобладание окисленности среды в донном грунте	0	0	0	9,1
Окислительно-восстановительные процессы сбалансированы	0	27,2	27,2	36,4
Преобладание восстановленности среды в донном грунте	54,6	36,4	45,5	27,2
Высокая степень восстановленности среды в донном грунте	27,2	18,2	18,2	18,2
Очень высокая степень восстановленности	18,2	18,2	9,1	9,1

среды в донном грунте				
Высокий уровень протеазной активности микробиоты в донном грунте	0	18,1	0	9,1
Средний уровень протеазной активности микробиоты в донном грунте	54,5	36,4	54,5	54,5
Низкий уровень протеазной активности микробиоты в донном грунте	18,2	27,3	27,3	18,2
Очень низкий уровень протеазной активности микробиоты в донном грунте	27,3	18,2	18,2	18,2

Анализ данных, помещенных в табл. 4, позволил судить об изменениях качества вод и донных отложений на контрольных створах малых рек, а также выделить экологически опасные участки пресноводных экосистем на границах вода – дно.

Следует отметить, что в течение всего периода биомониторинговых наблюдений динамика качества компонентов речных экосистем изучаемого бассейна р. Воронки в целом положительна, поскольку наблюдается ежегодное увеличение количества участков с экологически благополучными водами и выраженным потенциалом микробиоты донных отложений к естественному самоочищению от различных загрязнений.

В табл. 5 отражена динамика изменения качества речных вод изучаемого бассейна, свидетельствующая о последовательном улучшении их экологического состояния в течение всего периода наблюдений. Графическая интерпретация результатов динамического анализа качества речных вод отражена в диаграммах (см. прил 7).

Таблица 5

**Экологическое состояние речных вод бассейна р. Воронки
в динамике за 2012 – 2018 гг.**

Кол-во створов с разным качеством речных вод по годам обследования, %%	2012	2014	2017	2019
С экологически благополучными водами 2; 2 – 3; 3 классов качества	54,5	54,5	72,7	81,8
С водами переходного экологического состояния (3 – 4 класс качества)	9,1	18,2	18,2	9,1
С экологически неблагополучными водами 4; 5; 6 классов качества	36,4	27,3	9,1	9,1

Микробиологический анализ качества донных отложений с использованием аппликационных методов, а также изучение интенсивности окислительно-восстановительных процессов и ферментативной активности микробиоты в течение 2012 – 2019 гг. позволили констатировать следующее.

Практически на всех изученных участках малых рек выявлена способность микробиоты к минерализации органических загрязнений. Так, в указанный период наблюдений окисленность среды (аэробноз) в донном грунте в той или иной степени отмечена на 30 - 40% изученных участков. Преобладание восстановительных процессов (анаэробноза) над окислительными процессами (аэробноза) в 2017 году зафиксировано на половине контрольных створов, а к 2019 году число таких участков сократилось вдвое. Аналогичная тенденция установлена и по числу крайне неблагоприятных створов с очень высокой восстановленностью среды в донных отложениях (прил. 8).

В течение наблюдаемого периода времени отмечалось постепенное увеличение ферментативной активности микробиоты в донных отложениях малых рек: при практически неизменном количестве участков со средними уровнями активности протеаз фиксировалось уменьшение количество участков с низким и очень низким качеством илов (прил. 9).

ВЫВОДЫ

Результаты комплексного изучения бассейна реки Воронки, расположенного в пределах заповедника «Музей-усадьба Л.Н. Толстого «Ясная Поляна», позволили сделать следующие выводы.

1. В ходе экспедиционно-полевых исследований бассейна реки Воронки установлено, что загрязнение компонентов водных экосистем обусловлено неблагоприятным гидрологическим режимом, массовым развитием одноклеточных водорослей в летнюю межень, естественными эрозионными процессами; обильными отложениями ила, препятствующими выходу грунтовых вод и улучшению гидрологического режима.

2. Геоботаническим изучением наибольшее видовое разнообразие флоры двух экологических групп (гидатофиты и гидрофиты) установлено в экосистеме р. Воронки. Фитоценозы безымянных ручьёв-притоков, протекающих в лесных зонах, включают малое число видов растений.

3. Гидробиологические показатели свидетельствуют о том, что наиболее высоким качеством речных вод обладают безымянные малые притоки реки Воронки, имеющие воды 2 либо 2 – 3 классов, а сами водотоки относятся к β-мезосапробным зонам.

4. Река Воронка в основном характеризуется как β -мезосапробный водоток со слабо загрязненными водами 2 – 3; 3 и 3 – 4 классов качества.

5. Ручей Кочак несёт преимущественно слабо загрязненные воды 3 класса качества.

6. Хорошо выраженной самоочищающей способностью отличаются безымянные ручьи-притоки, в то время как в обильных донных отложениях реки Воронки и ручья Кочак минерализация органических соединений происходит медленно.

7. Суммируя результаты текущего комплексного исследования в совокупности с результатами биомониторинга в течение предыдущих 2012 – 2017 гг., можно сделать общий вывод о напряженном экологическом состоянии бассейна реки Воронки, что обусловлено влиянием на компоненты речных экосистем ряда негативных факторов, а также слабой самоочищающей способностью донных отложений основного водотока, формирующего изученный бассейн.

Список использованных источников информации

1. Атлас-определитель индикаторных таксонов макрозообентоса в малых водотоках: Пособие для определения классов качества речных вод. / Сост. Н.Е. Шиширина, Т.П. Ихер, О.А. Курчакова. – Тула, ТОЭБЦу, 2016. – 43 с.
2. Афанасьев Ю.А., Галкин С.Ф. и др. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учебное пособие в двух частях. Часть 2, специальная. М.: Изд-во МНЭПУ, 2013. – 337 с.
3. Вола России. Малые реки. / Под научной ред. А.М. Черняева. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2001. – 804 с.
4. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков (с дополнениями в соответствии с Протоколом № 2 МГС СНГ от 03.06.92. - М., 2014.
5. Губанов И.А., Киселева К.В. и др. Определитель сосудистых растений Центра европейской России. – 2-е изд., дополн. и перераб. – М.: Аргус, 1995. – 500 с.
6. Жилин Д.М. Школьная экспедиционная лаборатория для анализа природных вод: Руководство пользователя. – М., 2015. – 25 с.
7. Ихер Т. П. Изучаем малые реки: Методическое пособие для педагогов и школьников. – М., ООО НП «Содействие химическому и экологическому образованию, 2012. – 36 с.
8. Ихер Т.П. Исследование источников питьевой воды: Методическое пособие для педагогов и школьников. – Тула, ГОУ ДОД ТО «ОЭБЦУ», 2012. – 38 с.
9. Ихер Т.П., Шиширина Н.Е. Региональный исследовательский проект «Малым рекам – чистую воду». / В сб. материалов международной конференции «Исследовательская деятельность школьников» (г. Москва, 22 – 24 ноября 2010 г.). – М., 2010. – С. 87 – 94.
10. Ихер Т.П., Шиширина Н.Е., Тарарина Л.Ф. Экологический мониторинг объектов водной среды: Методическое пособие для педагогов, студентов и школьников. / Под ред. докт. биол. наук, проф. Л.Ф. Тарариной. – Тула: ЗАО «Гриф и К», 2013. – 92 с.
11. Ихер Т.П., Шиширина Н.Е. Региональные методические пособия для школьного экологического мониторинга. / Материалы международного научно-практического семинара «Экологически устойчивое развитие. Рациональное использование природных ресурсов» (г. Тула 19 – 21 мая 2013 г.) – Тула: ЗАО «Гриф и К», 2013. – С. 102 – 105.
12. Крылов А.В. Методы сбора проб зоопланктона и бентоса. / Методики исследовательской деятельности учащихся в области естественных наук. / Редактор-составитель А.С. Обухов. – 2-е изд., испр. – М.: Библиотека журнала «Исследователь», 2010. – 136 с.
13. Ларкина М., Мишкина Ю. Оценка экологического состояния бассейна реки Воронки в пределах заповедника «Ясная Поляна». / В сб. «Мир воды глазами тульских школьников». – Тула, 2013. - С. 219 – 223.
14. Липин А.Н. Пресные воды и их жизнь. – М.: Учпедгиз, 1950. – 347 с.
15. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. – Изд. 3-е. – СПб.: «Крисмас+», 2014. – 248 с.
16. Муравьев А.Г., Пугал Н.А., Лаврова В.Н. Экологический практикум: Учебное пособие с комплектом карт-инструкций. / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. – 4-е изд. – СПб.: Крисмас+, 2014. – 176 с.
17. Никитина Н.А., Никитин В.П. Ясная Поляна: Путеводитель по заповеднику. – Тула: Приокское книжн. изд-во, 2009. – С. 103-110.
18. Носс Р. Проект «Дикие земли». Стратегия сохранения дикой природы. – 2-е изд. – Новосибирск, 1996. – 93 с.
19. Организация и проведение школьного экологического мониторинга малых рек с изучением разнообразия растительного и животного мира. Отчет Тульского ОЭБЦу о работе по договору № 8/2-02 от 20.05.2012. – Тула, ГОУ ДОД ТО «ОЭБЦУ», 2012. – С. 134-139.
20. Практическое руководство по оценке экологического состояния малых рек: Учебное пособие для сети общественного экологического мониторинга. / Под ред. д.б.н. В.В. Скворцова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб.: Крисмас+, 2016. – 176 с.
21. Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории. – М., 1987.

22. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Контроль качества. – М., Минздрав России, 2000. – 48 с.
23. Сальников И., Монакова А. Экологический мониторинг бассейна реки Воронки на территории музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна». / В сб. материалов 9-й детско-юношеской экологической Ассамблеи в рамках XV международного научно-промышленного форума «Великие реки» (г. Нижний Новгород, 15 – 18 мая 2013 года). – Нижний Новгород: Изд-во НОО КЭЦ, 2013. – С. 60 – 62.
24. Светашева Т.Ю. Древние тайны природы // Яснополянский вестник. - № 7 (51). - Июль 2012. – С. 12-13.
25. Семенов В.А. Гидрология в решении экологических проблем // Соросовский Образовательный Журнал. – 1997. - № 8. – С. 66-71.
26. Соболев Н.А. Методика быстрой оценки биологического разнообразия // Биологическое разнообразие Калужской области. Проблемы и перспективы развития особо охраняемых природных территорий. Часть 2. – Калуга, 1996. – С. 58 – 62.
27. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (с изменениями на 29 декабря 2014 года). – М., 2014, 36 с.
28. Хорун Л.В., Шереметьева И.С., Тарарина Л.Ф., Швец О.В. Особо охраняемые природные территории Щекинского района // Тульский экологический бюллетень-2001. Выпуск 2. – Тула, 2011. – С. 103-106.
29. Худенко Е., Абрамов А. Эколого-биологическая паспортизация малых рек на территории музея-усадьбы Л.Н. Толстого «Ясная Поляна». / В сб. докладов региональной Интернет-конференции среди школьников «Мы – за здоровый образ жизни».- Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – С. 67 – 69.
30. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод Центра европейской части России. – М., 2005. – 212 с.
31. Шиширина Н.Е., Ихер Т.П. и др. Организация экологического мониторинга малых рек Тульской области. /В сб. материалов Всероссийского научно-методического семинара «Теория и практика экологического мониторинга в образовательных учреждениях» (29 марта – 2 апреля 1999 г., г. Санкт-Петербург). – СПб.: «Крисмас+», 1999. – С. 21 – 23.
32. Шиширина Н.Е., Ихер Т.П. Практическое руководство по комплексному исследованию экологического состояния малых рек. / Под ред. проф., докт. биол. наук Л.Ф. Тарариной. – Тула, ГОУ ДОД ТО ОЭБЦу, 2008. – 43 с.
33. Шиширина Н.Е., Ихер Т.П., Тарарина Л.Ф. Макрозообентос водоемов: Методическое пособие для педагогов, студентов и школьников. / Под ред. докт. биол. наук, проф. Л.Ф. Тарариной. – Тула: ЗАО «Гриф и К», 2008. – 56 с.
34. Экологический паспорт Государственного мемориального и природного заповедника «Музей-усадьба Л.Н. Толстого «Ясная Поляна» / Сост. Тарарина Л.Ф., Шереметьева И.С., Швец О.В., Хорун Л.В. – Тула, 2014.
35. Экологическое образование школьников Тульской области на примере исследования химико-биологического состояния малых рек. Отчет Тульского ОЭБЦу о НИР по договору № 3/16-2002 от 20.03.2002. – Тула, ТОЭБЦу, 2002. – С. 165 – 170.



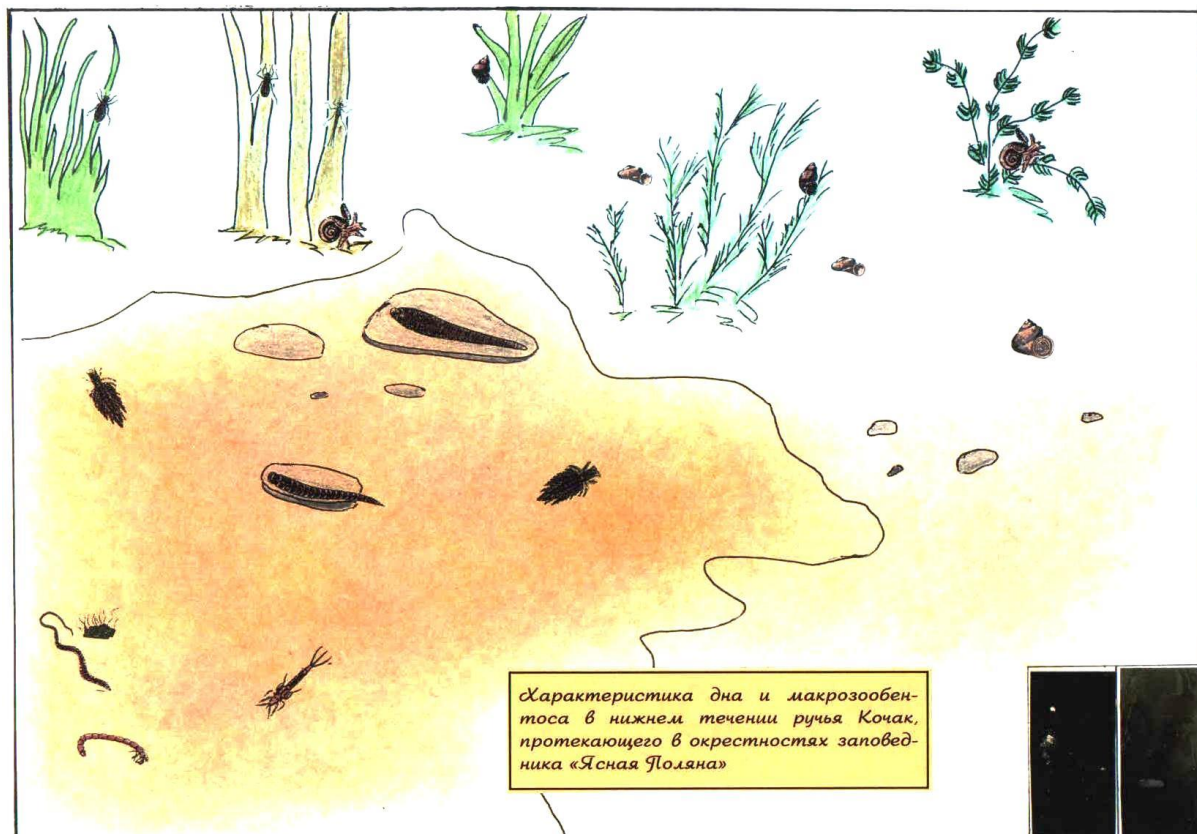
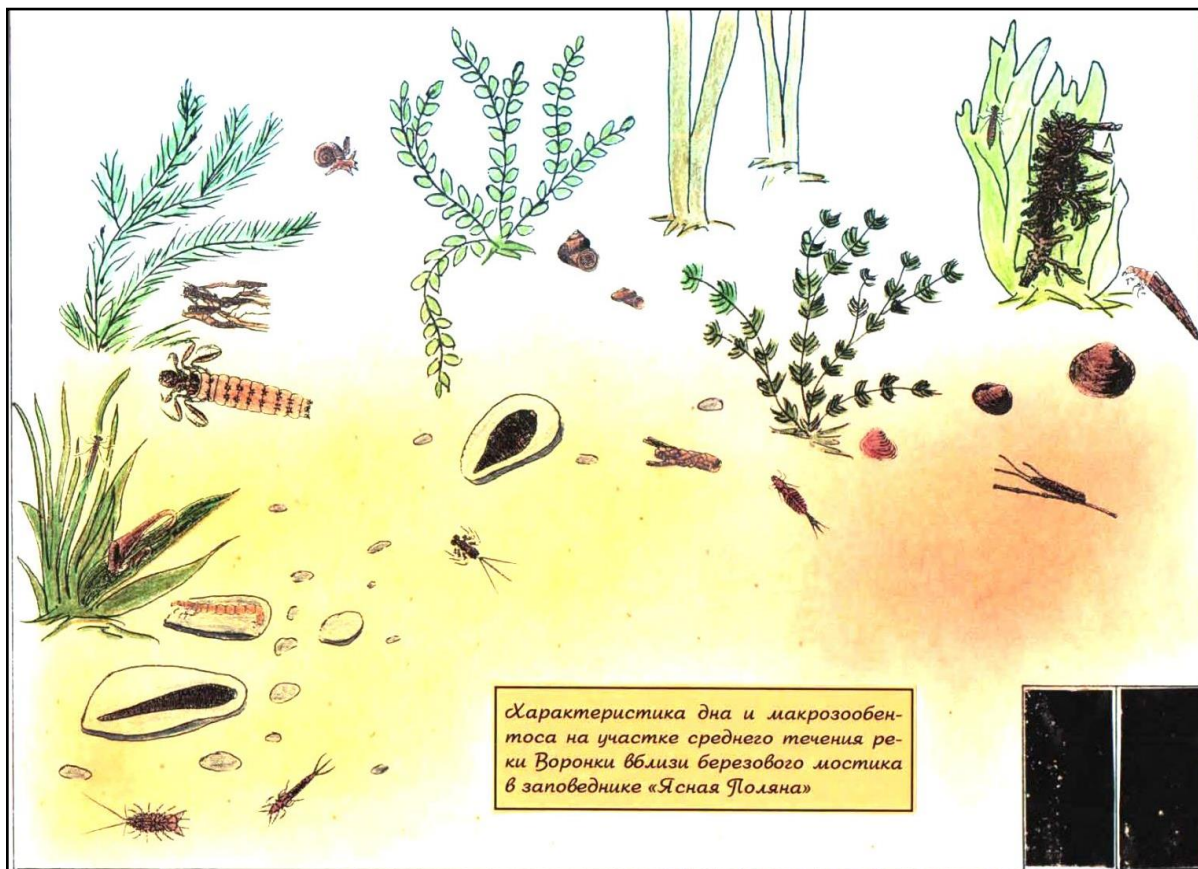
риложение 2

КАТАЛОГ

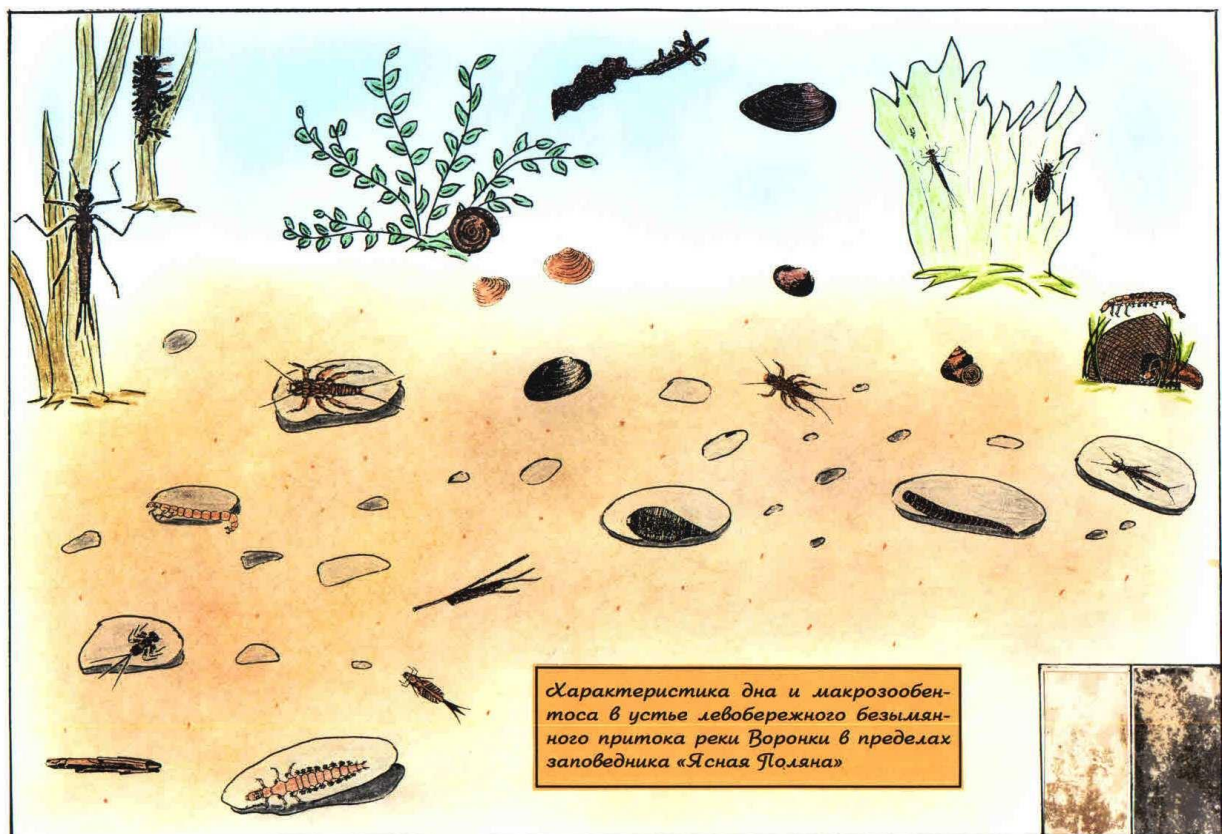
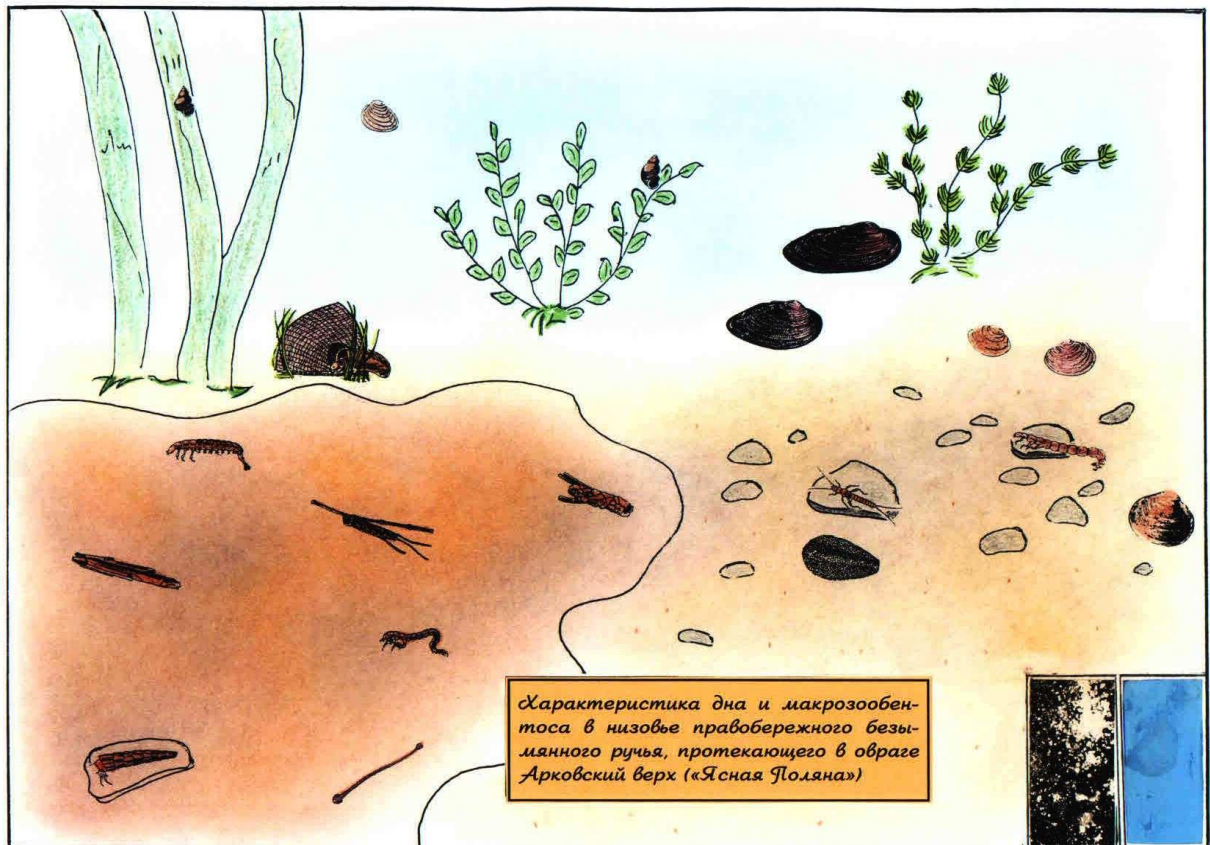
створов на водотоках бассейна р. Воронки в яснополянском заповеднике

№ пп	Шифр створа	Местоположение створа
1	В1	р. Воронка ниже пересечения с автомагистралью М-2
2	В2	р. Воронка ниже устья ручья Кочак
3	В3	р. Воронка ниже устья правобережного ручья, протекающего в овраге «Арковский верх»
4	В4	р. Воронка ниже мостика и «купанья Толстого на Воронке»
5	В5	р. Воронка напротив «Старой Абрамовской посадки»
6	В6	р. Воронка ниже березового мостика, напротив пашни (с правого берега) и «Осинника» (с левого берега)
7	К7	руч. Кочак ниже руслового пруда у д. Грумант
8	Кк7	придонный сток руч. Кочака ниже руслового пруда у д. Грумант
9	К8	руч. Кочак вблизи устья
10	Бп9	нижнее течение Безымянного правобережного притока Воронки, протекающего по оврагу «Арковский верх»
11	Бл10	нижнее течение Безымянного левобережного притока Воронки, протекающего в «Осиннике»

Модели биоценозов бассейна реки Воронки
на территории яснополянского заповедника



Модели биоценозов бассейна реки Воронки на территории яснополянского заповедника





**ХАРАКТЕРИСТИКА САМООЧИЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА РЕКИ ВОРОНКИ
В ПРЕДЕЛАХ ЗАПОВЕДНИКА «ЯСНАЯ ПОЛЯНА»**

ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ,
ПРОТЕКАЮЩИХ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

река Воронка



створ В1



створ В2



створ В3



створ В4



створ В5



створ В6

притоки реки Воронки



створ К7



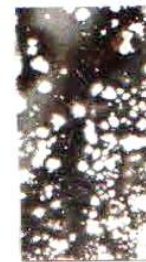
створ Кк7



створ К8



створ Бп9



створ Бл10

ПО АКТИВНОСТИ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ МИКРОБИОТЫ
В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

река Воронка



створ В1



створ В2



створ В3



створ В4



створ В5



створ В6

притоки реки Воронки



створ К7



створ Кк7



створ К8



створ Бп9

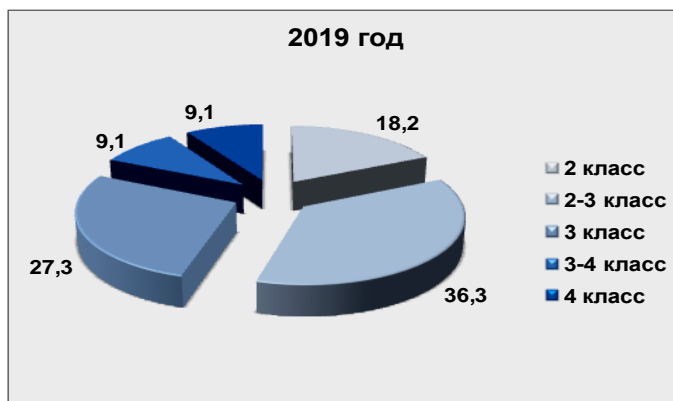
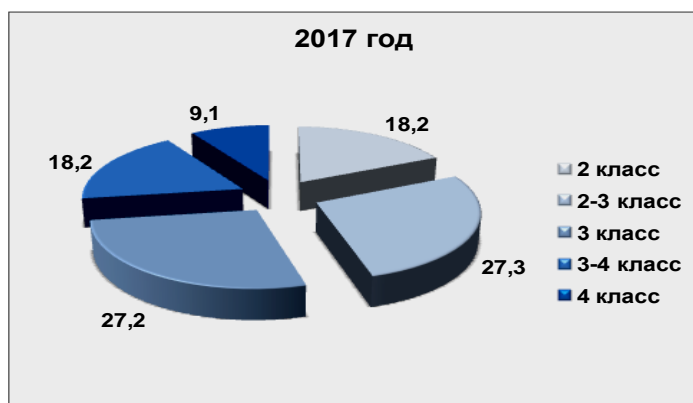
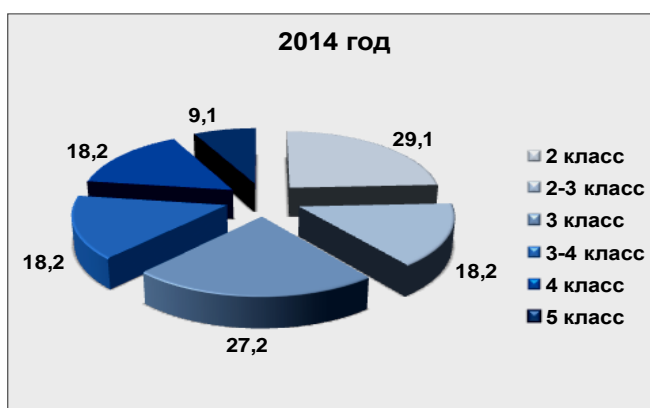
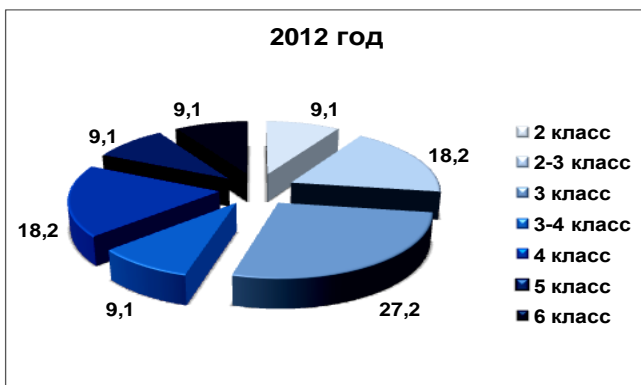


створ Бл10

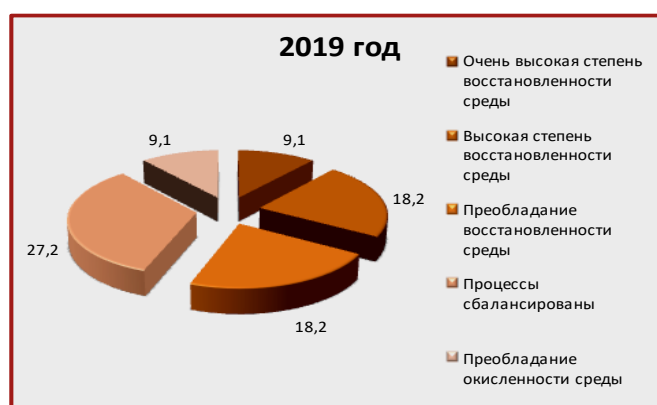
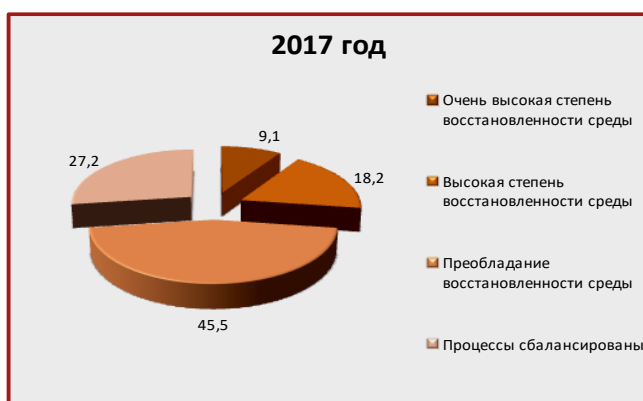
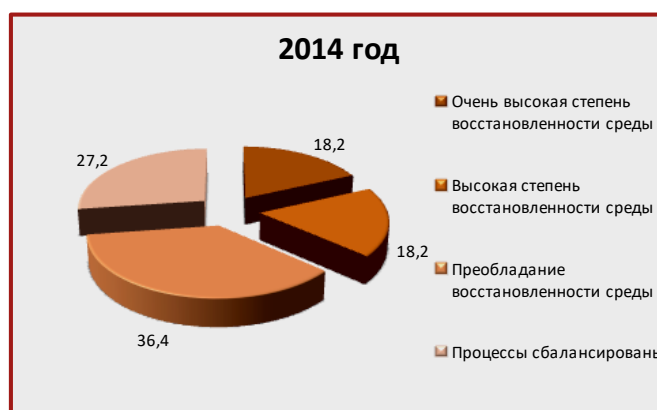
Обобщенная биоценотическая характеристика экосистем
бассейна реки Воронки в яснополянском заповеднике

Компоненты экосистемы и показатели их качества	р. Воронка	руч. Кочак	Правобережный безымянный ручей	Левобережный безымянный ручей
Растения-гидатофиты	ряски, рдесты, кубышка, элодея, роголистник, фонтиналис и др.	ряски, многокоренник, элодея, ежеголовник, горец	ряски, горец, вероника, фонтиналис	ряски, многокоренник, горец, элодея, вероника, фонтиналис
Растения-гидрофиты	ситник, камыш, рогоз, стрелолист, частуха, осоки, тростник, манник, зюзник, дербенник, мята, гравилат и др.	хвоци, ситник, рогоз, осоки, тростник, паслен, бодяк, зюзник, гравилат, таволга, череда, лопух, эхиноцистис	камыш, рогоз, незабудка, осоки, ситники, дягиль, калужница, поручейник, сердечник, герань, осот, гравилат и др.	рогоз, ситник, хвощ, осоки, поручейник, ежеголовники, сердечник, болотник, стрелолист, тростник, манник, дудник, незабудка
Индикаторные таксоны макрозообентоса:	личинки поденок, ручейников, мошек, стрекоз, вислокрылки, затворки, афелохирус, шаровки, горошинки, пиявки, мотыль	личинки стрекоз, вислокрылки, горошинки, шаровки, трубочник, пиявки червеобразные, мотыль	личинки веснянок, поденок, ручейников, вилохвостки, стрекоз, мошек, вислокрылки, затворки, шаровки, горошинки	личинки веснянок, поденок, ручейников, стрекоз, вислокрылки, мошек, пиявки плоские, затворки, горошинки, шаровки
Индексы сапробности по зообентосу:	2,18 – 2,48	2,21 – 2,75	1,73	2,08
Зоны сапробности водотока:	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная; α-мезо-сапробная	β-мезосапробная	β-мезосапробная
Степень загрязнения воды:	слабо загрязненная; умеренно загрязненная	слабо загрязненная; сильно загрязненная; грязная	достаточно чистая	достаточно чистая
Класс качества воды:	2 – 3; 3	2 – 3; 3 – 4; 4	2	2
Донный грунт:	глинисто-каменистый с обильными отложениями чёрного ила	глинистый с обильными отложениями чёрного ила	глинисто-каменистый, каменистый, с отложениями светлого ила	глинисто-каменистый, с отложениями светлого ила
Выраженность о/в процессов:	преобладание восст-ти среды; о/в процессы сбалансированы	высокая степень восст-ти среды; о/в процессы сбалансированы	преобладание окисленности среды	о/в процессы сбалансированы
Уровни протеолитической активности:	низкий; средний	низкий; средний	высокий	средний

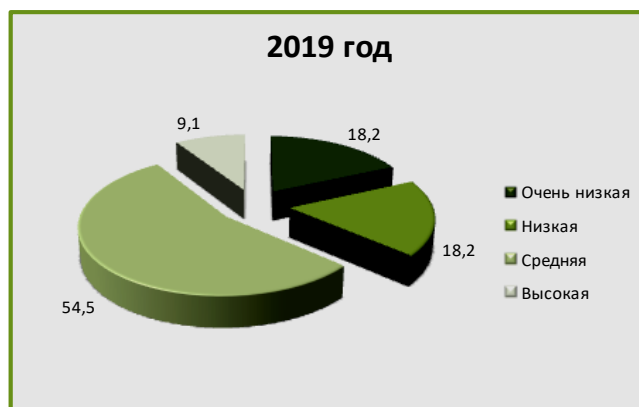
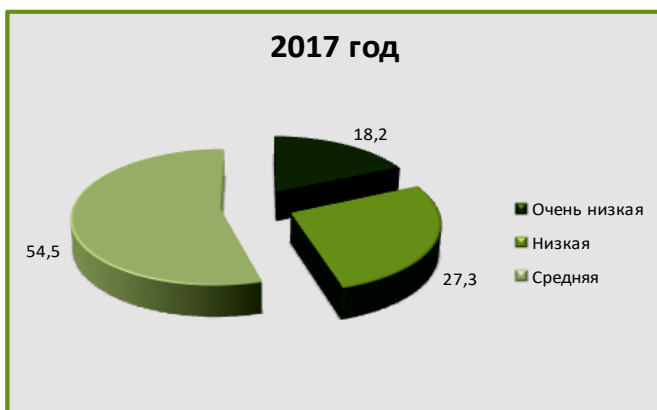
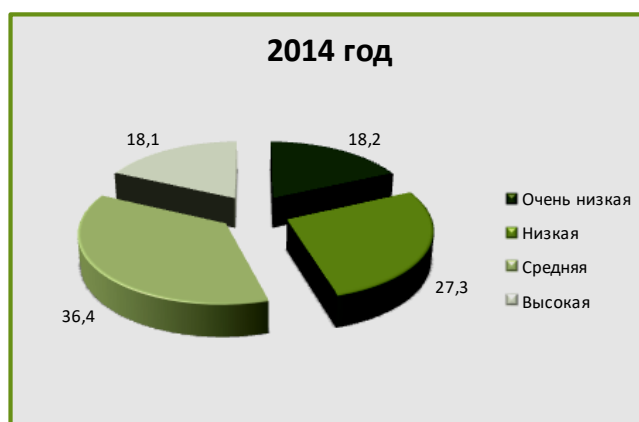
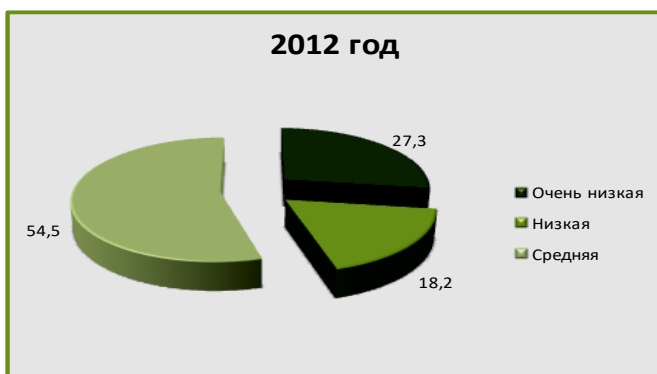
Распределение створов в бассейне реки Воронки на территории музея-усадьбы «Ясная Поляна» по классам качества речных вод (в %% от общего числа створов)



Распределение створов в бассейне реки Воронки на территории музея-усадьбы «Ясная Поляна» по интенсивности окислительно-восстановительных процессов в донном грунте (в %% от общего числа створов)



Распределение створов в бассейне реки Воронки на территории музея-усадьбы «Ясная Поляна» по протеолитической активности микробиоты в донных отложениях
(в %% от общего числа створов)



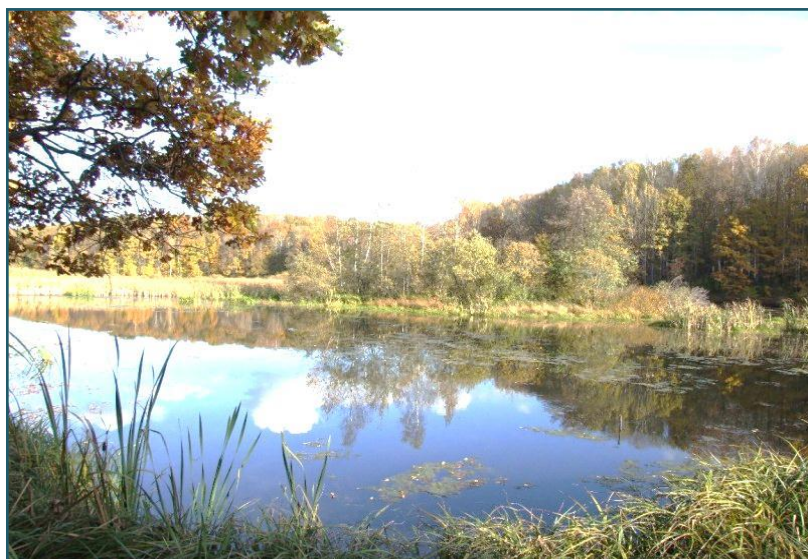
Фотоприложение 1



**Фото 1.
Река Воронка
ниже пересечения
с магистралью М-2**



**Фото 2.
Ручей Кочак
в окрестностях
д. Грумант**



**Фото 3.
Река Воронка
выше берёзового
мостика вблизи
колодца**

**Водная и прибрежно-водная флора бассейна реки Воронки
на территории яснополянского заповедника**



Фото 4. Зюзник европейский



Фото 5. Стрелолист обыкновенный



Фото 6. Калужница болотная



Фото 7. Болотник обыкновенный



Фото 8. Кубышка жёлтая



Фото 9. Белокрыльник болотный

**Водная и прибрежно-водная флора бассейна реки Воронки
на территории яснополянского заповедника**



Фото 10. Сердечный горький



Фото 11. Таволга вязолистная



Фото 12. Горец земноводный



Фото 13. Осока чёрная

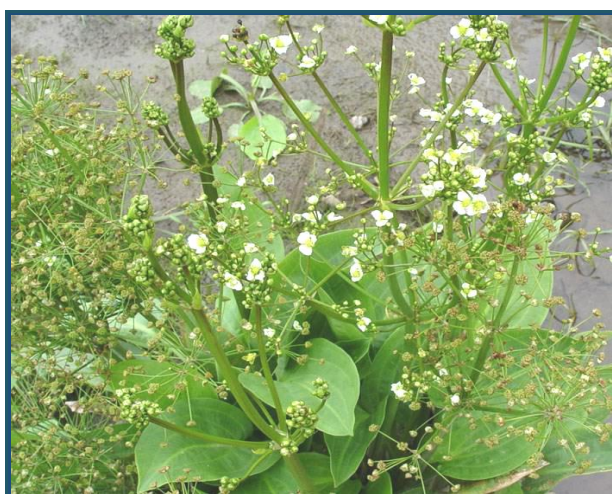


Фото 14. Частуха подорожниковая



Фото 15. Незабудка болотная