

Научно-исследовательская работа

Краеведение

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МАЛЫХ РЕК
БАССЕЙНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ СОЛОВЫ
В ДИНАМИКЕ ЗА 2012 – 2020 ГОДЫ**

Выполнил:

Симаков Матвей Сергеевич,
учащийся 9 класса, член НОУ «Поиск»,
МБОУ «Пришненская средняя школа № 27»
Щекинского района Тульской области

Руководитель:

Ихер Татьяна Петровна,
учитель биологии и экологии,
руководитель НОУ «Поиск»
МБОУ «Пришненская средняя школа № 27»
Щекинского района Тульской области,
Почетный работник общего образования РФ,
советник Российской Академии Естествознания

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Характеристика объекта исследования	6
Методы исследования, материалы и оборудование	9
Результаты исследования и их обсуждение	11
1. Рекогносцировочное обследование водотоков	11
2. Инвентаризация источников загрязнения речных экосистем	13
3. Геоботаническое изучение фитоценозов малых рек	13
4. Систематический анализ фауны беспозвоночных обследованных участков бассейна среднего течения р. Соловы	15
5. Биоценотическое изучение малых рек бассейна р. Соловы	16
6. Гидробиологическое изучение качества речных вод	19
7. Изучение самоочищающей способности донных отложений	20
8. Физико-химический анализ речных вод	22
9. Анализ динамики качества компонентов речных экосистем бассейна среднего течения р. Соловы (2012 – 2020 гг.)	24
Выводы	26
Список использованных литературных источников	28
<i>Приложение 1.</i> Каталог створов на водотоках бассейна среднего течения р. Соловы	30
<i>Приложение 2.</i> Список таксонов водной бентофауны беспозвоночных бассейна среднего течения р. Соловы	31
<i>Приложение 3.</i> Сравнительная характеристика фауны беспозвоночных класса Насекомые (<i>Insecta</i>) по числу семейств	36
<i>Приложение 4.</i> Показатели качества речных вод бассейна среднего течения р. Соловы, установленного по индексу сапробности по макрозообентосу	37
<i>Приложение 5.</i> Характеристика самоочищающей способности донных отложений водотоков бассейна среднего течения р. Соловы	38
<i>Приложение 67.</i> Обобщенная биоценотическая характеристика экосистем малых рек бассейна среднего течения р. Соловы	39
Фотоприложение	40

ВВЕДЕНИЕ

Проблема создания эффективных методов слежения за состоянием окружающей природной среды в настоящее время очень актуальная в связи с нарастающим экологическим кризисом. В ряду насущных экологических проблем особо выделяются проблемы мониторинга водных экосистем, состояние которых является «зеркалом» экологического состояния бассейнов больших и малых рек [4, 24]. Для проведения регулярных наблюдений за экологическим состоянием многочисленных водных объектов: рек, ручьев, озер и прудов – необходимо большое количество профессиональных экологов, что не могут позволить себе даже высокоразвитые страны Запада. Однако, такая информация о реальном состоянии водотоков и водоемов необходима органам местного самоуправления и природоохранным структурам. Выход из сложившейся ситуации возможен [2, 4, 6, 11].

В Тульской области имеется опыт создания эффективного направления экологического образования с помощью привлечения подрастающего поколения к серьезным научным исследованиям поверхностных вод. Начиная с 1993 года, в рамках реализации эколого-образовательного проекта «Малым рекам – чистую воду» силами школьной сети в регионе проводились биомониторинговые наблюдения за водотоками по основным бассейнам крупных рек, протекающих вблизи мест проживания и ближайшего окружения начинающих экологов под руководством из педагогов и методистов ГОУ ДО ТО «Областной эколого-биологический центр учащихся». В результате 10-летней мониторинговой деятельности многочисленных отрядов детей, подростков, студенческой молодежи была создана региональная школьная сеть мониторинга малых рек, практически все малые реки региона были обследованы по 3 – 4 раза, собрана уникальная база данных о реальном текущем состоянии водотоков по бассейнам крупных и средних рек [11.13. 27]. Реализация данного проекта оперативного биомониторингового слежения за довольно густой сетью малых рек региона финансировалась областным экологическим фондом.

Важной особенностью проекта «Малым рекам – чистую воду» стало применение школьниками различных методик оценки состояния речных экосистем, что максимально приблизило их учебно-исследовательскую деятельность к научным исследованиям, выполняемым специалистами-

профессионалами [11, 13, 27]. Весьма примечательно, что большую помощь школьной сети биомониторинга малых рек оказывали специалисты Тульского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, которые проводили гидрологические и гидрохимические исследования уровней загрязнения водотоков на тех же участках, что и школьники. При этом оказалось, что результаты изучения качества речных вод по гидробиологическим показателям, полученные в ходе школьного мониторинга, хорошо коррелировали с результатами количественного химического анализа вод, выполненного региональной службой Росгидромета [3, 18, 20, 30].

В течение 1994 – 2004 гг. в соответствии с реализацией образовательного проекта «Малым рекам – чистую воду» отрядами учащихся ряда школ Щекинского района под руководством учителей-энтузиастов было проведено детальное обследование водотоков бассейнов р. Соловы, р. Воронки, р. Плавы, а также участки среднего течения р. Упы в пределах Щекинского района [5, 8, 31]. Однако, к большому сожалению, после 2004 года финансирование указанного проекта прекратилось, и мониторинговыми наблюдениями за малыми реками вблизи мест своего проживания продолжили заниматься лишь отдельные отряды энтузиастов.

Актуальность исследования заключается в необходимости получения текущей информации о реальном экологическом состоянии речек и ручьёв в бассейне р. Соловы, которые широко используются местным населением в целях любительского рыболовства, купания, орошения садовых огородов, а также туристами для путешествий на байдаках и пр. Поэтому летом 2012 г. в рамках пришкольного оздоровительного лагеря «Радуга» отрядом пришненских школьников впервые прошла апробация методов биоиндикации отдельных участков р. Соловы и её притоков Браженки, Сукроменки и Тросны. В последующие 2013 – 2020 гг. мониторинговые исследования были продолжены, в оперативный экологический контроль членов НОУ «Поиск» был включен довольно протяженный 29-километровый участок среднего течения р. Соловы, а также шесть притоков, протекающих в окрестностях с. Пришня (удаленных от села на 10 – 15 км). В 2020 г. в силу особенностей, связанных с ограничениями по заболеваемости КОВИД-19, мониторинговые наблюдения проведены на всём 29-километровом участке р. Соловы, а притоки обследованы только в нижнем течении, то есть в устьях.

Новизна работы состояла в возрождении биомониторинговых наблюдений за бассейном среднего течения р. Соловы в окрестностях с. Пришня, что с практической точки зрения весьма удобно для освоения школьниками методов экологического мониторинга малых рек Тульской области и включения их в социально значимую природоохранную деятельность.

Объектом исследования являлся бассейн среднего течения р. Соловы, включающий основной водоток протяженностью около 29,0 км и устьевые участки шести притоков: рр. Сукроменки, Тросны, Возремка, Браженки, Хатунки, Свеженки.

Предмет исследования – качество компонентов экосистем р. Соловы и её шести притоков, устанавливаемое методами биоиндикации по макрозообентосу и микробиологической активности донных отложений.

Цель исследования – комплексное изучение малых водотоков бассейна среднего течения реки Соловы, расположенного в окрестностях с. Пришня, с анализом качества компонентов речных экосистем в динамике 2012 – 2020 гг.

В ходе исследования решались следующие **задачи**:

- провести рекогносцировочное обследование малых водотоков бассейна среднего течения р. Соловы и установить источники загрязнения компонентов речных экосистем;
- выполнить геоботаническое описание фитоценозов изучаемых участков водотоков;
- провести биоценотическое изучение водотоков с определением видового разнообразия бентофауны водотоков;
- дать характеристику и проанализировать биоценотические группы зообентоса в малых реках бассейна среднего течения р. Соловы;
- установить качество речных вод с использованием гидробиологических методов по макрозообентосу;
- провести экологическую диагностику самоочищающей способности микробиоты донных отложений к естественному самоочищению от загрязнения с использованием аппликационных биоиндикационных методов;
- выполнить гидрохимический анализ речных вод;
- проанализировать качество компонентов речных экосистем изучаемого бассейна в динамике за 2012 – 2020 гг.

– дать оценку экологического состояния бассейна среднего течения р. Соловы по результатам проведенного комплексного исследования.

Сроки проведения исследования. Я принимал участие в экологическом мониторинге бассейна р. Соловы, начиная с лета 2016 года. В августе 2020 года вместе с членами НОУ «Поиск» проведены текущие биомониторинговые исследования бассейна р. Соловы. В течение осени 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 – 2018 гг., что послужило основой для оформления в январе 2021 г. настоящей учебно-исследовательской работы.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Река Солова – один из крупных левобережных притоков р. Упы длиной около 52 км. Бассейн р. Соловы (площадь бассейна – 634 км²) занимает примерно половину территории Щекинского района (площадь района – 1393 км²), расположенного в центральной природно-экономической зоне Тульского региона. Водосбор среднехолмистый; его почвенный покров на юге и в центральной части образован преимущественно выщелоченными и оподзоленными черноземами, на севере – серыми лесными почвами. Леса, относящиеся к Тульским засекам, занимают незначительные площади и расположены в основном в северной части бассейна [18, 27, 31].

Селитебные зоны сосредоточены в основном на северо-востоке территории Щекинского района. По берегам р. Соловы и ее притоков расположено большое количество городских и сельских поселений, имеются крупные промышленные и агропромышленные предприятия, среди которых выделяются АО «Щекиноазот», завод «Кислотоупор», Щекинская ГРЭС, Первомайская ТЭЦ, АО «Лазаревское», сельскохозяйственные угодья агрохолдинга «Мираторг» и др. В пределах изучаемого бассейна находится множество бывших шахт по добыче бурого угля, отвалов и терриконов, сеть подъездных дорог, карьеры по добыче строительных материалов [3,18, 20].

Объектом нашего исследования являлся участок среднего течения р. Соловы протяженностью около 29,0 км с рядом притоков, протекающих в окрестностях с. Пришня, в пределах Щекинского района: р. Сукроменка

(Каменка), р. Тросна (Тростянка), руч. Воздремок, р. Браженка (Брагин верх), руч. Хатунка (Хатуночек), р. Свеженка (Свежинка) [31].

Река Солова, левобережный приток р. Упы, главной водной артерии Тульского региона, берёт свое начало у д. Сорочинка в юго-восточной части территории Щёкинского района, всего в 6 км к западу от места впадения в Упу её другого левобережного притока – р. Упёрты. Далее р. Солова течёт на северо-запад до устья вблизи с. Селиваново. Устье реки находится в 98 км по левому берегу р. Упы. Длина реки – 52,0 км; ширина русла на разных участках течения варьирует от 3,0 – 5,0 м до 15,0 – 20,0 м; площадь её водосборного бассейна – 634 км². У с. Селиваново ширина реки – 9,0 м; глубина – 0,7 – 1,0 м [32].

Река Солова (вместе с рекой Плава/Плова) неоднократно упоминается в описаниях, составленных в Разрядном приказе «Книги Большому Чертежу» первой половины XVII века (протограф 1627 года). Обе реки вытекают из обширного историко-географического региона – Куликова поля, пересекаемого с севера на юг Муравским шляхом (см. фото 1) [32]:

«... А дорога Муравской шлях лежит мимо Тулы, через засеку в Щегловы ворота. И лязят татаровя выше Тулы верст с 8 реку Шат, а перелезши Шат и речку Шиворонь, лязят реку Упу в Костомаров брод против Дедилова от Тулы 20 верст. А перелезши Упу от Костомарова броду ехать вверх по рекам; с левые стороны Муравские дороги река Упа, а на правую сторону река Солова; ехать по верх реки Мечию. А Меча река по леву Муравские дороги потекла и пала в Дон, ниже города Лебедяни верст с 8...

...А ниже Тулы верст с 3 и больши пала в Упу река Солова. А ниже Соловы верст с 6 и больши пала в Упу река Плова; а река Солова и река Плова вытекли с верху реки Мечи ис Куликова поля от Муравского шляху».



Фото 1. Общий вид долины р. Соловы

Первый изучаемый левобережный приток р. Соловы – **река Сукроменка** (или Каменка) – протяженностью 7,0 – 7,5 км берет начало вблизи с. Пришня. Течет по открытой местности. По правому берегу расположены три деревни - Ястребовка, Каменка и Бегичево. Вдоль левого берега располагаются сельскохозяйственные угодья. Впадает в р. Солову на окраине д. Бегчево. В пределах сельских поселений русло перегорожено земляными плотинами, сооруженными для проезда на противоположный берег.

Исток правобережного притока, **реки Тросны** (или Тростянки), расположен в засечном лесу вблизи с. Большая Тросна. В среднем течении находится действующий Западно-Щекинский карьер, где в течение 10 – 12 лет ведется добыча песка и глины. Тросна впадает в р. Солову в 1,5 км ниже д. Захаровки.

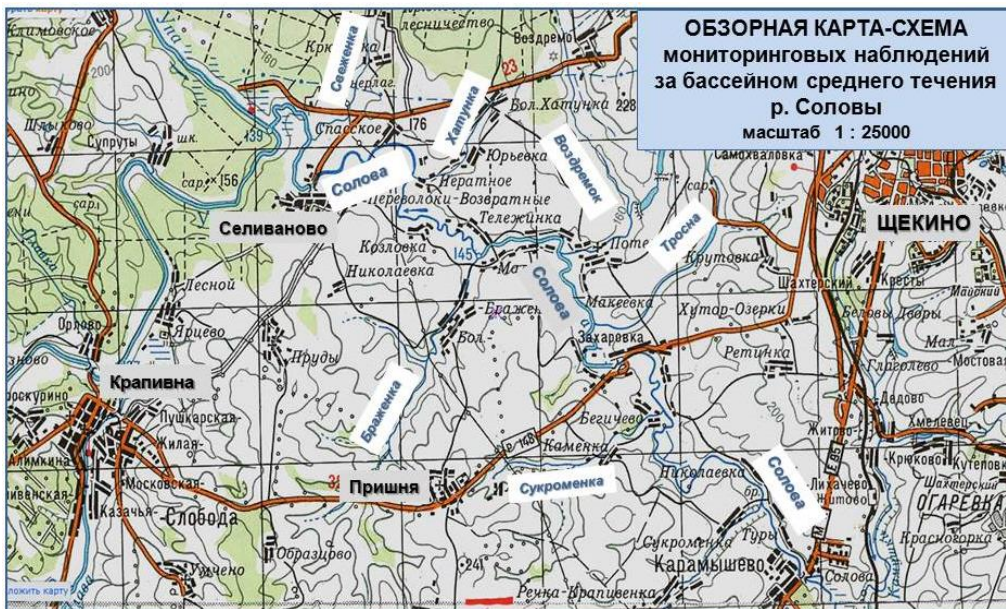


Фото 2. Карта-схема бассейна среднего течения р. Соловы

Ручей Воздремок (или Воздрёма) длиной 11,0 – 12,0 км берет начало в засечном лесу вблизи д. Воздрёма, имеет очень узкую глубокую долину с крутыми склонами. Верховье и начало среднего течения прерывистые. Большая часть течения располагается на открытой местности; на водосборе – сельские поселения, сельскохозяйственные угодья. Ручей впадает с р. Солову с её правого берега на территории с. Потёмкино.

Второй левобережный приток р. Соловы, **река Браженка** (или Брагин верх) длиной 12,0 – 12,5 км, начинается в глубоком овраге слева от автодороги Щекино – Крапивна. В верховье имеет несколько безымянных притоков, протекающих по территории с. Пришня и зарегулированных плотинами, образующими три пришненских пруда. Браженка протекает по открытой местности, в нижнем течении вдоль берегов речки расположены д. Большая Браженка (справа) и д. Переволоки (слева). Впадает в р. Солову ниже д. Малая Браженка.

Правобережный приток, **ручей Хатунка** (или Хатуночек) длиной около 5,5 км, начинается в овраге засечного леса, выше д. Большая Хатунка. Русло пролегло по открытому пространству, вдоль русла – три сельских поселения, расположенных в 1,5 – 2,0 км друг от друга, на водосборе – сельскохозяйственные угодья.

Исток и большая часть среднего течения последнего правобережного притока р. Соловы, **реки Свеженки** длиной около 6,5 км, находится среди густых лесонасаждений Крюковского лесничества. На водосборе расположены

сельскохозяйственные угодья, селитебные зоны отсутствуют. Примерно в середине речки её русло подпружено плотиной автодороги Щекино – Селиваново. Свеженка впадает в р. Солову ниже с. Селиваново.

Биомониторинговые исследования проводились на 15 участках – речных створах в соответствии с каталогом, помещенным в прил. 1: на 9 створах, расположенных на р. Солове (через 2,0 – 3,5 км) и по одному створу в низовьях каждого из шести притоков, что отражено на карте-схеме (см. фото 3).

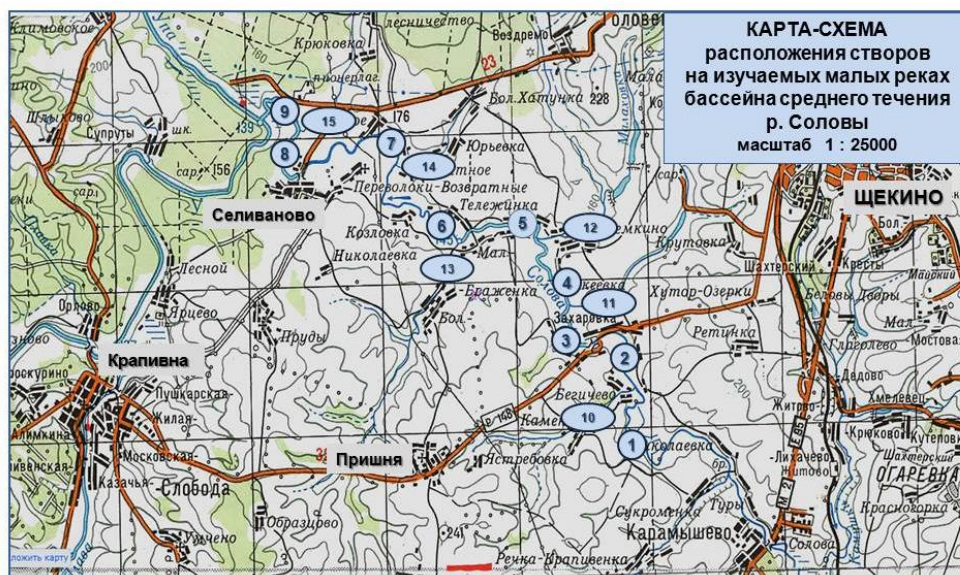


Фото 3. Карта-схема месторасположения изучаемых речных створов в бассейне среднего течения р. Соловы

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

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 с инвентаризацией источников загрязнения, степени природного и антропогенного воздействия на речные экосистемы [10, 12, 14];
- геоботаническое описание видового разнообразия водной и околоводной флоры методом закладки пробных площадей 1 x 1 м; 1 x 5 м; 1 x 10 м с последующим определением незнакомых видов по определителям [7, 12, 23];
- отбор проб макрозообентоса (относительно крупных беспозвоночных животных, обитающих на дне и в толще воды) с последующим определением

таксономического состава и установлением индикаторных таксонов по атласу-определителю [1, 12, 14, 26];

- систематический анализ проб бентофауны, собранных на изучаемых участках реки [1, 26, 28];

- обобщенный биоценотический анализ бентофауны беспозвоночных изучаемых малых рек [14, 15];

- вычисление индексов сапробности S 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, 12, 16, 19];

- установление зон сапробности на изучаемых участках водотоков, разряда и классов качества речных вод в соответствии с существующей шестиклассной шкалой [12, 19];

- анализ интенсивности окислительно-восстановительных процессов, протекающих в донных отложениях, методом автографии на фотобумаге при 72-часовом контакте с пробой донного грунта [10, 12];

- 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 [10, 12];

- комплексная оценка экологического состояния бассейна среднего течения р. Соловы [12, 14, 16, 19, 29];

- использование различных методов визуализации результатов исследования: картографическое моделирование, составление моделей биогеоценозов, графическое моделирование с помощью гистограмм, диаграмм, фото [12, 29].

Материалы и оборудование: набор для гидробиологических исследований; гидробиологический сачок и скребок; набор сит для отбора проб гидробионтов; мерная посуда; пробирки и банки стеклянные для проб гидробионтов; лупы, пинцеты, препаровальные иглы; микроскопы (цифровые, биологические); ноутбук; фототехника: Canon EOS 5D Vark II, Nikon DX 55-200.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Рекогносцировочное обследование водотоков

Изучаемый участок среднего течения р. Соловы протяженностью около 29,0 км пересекает территорию Щекинского района с юго-востока на северо-запад. Река изучалась на 9 участках, равномерно распределенных по всему водотоку. Ширина реки колебалась от 2,0 – 3,0 м в начале среднего течения до 10,0 – 15,0 м ближе к низовью. Глубина составляла 0,5 – 1,5 м и более. Русло почти на всем протяжении закоряжено. Русловые берега пологие, на отдельных участках высокие крутые, иногда обрывистые; по берегам редкие деревья и кустарники. На большей части обследованных створов река протекает по открытой местности, по берегам – селитебные зоны, сельскохозяйственные угодья.

Дно реки преимущественно глинисто-каменистое либо глинистое, на отдельных участках каменисто-песчаное, иногда заиленное; ил чёрного цвета, без запаха. Вода иногда бесцветная, прозрачная, на большинстве створов – 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 – зелёные водоросли, вода со слабым гнилостным запахом. Вдоль русла на всем протяжении изучаемого участка – множество донных и береговых родников и родниковых ручьёв. На водной поверхности и вдоль русловых берегов – большое разнообразие водных макрофитов: водокрас лягушачий, кубышка жёлтая, рдесты и пр.

Пойма преимущественно залуженная, на заболоченных участках реки сплошь заросшая растениями-гелофитами. Проявление береговой эрозии отмечено практически по всему среднему течению реки.

На отдельных участках речное русло закоряжено, по берегам сильно заросло водно-болотной флорой. Русловые берега преимущественно низкие, 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, берёзой повислой и др. В широкой долине реки двухсторонняя пойма покрыта

луговыми растениями. Невысокие склоны речной долины полого поднимаются к плакорам водосборной площади.



Фото 5. Река Солова в окрестностях д. Захаровка

В ходе рекогносцировочного обследования участков среднего течения р. Соловы 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.

Левобережные притоки р. Соловы – р. Сукроменка и р. Браженка – протекают по открытой местности, на водосборах расположены сельскохозяйственные угодья и селитебные зоны. Вблизи сельских поселений русла запружены, русловые берега, как правило, с редкой древесно-кустарниковой растительностью и высокими травами. Дно обоих притоков глинисто-каменистое, местами заиленное, ил светло-серый со слабым травянистым запахом. Вода преимущественно прозрачная, изредка – мутная. Долины малых притоков узкие, с пологими склонами, иногда эродированными.

Правобережные притоки, берущие начало в засечных лесах, характеризуются довольно широкими долинами с глубоко врезанными руслами, берега сравнительно высокие, местами крутые, густо покрытые высокими деревьями и кустарниками. Поймы, как правило, симметричные, покрытые луговым разнотравьем. Дно плотное глинистое, глинисто-каменистое, иногда заиленное; на бродах и перекатах – каменистое либо песчано-каменистое. Вода преимущественно слегка мутная, со слабым травянистым запахом.

В селитебных зонах отмечена тропиночная сеть, нарушенный травяной покров в местах выпаса скота и выгула домашней водоплавающей птицы.

2. Инвентаризация источников загрязнения речных экосистем

Детальное обследование изучаемых водотоков и прилегающих к ним территорий позволило установить, что загрязнение компонентов водных экосистем обусловлено природными и антропогенными факторами:

- неблагоприятным гидрологическим режимом (слабый водоток, зарегулирование стока автодорожными и пешеходными мостами и плотинами прудов, испарение воды с поверхности прудов и др.);
- в период летней межени массовым развитием одноклеточных водорослей, резко снижающих световой и газовый режим;
- эрозионными процессами в долинах водотоков (смыв эрозионного материала в русла на участках течения с нарушенным травяным покровом на русловых и коренных берегах);
- площадной смыв почвы со средствами химической защиты растений на водосборах, занятых сельскохозяйственными угодьями, где нарушена барьерная функция травяного покрова;
- нарушением режима стока реки и её притоков вследствие сильной закоряженности русел, завалов крупными сучьями деревьев, упавшим древостоем, а также выноса паводковыми и дождевыми водами эрозионных масс по днищам оврагов и руслам временных ручьёв, врезающимся в речные русла;
- обильными отложениями ила, препятствующими выходу грунтовых вод и улучшению гидрологического режима;
- замусориванием русла, берегов, поймы, нарушением травяного покрова в селитебных и рекреационных зонах;
- неочищенными хозяйственно-бытовыми и канализационными стоками сельских поселений.

3. Геоботаническое изучение фитоценозов малых рек

В ходе геоботанического изучения бассейна среднего течения р. Соловы определено 89 видов прибрежно-водных и водных растений, относящихся к 57 семействам и 69 родам [7, 12, 18]. При этом наибольшим видовым разнообразием растений отличались р. Солова и её левобережные притоки – р. Сукроменка и р. Браженка.

На изученных участках малых рек отмечена обильная прибрежно-водная флора преимущественно в виде сплошных полос либо куртин. Как известно, обилие водных растений зависит от освещения русла водотока: если на открытых пространствах водотоков отмечено пышное развитие растений-макрофитов, то в лесных зонах в условиях сильного затенения русел кронами высоких деревьев водные растения встречаются довольно редко.

При геоботаническом описании растительности определены следующие виды, распределенные по экологическим группам в зависимости от отношения растений к водному режиму (см. фотоприложение):

– *целиком погруженные в воду (гидатофиты)* – рдесты гребенчатый, пронзеннолистный и курчавый, роголистник погруженный, элодея канадская;

– *свободно плавающие (гидатофиты)* – ряски трехдольная и маленькая, многокоренник, водокрас обыкновенный (лягушачий), кубышка жёлтая;

– *прикрепленные к дну (гидрофиты)* – ежеголовник всплывающий, болотник обыкновенный (водяная звездочка), горец земноводный, сердечник горький, вероника ключевая;

– *погруженные в воду частично (гигрофиты)* – хвощ болотный, осоки пузырчатая, вздутая, черная и береговая, манник водный, рогоз широколистный, камыш лесной, калужница болотная, незабудка болотная, стрелолист обыкновенный, частуха подорожниковая, сусак зонтичный, омежник водяной, горец перечный, белокрыльник болотный, ирис водный и др.

Следует отметить, что жизненность всех видов растений на изученных участках водотоков оценена как нормальная (1 балл по пятибалльной шкале): растения, как правило, нормально вегетируют, цветут и плодоносят [12, 15]. Проективное покрытие растений-макрофитов отличается ажурностью; площади, занятые проекциями надземных органов растений, не превышают 25 – 30%.

На участках малых водотоков с каменистым дном и быстрым течением на подводных объектах можно встретить водяной мох фонтиналис, а на подмытых русловых берегах – печеночник маршанцию многообразную. Местами вдоль берегов малых рек, протекающих в лесной зоне, наблюдаются сплошные полосы из сныти обыкновенной, папоротников, дягиля лесного, осок, бальзамина обыкновенного, герани болотной, незабудки болотной и других теневыносливых растений влажных местообитаний.

В зонах выраженного антропогенного воздействия по берегам и в поймах малых рек распространены такие виды сорно-рудеральной флоры, как крапива двудомная, лопухи паутинистый и большой, кипрей узколистный, донники белый и лекарственный, цикорий обыкновенный, бодяк полевой, мать-и-мачеха, щавель скученный, пустырник лекарственный, борщевик сибирский и др.

4. Систематический анализ фауны беспозвоночных обследованных участков бассейна среднего течения р. Соловы

В ходе рекогносцировочного обследования изучаемого участка р. Соловы на каждом створе была собрана достаточно представительная бентосная фауна беспозвоночных, насчитывающая представителей 4 типов, 6 классов, 17 отрядов, 63 семейства, 89 родов и 113 видов животных, что позволило далее провести анализ её таксономического разнообразия, результаты которого представлены в таблице 1. Общий список таксонов водной фауны беспозвоночных р. Соловы, установленных в результате экспедиционно-полевых работ и камеральных исследований [1, 26, 28], представлен в прил. 2.

Таблица 1

Результаты систематического анализа бентофауны обследованных участков бассейна р. Соловы

Таксоны разной систематической принадлежности	Таксономическое разнообразие типов беспозвоночной бентофауны				
	Плоские черви	Кольчатые черви	Моллюски	Членистоногие	Всего
Класс	1	2	2	3	6
Отряд	1	0	2	14	17
Семейство	1	5	7	50	63
Род	1	5	11	72	89
Вид	1	5	21	86	113

Анализ данных таблицы 1 показал, что максимальным таксономическим разнообразием выделяется тип Членистоногие *Arthropoda*; в 4 – 7 раз ниже аналогичные показатели разнообразия у типа Моллюски *Mollusca* на фоне крайне бедной фауны Плоских *Plathelminthes* и Кольчатых *Annelida* червей. Как выяснилось в результате составления общего списка таксономического разнообразия бентофауны и её детального систематического анализа, самым представительным классом донных беспозвоночных оказался класс Насекомые (*Insecta*), включающий 65 родов из 46 семейств [28] (см. табл. 2 и диаграммы прил. 3).

**Сравнительная характеристика бентофауны класса Насекомые (*Insecta*)
по числу семейств и родов**

Названия отрядов	Число семейств	% от общего числа семейств	Число родов	% от общего числа родов
Отряд Стрекозы (<i>Odonata</i>)	8	17,4	16	24,6
Отряд. Подёнки (<i>Ephemeroptera</i>)	7	15,3	9	13,8
Отряд Веснянки (<i>Plecoptera</i>)	3	6,5	4	6,2
Отряд Клопы (<i>Heteroptera</i>)	5	11,9	5	7,6
Отряд Жуки (<i>Coleoptera</i>)	4	8,7	7	10,8
Отряд Большекрылые (<i>Megaloptera</i>)	1	2,2	1	1,5
Отряд Двукрылые (<i>Diptera</i>)	6	12,9	6	9,4
Отряд Бабочки (<i>Lepidoptera</i>)	1	2,2	1	1,5
Отряд Ручейники (<i>Trichoptera</i>)	11	22,9	16	24,6
Всего	46	100	65	100

При анализе данных приведенной выше таблицы обращают на себя внимание доли в общей массе бентофауны таксонов таких отрядов, как Ручейники (*Trichoptera*), Подёнки (*Ephemeroptera*) и Веснянки (*Plecoptera*) – бентосные беспозвоночные, весьма требовательные к качеству речных вод. Кроме того, в бентосных сборах присутствовали и другие таксоны, относящиеся к разным отрядам и родам, чувствительные к загрязнению воды и донного грунта: личинки разнокрылых стрекоз родов *Platycnemis* (Плосконожка) и *Calopterys* (Красотка), водяной клоп *Aphelochirus*, личинка мухи бекасницы из сем. *Leptidae*, включающего единственный род *Atherix*, личинки мошек сем. *Simuliidae* и др.

Таким образом, анализ разнообразия бентофауны класса Насекомые (*Insecta*), представленного 46 семействами и 65 родами, свидетельствует о сравнительно высоком качестве речных вод на изучаемых створах [12, 25].

5. Биоценотическое изучение малых рек бассейна р. Соловы

Детальное обследование изучаемых участков бассейна среднего течения р. Соловы 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, 12, 14, 15, 25]. При изучении особенностей донного грунта и разборе проб беспозвоночных обитателей дна и толщи речных вод, а также подводных частей растений-гидрофитов, установлено следующее. **На участках с каменистым грунтом**

обнаружены **биоценозы литореофилов**, включающие плоские личинки поденок *Heptageniidae*, веснянок *Perlodidae*, *Capniidae*, свободноживущих ручейников *Rhiacophila*, *Neureclipsis*, *Hydropsiche*. Здесь можно найти мелких двустворчатых моллюсков *Lucinidae* (шаровок и горошинок), водяного клопа *Aphelocheirus*. На отмелях на камнях, корягах, ветках деревьев встречаются личинки и куколки мошек *Simulium*, *Diamesa*, ручейники в домиках *Brachycentrus*, *Goera*, *Anabolia*, *Phriganea*, плоские и червеобразные пиявки *Piscicola*, *Glossihponia*, брюхоногие моллюски *Valvata*, *Viviparus* и др.

На участках с каменисто-песчаным дном выявлены **биоценозы литореофильных и псаммофильных форм** фауны беспозвоночных: олигохет *Tubifex*, пиявок *Glossiphonia*, *Hirudinidae*, *Erpobdellidae*, горошинок и шаровок *Pisididae*, переднежаберных моллюсков-затворок *Viviparus*, *Valvata*, ракообразных бокоплава *Gammarus sarsi*, водных клещей *Hydrachnidae*. Насекомые представлены личинками подёнок *Polycentropus*, *Baetis*, *Ephemera*, *Procladius* и др., ручейников *Polycentropus*, *Hydroptila*, *Brachycentrus*, *Leptoceris*, двукрылых *Simulium*, *Glyptotendipes*, *Diamesa*, *Orthocladinae* и др., жуками и их личинками *Limnius*, *Helmus* и др., водяным клопом *Aphelocheirus*.

Биоценозы песчаного грунта (псаммореофильные) в отношении макрофауны бедны качественно и количественно. На дне середины реки обнаружены следующие формы фауны: водяной клоп *Aphelocheirus*, ведущий придонный образ жизни; личинки ручейников *Hydropsiche*, *Molanna*, водяных осликов *Asellus*, бокоплавов *Gammarus sarsi*, брюхоногих и мелких двустворчатых моллюсков *Valvatidae*, *Sphaleriidae* и пр.

На песчаном слабо заиленном дне в мелководьях обитают ручейники в домиках *Anabolia*, *Phriganea*, *Molanna*; здесь обнаружены мелкие двустворчатые моллюски *Sphalerium*, *Pisidium*, водяной клоп *Aphelocheirus*, рачки *Gammarus sarsi*, личинки стрекозы *Gomphus*, личинки мухи бекасницы *Atherix*, личинки вислокрылки *Sialis*.

На глинистых участках изучаемой р. Соловы встречены такие **аргеллореофильные формы** фауны беспозвоночных, как личинки свободноживущего ручейника *Hydropsiche*, роющие личинки поденок *Polymitarcis*, *Ephemera*, *Potamanthus*, *Palingenia*, продельвающие в глине длинные ходы. Здесь же можно увидеть закапывающиеся в грунт личинки вислокрылки

Sialis sp., разнокрылых стрекоз *Gomphus*, *Cordulia*, *Lebellula*, *Aeschna*, трубочника *Tubifex*, червеобразных пиявок *Hirudidae*, *Erpobdellidae*, моллюсков затворок *Valvata* и шаровок *Sphalerium*. В пробе глинистого грунта, взятого со дна, обнаружены также водяной ослик *Asellus*, личинки ручейников *Brachycentrus*, *Goera*.

На участках реки с сильно заиленным дном и слабо проточными водами **биоценозов илов (пелореофильные)** включали личинок поденок, вислокрылки, стрекоз дедки, бабки и коромысла, мелкие двустворчатые моллюски - горошинки и шаровки, малощетинковые черви (трубочник). Наиболее типичными представителями бентосных организмов-пелореофилов являются личинки комаров-дергунов из рода *Tendipes*, называемые мотылём.

Компонентами **фитореофильных биоценозов** на отдельных участках р. Юган являлись такие таксоны, как личинки поденок и равнокрылых стрекоз, плоские и червеобразные пиявки, моллюски (горошинки, шаровки, затворки), На створах водотоков со сравнительно обильной прибрежно-водной растительностью на стеблях и листьях гидрофитов встречались личинки стрекоз красотки, плосконожки, лютки, стрелки, моллюсков гастропод (битинию, лужанку, затворку, живородку) – **сообщество фитореофилов**.

Таким образом, результаты достаточно детального анализа собранных проб зообентоса в бассейне р. Соловы, позволили распределить фауну на соответствующие биоценотические группы в зависимости от биотопов (см. таблицу 3 и диаграмму в прил. 3) [15].

Таблица 3

Распределение биоценологических групп зообентоса на обследованных участках водотоков бассейна р. Соловы (в %% от общего числа видов)

Наименование биоценоза	Число видов	% от общего числа видов
Литореофильный	17	15,1
Лито-псаммореофильный	21	18,6
Псаммореофильный	27	23,8
Аргеллореофильный	11	9,7
Пелореофильный	13	11,5
Фитореофильный	24	21,3

Анализ данных таблицы 3 свидетельствует о том, что наибольшее видовое разнообразие фауны беспозвоночных наблюдается на участках с

каменистым, каменисто-песчаным и песчаным дном (57,5%); фитореофильные биоценозы включают 21,3% бентосной фауны. Лишь около 20,0% проб макрозообентоса собрано на глинистых и заиленных грунтах. Учитывая полученное соотношение эколого-биоценологических групп беспозвоночных обитателей дна и толщи воды, можно сделать вывод, что изучаемые участки малых рек бассейна среднего течения р. Соловы характеризуется относительным экологическим благополучием.

6. Гидробиологическое изучение качества речных вод

Результаты установления гидробиологических показателей качества речных вод изучаемого бассейна представлены в табл. 4 [12, 14, 19].

Таблица 4

Сравнительная эколого-гидробиологическая характеристика речных вод бассейна среднего течения р. Соловы (2012 и 2020 гг.)

Шифр створа	Установленный класс кач-ва воды		Разряд качества воды		Индекс сапробности		Зона сапробности водотока	
	2012	2020	2012	2020	2012	2020	2012	2020
C1	2 – 3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,24	2,18	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
C2	4	3	умеренно загрязн.	слабо загрязн.	2,75	2,48	α-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
C3	3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,37	2,14	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
C4	3 – 4	3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,48	2,31	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
C5	3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,32	2,18	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
C6	4	3	умеренно загрязн.	слабо загрязн.	2,54	2,43	α-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
C7	3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,33	2,19	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
C8	4	4	сильно загрязн.	умеренно загрязн.	3,19	2,75	α-мезо-сапробная	α-мезо-сапробная
C9	3 – 4	3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,42	2,24	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
Ск10	4	3 – 4	сильно загрязн.	слабо загрязн.	3,12	2,54	α-мезо-сапробная	α-мезо-сапробная
Тр11	3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,31	2,17	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
Взд.12	2 – 3	2	слабо загрязн.	достаточ. чистая	2,18	1,73	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
Бр13	3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,34	2,19	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
Хт14	2 – 3	2	слабо загрязн.	достаточ. чистая	2,09	1,78	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная
Св15	3	2 – 3	слабо загрязн.	слабо загрязн.	2,38	2,11	β-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная

Для сравнения качества речных вод, установленного в 2020 году, с результатами первичного обследования бассейна р. Соловы по тем же створам в указанную таблицу помещены гидробиологические показатели, полученные в 2012 году. 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 2020 гг.). Анализ данных экологического мониторинга изучаемого бассейна среднего течения р. Соловы, установленных в 2020 году, показал:

- р. Солова на всех изученных участках, кроме одного (створ С8) 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 р. Солове на створе С8 соответствует 4 классу при $S = 2,75$ (α -мезосапробная зона), а в низовье р. Сукроменки – 3 - 4 классу при $S = 2,54$ (α -мезосапробная зона), речные воды по разрядам качества следует отнести к умеренно загрязненным, что объясняется негативным источником загрязнения, расположенных в селитебных зонах данных водотоков;

- притоки Тросна, Воздремок, Хатунка и Свеженка характеризуются как β -мезосапробные зоны ($S = 1,73 - 2,19$) с достаточно чистыми либо слабо загрязненными, экологически благополучными водами, соответствующими 2 и 2 – 3 классам качества;

- при сравнении гидробиологических показателей текущего обследования малых рек с результатами, полученными при обследовании 2012 года, выявлено улучшение качества речных вод на всех изучаемых участках водотоков в бассейне среднего течения р. Соловы (кроме участка С8).

7. Изучение самоочищающей способности донных отложений

Биоиндикационным аппликационным исследованием самоочищающей способности донных отложений водотоков изучаемого бассейна р. Соловы установлено следующее (см. табл. 5 и таблицу аппликаций образцов донного грунта в прил. 5) [10, 12, 13]. Автографии на фотобумаге после 72-часовой экспозиции с пробами донного грунта малых рек бассейна среднего течения р. Соловы имели в основном темное окрашивание, что позволило характеризовать донные отложения на большинстве створов как восстановленный субстрат,

характеризующийся анаэробнозом. На створах С1 и С4 выявлено наличие зон окисления – белых точек и пятен, что свидетельствует о сохранении потенциала к самоочищению от загрязнений.

Таблица 5

Характеристика самоочищающей способности микробиоты донных отложений в водотоках бассейна среднего течения р. Соловы

Шифр створа	Интенсивность о/в процессов в донном грунте		Протеазная активность микробиоты донных отложений	
	2012	2020	2012	2020
С1	Преобладание восстановления среды	Окисл./восст. процессы сбалансированы	Средняя	Средняя
С3	Высокая степень восстановленности среды	Высокая степень восстановленности среды	Очень низкая	Низкая
С4	Преобладание восстановления среды	Окисл./восст. процессы сбалансированы	Средняя	Средняя
С6	Высокая степень восстановленности среды	Преобладание восстановления среды	Средняя	Средняя
С8	Преобладание восстановления среды	Окисл./восст. процессы сбалансированы	Средняя	Средняя
С9	Высокая степень восстановленности среды	Преобладание восстановления среды	Очень низкая	Низкая
Ск10	Преобладание восстановления среды	Окисл./восст. процессы сбалансированы	Низкая	Средняя
Тр11	Оч. высок. степень восстановленности среды	Оч. высок. степень восстановленности среды	Очень низкая	Низкая
Взд12	Оч. высок. степень восстановленности среды	Высокая степень восстановленности среды	Низкая	Низкая
Бр13	Преобладание окисленности среды	Преобладание окисленности среды	Средняя	Высокая
Св15	Преобладание восстановления среды	Окисл./восст. процессы сбалансированы	Средняя	Средняя

Донный грунт на створе р. Тросны представляет собой анаэробную среду, токсичную для микробиоты, что доказывается сплошным черно-бурым окрашиванием автографий на фотобумаге. На автографиях донных отложений остальных притоков р. Соловы выявлены зоны окисления и восстановления.

Таким образом, экологическая диагностика свидетельствовала 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. 5). На четырех створах р. Соловы (С1, С4, С6, С8) зафиксирована средняя активность протеаз в виде множества точек и пятен на рентгеновской пленке. На двух створах р. Соловы (С3 и С9) установлены низкие уровни протеолитической активности донных отложений. На устьевых участках р. Тросны (Тр11) и руч. Воздремок (Взд12) донные отложения характеризовались низкой протеазной активностью микробиоты. Средняя протеолитическая активность микробиоты донных грунтов проявлена в низовьях р. Сукромки (Ск10) и р. Свеженки (Св15).

Наиболее высокая способность к микробиологическому разрушению белковых соединений выявлена в донных грунтах низовья р. Браженки (Бр13): 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 р. Соловы приведена в прил. 7.

8. Физико-химический анализ речных вод

Для определения ряда физико-химических показателей качества речных вод пробы, отобранные на изучаемых участках водотоков, проанализированы с использованием школьной экспедиционной лаборатории, выпущенной ЗАО «Крисмас+»; при этом применялись методы титрования и визуальной колориметрии [9, 16-17]. Результаты лабораторных исследований сведены в табл. 6.

Таблица 6

Гидрохимические показатели качества речных вод бассейна р. Соловы

Показатель, единица измерения	СанПиН 2.1.5.980-00	Шифр изучаемого створа на водотоке											
		С1	С3	С4	С6	С8	С9	Ск10	Тр11	Взд12	Бр13	Хт14	Св15
Температура, °С	-	12	13	11	14	12	14	8	12	14	14	12	11
Прозрачность, см	≥ 30	25	22	28	25	26	28	45	16	19	22	35	32
Цветность, град.	20	26	28	18	22	22	25	10	25	22	18	15	18
Запах, баллы	≤ 2	3	3	2	2-3	2	2-3	0	3	2-3	3	1-2	2
рН*	6,5 - 8,5	7,6	7,4	7,6	7,4	7,4	7,2	7,4	7,4	7,5	7,2	7,5	7,5
Щелочность общая, мМ	0,5 - 6,5	4,2	3,5	3,8	4,2	3,5	3,5	3,5	4,1	3,8	3,2	3,5	3,5
Жесткость общая, мМ**	≤ 3,5	1,5	1,6	1,3	1,1	1,3	1,5	1,8	1,1	1,5	1,2	1,0	1,0
Хлорид-ионы, мМ**	≤ 10	1,1	2,5	1,2	1,3	1,3	1,1	1,4	1,3	2,5	2,1	1,2	1,3

Примечание

* Определение рН проводится с использованием индикатора бромтимолового синего.

** В соответствии с рекомендациями, приведенными в руководстве пользователя школьной лаборатории, а также согласно О.А. Алекину [22], результаты анализов представлены в виде миллимолярных концентраций (ммоль/л), то есть мМ, а не в виде массовых концентрациях (г/л или мг/л).

Анализом физико-химических показателей качества речных вод выявлены некоторые превышения установленных санитарных норм и правил (СанПиН 2.1.5.980-00), предъявляемым к поверхностным водам суши, что иллюстрирует табл. 6. Как видно из таблицы, температура речных вод колеблется в интервале от 11 до 14⁰ С; исключение составляет р. Сукроменка, где зафиксирована температура 8⁰ С. В наших наблюдениях установленные значения свидетельствуют о преимущественно оптимальном температурном режиме изучаемых водных объектов [6, 21, 22].

Наибольшей прозрачностью характеризуются воды р. Сукроменки и руч. Воздремок; прозрачность вод р. Соловы и ряда её притоков в низовьях примерно одинакова и обусловлена наличием взвесей частиц почвы и микроскопических водорослей. Низкие показатели прозрачности (мутности) отрицательно сказываются на процессе фотосинтеза растений-макрофитов, а, следовательно, на кислородном режиме водной среды [12, 22]. Более высокие показатели цветности воды, установленные на ряде створов водотоков, обусловлены поступлением в их русла неочищенных хозяйственно-бытовых стоков в селитебных и рекреационных зонах.

Интенсивность запаха воды, как правило, характеризует восстановительную способность водоема [21, 29]. В наших наблюдениях запах выше санитарно-гигиенической нормы обнаружен почти во ряде проб из р. Соловы, р. Тросны, руч. Воздремок и р. Браженка, где водотоки характеризуются неблагоприятным гидрологическим режимом, а также наличием загрязнения водосборов.

Показатели рН (концентрации свободных ионов водорода), общей щелочности (концентрации всех растворенных оснований), общей жесткости (сумма концентраций катионов кальция и магния) и содержания хлорид-ионов во всех изученных пробах речных вод практически не превышают нормы. Необходимо отметить более высокие содержания хлорид-ионов в трех пробах, отобранных на створах С3, Взд12 и Бр13, что, вероятнее всего, обусловлено загрязнением речных вод стоками с селитебных и рекреационных зон [6, 9, 21].

Если учесть, что грунтовые воды, растворяя известняки и доломиты осадочного чехла, поставляют в речные русла гидрокарбонаты, то именно таким фактом можно объяснить небольшие скачки концентраций растворенных в воде оснований – общей щелочности. Согласно О.А. Алекину [22], по установленным показателям общей жесткости речные воды изучаемого бассейна среднего течения р. Соловы следует оценить как очень мягкие (с суммарным содержанием катионов кальция и магния < 1,5) либо мягкие (при сумме катионов кальция и магния 1,5 – 3,0).

9. Анализ динамики качества компонентов речных экосистем бассейна среднего течения р. Соловы (2012 – 2020 гг.)

Результаты текущего биомониторингового изучения малых водотоков бассейна р. Соловы целесообразно сравнить с результатами наблюдений, выполненных в предыдущие годы, что отражено в табл. 7.

Таблица 7

Изменение качества компонентов речных экосистем бассейна среднего течения р. Соловы в динамике за 2012 – 2020 гг.

Характеристика качества компонентов речных экосистем	Кол-во створов пруда по годам обследования, % от общего числа створов			
	2012	2015	2018	2020
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
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 среды в донном грунте	18,2	18,2	9,1	9,1
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. 7, 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. Соловы 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. 8 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. б).

Таблица 8

**Экологическое состояние речных вод бассейна р. Соловы
в динамике за 2012 – 2020 гг.**

Кол-во створов с разным качеством речных вод по годам обследования, %%	2012	2015	2018	2020
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 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 – 2020 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 (аэробизм) в донном грунте в той или иной степени отмечена на 30–40% изученных участков. Преобладание восстановительных процессов (анаэробизма) над окислительными процессами (аэробизма) в 2018 году зафиксировано на половине контрольных створов, а к 2020 году число таких участков сократилось вдвое. Аналогичная тенденция

установлена и по числу крайне неблагоприятных створов с очень высокой восстановленностью среды в донных отложениях. 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 и появление участков с высокими уровнями протеазной активности.

ВЫВОДЫ

Результаты комплексного изучения бассейна среднего течения р. Соловы, позволили сделать следующие выводы.

1. В ходе экспедиционно-полевых исследований бассейна среднего течения р. Соловы по 15 речным створам (9 створов на основном водотоке и по одному створу в низовьях притоков: рр. Сукроменки, Тросны, Воздремка, Браженки, Хатунки, Свеженки) 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. Фитоценозы долин и водосборных площадей изученных малых рек бассейна р. Соловы характеризовались сравнительно большим разнообразием флоры высших сосудистых растений, состоящих из трёх эколого-биологических групп, 89 видов прибрежно-водных и водных растений, относящихся к 57 семействам и 69 родам.

3. В ходе рекогносцировочного обследования изучаемого участка р. Юган собрана достаточно представительная коллекция бентосной фауны беспозвоночных, насчитывающая представителей 4 типов, 6 классов, 17 отрядов, 63 семейства, 89 родов и 113 видов животных.

4. На основании анализа разнообразия бентофауны класса Насекомые (*Insecta*), представленного 46 семействами и 65 родами, установлено высокое качество речных вод на изучаемых створах.

5. Биоценотическим анализом бентофауны установлено, что наибольшим видовым разнообразием отличаются литореофилы и псаммореофилы, в сумме составляющие 57,5% от общего числа учтенных видов; на долю фитореофилов приходится 21,3%, на долю пелореофилов и аргеллореофилов – около 20,0%.

6. Полученное соотношение эколого-биоценотических групп беспозвоночных обитателей дна и толщи воды свидетельствует об относительном экологическом благополучии большинства изученных участков малых рек бассейна среднего течения р. Соловы.

7. Гидробиологические показатели свидетельствуют о том, что наиболее высоким качеством речных вод обладают большая часть изученных участков р. Соловы, а также притоков – рр. Сукроменка, Браженка, Свеженка, где воды соответствуют 2, 2–3 и 3 классам, а сами водотоки относятся к β -мезосапробным зонам.

8. Микробиологической диагностикой микробиоты донных отложений выявлено, что выраженной способностью к естественному самоочищению от загрязнений отличается ряд участков основного водотока (р. Соловы) и устьевые участки рр. Сукроменка, Браженка, Свеженка.

9. По ряду физических (органолептических) и гидрохимических показателей речные воды на большинстве изученных створов малых рек бассейна среднего течения р. Соловы не превышают соответствующих нормативов, регламентированных СанПиН 2.1.5.980-00.

10. Суммируя результаты текущего комплексного исследования в совокупности с результатами биомониторинга в течение предыдущих 2012 – 2018 гг. можно сделать общий вывод об улучшении экологической ситуации в бассейне среднего течения р. Соловы по изученным гидробиологическим и микробиологическим показателям.

Список использованных литературных источников

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, ГОУ ДО ТО «ОЭБЦу», 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. Биомониторинг малых рек Тульской области. Отчет о научно-исследовательской работе по договору № 5-38-97 от 17.03.97. – Тула, ТОЭБЦу, 1997. – 178 с.
4. Вода России. Малые реки. / Под научной ред. А.М. Черняева. – Екатеринбург: Изд-во «АКВА-ПРЕСС», 2001. – 804 с.
5. Голик В., Анисочкина О., Перфилов Д. и др. Изучение уровней загрязнения малых рек Щекинского района методом биоиндикации. / В сб. исслед. работ школьников по изучению экол. сост. рек Тул. обл. «Малым рекам – чистую воду». – Тула, ТОЭБЦу, 1998. – С. 5ю – 58.
6. 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.
7. 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.
8. Гулидова Т.А., Никитин Н.С. Комплексное исследование реки Соловы и ее притоков. Влияние загрязнения водотоков на здоровье людей. / В сб. исслед. работ школьников по изучению экол. сост. рек Тул. обл. «Малым рекам – чистую воду». – Тула, ТОЭБЦу, 1998. – С. 58 – 65.
9. Жилин Д.М. Школьная экспедиционная лаборатория для анализа природных вод: Руководство пользователя. – М., 2015. – 25 с.
10. Ихер Т. П. Изучаем малые реки: Методическое пособие для педагогов и школьников. – М., ООО НП «Содействие химическому и экологическому образованию, 2012. – 36 с.
11. 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.
12. 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.
13. 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», 2014. – С. 102 – 105.
14. 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.
15. Липин А.Н. Пресные воды и их жизнь. – М.: Учпедгиз, 1950. – 347 с.
16. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. – Изд. 3-е. – СПб.: «Крисмас+», 2014. – 248 с.

17. 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.
18. 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 20.05.2002. – Тула, ГОУ ДОД ТО «ОЭБЦУ», 2002. – С. 134-139.
19. 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.
20. Распространение среди образовательных учреждений области и других регионов России опыта организации и проведения школьного экологического мониторинга малых рек с изучением разнообразия растительного и животного мира. Отчет о работе по договору № 8/10-01 от 04.07.2001. – Тула, ТОЭБЦУ, 2001. – 353 с.
21. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Контроль качества. – М., Минздрав России, 2000. – 48 с.
22. Семенов В.А. Гидрология в решении экологических проблем // Соросовский Образовательный Журнал. – 1997. - № 8. – С. 66-71.
23. 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.
24. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (с изменениями на 29 декабря 2014 года). – М., 2014. – 36 с.
25. Чертопруд М.В. Мониторинг загрязнения водоемов по составу макрозообентоса: Методическое пособие. - М.: Ассоциация по химическому образованию, 2016. – 16 с
26. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод Центра европейской части России. – М., 2015. – 212 с.
27. 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.
28. 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.
29. Шуйский В.Ф., Максимова Т.В., Петров Д.С. Изобилический метод оценки и нормирования многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы по состоянию макрозообентоса. - СПб., 2004. - 304 с.
30. Экологическое образование школьников Тульской области на примере исследования химико-биологического состояния малых рек. Отчет Тульского ОЭБЦу о НИР по договору № 3/16-1999 от 20.03.1999. – Тула, ТОЭБЦУ, 2002. – С. 165 – 170.
31. Экология Щекинского района Тульской области, Атлас эколого-медико-демографических материалов / Сост. Мазур В.С., Ихер Т.П., Веселов А.В., Куренко Е.Я. и др. – Тула, 1997. – 199 с.
32. https://ru.wikipedia.org/wiki/Солова_приток_Упы

**КАТАЛОГ
створов на водотоках бассейна среднего течения р. Соловы**

№ пп	Шифр створа	Местоположение створа
1	С1	р. Солова в 2,0 км выше д. Бегичево
2	С2	р. Солова в 2,5 км ниже устья р. Сукроменки
3	С3	р. Солова в 0,5 км ниже автодорожного моста в д. Захаровка
4	С4	р. Солова в 2,5 км ниже устья р. Тросна
5	С5	р. Солова в 3,0 км ниже устья руч. Воздремок
6	С6	р. Солова в 2,0 км ниже устья р. Браженка
7	С7	р. Солова в 2,5 км ниже устья р. Хатунка
8	С8	р. Солова в 3,0 км ниже с. Селиваново
9	С9	р. Солова в 2,5 км ниже устья р. Свеженка
10	Св10	р. Сукроменка, устье
11	Тр11	р. Тросна, устье
12	Взд12	руч. Воздремок, устье
13	Бр13	р. Браженка, устье
14	Хт14	р. Хатунка, устье
15	Св15	р. Свеженка, устье



**Медленно разрушающийся деревянный чудо-мост
через р. Солову в д. Захаровке**

СПИСОК
таксонов водной бентофауны беспозвоночных бассейна
среднего течения р. Соловы

Тип Плоские черви – *Plathelminthes*

Класс Ресничные черви (Турбиллярии) *Turbellaria*

Отряд Планарии - *Tricladida*

Сем. *Dudesiidae*

- **Планария бурая** - *Dendrocoelum torva*

Тип Кольчатые черви – *Annelida*

Класс Малощетинковые черви - *Oligocheta*

Сем. *Naididae*

- ***Nais pseudobtusa***

Сем. Трубочники - *Tubificidae*

- **Трубочник** - *Oligochaeta sp.*

Класс Пиявки - *Hirudinea*

Сем. Улитковые пиявки – *Glossiphoniidae*

- **Шестиглазая пиявка** - *Glossiphonia complanata*

Сем. Глоточные пиявки - *Erpobdellidae*

- **Малая ложноконская пиявка** - *Erdobdella octoculata*

Сем. Челюстные (Настоящие) пиявки – *Hirudinidae*

- **Большая ложноконская пиявка** - *Haemopsis sanguisiga*

Тип Моллюски – *Mollusca*

Класс Двустворчатые моллюски – *Bivalva*

Отряд Шаровки и Горошинки - *Lucinida*

Сем. Шаровки - *Sphaeriidae*

- **Шаровка речная** - *Sphaerium rivicoia*

- ***Sphaerium solidum***

- **Горошинка речная** - *Pisidium amniocum*

- **Горошинка блестящая** - *Pisidium nitidum*

- **Горошинка болотная** - *Pisidium casertanum*

Класс Брюхоногие моллюски – *Gastropoda*

Отряд Лёгочные моллюски - *Pulmonata*

Сем. Речные чашечки – *Anculidae*

- **Чашечка речная** - *Ancylus fluviatilis*

Сем. Затворки – *Valvatidae*

- **Затворка обыкновенная** - *Valvatida piscinalis*

Сем. Физиды – *Physidae*

- **Физа пузырчатая** - *Physa fontinalis*

Сем. Прудовики – *Limnaeidae*

- **Прудовик ушковый** - *Limnaea auriculata*

- **Прудовик большой** - *Limnaea stagnalis*

- **Прудовик малый** - *Limnaea truncatula*

- **Прудовик плащеносный** - *Limnaea glatinosa*

Сем. Живородки (Лужанки) – *Viviparidae*

- **Живородка речная** - *Viviparus viviparus*

- **Живородка полосатая** - *Viviparus fasciata*

Сем. Битинии – *Bithyniidae*

- **Битиния щупальцевая** - *Bithynia tentaculata*

Сем. Катушковые – *Planorbidae*

- Катушка роговая (пурпурная) – *Planorbarius purpura*
- Катушка блестящая – *Segmentina*
- Катушка завернутая – *Anisus vortex*
- Катушка скрученная – *Anisus contortus*
- Катушка-волчок - *Anisus (Gyraulus)*
- Катушка окаймленная - *planorbis*

Тип Членистоногие – *Arthropoda*

Класс Ракообразные – *Crustacea*

Подкласс Ветвистоусые – *Cladocera*

Отряд Дафниеобразные - *Daphniiformes*

Сем. Дафнии - *Daphniidae*

- *Daphnia pulex*

Подкласс Веслоногие – *Copepoda*

Отряд Циклопы – *Cyclopoda*

Сем. Циклопы – *Cyclopidae*

- *Cyclops*
- *Macrocyclops*

Подкласс Высшие ракообразные –

Отряд Равноногие

Сем. Ослики - *Aseliidae*

- **Водяной ослик** – *Asellus aquatica*

Отряд Бокоплавы – *Amphipoda*

Сем. Бокоплаговые (Гаммарусы) - *Gammaridae*

- **Бокоплав** – *Gammarus pulex*

Класс Паукообразные – *Acachnida*

Отряд Клеици – *Acarina*

Подотряд Водяные клеици – *Hydracarina*

Сем. *Hydrachnidae*

- **Водяной клещ (гидракарина)** – *Hydracarina geographica*

Сем. *Limnocharidae*

- *Limnocharis aquatica*

Сем. *Limnesiidae*

- *Limnesia undulata*

Отряд Пауки – *Aranei*

Сем. Водные пауки – *Agelenidae*

- **Водяной паук (паук-серебрянка)** – *Argyroneta aquatica*

Класс Насекомые – *Insecta*

Отряд Стрекозы – *Odonata*

Подотряд Равнокрылые стрекозы - *Zygoptera*

Сем. Красотки – *Calopterygidae (Agrionidae)*

- род **Красотка** – *Calopterys (Agrion)*

Сем. Плосконожки – *Platycnemididae*

- **Плосконожка** – *Platycnemis pennipes*

Сем. Лютки – *Lestidae*

- род **Лютка** – *Lestes*

Сем. Стрелки – *Coenagrionidae*

- *Erythromma najas*
- род **Coenagrion**

- род *Inchnura*

Подотряд Разнокрылые стрекозы – Anisoptera

Сем. Дедки – *Gomphidae*

- *Gomphus vulgatissimus*

- *Onychogomphus forcipatus*

Сем. Коромысла – *Aeschnidae*

- *Brachytron pratense*

- *Aeschna viridis*

Сем. Бабки – *Corduliidae*

- *Epitheca bimaculata*

- *Somatochlora metallica*

- *Cordulia aenea*

Сем. Настоящие стрекозы - *Libellulidae*

- *Libellula quadrimaculata*

- *Orthetrum cancellatum*

- *Leucorrhinia rubicund*

Отряд Поденки – Ephemeroptera

Сем. *Potamanthidae*

- *Potamanthus luteus*

Сем. *Ephemeridae*

- *Ephemera vulgare*

Сем. *Heptageniidae*

- *Heptagenia sulphurea*

- *Epeorus torrentium*

Сем. *Siphonuridae*

- *Siphonurus aestivalis*

Сем. *Baetidae*

- *Baetis bioculatus*

- *Cloëon dipterum*

Сем. *Ephemerellidae*

- *Ephemerella ignita*

Сем. *Leptophlebiidae*

- *Leptophlebia vespertina*

Отряд Веснянки - Plecoptera

Сем. *Perlodidae*

- *Diura bicaudata*

- *Perla abdominalis*

Сем. *Capniidae*

- *Capnia nigra*

Сем. *Nemouridae*

- *Nemura cinerea*

Отряд Клопы (Полужёсткокрылые) – Heteroptera

Сем. Скорпионы водные – *Nepidae*

- **Водяной скорпион – *Nepa cinerea***

Сем. Гребляки – *Corixidae*

- **род Гребляк – *Corixa***

Сем. Речники – *Aphelocieiridae*

- **Речник – *Aphelocheirus aestivalis***

Сем. Гладыши – *Notonectidae*

- **Гладыш** – *Notonecta glauca*
- Сем. Настоящие водомерки - *Gerridae*
- **Водомерка большая** - *Gerris rufoscutellatus*
- Отряд Жуки (Жёсткокрылые) – *Coleoptera*
- Сем. Вертячки – *Gyrinidae*
- **род Вертячка** - *Gyrinus*
- Сем. Плавунчики – *Haliplidae*
- *Brychius elevates*
- Сем. Плавунцы - *Dytiscidae*
- **род *Hydroporus***
- *Oreodytes septentrionatis*
- *Platambus maculates*
- Сем. Водобродки - *Hydraenidae*
- **род *Ochtebius***
- **род *Hydraena***
- Отряд Большекрылые – *Megaloptera*
- Сем. Вислокрылки – *Sialididae*
- **Вислокрылка** – *Sialis lutaria*
- Отряд Двукрылые – *Diptera*
- Сем. Звонцы – *Chironomidae*
- **род *Chironomus***
- Сем. Земноводные комары – *Dixidae*
- **род Дикса** – *Dixa*
- Сем. Мошки – *Simuliidae*
- **род Мошки** – *Simulium*
- Сем. Долгоножки – *Tipulidae*
- **род Долгоножка** – *Tipula*
- Сем. *Athericidae*
- **Атерикс** – *Atherix ibis*
- Сем. Львинковые – *Stratiomyidae*
- **Муха-львинка** – *Stratiomyia chamaeleon*
- Отряд Бабочки (Чешуекрылые) – *Lepidoptera*
- Сем. Ширококрылые огнёвки – *Puraustidae*
- **Огнёвка** - *Acentria ephemerella*
- Отряд Ручейники – *Trichoptera*
- Подотряд Кольчатощупниковые – *Annulipalpia***
- Сем. *Hydropsychidae*
- **род *Hydropsiche***
- Сем. *Rhyacophilidae*
- **род *Rhyacophila***
- Сем. *Hydroptilidae*
- **род *Hydroptila***
- Сем. *Polycentropodidae*
- *Polycentropus flavomaculatus*
- *Neureclipsis bimaculata*
- Подотряд Цельнощупниковые – *Integripalpia***
- Сем. *Limnephilidae*
- *Limnephilus flavicornis*
- *Limnephilus rhombicus*

- *Anabolia nervosa*
- *Stenophylax stellatus*
- *Glyphotelius pellucidus*

Сем. *Leptoceridae*

- *Leptocerus tineiformis*

Сем. *Phryganeidae*

- *Phyganea grandis*
- *Agrypnia pagetana*

Сем. *Brachycentridae*

- *Brachycentrus subnubitis*

Сем. *Goeridae*

- *Goera pilosa*

Сем. *Glossosomatidae*

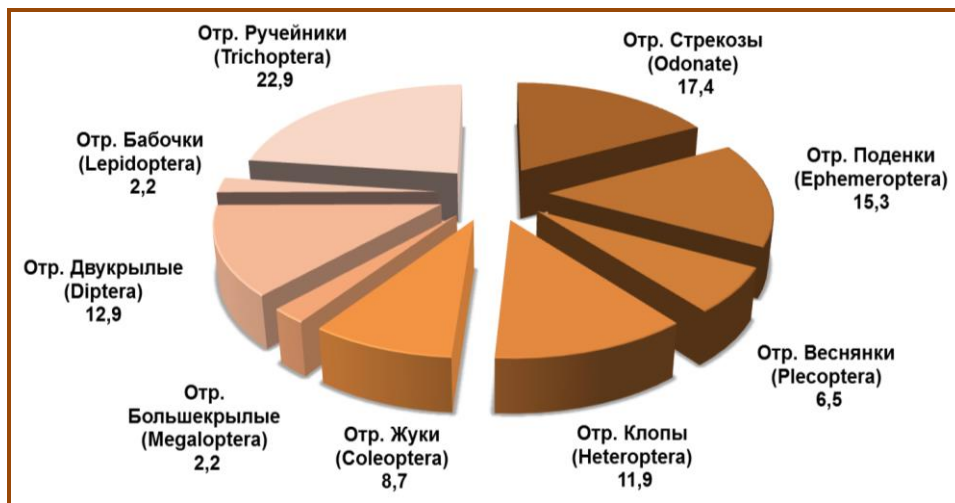
- род *Glossosoma*

Сем. *Molannidae*

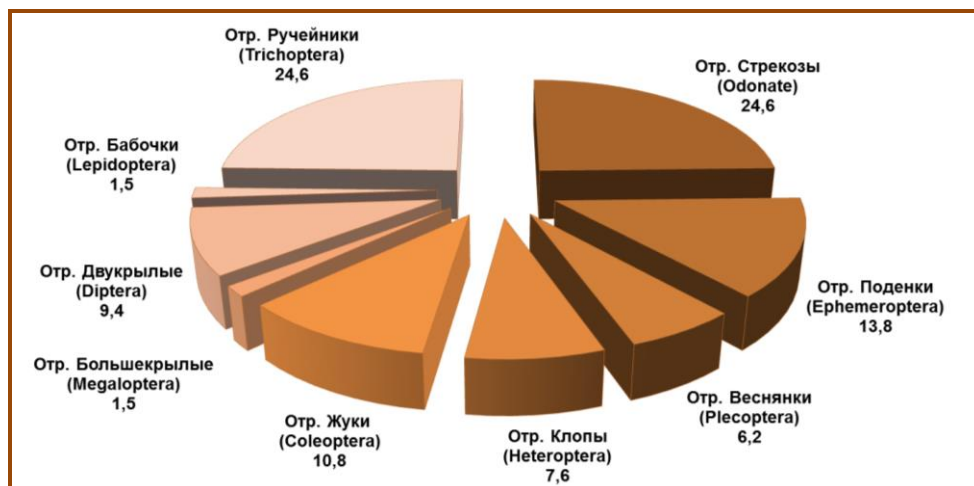
- *Mollanna angustata*

Установление таксономической принадлежности бентофауны беспозвоночных, обнаруженных в течение всего периода наблюдений за малыми реками бассейна среднего течения р. Соловы, проводилось методом микрофотографирования с использованием методического пособия Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С., учёных-гидробиологов МГУ им. М.В. Ломоносова – *Краткого определителя беспозвоночных пресных вод Центра европейской части России.*

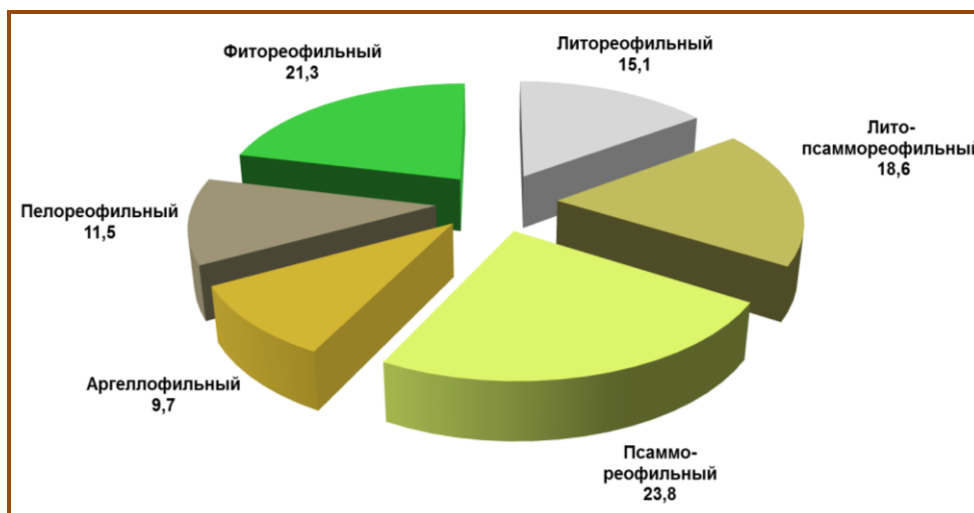
Сравнительная характеристика фауны беспозвоночных класса Насекомые (*Insecta*) по числу семейств (в %% от общего числа семейств)



Сравнительная характеристика фауны беспозвоночных класса Насекомые (*Insecta*) по числу родов (в %% от общего числа родов)



Соотношение биоценологических групп зообентоса в водотоках бассейна среднего течения р. Соловы (в %% от общего числа родов)



Показатели качества речных вод бассейна среднего течения р. Соловы, установленного по индексу сапробности по макрозообентосу (2012 год)



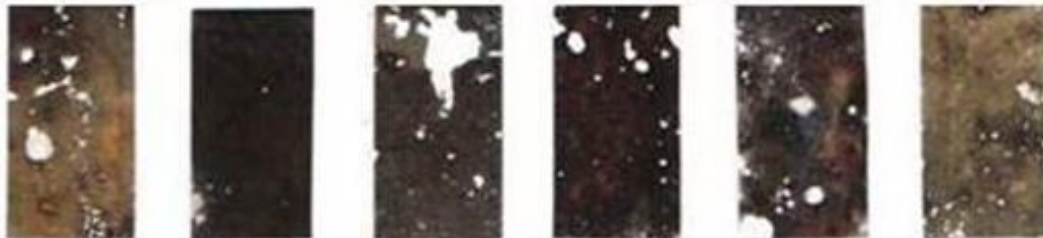
Показатели качества речных вод бассейна среднего течения р. Соловы, установленного по индексу сапробности по макрозообентосу (2020 год)



**ХАРАКТЕРИСТИКА САМООЧИЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОТОКОВ БАССЕЙНА
СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ СОЛОВА**

**ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ,
ПРОТЕКАЮЩИХ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ**

река Солова



C1

C3

C4

C6

C8

C9

притоки реки Соловы



Cк10

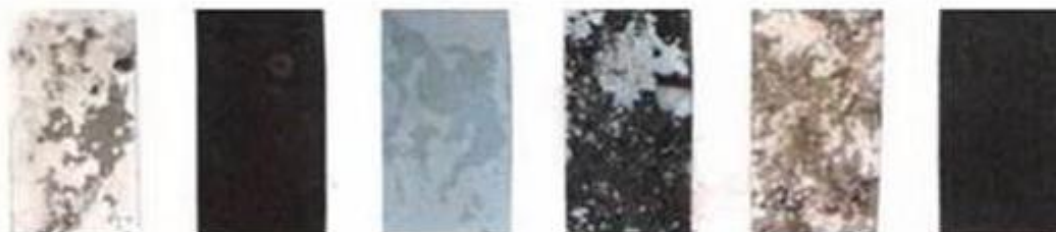
Тр11

Взд12

Бр13

Св15

**ПО АКТИВНОСТИ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ
МИКРОБИОТЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ
река Солова**



C1

C3

C4

C6

C8

C9

притоки реки Соловы



Cк10

Тр11

Взд12

Бр13

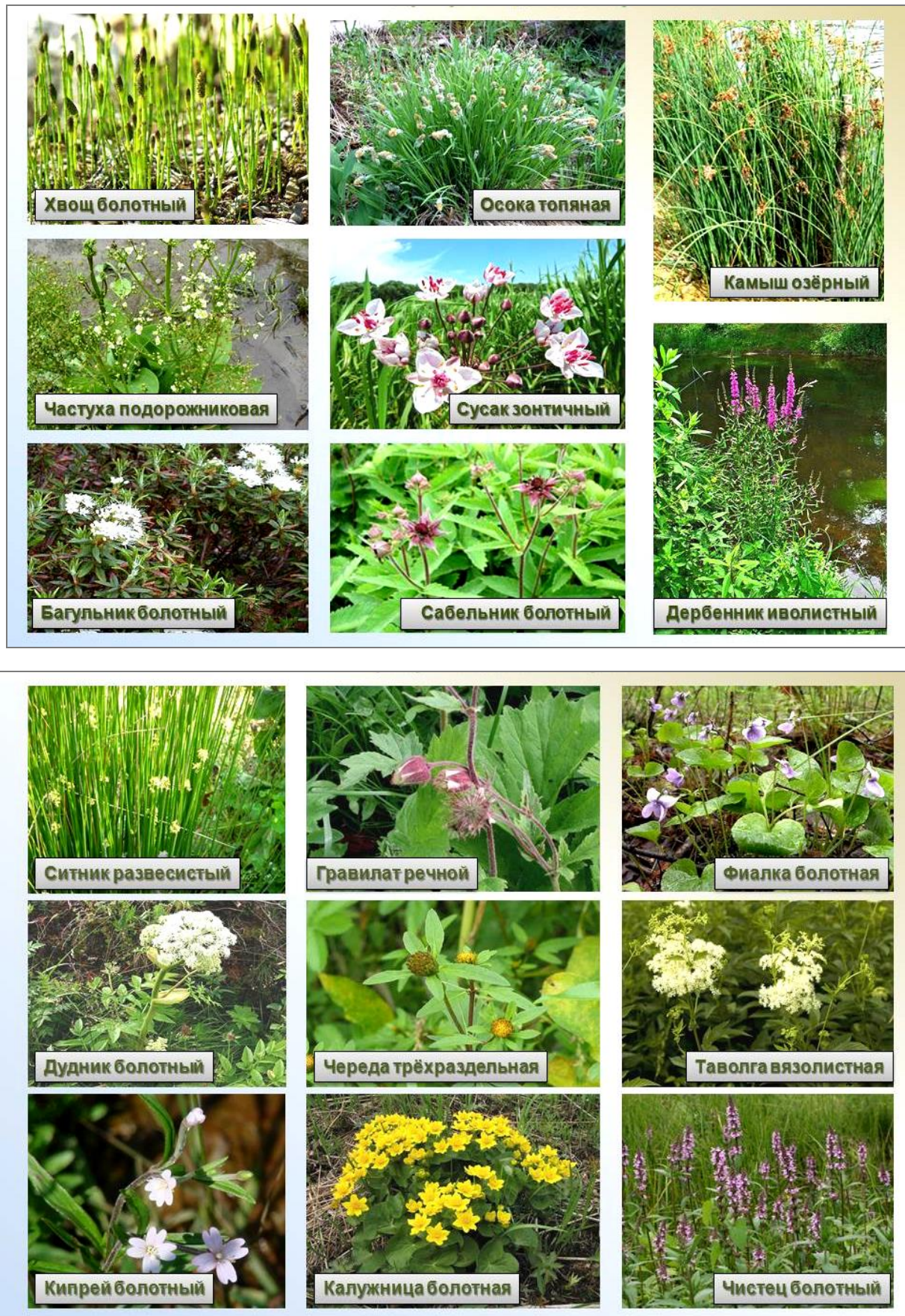
Св15

Обобщенная биоценотическая характеристика экосистем малых рек бассейна бассейна среднего течения р. Соловы

Компоненты экосистемы и показатели их качества	р. Солова	Правобережные притоки: Тросна, Воздремок, Хатунка, Свеженка	Левобережные притоки: Сукроменка, Браженка
Растения-гидатофиты	Ряски, рдесты, кубышка, элодея, роголистник, фонтиналис ряски, многокоренник, горец и пр.	Ряски, кубышка, рдесты, ежеголовник, горец, вероника, фонтиналис,	Рдесты, Ряски, многокоренник, горец, элодея, вероника, фонтиналис
Растения-гидрофиты	Хвощи, ситник, камыш, рогоз, осоки, стрелолист, частуха, осоки, тростник, манник, зюзник, дербенник, мята, гравилат, таволга, череда и др.	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 и др.
Индикаторные таксоны макрозообентоса:	Личинки поденок, ручейников, мошек, стрекоз, вислоккрылки, затворки, афелохирус, шаровки, горошинки, пиявки, мотыль	Личинки веснянок, поденок, ручейников, вилхвостки, стрекоз, мошек, вислоккрылки, затворки, шаровки, горошинки	Личинки веснянок, поденок, ручейников, стрекоз, вислоккрылки, афелохирус, мошек, пиявки плоские, затворки, горошинки, шаровки
Индексы сапробности по зообентосу:	2,14 – 2,75	2,19 – 2,54	1,73 – 2,17
Зоны сапробности водотока:	β-мезосапробная; α-мезосапробная	β-мезосапробная; α-мезосапробная	β-мезосапробная
Степень загрязнения воды:	слабо загрязненная; умеренно загрязненная	достаточно чистая; слабо загрязненная	достаточно чистая, слабо загрязненная
Класс качества воды:	2 – 3; 3; 3 – 4; 4	2; 2 – 3	2; 2 – 3

Донный грунт:	Каменисто-песчаный, глинистый, глинисто-каменистый, с обильными отложениями чёрного ила	Глинистый, глинисто-каменистый, каменисто-песчаный, с отложениями светлого ила	Каменистый, каменисто-песчаный, глинисто-каменистый, с отложениями светлого ила
Выраженность о/в процессов:	высокая степень восстановленности среды; преобладание восстановленности среды; о/в процессы сбалансированы	преобладание окисленности среды; о/в процессы сбалансированы	о/в процессы сбалансированы; преобладание восстановленности среды
Уровни протеолитической активности:	средний, низкий	средний, низкий	высокий, средний

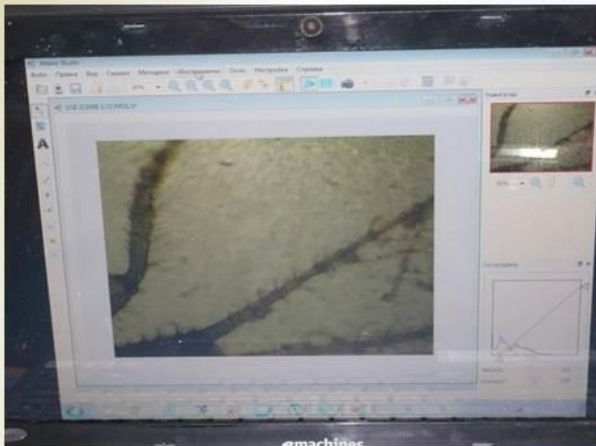
Водная и прибрежно-водная флора изученного бассейна
среднего течения реки Соловы



**Экспедиционно-полевые исследования малых рек бассейна р. Соловы.
Сбор проб макрозообентоса**



Биоценотическое изучение бассейна р. Соловы



Конечности членистоногих и голова водного жука под цифровым микроскопом



Таксоны макрозообентоса под оптическим микроскопом

