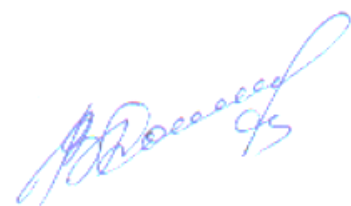


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТУЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Л.Н.ТОЛСТОГО»**

**На правах рукописи**



**ДОМНИНА**

**Виктория Леонидовна**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Г. ТУЛА  
МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ И БИОТЕСТИРОВАНИЯ**

**03.02.08 – экология (биология)**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

**на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

**Научные руководители:  
доктор биологических наук,  
профессор А.А. Короткова**

**доктор биологических наук  
В.А. Терехова**

**Тула – 2015**

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. Обзор литературы .....	11
1.1. Методы биологического контроля качества водных объектов.....	11
1.2. Биоразнообразие и его оценка.....	12
1.3. Биоиндикационные методы.....	14
1.4. Методы биотестирования .....	23
ГЛАВА 2. Объекты, условия и методы проведения исследований .....	27
2.1. Географические, экологические и гидрологические особенности.....	28
2.1.1. Река Упа.....	28
2.1.2. Река Воронка .....	30
2.1.3. Река Тулица .....	33
2.1.4. Комаркинский ручей .....	33
2.1.5. Клоковский ручей.....	35
2.1.6. Озеро Кулик .....	36
2.2. Методы исследований.....	36
ГЛАВА 3. Результаты собственных исследований и их обсуждение.....	42
3.1. Простейшие водных экосистем г. Тула.....	42
3.1.1. Биоразнообразие простейших-гидробионтов .....	42
3.1.2. Сезонная динамика биоразнообразия простейших-гидробионтов .....	49
3.2. Макрозообентос водных экосистем г. Тула.....	51
3.2.1. Биоразнообразие макрозообентоса водных экосистем.....	51
3.2.2. Сезонная динамика биоразнообразия макрозообентоса исследуемых водных экосистем.....	60
3.2.3. Трофические группы макрозообентоса в водных экосистемах .....	64

3.3. Мониторинг водных объектов г. Тула с помощью методов биоиндикации и биотестирования.....	68
3.3.1. Оценка сапробности водных объектов г. Тула методом биоиндикации с использованием простейших.....	68
3.3.2. Оценка сапробности водных объектов г. Тула методом биоиндикации с использованием макрозообентоса.....	77
3.3.3. Оценка токсичности поверхностной воды и донных отложений водных экосистем г. Тула методом биотестирования.....	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	97
ВЫВОДЫ.....	102
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	103
ЛИТЕРАТУРА.....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	152
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	173
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	178
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	181
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	187

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность проблемы

Как известно, г. Тула и Тульская область – регион с длительным интенсивным освоением территории. В связи с этим здесь накоплен ряд проблем экологического характера. Одна из них – истощение водных ресурсов. Появление данной проблемы, с одной стороны, вызвано высоким уровнем концентрации промышленных предприятий (химии, металлургии, машиностроения); высоким износом существующих водозаборных сооружений и водопроводных сетей; высоким износом действующих канализационных сетей, недостаточной эффективностью очистных сооружений или полным их отсутствием. С другой стороны, водный баланс рек меньше, чем требуется воды для различных отраслей народного хозяйства (Н.П. Булухто, 2013; Охрана водных ресурсов Тульской области; Экология Тульской области). Также на водные объекты негативное влияние оказывает рассредоточенный сток с водосборных (особенно с городских) территорий, с которых с тальми и дождевыми водами в реки и озера попадают загрязняющие вещества (Контроль за использованием и охраной водных объектов; Охрана окружающей среды Тульской области).

Результатом таких антропогенных воздействий является не только загрязнение поверхностной воды, но и интенсивное заиливание русла водных объектов г. Тула, усиливающее аккумуляцию поллютантов донными отложениями (Г.А. Дружбин, 2004; В.А. Щербакова, 2006).

Исходя из вышесказанного, современные антропогенные воздействия на водные экосистемы носят многофакторный характер, поэтому даже при контроле значительного количества абиотических параметров, воздействующих на водный объект, остается сомнение, что какие-либо влиятельные факторы все же остались неучтенными. Наконец, реакция экосистем существенно зависит не только от состава факторов, но и от их взаимодействия. Все это весьма затрудняет оценку состояния экосистемы и качества водной среды по одним лишь абиотическим параметрам (Н.П. Булухто, 2013; Е.Л. Воробейчик, 1994; В.Л. Домнина, 2014; Н.А. Кашулин, 2005; В.А. Терехова, 2007; В.Ф. Шуйский, 2002).

В свете сказанного, приоритетными являются наблюдения за состоянием сообществ гидробионтов, в частности протистопланктона и макрозообентоса, поскольку они являются материальными носителями качества воды. Именно биологические показатели позволяют

определить экологическое состояние и трофический статус водных объектов; оценить качество поверхностных вод как среды обитания организмов; определить совокупный эффект комбинированного действия загрязняющих веществ; локализовать источник загрязнения; установить тип загрязнителей и возникновение вторичного загрязнения вод (Д.М. Безматерных, 2003, А.А. Телеганов, 2007, 2008).

Исследование фауны протистопланктона и макрозообентоса обусловлено следующими особенностями. Протистопланктон, является постоянным компонентом любой водной экосистемы, благодаря короткому жизненному циклу и способности к инцистированию, может резко реагировать на изменения, происходящие в окружающей среде, причем в большей степени отражая текущее, а не общее состояние экосистемы (Ю.А. Серебренникова, 2009; В.Ф. Шуйский, 2002). Макрозообентос же, благодаря стабильной локализации в пространстве и длительным жизненным циклам, несет информацию не только о текущем состоянии среды, но и о предшествующих состояниях (Д.М. Безматерных, 2003; Н.Г. Булгаков, 2003; А.Н. Логинова, 2005; Б.М. Насибулина, 2006; М.В. Селезнева, 2005; А.Ю. Умнов, 2006; Н.В. Холмогорова, 2009).

Изучение биоразнообразия гидробионтов особенно важно для понимания особенностей функционирования водных экосистем в различных природно-территориальных комплексах. Структура сообществ протистопланктона и макрозообентоса может использоваться в качестве индикатора степени изменения условий среды водных экосистем. Общеизвестно, что при увеличении степени загрязнения водных объектов показатели биоразнообразия уменьшаются. К тому же, оценка степени загрязненности вод по видовому разнообразию достаточно объективна и может быть использована при любом виде загрязнений (Т.Ф. Курочкина, 2004; Е.В. Лобуничева, 2009; М.В. Маюрова, 2004; С.М. Надеяева, 2006; С.Г. Николаев, 1985).

В фауне протистопланктона и макрозообентоса в рамках метода биоиндикации выделяются также индикаторы сапробности воды. Существование таких индикаторов обусловлено их потребностью в органическом питании, резистентностью по отношению к вредным продуктам распада и дефициту кислорода в загрязненных водах. Метод сапробности основывается на этих особенностях индикаторов, а оценка уровня сапробности производится по соотношению видового обилия индикаторных организмов (В.В. Алексеев, 2006; А.С. Боголюбов, 1997; М.Е. Буковский, 2010; Э.К. Голубовская, 1987; А.А. Короткова, 2009; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; Т.А. Трофимова, 2010; В.К. Шитиков, 2003).

Сапробный анализ качества вод широко используется в экологическом мониторинге, но учитывает преимущественно степень органического загрязнения. Однако, как указывалось ранее, поллютанты, поступающие в водные объекты, имеют смешанную органическую и

неорганическую природу и обуславливают развитие токсичности. Методы биотестирования учитывают аддитивность поллютантов, их синергизм и антагонизм, а также биологическую аккумуляцию веществ. В связи с этим методы биотестирования и биоиндикации взаимодополняют друг друга, поэтому их комплексное использование позволяет более точно определить степень загрязнения водного объекта (В.А. Терехова, 2007; И.А. Шадрин, 2004).

Исследования биоразнообразия, уровня органического загрязнения и токсичности водных объектов г. Тула и Тульской области немногочисленны и представлены лишь в отдельных работах (Н.П. Булухто, 1991, 1993, 1996, 1997, 1998, с. 46-47, 1998 с. 47-48; 1999, 2000; А.А. Короткова, 2009, 2012; ФГУП «ВНИРО», ФГУ «Центррыбвод», 2007; Ж.В. Филимонова, 2001; Е.Ю. Чеворыкина, 2012). В связи с этим, комплексные исследования сообществ протистопланктона и макрозообентоса актуальны и важны для г. Тула и Тульской области для нормирования антропогенных нагрузок и прогнозирования состояния водных объектов.

#### **Цель исследования:**

Исходя из этого, **целью** исследования являлась биоиндикация и биотестирование уровня загрязнения водных объектов г. Тула на основе реакций протистофауны и макрозообентоса. Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- охарактеризовать видовой состав протистофауны и макрозообентоса водных объектов;
- определить степень сходства их видового состава;
- изучить особенности трофической структуры макрозообентоса;
- проанализировать сезонную динамику относительного таксономического обилия данных сообществ;
- установить уровень сапробности водных объектов с использованием индикаторных таксонов протистофауны и макрозообентоса;
- выявить сезонную динамику индекса сапробности;
- оценить уровень токсичности поверхностной воды и донных отложений водных объектов.

## **Научная новизна исследований**

В результате исследования дан комплексный обзор таксономического разнообразия и выявлена структура протистопланктона и макрозообентоса водных объектов в створах исследования (р. Упа, р. Воронка, р. Тулица, Комаркинский ручей, Клоковский ручей, оз. Кулик). Впервые выявлена сезонная динамика относительного обилия протистопланктона и макрозообентоса, а также многолетняя динамика относительного обилия протистопланктона. Впервые рассмотрена трофическая структура макрозообентоса р. Упа и р. Воронка в разных створах исследования. В ходе исследований апробирован метод оценки сапробности, посредством определения протистофауны до родов. Проанализирована сезонная и многолетняя динамика индекса сапробности, определен уровень органического загрязнения. В результате биотестирования установлен уровень токсичности водных объектов в створах исследования.

На основе обобщения данных биоиндикационных, токсикологических и химических исследования получена оценка экологического состояния водных объектов г. Тула, в разной степени подверженных антропогенному воздействию.

## **Теоретическая и практическая значимость исследований**

Работа имеет существенное значение для прогнозирования последствий антропогенного воздействия на водные объекты, планирования мероприятий по охране и экологической реконструкции водных объектов Тульской области. Результаты работы рекомендуются к использованию при реализации задач по улучшению состояния водных объектов Тульской области, поставленных в Государственной программе «Охрана окружающей среды Тульской области», Долгосрочной целевой программе «Водные объекты и водные ресурсы Тульской области на 2012 – 2017 годы» и Концепции экологического развития Тульской области на 2012 – 2016 годы, что будет способствовать ликвидации санитарно-неблагополучных водных объектов, восстановлению и сохранению биоразнообразия в соответствии с принципами устойчивого развития общества.

Представляется возможным использование результатов исследований органами государственного контроля, надзора и охраны водных биологических ресурсов и Росприроднадзора при проверке соответствия деятельности предприятий природоохранному законодательству РФ. Подразделения Центра по гидрометеорологии и мониторингу

окружающей среды могут использовать практику применения биологических методов при оценке состояния водных объектов в комплексе с гидрохимическими методами анализа. Материалы работы используются в курсах экологии и зоологии беспозвоночных в Тульском государственном педагогическом университете имени Л.Н. Толстого, а также при проведении полевых практик и лабораторно-практических занятий.

### **Внедрение в практику результатов исследований**

Материалы диссертации использовались при проведении лабораторно-практических занятий полевой практики по курсу «Экология насекомых» для студентов факультета естественных наук Тульского государственного педагогического университета имени Л.Н. Толстого.

Результаты краткосрочного мониторинга Комаркинского ручья использовались ОВД по Тульской области при расследовании факта нарушения предприятием ФГУП ГНПП "Сплав" правил водопользования при сбросе сточных вод в водный объект (Комаркинский ручей) (приложение А).

### **Апробация работы**

Диссертация апробирована на расширенном заседании кафедры биологии и экологии Тульского государственного педагогического университета имени Л.Н. Толстого; на объединенном семинаре лаборатории экотоксикологического анализа почв МГУ имени М.В. Ломоносова и лаборатории изучения экологических функций почв ИПЭЭ РАН.

Основные результаты исследований по теме диссертации доложены на Международном научно-практическом семинаре «Экологически устойчивое развитие. Рациональное использование природных ресурсов», Тульская область, Музей-усадьба «Ясная поляна», 2010 г.; V Региональной научно-практической конференции аспирантов, соискателей и молодых ученых «Исследовательский потенциал молодых ученых: взгляд в будущее», г. Тула, 2011 г.; Международной научно-практической конференции «Экология речных бассейнов», г. Владимир, 2011 г.; Международной видеоконференции «Чистая вода населению», г. Тула –



г. Олбани, 2011 г.; IX Выставке научно-технического творчества молодежи Expo-Sciences Europe 2012, г. Тула, 2012 г.

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

### **Предмет исследования:**

реакция видовой структуры протистопланктона и макрозообентоса (в том числе индикаторные группы организмов) водных экосистем г. Тула в условиях техногенного воздействия, включая трофическую структуру макрозообентоса; выживаемость стандартизированной тест-культуры *Paramecium caudatum*.

### **Объект исследования:**

-водные объекты озерного и речного типов: оз. Кулик, р. Упа, р. Тулица, р. Воронка, Комаркинский и Клоковский ручьи.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Показатели биоразнообразия и численности сообществ, а также трофическая структура характеризуют качество среды водной экосистемы в целом и ее антропогенные изменения.

2. Сезонная динамика относительного обилия протистофауны и макрозообентоса зависит от абиотических факторов среды (температура, кислородный режим, ледяной покров), а

сезонную динамику индекса сапробности в большей степени определяют антропогенные факторы.

3. Исследуемые экосистемы характеризуются различными уровнями органического загрязнения (от  $\beta$ -мезосапробных до полисапробных).

4. Токсичность поверхностной воды и донных отложений водных объектов характеризуется неоднородностью по степени и в пространственном аспекте.

### **Благодарности**

Работа выполнялась на кафедре биологии и экологии Тульского государственного педагогического университета имени Л.Н. Толстого. Особую благодарность за содействие и помощь автор приносит своим научным руководителям Коротковой А.А. и Тереховой В.А.

В процессе работы автор пользовался консультациями доктора биологических наук Бутовского Р.О., кандидата биологических наук, профессора Булухто Н.П., кандидата биологических наук Рахлеевой А.А., кандидата биологических наук Мамонтова С.Н.

Неоценимая помощь при определении основных родов *Protozoa* была оказана со стороны кандидата биологических наук Ципириг О.В., кандидата биологических наук, профессора Булухто Н.П.

Всем названным ученым автор выражает глубокую благодарность и признательность.

Автор благодарит сотрудников и руководителей ряда государственных учреждений за предоставленные сведения и содействие в работе: Всероссийскую общественную организацию «Зеленый Патруль» (руководитель Кожушко С.Ю.); ФГБУ «Центррыбвод» Тульский областной отдел (начальник отдела Асминкина Г.С.).

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В России в настоящее время происходит преобразование естественных ландшафтов в зоны с напряженной экологической обстановкой, с чрезвычайной экологической ситуацией, и даже в зоны экологического бедствия – в зависимости от степени развития отдельных экологических проблем, обусловленных возрастающими техногенными воздействиями (В.Л. Домнина, 2014; А.И. Мышкин, 2009). Эти воздействия многофакторны, что затрудняет их учет по одним только абиотическим параметрам без учета их синергических эффектов в среде (Д.М. Безматерных, 2003; Н.П. Булухто, 2013; В.Л. Домнина, 2014; В.Ф. Шуйский, 2002). В связи с этим, в настоящее время все большее внимание уделяется биологическим методам оценки антропогенных воздействий.

### 1.1. Методы биологического контроля качества водных объектов

Биологические методы контроля качества позволяют получить информацию об экологическом состоянии водных объектов, путем регистрации реакций многовидового сообщества на многокомпонентные воздействия (Д.М. Безматерных, 2003; Д.О. Виноходов, 2007; И.Ю. Иванова, 2009; Н.А. Кашулин, 2005).

В 1974 г. А.В. Макрушин условно объединил методы биологического контроля качества вод в 3 группы:

- по видовому разнообразию (индексы видового разнообразия, индексы сходства и др.);
- по показательным организмам (Система Колквитца - Марссона и ее модификации);
- по показательным организмам и их видовому разнообразию (система Вудивисса и ее модификации, система Бекка и Бика и др.) (А.В. Макрушин, 1974; В.К. Шитиков, 2003).

А в 2000 г. А.И. Баканов выделил 17 групп методов (например, обилие организмов, характер доминирования и ранговые распределения, трофическая структура, системы сапробности, токсобности и сапротоксобности и др.). Перечисленные классификации являются условными и используются для удобства описания методов (В.К. Шитиков, 2003).

## 1.2. Биоразнообразие и его оценка

В настоящее время актуальны исследования структуры сообществ (видовой, трофической, пространственной и др.), поскольку она надежно характеризует качество среды и ее изменения, а количественное развитие и жизнедеятельность организмов свидетельствуют о степени нарушенности экосистемы. Постоянство видового состава гарантирует обратимость изменений после устранения воздействия на экосистему. При усилении антропогенного прессинга происходит перестройка структуры сообществ, в которой отмечается доминирование видов с более широкой экологической валентностью. В зависимости от силы антропогенного воздействия такие изменения могут быть необратимы, вплоть до смены всего видового состава биоценоза. Оценить степень таких изменений позволяют показатели видового разнообразия. При оценке видового разнообразия учитывается общее число видов и их относительное обилие (Б.В. Адамович, 2008; А.И. Баканов, 2000, 2003; Д.М. Безматерных, 2003, 2007; Н.Г. Булгаков, 2004; В.И. Жадин, 1950; И.Ю. Иванова, 2009; А.Р. Ильясова, 2005; В.И. Лазарева, 2008; А.П. Левич, 2010; А.Н. Логинова, 2005; В.Н. Максимов, 2009; М.В. Маюрова, 2004; С.М. Надеяева, 2006; Б.М. Насибулина, 2006; А.М. Никаноров, 2006; А.А. Протасов, 2002; Г.С. Розенберг, 2005; Руководство по методам гидробиологического анализа ... 1983; В.К. Шитиков, 2003; В.Ф. Шуйский, 2002; В.А. Яковлев, 2005; J.H. Connell, 1987).

В соответствии с гипотезой среднего воздействия высокое биоразнообразие биоценозов существует при умеренном воздействии; при слабых или сильных воздействиях видовое разнообразие низкое (Б.В. Адамович, 2008; А.И. Баканов, 2000, 2003; Д.М. Безматерных, 2007; Н.Г. Булгаков, 2004; В.И. Жадин, 1950; В.Н. Максимов, 2009; А.М. Никаноров, 2006; А.А. Протасов, 2002; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; В.К. Шитиков, 2003; В.Ф. Шуйский, 2002; J.H. Connell, 1987).

Выделяют видовую, трофическую, размерную, пространственную и другие структуры, взаимовлияющие друг на друга (Б.М. Насибулина, 2006). Видовая структура зависит от биотопического разнообразия (И.Ю. Иванова, 2009; Г.С. Розенберг, 2005). Любые изменения видовой структуры сообществ влекут за собой реструктуризацию трофической структуры, которая также может служить показателем качества условий среды. При негативном воздействии на водный объект наблюдается упрощение трофической структуры, происходит укорачивание пищевых цепей (Б.В. Адамович, 2008; Д.М. Безматерных, 2007; Н.В. Думнич, 2008; А.М. Никаноров, 2006).

Исследование трофической структуры сообществ гидробионтов позволяет получить информацию о трансформации органического вещества на различных трофических уровнях и о

степени его утилизации (Г.А. Коротенко, 2009). К. Камминз в 1973 г. создал трофическую классификацию, основанную на учете механизмов питания и состава пищи бентосных насекомых в водных объектах и выделил 4 трофические группы: размельчители, собиратели, соскребатели и хищники (В.К. Шитиков, 2003; Т.А. Шарапова, 2007; К.В. Cummins, 1973). В.А. Яковлев в 2005 г. выделил 6 трофических групп донных организмов водных объектов субарктического региона: грунтозаглатыватели, собиратели детритофаги и факультативные фильтраторы, облигатные собиратели-фильтраторы, соскребатели, размельчители, хищники. Он показал зависимость преобладания различных групп в трофической структуре водного объекта от определенного вида загрязнения. Так, увеличение доли хищников может свидетельствовать о процессах токсификации и ацидификации. Уменьшение их доли наряду с ростом собирателей-глотателей, грунтозаглатывателей свидетельствует об эвтрофировании и термофикации (Д.М. Безматерных, 2007; В.К. Шитиков, 2003; В.Ф. Шуйский, 2002; В.А. Яковлев, 2005; С.М. Lorenz, 2003).

В настоящее время разработаны многочисленные индексы, основанные на учете видового разнообразия (А.И. Баканов, 2000; Д.М. Безматерных, 2007; Т.Д. Зинченко, 2005; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.Ф. Шуйский, 2002; G. Friedrich, 1992; P. Kothe, 1962; R. MacArthur, 1955; R. Margalef, 1958; С.В. Shannon, 1963). Наиболее часто в экологических исследованиях используется индекс Шеннона. В соответствии с данным индексом каждая проба, – случайная выборка из сообщества, а соотношение видов в пробе отражает их реальное соотношение в природе (В.К. Шитиков, 2003).

Показателем степени сходства или различия сообществ водных экосистем вдоль физического или экологического градиента может служить величина  $\beta$ -разнообразия, учитывающая видовой состав, а иногда и обилие видов. Высокие значения этого показателя указывают на невысокое сходство видов при высоком биоразнообразии в сообществах в разных местообитаниях. Преимущество индексов видового разнообразия обусловлено их большей информативностью по сравнению с прямым подсчетом видов (А.А. Короткова, 2004; В.К. Шитиков, 2011).

Индексы доминирования позволяют выстроить иерархию видов в сообществе и, тем самым, выяснить какую роль играют те или иные виды в функционировании экосистемы. Известно, что количество доминирующих видов тем меньше, чем большее давление оказывается на среду, в которой эти организмы обитают. В настоящее время наиболее часто используется индекс доминирования Паляя - Ковнацки (И.Ю. Иванова, 2009; В.Ф. Палий, 1961; Г.С. Розенберг, 2005; A. Kownacki, 1971).

В нашей работе исследовались структуры протистопланктона и макрозообентоса. Изменение структуры протистопланктона отражает направление сукцессии водных экосистем,

вызванное природной или антропогенной ацидификацией. Смена доминантов протистопланктона указывает на процессы эвтрофикации или самоочищения (В.И. Лазарева, 2008). Структура протистопланктона менее стабильна во временном аспекте и под влиянием антропогенного прессинга осуществляется ее быстрая перестройка. Это может предоставить более оперативную информацию о качестве среды по показателям биоразнообразия. Структура макрозообентоса, наоборот, более консервативна и для ее перестройки требуется больше времени. Но, при использовании показателей биоразнообразия фауны макрозообентоса можно получить более точную информацию о состоянии среды (Оценка экологического состояния ..., 2011).

Оценка качества водных объектов по индексам видового разнообразия достаточно объективна и может быть использована при любом виде загрязнений (Т.Ф. Курочкина, 2004). Однако эти индексы имеют свои недостатки: вероятность нахождения вида, гидрологические условия (в большей степени определяют разнообразие макрозообентоса), «нелинейность изменения показателей в градиенте загрязнения или трофности», сложность интерпретируемой величины биоразнообразия и отсутствие какой-либо объективной шкалы отсчета разнообразия (И.Ю. Иванова, 2009; А.А. Протасов, 2002, 2004, 2005, 2007; Г.С. Розенберг, 2005; D.R. Barton, 1984; G. Hewitt, 1991; W.T. Mason, 1985; R.H. Norris, 1986; J.A. Perry, 1987; G.E. Petts, 1994; S.D. Rundbe, 1993; R. Wagner, 1984). При использовании индексов видового разнообразия и их интерпретации с целью оценки качества среды необходимо учитывать перечисленные недостатки. А применение их в комплексе с другими методами биодиагностики (биоиндикации и биотестирования) позволит повысить точность оценки качества среды.

### **1.3 Биоиндикационные методы**

Методы биоиндикации позволяют адекватно оценить степень воздействия на среду и обнаружить нарушения функционирования компонентов экосистем (Биоиндикация загрязнений наземных экосистем, 1988; Биоиндикация и биотестирование ..., 2005; Т.Д. Зинченко, 2005; В.А. Терехова, 2010; P.D. Hansen, 2003; N. Ramakrishnan, 2003). В качестве «измерительных приборов» используются биоиндикаторы. В роли биоиндикаторов выступают организмы, распространенные повсеместно на исследуемой территории, имеющие хорошо выраженную реакцию на происходящие изменения в среде (В.К. Шитиков, 2003; И.Ю. Иванова, 2009).

Каригнан и Виллард считают, что наиболее эффективными биоиндикаторами являются организмы, представляющие различные таксоны с разными жизненными циклами (V. Carignan,

2002). Р. Боуэн и С. Райли полагают, что биоиндикатор должен предоставлять точную и полную (комплексную) информацию о состоянии среды, причем такой «прибор» должен быть прост в использовании и интерпретации поступающих данных (Г.Г. Матишов, 2009). Ю. Одум считает, что эффективный индикатор должен быть стенотопным видов, крупного размера для повышения вероятности попадания в пробу при исследовании. К тому же биоиндикаторы должны быть из разных таксонов, для которых существуют сведения о лимитирующих значениях исследуемого фактора воздействия (О. Franzle, 2003). В свете сказанного, очевидно, что в природе не существует универсального биоиндикатора, который отвечал бы всем вышеперечисленным требованиям и выявлял все виды воздействий.

В настоящее время в биоиндикационных исследованиях в качестве биоиндикаторов используются все основные сообщества гидробионтов – от микроорганизмов до рыб и млекопитающих. Однако наиболее часто используются организмы зоопланктона, в том числе протистопланктона (С.В. Быкова, 2005; К.Н. Кособокова, 2010; В.И. Лазарева, 2008; Е.В. Лобуничева, 2009; О.В. Мухортова, 2008; Ю.А. Серебренникова, 2009; Н.Н. Синенко, 2014; Н.Е. Суппес, 2010; М.М. Трибун, 2012; И.В. Шубернецкий, 1983; Г.В. Шурганова, 2010) и макрозообентоса (Д.М. Безматерных, 2003; Л.В. Головатюк, 2005; Е.В. Захаров, 2005; А.Н. Зубарев, 2009; О.А. Кобецкая, 2007; А.Н. Логинова, 2005; М.В. Маюрова, 2004; С.М. Наделяева, 2006; Б.М. Насибулина, 2006; С.Г. Николаев, 1985; С.А. Павловский, 2007; М.В. Селезнева, 2005; А.А. Телеганов, 2007, 2008; А.Ю. Умнов, 2006; Н.В. Холмогорова, 2009; Г.Х. Щербина, 2009).

За счет своих морфологических и функциональных особенностей одними из самых первых гидробионтов, дающих отклик на антропогенное воздействие, являются организмы протистопланктона. Ресничные инфузории высокочувствительны к любым воздействиям и характеризуются широким диапазоном экологической валентности, что позволяет им обитать в водных объектах различного уровня загрязнения и участвовать в процессах самоочищения водных объектов. Поэтому простейшие являются ценными биоиндикаторами органического загрязнения и широко применяются в сапробиологическом анализе вод (Биоиндикация экологического состояния равнинных рек, 2007; С.В. Быкова, 2005; В.В. Гуляева, 2008; Е.В. Дементьева, 2008; В.И. Лазарева, 2008; Е.В. Лобуничева, 2009; Н.Н. Синенко, 2014; Н.Е. Суппес, 2010). Но, тем не менее, наиболее удобными биоиндикаторами служат организмы макрозообентоса, поскольку они характеризуются стабильностью в пространстве, относительно продолжительным жизненным циклом, чувствительностью к биогенным и токсическим поллютантам. Благодаря этим особенностям зообентоса существует возможность выявления степени хронического антропогенного загрязнения (Д.М. Безматерных, 2003, 2007; И.Ю. Иванова, 2009; А.Н. Логинова, 2005; Б.М. Насибулина, 2006; А.Ю. Умнов, 2006; Н.В.

Холмогорова, 2009; М.В. Чертопруд, 2002, №3; Г.Х. Щербина, 2009; J.C. Dauvin, 1993; N. DePauw, 1993; A.P. Fontoura, 1984; *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, 1993; F.F. Hooper, 1969; C.E. Petersen, 1994). В соответствии с вышесказанным каждый организм в роли биоиндикатора имеет свои преимущества и недостатки, поэтому эффективность биоиндикации зависит от конкретной цели и особенностей биоиндикатора (А.И. Баканов, 1999, 2000; Д.М. Безматерных, 2007; Н.В. Ильмаст, 2008; *Руководство по методам гидробиологического анализа ...*, 1983; В.Ф. Шуйский, 2002; С.П. Шулепина, 2010).

Выделяют различные типы биоиндикационных реакций: сигнал поступает спустя определенное время после начала воздействия; сигнал поступает с момента появления воздействия; сигнал поступает сразу и неоднократно повторяется с образованием осцилляций. При этом сила сигнала может быть постоянной, может быть внезапной и сильной, а затем резко исчезнуть, может быть возрастающей до постепенного угасания (Биоиндикация загрязнений наземных экосистем, 1988). Также выделяют сигналы биоиндикаторов на определенный воздействующий фактор (специфическая биоиндикация) и одинаковые сигналы на разные антропогенные факторы (неспецифическая биоиндикация) (Биоиндикация загрязнений наземных экосистем, 1988). Сигналом начинающихся изменений в среде при биоиндикационных наблюдениях могут служить изменения: индивидуальных признаков (размер особей, плодовитость и т.д.), процессов (как правило, уменьшение/увеличение скорости протекания), структуры (видовой, трофической и т.д.), экосистемы в целом (например, видовое разнообразие) (В.П. Семенченко, 2004). В связи с этим биоиндикация осуществляется на различных уровнях организации биосферы. На молекулярном и биохимическом уровне осуществляется первичная биоиндикация, на более высоких уровнях биологической организации – вторичная (Биоиндикация загрязнений наземных экосистем, 1988; Г.Г. Матишов, 2009).

В экологии успешно применяется анализ накопления токсикантов в тканях и органах бентонтов – моллюсков (Е.И. Зубкова, 2010; С.А. Остроумов, 2010; J. Salanki, 1989; J. Widdows, 1991), поденок (P.J. Say, 1990), олигохет (Т.М. Hall, 1979), хирономид (И.И. Томилина, 2009; М. Bazzanti, 1987; С.Ф. Rabeni, 2001; G.G. Raddum, 1981; О.А. Saether, 1979) и др. Это аккумулятивные биоиндикаторы. Существуют также регистрирующие биоиндикаторы, которые реагируют на воздействия отклонениями жизненных функций от нормы. К таким индикаторам можно отнести организмы протистопланктона (Биоиндикация загрязнений наземных экосистем, 1988; J. Akanksha, 2010; О. Franzle, 2003; G. Friedrich, 1992).

Таким образом, методы биоиндикации предоставляют комплексную информацию о состоянии окружающей среды, а также тенденции развития изменений окружающей среды. По реакциям живых организмов можно определить степень вредности тех или иных веществ, а



также учесть эффекты синергизма и антагонизма веществ в водной среде (Т.Я. Ашихмина, 2007; А.И. Баканов, 2000; Т.Д. Зинченко, 2005; И.И. Руднева, 2004; С.М. Lorenz, 2003; N. Ramakrishnan, 2003).

### **Оценка сапробности**

Разработка методов биоиндикации водных экосистем началась еще в 1850 г. с публикации монографии Хессела, в которой рассматривалась возможность оценки качества воды по организмам фитопланктона и зоопланктона. В 1875 г. в работе Ф. Кона по микроскопированию вод с санитарными целями была обнаружена зависимость видового состава гидробионтов от химического состава вод и от растворенных в воде органических веществ. И уже в 1898 г. Мецем предложены списки гидробионтов, приуроченных к различным уровням загрязнения, которые соответствуют современной классификации гидробионтов-индикаторов сапробности (А.А. Протасов, 2011). Основоположниками системы сапробности вод стали Р. Колквитц и М. Марссон, которые в 1902 г. опубликовали материалы по оценке степени загрязнения вод разлагающимися органическими веществами (В.В. Алексеев, 2006; А.В. Макрушин, 1978; В.П. Семенченко, 2004; G. Friedrich, 1992; R. Kolkwitz, 1908, 1909). Эти ученые, основываясь на классификации показательных организмов Меца, обитателям грязных вод дали название сапробионты, обитателям чистых вод - катаробионты (В.В. Алексеев, 2006; Э.К. Голубовская, 1987; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.Ф. Шуйский, 2002). Р. Колквитц и М. Марссон опубликовали списки видов индикаторов растительных (1908 г.) и животных (1909 г.) организмов (О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; R. Kolkwitz, 1908, 1909).

Сапробность водного объекта – это уровень его загрязнения органическими веществами и продуктами их распада. А под сапробностью организма понимают его потребность в органическом питании и его резистентность к продуктам распада органического вещества и дефициту кислорода (В.В. Алексеев, 2006; А.С. Боголюбов, 1997; М.Е. Буковский, 2010; Э.К. Голубовская, 1987; Е.В. Дементьева, 2010; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; Т.А. Трофимова, 2010; В.К. Шитиков, 2003). В водных объектах существуют зоны сапробности – территории с определенной концентрацией органических веществ и обитающих на таких территориях гидробионтов, являющиеся биоиндикаторами (В.К. Шитиков, 2003). Р. Колквитц и М. Марссон в своей системе сапробности выделяли 3 зоны сапробности, являющиеся в свою очередь 3 уровнями биологического самоочищения водных объектов: полисапробную, мезосапробную и олигосапробную. Олигосапробная зона – зона чистой воды, с высоким содержанием кислорода. На дне водных объектов детрита немного, ил коричневого цвета. Цветение водорослей, как правило, не наблюдается. Видовое разнообразие флоры и фауны в олигосапробной зоне высокое. Богато представлены перидинеи, встречаются харовые

водоросли. Простейшие представлены саркодовыми (*Diffugia limnetica*, *D. bacillifera*, *Lesquiresia spiralis*, *Nebela colaris*, *Gromia fluviatilis*), жгутиковыми (род *Gymnodinium* и *Peridinium*) и инфузориями (*Spathidium depressum*, *Strobilidium gyrans*, *Nassula dracilis*, *Spirostomum filum*, *Vorticella convallaria*, *V. similis*, *V. picta*) (В.В. Алексеев, 2006; Э.К. Голубовская, 1987; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007).

В мезосапробной зоне – зоне умеренного органического загрязнения Р. Колквитц и М. Марссон выделили  $\alpha$ - и  $\beta$ - мезосапробные зоны. Альфа-мезосапробная характеризуется низкими концентрациями кислорода с высокими концентрациями свободной углекислоты. В воде и донных отложениях протекают окислительно-восстановительные процессы, ил сероватой окраски. Для этой зоны характерно протекание процессов самоочищения. Флора и фауна характеризуется высоким биоразнообразием и высокой численностью, причем, для этой зоны характерно наличие видов, обитающих в полисапробной зоне. Большой численностью обладают бактериальные зооглеи, нитчатые и палочковидные бактерии, грибы, ряд синезеленых водорослей. Из простейших в этой зоне преобладают сидячие кругоресничные инфузории (*Carchesium polypinum*, *Epistylis plicatilis*, *Vorticella microstoma*, *Prorodon teres*, *Spirostomum ambiguum*, *Aspidisca linceus* и др.). Из саркодовых массового развития достигают некоторые виды голых амёб, раковинных корненожек. Жгутиконосцы представлены родами *Bodo*, *Cercobodo*, *Petalomonas*, *Euglena*, *Lepocinclis*, *Astasia*, *Menoidium* и др. Типичными представителями этой зоны являются коловратки (*Brachionus* и др.), нематоды, олигохеты (*Tubifex tubifex*, под *Limnodrilus*, *Aulophorus furcatus*.), моллюски, личинки хирономид (п/сем. *Tanypodinae*, род *Chironomus*) (В.В. Алексеев, 2006; Д.М. Безматерных, 2007; Э.К. Голубовская, 1987; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.К. Шитиков, 2003). Бета-мезосапробная зона отличается высокими концентрациями кислорода в дневные часы, когда угольная кислота может полностью исчезать, в ночные часы наблюдается обратная картина. Водные объекты этой зоны почти освобождены от нестойких органических веществ, так как в результате протекания окислительных процессов произошла их полная минерализация. Ил желтой окраски, в илах много органического детрита. Наблюдается цветение воды. Видовое разнообразие сообществ высокое. В этой зоне отмечается наибольшее количество видов простейших. Наибольшим разнообразием отличаются бентосные и планктонные, ресничные и сосущие инфузории. Широко представлены олигохеты (сем. *Naididae* и *Tubificidae*), моллюски, личинки хирономид (В.В. Алексеев, 2006; Д.М. Безматерных, 2007; Э.К. Голубовская, 1987; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.К. Шитиков, 2003).

Полисапробной является зона сильного загрязнения органическими веществами с дефицитом или даже отсутствием кислорода. В полисапробной зоне содержится много органического детрита, протекают восстановительные процессы, ил имеет черную окраску с запахом сероводорода. Сообщества в полисапробных зонах характеризуются низким видовым разнообразием, отдельные виды могут иметь высокую численность. Здесь особенно сильно распространены бактериальные зооглеи (*Zooglaea ramigera*), серные бактерии (*Beggiatoa*, *Thiothris*) и др. Простейшие в этой зоне приобретают массовое развитие. Ресничные инфузории представлены видами: *Vorticella microstoma*, *Carchesium polypinum*, *Tetrahymena pyriformis*, *Colpidium campylum* и др. Саркодовые представлены несколькими видами голых амёб (*Amoeba guttula*, *Pelomyxa palustris*, *Vahlrmphnia limax*) и раковинных амёб. Многочисленны растительные и животные жгутиконосцы (В.В. Алексеев, 2006; Д.М. Безматерных, 2007; Э.К. Голубовская, 1987; А.С. Скориков, 1909; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007). Биоиндикаторы этой зоны обладают наибольшей экологической валентностью. По мере ухудшения качества воды систематический состав организмов сапробных зон становится беднее.

Система Колквитца–Марссона была разработана для оценки загрязнения вод средней Европы в начале XX века. В настоящее время характер и степень загрязнения водных объектов изменились (В.К. Шитиков, 2003). Поэтому система сапробности подвергалась различным изменениям. Для нашей страны адаптированная система сапробности была разработана Г.М. Долговым и Я.Я. Никитинским в 1927 г. (Э.К. Голубовская, 1987; Г.И. Долгов, 1927; В.К. Шитиков, 2003). В.И. Жадин в 1964 г. предложил «шкалу сапротоксобных организмов» с учетом загрязнения не только органическими, но и токсическими веществами (В.К. Шитиков, 2003). А. А. Былинкина, С. М. Драчев и А. И. Ицкова предложили подразделять водные объекты по степени загрязненности на 6 групп: от очень чистых до очень грязных водных объектов (Э.К. Голубовская, 1987; В.К. Шитиков, 2003). О.П. Окснюк и В.Н. Жукинский в своих классификационных таблицах соотнесли две шкалы: сапробности (органический распад) и трофности (органический синтез) (В.К. Шитиков, 2003). Часто при оценке экологического состояния водных объектов используется система сапротоксобности, разработанная для водных объектов Кольского Севера В.А. Яковлевым. Эта система хорошо зарекомендовала себя применительно к экосистемам северо-запада России (В.А. Яковлев, 2005).

Основными недостатками системы сапробности является сложность выбора биоиндикатора широко распространенного на исследуемой территории и имеющего узкий диапазон условий выживания, а также обязательная идентификация организмов до вида. Системой сапробности не учитываются изменения индикаторного значения видов за счет адаптационных способностей под воздействием общего роста уровня загрязнения. К тому же сложность установления объективного уровня сапробности обуславливается тем, что состав

фауны водного объекта может быть обусловлен как антропогенным прессингом, так и естественным старением. На уровень сапробности помимо географического расположения водного объекта влияет и гидрологический режим (особенно если в роли биоиндикаторов выступают организмы зообентоса) (Т.Д. Зинченко, 2005; А.П. Левич, 2010; А.В. Макрушин, 1974; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; М.В. Чертопруд, 2010). М. Зелинка, П. Марван, Р. Пантле, Г. Букк, В. Следечек, Н.А. Дзюбан, С.П. Кузнецова, В.Ю. Захаров, С.Г. Николаев, М.В. Чертопруд занимались разработкой модификаций индекса сапробности с целью повышения эффективности и устранения недостатков данного метода. М. Зелинка и П. Марван преобразовали систему сапробности Р. Колквитца и М. Марссона в метод сапробной валентности и ввели понятие вектора сапробных валентностей вида. Сапробные валентности вида показывают, в какой мере вид характерен для того или иного уровня сапробности. А для того чтобы подчеркнуть роль отдельных видов при оценке степени загрязнения была введена шкала индикаторного веса (Т.Д. Зинченко, 2005; М. Zelinka, 1961, 1966). Р. Пантле и Г. Букк для количественной оценки сапробности гидробионта ввели понятие индикаторной значимости (индивидуальный индекс сапробности). Индикаторная значимость для олигосапробов составляет 1, для  $\beta$ -мезосапробов – 2, для  $\alpha$ -мезосапробов – 3, для полисапробов – 4. Р. Пантле и Г. Букк для расчета индекса сапробности предложили использовать относительные показатели обилия (1 балл – случайные находки, 3 балла – частая встречаемость, 5 баллов – массовое развитие) (Д.М. Безматерных, 2007; В.К. Шитиков, 2003; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; R. Pantle, 1955). В. Следечек преобразовал модификацию Р. Пантле и Г. Букка введя более дробные значения относительного обилия (от 1 до 9 баллов) и более расширенную классификацию зон сапробности и значений индекса сапробности для наиболее загрязненных (эусапробных) вод от 4.51 до 8.5, а для чистых (ксеносапробных) вод от 0 до 0.5 (А.С. Боголюбов, 1997; А.М. Сибатуллина, 2009; V. Sládeček, 1965, 1973). Но метод Пантле-Букка в модификации В. Следечека требует сбора и обработки количественных проб и определения животных до вида (А.С. Боголюбов, 1997; В.К. Шитиков, 2003). Н.А. Дзюбан и С.П. Кузнецова считают, что наименьшие искажения будут, если использовать вместо относительной численности фактическое количество особей и предложили свою модификацию индекса Пантле-Букка и выделялись зоны сапробности: ксеносапробная при значении индекса сапробности менее 1, олигосапробная – от 1 до 2;  $\beta$  – мезосапробная – от 2 до 3,  $\alpha$  – мезосапробная – от 3 до 4, полисапробная – более 4 (В.К. Шитиков, 2003). С.Г. Николаев в своей модификации метода Пантле – Букка для малых и средних рек Европейской России предложил осуществлять качественные сборы беспозвоночных со всех донных субстратов водных объектов и определение их до родов или семейств. По С.Г. Николаеву водные объекты делятся на 6

классов по качеству: 1 – очень чистые (ксеносапробные), 2 – чистые (олигосапробные), 3 – умеренно загрязненные (β-мезосапробные), 4 – загрязненные (α-мезосапробные), 5 – грязные (β-полисапробные), 6 – очень грязные (α-полисапробные). Данный метод чувствителен только к сильным загрязнениям и его рекомендуется применять только к водотокам, поскольку в стоячих водоемах большинство использованных индикаторных таксонов не встречаются вообще (М.В. Чертопруд, 1999). Метод С.Г. Николаева использовался в геоэкологическом мониторинге Московской, Тульской, Владимирской, Орловской, Брянской и Рязанской областями (Оценка экологического состояния ..., 2011).

Из всех модификаций метода измерения сапробности Пантле-Букка наиболее разработанной системой является модификация В. Сладечека и в настоящее время часто используется в биоиндикационных исследованиях (Д.М. Безматерных, 2003; И.Ю. Иванова, 2009; М.В. Маюрова, 2004).

М.В. Чертопруд в своей модификации предлагает использовать индикаторные таксоны рангом выше видового. М.В. Чертопруд, проведя мониторинг на 245 малых реках центра Европейской России, составил свой список индикаторных организмов, для каждого из которых определил индивидуальную сапробность и индикаторный вес. Значения индекса сапробности в модификации М.В. Чертопруда изменяются от 0.5 до 4 и могут характеризоваться общепринятыми терминами (0 - ксено-, 1 - олиго-, 2 - β-мезо-, 3 - α-мезо-, 4 - полисапробная зоны) (М.В. Чертопруд, Том 29, №3, 2002; В.К. Шитиков, 2003). Основным достоинством модификации М.В. Чертопруда является независимость индекса сапробности от размера пробы и количества обнаруженных видов, не оценивает таксономическое разнообразие, но при сборе маленьких проб, содержащих менее пяти индикаторных таксонов, явно уменьшается точность оценки сапробности. В своих работах М.В. Чертопруд показывает влияние типа и гидрологических особенностей водного объекта на показатель сапробности. Данный метод наиболее эффективен по сравнению с другими методами биоиндикации применительно к водным объектам центра Европейской России (М.В. Чертопруд, 2002, Том 29, №3).

Система сапробности водных объектов во всех ее модификациях оценивает концентрацию нетоксичных органических соединений, в первую очередь через изменения кислородного режима. Загрязнения смешанной органической и неорганической природы, токсичными веществами остаются неучтенными, что снижает объективность оценки состояния водных объектов (И.Ю. Иванова, 2009; Г.С. Розенберг, 2005; И.А. Шадрин, 2004).

### **Оценка качества водных объектов по соотношению крупных таксонов**

Помимо системы сапробности индикация уровня загрязнения водных объектов также осуществляется по показательным организмам и их видовому разнообразию. Разработано значительное количество индексов, характеризующих санитарное состояние водного объекта. К таким индексам относятся: индекс Гуднайта-Уитлея (показательная группа организмов – олигохеты), индекс Пареле (олигохеты), индекс загрязнения бытовыми и промышленными стоками Д.Л. Кинга и Р.С. Болла (олигохеты), индекс И.К. Тодераша (олигохеты и хирономиды), индекс Е.В. Балушкиной (хирономиды) (А.И. Баканов, 1999; Д.М. Безматерных, 2007; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; М.В. Чертопруд, 1999; В.К. Шитиков, 2003; С.Л. Goodnight, 1961; D.L. King, 1964). Недостатками индексов этой группы является определение показательных организмов до вида, что значительно увеличивает трудоемкость при получении информации о состоянии водной среды.

### **Оценка качества водных объектов по показательным организмам**

Р. Патрик, В. Бекк, Т. Бик, Ф. Вудивисс (индекс р. Трент), Грехэм, Чандлер, Майер разработали биотические индексы, в основе которых также используются организмы-индикаторы. Эти организмы объединяются в группы по степени выносливости к загрязнению. Наиболее часто используется индекс Ф. Вудивисса. Этот индекс объединяет два параметра: видовое разнообразие и наличие организмов, принадлежащих к индикаторным группам. В индикаторную группу включаются организмы с одинаковой степенью сапробности. Достоинство данного метода заключается в легкости идентификации организмов, не требует больших материальных затрат, дает высокую воспроизводимость результатов. Верно и Тюффи модифицировали систему Вудивисса для рек Франции, на основе системы Вудивисса разработан и применяется как самостоятельный метод Бельгийский биотический индекс (ВБИ) (А.И. Баканов, 2000; Д.М. Безматерных, 2007; А.А. Протасов, 2007; Г.С. Розенберг, 2010; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; В.П. Семенченко, 2004; А.М. Сибатуллин, 2009; В.Д. Федоров, 2004; М.В. Чертопруд, 1999; В.К. Шитиков, 2003; Т.В. Беак, 1959, 1964; W.M. Beck, 1955; L.A. Bervoets, 1989; N. DePauw, 2001; G. Friedrich, 1992; D. Gheleu, 2011; R.K. Jonson, 1995; F. Mayer, 1986; J.L. Metcalfe, 1989; R. Patrick, 1950; J. Verneaux, 1967; F.S. Wooddivis, 1964). Биотические индексы имеют географическую приуроченность, индицируют не все виды загрязнения (А.И. Баканов, 2000; Т.П. Липинская, 2011; В.Д. Федоров, 2004; В.К. Шитиков, 2003; В.Ф. Шуйский, 2002). Основным недостатком этих индексов является объединение в индикаторные группы видов с разными требованиями к среде (В.Ф. Шуйский, 2002). В. Сладчек в своей работе отмечал, что биотические индексы не вносят ничего принципиально нового в биоиндикационные исследования в отличие от системы

сапробности, поскольку видовое разнообразие в этих индексах используется в усеченном виде (V. Sládeček, 1973).

В свете сказанного универсального метода биоиндикации не существует, исследователь выбирает сам схему исследований исходя из конкретной цели и опираясь на свой опыт научно-исследовательской деятельности.

#### 1.4 Методы биотестирования

Информация, полученная методами биоиндикации, может быть использована при корректировке нормативов ПДК, при выборе зоны применения биотестирования или при определении природоохранной стратегии. Такая информация свидетельствует об уже произошедших изменениях в экосистеме под воздействием каких-либо факторов (Г.Г. Матишов, 2003; А.В. Макрушин, 1974; И.И. Томилина, 2004; О.Ф. Филенко, 2007, 2007 №6; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; N. Ramakrishnan, 2003). Регистрация же ранних нарушений осуществляется методами биотестирования, поскольку нарушения в живых организмах могут происходить до появления регистрируемых параметров, как техническими средствами, так и методами биоиндикации (Е.Л. Воробейчик, 1994; Ф.В. Гордеева, 2010; А.А. Загреков, 2007; В.А. Терехова, 2007; 2009, №11; 2009, №3; О.Ф. Филенко, 2007, 2007, №6; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; P. Schroeder, 2000). Методами биотестирования осуществляется регистрация изменений биологически значимых показателей живых организмов в контролируемых лабораторных условиях с целью определения степени токсического действия неблагоприятных факторов среды (Т.И. Моисеенко, 2010).

С 80-х годов XX века начали широко применять биотестирование в научных и прикладных исследованиях (Е.Н. Бакаева, 2009; А.А. Протасов, 2007; И.В. Чалова, 2007). В биотестировании в качестве тест-объектов могут использоваться биологические системы любого уровня сложности (В.А. Терехова, 2003; O. Franzle, 2003; P. Schroeder, 2000). Выбор тест-объекта должен быть обусловлен распространенностью в природе, чувствительностью к токсическим веществам, возможностью культивации в лабораторных условиях, коротким жизненным циклом (J. Akanksha, 2010; J.W. Feminella, 1999). Перечень тест-объектов достаточно велик и соответственно разработано значительное количество методик. В международной практике для контроля токсичности используются три тест-объекта: зеленая (хлорококковая) водоросль (*Selenastrum capricornutum*), дафния (*Daphnia magna*) и рыба гуппи (*Lebistes reticulatus*) (А.В. Zhylydov, 1994). В России проводят биотестирование с

использованием в качестве тест-объектов зеленые водоросли (сценедесмус (*Scenedesmus quadricauda* Turp. Breb.) и хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer.)) ракообразных (дафний (*Daphnia magna* Straus.) и цериодафний (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg)), простейших (инфузории (*Paramecium caudatum* Egenberg.)) (Методические указания по разработке нормативов качества воды ..., 2009; В.А. Терехова, 2003; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007).

Под влиянием антропогенных факторов могут регистрироваться биохимические, генетические, морфологические, физиологические, биофизические, иммунологические изменения тест-объектов. Это так называемые тест-функции, которые используются для оценки токсичности на различных уровнях биологической организации (И.В. Чалова, 2007; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007). Однако наличие токсикантов в воде еще не означает токсичность. Токсические вещества должны быть биологически доступны, и только биологические тест-системы способны это выявить (Биоиндикация и биотестирование ..., 2005; Н.Н. Немова, 2004; В.А. Терехова, 2003; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; О. Franzle, 2003; P.D. Hansen, 2003).

Первичным критерием при оценке действия токсикантов на гидробионтов является смертность (летальность). Различают минимальную смертельную (летальную) концентрацию токсиканта ( $LC_0$ ), среднюю ( $LC_{50}$ ) и максимальную смертельную концентрацию токсиканта ( $LC_{100}$ ). Высокие концентрации вызывают острую интоксикацию, приводящую к гибели гидробионтов за короткое время. В случае невысоких и средних концентраций токсикантов развитие интоксикации происходит в три этапа: стимуляция, депрессия и гибель. В зависимости от продолжительности биотестов и их цели выделяют: экспресс-методы или острые токсикологические опыты (продолжительность 24 ч или 48 ч), служащие для выявления самого факта токсического загрязнения, и хронические опыты (продолжительность 72 ч и 96 ч), с помощью которых выявляют возможные биологические и экологические последствия воздействия токсических веществ (Биологические методы исследования водоемов в Финляндии, 2006; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; О. Franzle, 2003; G. Friedrich, 1992). Обязательным условием проведения всех методов биотестирования является регулярная оценка качества тест-культур (В.А. Терехова, 2003).

Достоинствами методов биотестирования являются скорость, возможность моделирования условий при проведении тестов, а также повторяемость и сопоставимость результатов за счет определенной устойчивости тест-организма к токсичным веществам в стандартных условиях проведения теста (Биологические методы исследования водоемов в Финляндии, 2006; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; О. Franzle, 2003).

Биотестирование может применяться для оценки потенциальной опасности веществ, в целях скрининга и нормирования веществ, поступающих в водный объект, оценки степени



токсичности веществ неизвестного состава, а также определения степени разведения сточных вод до биологически и экологически безвредных уровней. Таким образом, биотестирование выполняет функцию тактического контроля происходящего загрязнения (Биологические методы исследования водоемов в Финляндии, 2006; Биотестирование и биоиндикация ..., 2005; Е.А. Горбачева, 2005; И.Ю. Иванова, 2009; Т.И. Моисеенко, 2010; В.А. Терехова, 2009, №11; 2009, №3; И.И. Томилина, 2000, 2004; О.Ф. Филенко, 2007, 2007, №6; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; И.В. Чалова, 2007).

Недостатком методов биотестирования является возможность маскировки токсиканта компонентами среды, на которой культивируется тест-объект. К тому же при выборе тест-объекта и тест-функции необходимо руководствоваться целью исследования, поскольку универсальной методики биотестирования не существует (Б.П. Тушков, 2004; О.Ф. Филенко, 2007, 2007, №6; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007).

В странах Европы методы биоиндикации и биотестирования входят в систему государственного мониторинга водных объектов. В нашей стране эти методы не получили обязательного применения при проведении мониторинга и осуществляются только по заказам. В государственный мониторинг водных объектов входят гидрохимические исследования, осуществляемые Росгидрометом, а также химические и микробиологические исследования, проводимые Роспотребнадзором и Росприроднадзором (Б.В. Адамович, 2008; Е.А. Горбачева, 2005; Оценка экологического состояния ..., 2011; Т.А. Прохода, 2010; P. Carsten von der Ohe, 2007).

Итак, биологические методы анализа позволяют получить объективную оценку качества водной среды посредством реакции живых организмов на комплексное воздействие факторов различной природы. В отличие от химико-аналитических исследований, которые показывают лишь наличие определённых концентраций загрязнителей, биотические показатели могут дать информацию о возможных структурно-функциональных изменениях в экосистемах, о состоянии организмов и степени приемлемости воздействий для сохранения разнообразия форм жизни (В.А. Терехова, 2009, №11; 2009, №3). К тому же, еще одним преимуществом биологических методов является их достаточная простота в исполнении, многие из них экспрессны, дешевы и позволяют вести постоянный контроль качества среды (С.Ф. Лихачев, 2012).

Исходя из того, что общепризнанной единой системы биологического анализа качества вод с целью решения конкретных задач не существует, схема исследования составляется в зависимости от конкретной цели. В связи с этим оценка экологического состояния водных

объектов г. Тула осуществлялась методами биоиндикации (оценка сапробности) и биотестирования, а также производилась оценка биоразнообразия гидробионтов (протистофауны и макрозообентоса). Использование данных методов позволяет решать следующие задачи: оценка уровня загрязнения органическими веществами и продуктами их распада, а также токсичными веществами; выявление в водных объектах различных процессов (ацидификации и токсификации, эвтрофирования и самоочищения). Методы биоиндикации и биотестирования взаимодополняют друг друга, повышая надежность оценки качества среды, поскольку методы биотестирования выполняют функции тактического контроля, а методы биоиндикации выявляют уже произошедшие изменения под воздействием негативных факторов (О.Ф. Филенко, 2007, №6; В.А. Терехова, 2009, №11; 2009, №3). Таким образом, методы биодиагностики, включающие биоиндикацию и биотестирование, позволяют осуществлять наблюдения, оценку и прогноз состояния водных объектов (Д.М. Безматерных, 2007).

## ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследования были выбраны следующие водоемы и водотоки г. Тула: р. Упа; р. Воронка; р. Тулица; Комаркинский и Клоковский ручьи; озеро Кулик. На главных водных объектах: р. Упа и р. Воронка, а также оз. Кулик проводился долгосрочный мониторинг; на р. Тулица, Комаркинском и Клоковском ручьях – краткосрочный мониторинг. На водных объектах установлены створы исследования. Створом исследования является участок водного объекта в рамках условного поперечного сечения, на котором производятся исследования состояния поверхностной воды и донных отложений. Створы исследования на водном объекте устанавливаются с учетом гидрометеорологических и морфологических особенностей водного объекта, а также в зависимости от расположения источников загрязнения (РД 52.24.633-2002).

Выбор данных водных объектов основывается на следующих фактах. Малые реки наиболее оптимально подходят в качестве модельных объектов исследования, поскольку достаточно чувствительны к антропогенным воздействиям.

В черте г. Тула протекает одна основная водная артерия – р. Упа, относящаяся к малым водотокам. В береговой зоне р. Упа сконцентрировано значительное количество промышленных предприятий (более 12). Река Упа является приемником сточных вод данных предприятий.

Река Упа имеет ряд притоков первого порядка (в частности, р. Воронка, р. Тулица, Клоковский ручей) и второго порядка (в частности, Комаркинский ручей), которые аккумулируют в себе значительное количество загрязнителей, поступающих с промышленными сточными водами, и являются, по сути, еще одним источником загрязнения р. Упа.

Озеро Кулик, напротив, не является приемником сточных вод, однако испытывает антропогенное воздействие от несанкционированной свалки ТБО, расположенных как в водоохраной зоне, так и за ее пределами. В данном случае интерес исследования озера вызван тем, что данный водоем стоячий и на него оказывается другой вид воздействия – не промышленные сточные воды, а влияние ТБО.

## 2.1. Географические, экологические и гидрологические особенности

**2.1.1. Река Упа** берет начало в районе села Верхоустье, протекает в пределах Тульской области и впадает с правого берега в р. Ока на 1196 км (бассейн р. Волга). По данным Тульского Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) ее длина составляет 345 км, водосборная площадь 9 510 км<sup>2</sup>. Ширина водотока до 60 м, наибольшая глубина 6 м, преобладающие глубины 2-4 м.

Мониторинг данного объекта проводился в черте г. Тула. Назначены створы исследования (сверху вниз по течению):

- створ исследования №1 располагается в зоне разбавления сточных вод ОАО «Тулачермет»;
- створ исследования №2 – в районе выпуска дренажных вод с кафе на набережной;
- створ исследования №3 – в районе выпуска сточных вод ОАО «Тульский оружейный завод», в 10 м выше по течению от автомобильного моста на ул. Мосина;
- створ исследования №4 в зоне разбавления сточных вод ОАО «Туласахар»;
- створ исследования №5 – ниже по течению от перечисленных створов (рисунок 1).

Фоновый створ на р. Упа располагается выше всех створов исследования в д. Нижние Присады Ленинского района Тульской области. На данном участке река имеет ширину около 10 м, глубину до 2 м, скорость течения низкая. Берега пологие, поросшие деревьями и кустарником. В 50 м ниже по течению от места отбора проб располагается мост и проселочная дорога.

Бассейн р. Упа расположен в равнинной, слегка волнистой местности, рассеченной долинами малых притоков, широкими ложбинами и оврагами. В верхней части бассейна местность открытая, в средней и нижней частях залесена.

Грунты берегов илистые, глинистые, частично галечные. Рельеф дна – котлованный; грунты: песчаные, глинистые, галечные, илистые, преобладают глинистые; состояние дна – каменистые гряды, задевы. Долина реки на всем протяжении хорошо выражена, большей частью пойменная, асимметричная, слабо меандрирующая (по фондовым материалам Тульского областного отдела ФГБУ «Центррыбвод»).

Основными притоками являются реки: Уперта, Деготня, Шиворона, Шат, Сежа, Бежка, Тулица, Воронка, Волоть, Непрейка, Песочня, Упка, Рысня, Волхона, Дубна, Колодня, Глутня, Солова, Плава, Ватца, Большая Мизгея.

Река Упа относится к европейскому типу равнинных рек. В ее режиме преобладает снеговое питание при второстепенной роли дождевого и, в незначительной степени, грунтового питания. На реке четко выражено весеннее половодье, низкая летне-осенняя межень, небольшие редкие дождевые паводки и продолжительная зимняя межень.

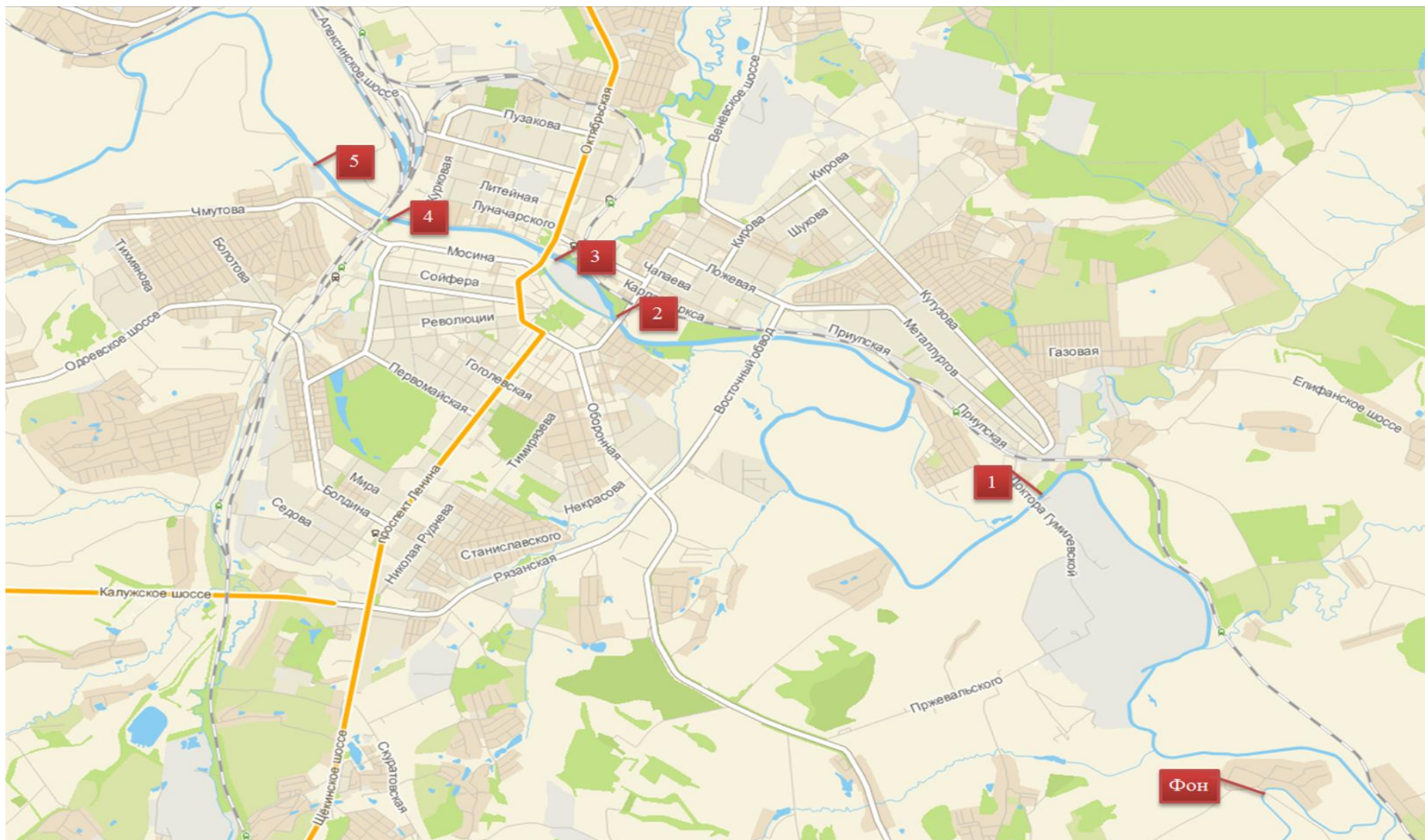


Рисунок 1 – Карта-схема р. Упа г. Тула (1, 2, 3, 4, 5, фон – створы исследования).

По данным Тульского ЦГМС подъем уровней воды с началом весенних процессов происходит быстро и интенсивно, это наблюдается обычно в начале 3-ей декады марта. Средняя дата максимума уровней относится к началу апреля. Летне-осенняя межень устанавливается обычно в начале мая, заканчивается в октябре – начале ноября. Колебания уровней в этот период незначительны, что объясняется малым количеством осадков и переходом реки в большей степени на грунтовое питание. Зимняя межень обычно устойчивая, характеризуется незначительными колебаниями уровней. Наиболее низкие уровни отмечаются в период интенсивного ледообразования (конец ноября – начало декабря).

По фондовым материалам гидробиологических исследований, проведенных Псковской лабораторией ГосНИОРХ (2007 г.) кормовая база р. Упа не богата ни видовым разнообразием, ни количеством (ФГУП «ВНИРО», ФГУ «Центррыбвод», 2007).

По фондовым материалам Тульского областного отдела ФГБУ «Центррыбвод» и ФГБУ «Центррыбвод» (г. Тверь) в ихтиофауне данного водотока преобладает комплекс рыб с весенне-летним нерестом и представлен в основном семействами карповых (*Cyprinidae*) и окуневых (*Percidae*) видов рыб. Наиболее многочисленными в р. Упа являются: плотва, укляя, лещ, верховка, густера, судак, ерш, окунь, щука, язь. Также встречаются сазан, карп, налим, ротан, голавль, стерлядь, судак и другие виды рыб, в том числе заходящие на нерест и нагул из р. Ока. Рыбопродуктивность р. Упа составляет около 60-80 кг/га (средне-кормный водный объект). Основное назначение водного объекта – хозяйственно-бытовое водоснабжение населенных пунктов и сельскохозяйственных целей. Промышленного лова рыбы на р. Упа не ведется (ФГУП «ВНИРО», ФГУ «Центррыбвод», 2007).

**2.1.2. Река Воронка** – является левым притоком р. Упа (бассейн р. Волга), впадает на 207,2 км от устья р. Упа. Общая протяженность реки составляет 25 км, водосборная площадь 150 км<sup>2</sup>, максимальная ширина реки составляет 7 - 8 м, преобладающая ширина – 2 - 3 м. Средняя глубина составляет 1,5-2 м, наибольшая – 5 м (по данным Тульского ЦГМС).

Мониторинг данного водотока проводился в черте г. Тула. Были назначены створы исследования (сверху вниз по течению):

- створ исследования №6 располагается в районе населенного пункта Нижняя Китаевка;
- створ исследования №7 – в зоне разбавления сточных вод ЗАО «Тулатехмаш», в поселке Лихвинка;
- створ исследования №8 – в зоне разбавления сточных вод ТУЦ «Сарафан»;
- створ исследования №9 – в 20 м выше впадения в р. Упа (рисунок 2).

Фоновый створ на р. Воронка расположен на пересечении улиц Речная и Железнодорожная в микрорайоне Косая Гора, г. Тула. На данном участке река зарегулирована

плотиной. Ширина реки на данном участке до 200 м, глубина до 5 м. Берега пологие, на них располагается лес.

Бассейн реки расположен в равнинной, слегка волнистой местности, которая разрезана малыми притоками. В верхней и средней части бассейна имеются леса, пастбища, луга. В нижнем течении река протекает в черте г. Тула. Долина реки довольно широкая, русловые берега р. Воронка крутые, местами обрушенные, сравнительно высокие до 3 м. По обоим берегам есть выходы грунтовых вод. Пойма реки двухсторонняя, узкая, местами отсутствует. Русло реки слабоизвилистое, неразветвленное. Грунты берегов глинистые, гравелистые. Рельеф дна ровный, местами волнистый, встречаются пни, задевы. Преобладающие грунты дна глинистые. Гидрологический режим р. Воронка слабо изучен.

По фондовым материалам Тульского областного отдела ФГБУ «Центррыбвод» и ФГБУ «Центррыбвод» (г. Тверь) ихтиофауна представлена следующими видами рыб: щука, плотва, карп, окунь, уклея, налим, пескарь, карась.

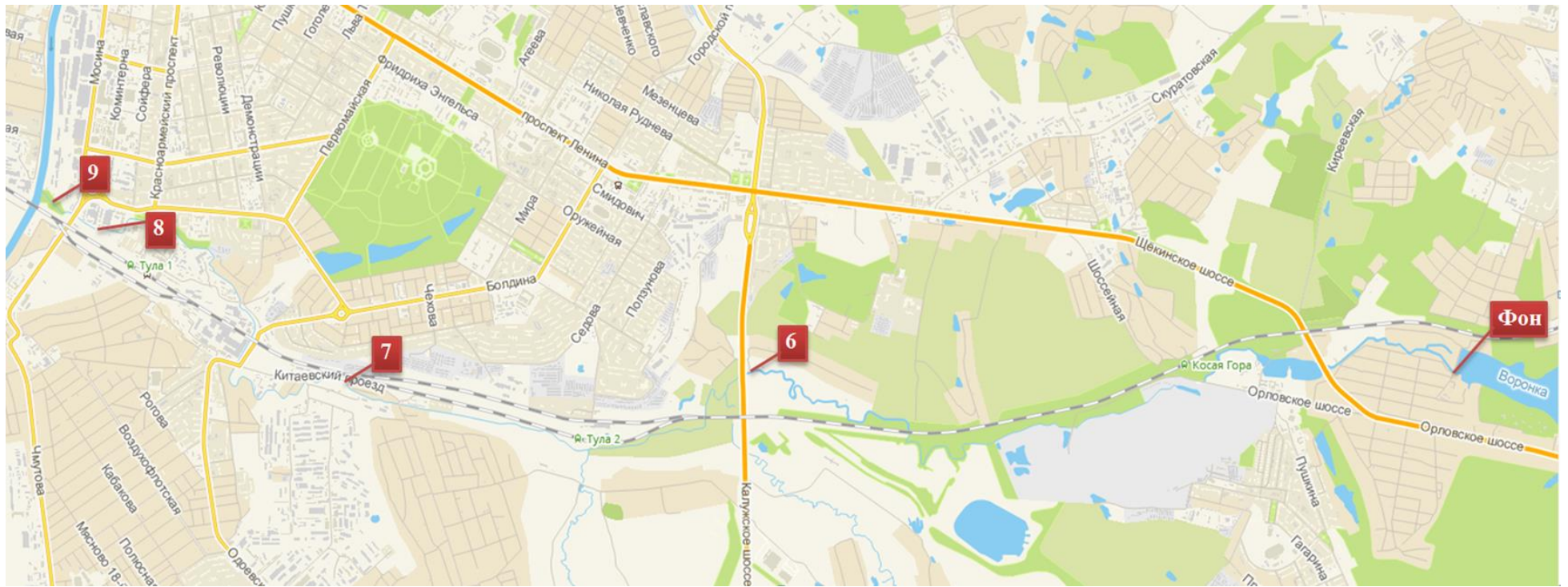


Рисунок 2 – Карта-схема р. Воронка г. Тула (6, 7, 8, 9, фон – створы исследования).



**2.1.3. Река Тулица** берет свое начало у поселка Ревякино Ясногорского района и впадает в р. Упа с правого берега на 210 км в черте г. Тула. Общая протяженность реки составляет 41,0 км, ширина до 11 м, наибольшая глубина – 2 м, преобладающие глубины – 0,6 м.

Мониторинг р. Тулица проводился в створе исследования №1 – в зоне влияния промышленных сточных вод ОАО «Тульский патронный завод» (рисунок 3).

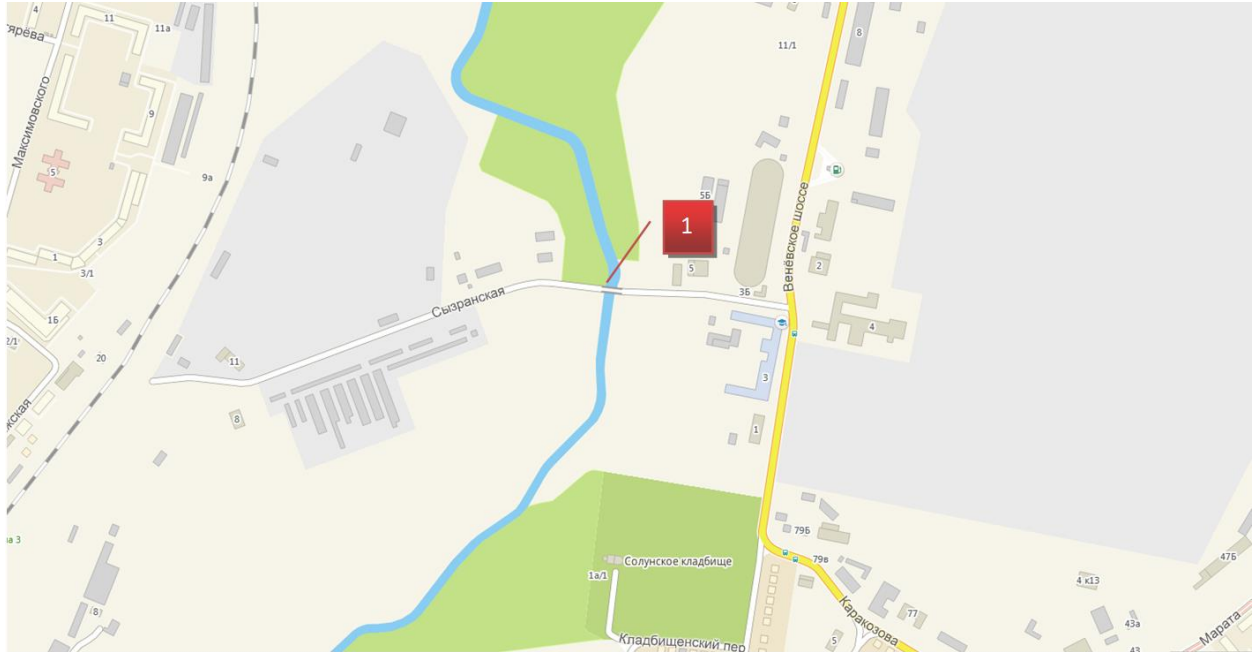


Рисунок 3 – Карта-схема р. Тулица, г. Тула (1– створ исследования р. Тулица).

Характер рельефа водосборной площади р. Тулица разнообразен, в основном, поверхность представляет собой волнистую равнину, изрезанную балками и оврагами. Растительность бассейна представлена деревьями и кустарниками, луговыми травами и разными сельскохозяйственными культурами.

По фондовым материалам Тульского областного отдела ФГБУ «Центррыбвод» и ФГБУ «Центррыбвод» (г. Тверь) р. Тулица пойменная, пойма двусторонняя, местами, заросшая кустарником, деревьями. Ширина правой поймы не более 100 м. Грунты берегов каменистые, илистые, глинистые. Рельеф дна – котлованный; грунты: илистые, каменистые, глинистые, преобладают илистые, каменистые. Дно заилено. Гидрологический режим р. Тулица слабо изучен. Ихтиофауна р. Тулица представлена: плотва, окунь, уклея, щука, ротан, голянь, голец, пескарь, карась, карп.

**2.1.4. Комаркинский ручей** является левым притоком р. Тулица (бассейн р. Упа). Общая протяженность составляет 3,8 км. Преобладающая ширина ручья составляет 0,9 м.

Средняя глубина составляет 0,13 м, наибольшая 0,21м. Скорость течения средняя 0,29 м/с, максимальная 0,42 м/с (по данным Тульского ЦГМС).

На данном водотоке были назначены створы исследования:

- створ исследования №1 располагается в зоне выпуска сточных вод ФГУП ГНПП «Сплав»;
- створ исследования №2 – в зоне выпуска сточных вод ОАО «Тульский комбайновый завод»;
- створ исследования №3 – в зоне объединения выпусков сточных вод вышеуказанных промышленных предприятий;
- створ исследования №4 – ниже выпусков сточных вод промышленных предприятий (рисунок 4).

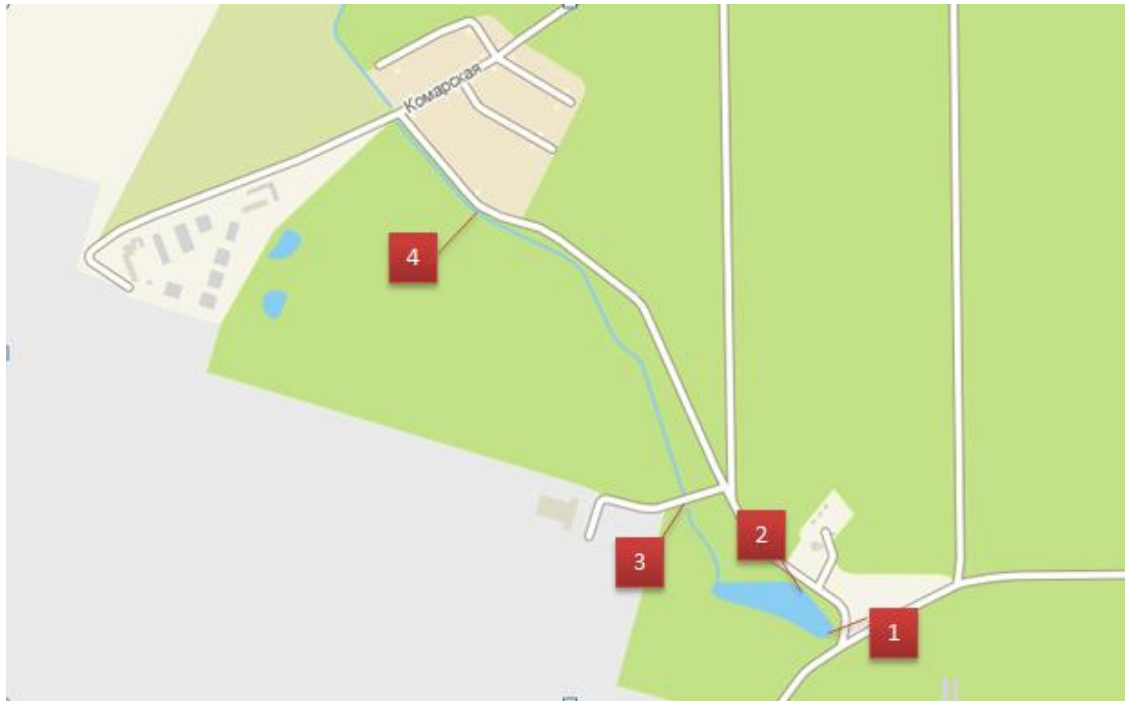


Рисунок 4 – Карта-схема Комаркинский ручей, г. Тула (1,2,3,4 – створы исследования Комаркинского ручья).

Рельеф местности, на которой расположен Комаркинский ручей волнистый, с развитой овражно-балочной сетью. Долина ручья практически не выработана. Русло ручья извилистое, берега низкие, преимущественно открытые, встречаются отдельные деревья и кустарники. Грунты берегов глинистые, с включениями гравия. Дно илистое, гравелистое.

Актуальность мониторинговых исследований и оценки экологического состояния Комаркинского ручья обусловлены тем, что он находится в непосредственной близости к населенным пунктам. Так, исток Комаркинского ручья находится в поселке Комарки, в котором отсутствует централизованное водоснабжение, а единственным источником водоснабжения

является колодец, расположенный на расстоянии 2 м от уреза воды ручья (Н.П. Булухто, 2012, Т. XIX, №1; 2012, №2).

**2.1.5. Клоковский ручей** протекает по территории г. Тула и Ленинского района Тульской области. Ручей является правым притоком р. Упа. Берет свое начало в поселке Клоково, в 7 км выше по течению от устья р. Тулица и впадает в р. Упа на 217 км. Общая протяженность ручья составляет 4,05 км, ширина в исследуемом створе до 0,9 м, наибольшая глубина – 0,7 м. Дно заилено, замусорено (по фондовым материалам ФГБУ «Центррыбвод»).

Створ исследования №1 поверхностной воды и донных отложений располагался в зоне выпуска сточных вод ЗАО «Тулаэлектропривод» (рисунок 5). Исследуемый участок ручья находится в поселке Плеханово Ленинского района. В данном створе берега ручья крутые, преимущественно открытые; у уреза воды поросли кустарниковой растительностью и отдельно стоящими деревьями. На левом берегу располагаются частные дома в 50-100 м от уреза воды. На правом берегу, в водоохраной зоне, располагается ЗАО «Тулаэлектропривод» (В.Л. Домнина, 2014).



Рисунок 5 – Карта-схема Клоковский ручей, Тульская область (1 – створ исследования.)

Правый берег Клоковского ручья более крутой, чем левый. Вдоль ручья произрастает кустарник и отдельно стоящие деревья. Рельеф местности, на которой расположен Клоковский ручей, волнистый.

### 2.1.6. Озеро Кулик

Исследуемое озеро расположено в районе ул. Малая Кулига (г. Тула), неподалеку от аэродрома. Зеркало озера имеет вытянутую форму с запада на северо-восток. С южной стороны, неподалеку от озера располагаются гаражи и несанкционированная свалка, на северо-востоке располагается заброшенная лодочная станция, а на севере – аэродром. Озеро имеет естественное происхождение, водоснабжение его осуществляется за счет грунтовых вод и атмосферных осадков. Протяженность озера 425 м, ширина до 33 м, глубина до 0,7 м, дно заилено. Зарастаемость водоема до 50%. Преобладающая растительность: рогоз, камыш, осок, элодея. По берегам произрастает кустарник и деревья (рисунок 6). Кормовая база и ихтиофауна данного водного объекта не изучена.

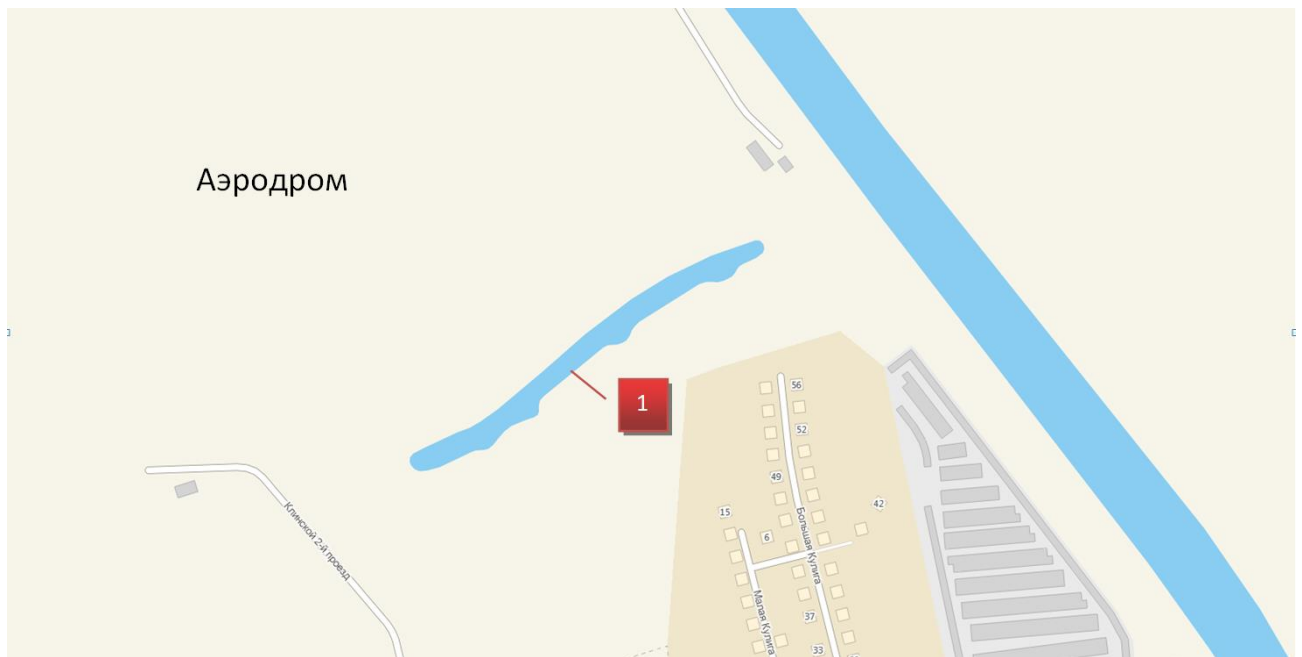


Рисунок 6 – Карта-схема озеро Кулик (1 – створ исследования).

## 2.2. Методы исследований

В данной работе использованы стандартные методики гидробиологических исследований.

Отбор, транспортировка и хранение проб воды и донных отложений для биоиндикации и биотестирования производился согласно ГОСТ Р 51592-2000, НВН 33-5.3.01-85, ПНД Ф 12.15.1-08. Отлов многоклеточных животных производился общепринятым способом с помощью гидробиологического сачка; отбор проб поверхностной воды, сточных вод и донных отложений осуществлялся металлическим пробоотборником.

Отбор протистофауны оз. Кулик проводился в 1 створе исследования с 2005 по 2009 гг., р. Упа – в 3 створах исследования с 2007 по 2009 гг. Пробы поверхностной воды отбирались три раза в месяц, а с ноября по февраль два раза в месяц. Отлов макрозообентоса производился в полевой сезон 2011 г., с периодичностью два раза в месяц с мая по сентябрь. На р. Упа установлено 5 створов исследования, на р. Воронка – 4 створа. На водных объектах: р. Тулица, Комаркинский и Клоковский ручьи проводился краткосрочный мониторинг и пробы отбирались один раз.

Химико-аналитические исследования проводились лабораторией Всероссийской общественной организации «Зеленый Патруль», а также ФГУ «ЦЛАТИ по ЦФО». С нашей стороны проведен анализ этих протоколов на предмет соответствия нормативным документам (Методические указания по разработке нормативов качества воды ..., 2009; Нормативы качества воды ..., 2010; Р 52.24.756 – 2011).

Микроскопические исследования проводили при помощи стандартных микроскопов - микроскоп МИКМЕД-1 вариант 2 (Биолам Р-15), микроскоп стереоскопический биологический универсальный МБС-1, увеличение (3,3 – 8)х по ТУ 3-3-1210-75. В качестве подкормки для простейших использовался сенной отвар. Все обнаруженные формы простейших зарисовывали.

Для определения простейших-гидробионтов использовался определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (Определитель пресноводных беспозвоночных ..., 1977) для определения макрозообентоса – определитель пресноводной фауны (Определитель пресноводных беспозвоночных России..., Т.1; Т.2; Т.3; Т.5; Т.6; Е.М. Хейсин, 1951). Такие таксономические группы макрозообентоса как хирономиды и олигохеты не учитывались при исследовании.

Для оценки видового разнообразия протистофауны и макрозообентоса исследуемых водных экосистем использовался индекс Шеннона. Достоинство данного индекса заключается в оценке степени разнообразия каждого биоценоза в отдельности (Г.С. Розенберг, 2010).

$$H = \sum_{i=1}^n p_i * \log_2 p_i, \quad (1)$$

где  $p_i$  – доля особей  $i$ -го вида в генеральной совокупности, определяемая по доли вида в выборке как  $p_i/N$ .

Значения этого индекса обычно варьируют в пределах от 1,5 до 3,5. С увеличением числа видов в сообществе значение индекса Шеннона ( $H$ ) возрастает.

Для сравнения видовых составов протистофауны, а также макрозообентоса двух различных участков и определения степени их сходства был использован коэффициент Жаккара, который рассчитывался по формуле (Э. Мэгарран, 1992):

$$C_j = \frac{j}{(a + b - j)}, \quad (2)$$

где  $C_j$  – коэффициент Жаккара,

$j$  – число общих видов для участков А и В,

$a$  – число видов на участке А,

$b$  – число видов на участке В.

При  $C_j > 1$  – полное сходство, при  $C_j < 1$  – есть различия.

Величина  $\beta$ -разнообразия вычислялась через коэффициент Жаккара по формуле (Э. Мэгарран, 1992):

$$\beta = (a + b) \cdot (1 - C_j), \quad (3)$$

где  $\beta$  – коэффициент  $\beta$ -разнообразия

$a$  – число видов в квадрате А,

$b$  – число видов в квадрате В,

$C_j$  – коэффициент Жаккара.

Коэффициент вариации определялся через среднее квадратичное отклонение (Г.Ф. Лакин, 1990):

$$C_v = \frac{S_x \cdot 100\%}{x_{cp}}, \quad (4)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{cp})^2}{(n - 1)}},$$

где  $C_v$  – коэффициент вариации,

$S_x$  – среднее квадратичное отклонение,

$x_{cp}$  – среднее значение варианты,

$x_i$  – значение варианта,

$n$  – количество вариантов.

Доминирующие виды простейших определялись с помощью расчета индекса доминирования Палия – Ковнацки (В.Ф. Палий, 1961; В.К. Шитиков, 2003; А. Kownacki, 1971):

$$D_i = 100 \cdot p_i \cdot N_i / N_s, \quad (5)$$

$$p_i = m_i / M,$$

где  $D_i$  – индекс доминирования,

$p_i$  – встречаемость,

$N_i$  – относительное количество особей  $i$ -го вида,

$N_s$  – общее относительное количество особей в биоценозе,

$m_i$  – число проб, в которых был найден вид  $i$ ,

$M$  – общее число проб.

Предлагается выделять доминирующие виды в пределах  $10 < D_i < 100$  (В.Ф. Палий, 1961; В.К. Шитиков, 2003; А. Kownacki, 1971).

Для оценки уровней сапробности с помощью простейших использовался расчет индекса сапробности Пантле-Букка в модификации В. Сладечека [А.В. Макрушин, 1978]. Сапробность индикаторных организмов указана в соответствии с Определителем пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР..., 1977 г.

$$S = \Sigma sh / \Sigma h, \quad (6)$$

где  $S$  – индекс сапробности Пантле-Букка в модификации В. Сладечека,

$s$  – индикаторная значимость отдельных видов,

$h$  – относительное количество особей вида.

Количество обнаруженных в пробе особей оценивалось по 5-ти балльной системе: 1 балл – единичные экземпляры, 2 балла – мало (2 – 4 особи), 3 балла – среднее количество (5 – 7 особей), 4 балла – много (8 – 11 особей), 5 баллов – в массе (от 12 особей).

Для оценки уровней сапробности с помощью макрозообентоса использовался расчет индекса сапробности Пантле-Букка в модификации М.В. Чертопруда (М.В. Чертопруд, 2002, Том 29, №3; В.К. Шитиков, 2003).

$$S = \sum_i s_i J_i / \sum_i J_i, \quad (7)$$

где  $S$  – индекс сапробности Пантле-Букка в модификации М.В. Чертопруда,

$s_i$  – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного организма (от 0 до 4);

$J_i$  – индикаторный вес таксона.

Биотестирование воды и донных отложений с использованием равноресничных инфузорий проводилось согласно Методике выполнения измерений «Определение токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum*» (А.А. Рахлеева, 2008).

*Условия проведения биотестирования с использованием парамеций*

- культура *Paramecium caudatum* с плотностью 10 – 15 особей в 0,1 мл культивационной среды
- планшет с лунками объемом 1 мл
- стеклянная микропипетка с «оттянутым» кончиком
- пипетка-дозатор (нужный объем – 0,6 мл)
- стереоскопический микроскоп, например МБС-9, МС-2
- термостат (22 – 24°C)

Для определения токсичности проводится биотестирование исходной исследуемой воды или водных вытяжек и нескольких ее разбавлений.

Определение токсичности каждой пробы без разбавления и каждого разбавления проводится в трех - пяти параллельных сериях. В качестве контроля используется три - пять параллельных серий с культивационной водой.

В ходе биотестирования микроаквариум с лунками помещают на предметный столик стереомикроскопа. В каждую лунку капиллярной пипеткой помещают по 10-12 особей *Paramecium caudatum*. При помещении тест-культуры количество культуральной жидкости в лунке не должно превышать 0,02 мл.

После помещения инфузорий наливают в контрольные лунки по 0,6 мл культивационной воды, в опытные – по 0,6 мл тестируемой пробы. Отмечают время начала биотестирования и подсчитывают под микроскопом количество особей в каждой лунке.

Микроаквариум с заполненными лунками помещают в термостат и выдерживают в течение 24 часа при температуре 22-24 °С. По истечении этого времени производят подсчет выживших и погибших особей под микроскопом. Выжившими считаются инфузории, которые свободно перемещаются в толще воды. Обездвиженных особей относят к погибшим.

Контроль качества результатов измерений в лаборатории при реализации методики осуществляется по ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002.

Расчет показателей токсичности проводят по формуле (А.А. Рахлеева, 2008):

$$A = X_t / X_i * 100, \quad (8)$$

где А – показатель токсичности,

$X_t$  – количество особей *Paramecium caudatum*, погибших в исследуемой пробе через 24 часа,

$X_i$  – исходное количество особей *Paramecium caudatum*.

При определении острой токсичности устанавливают:

- среднюю летальную концентрацию отдельных веществ, вызывающую гибель 50% тест-организмов за 24-часовую;
- безвредную концентрацию отдельных веществ, вызывающую гибель не более 10% тест-организмов за 24 часовую.

Сходство водных объектов, а также створов исследования по показателям таксономического сходства, биоразнообразия, уровню сапробности и токсичности оценивалось методом кластерного анализа при помощи пакета программ «Statistika» 6.0. В кластеризации, проводимой в двухмерном пространстве признаков, формируются классы однородных объектов по заданной мере их близости (А.А. Короткова, 2004). В ходе кластерного анализа исходные



объекты агрегируются в классы ступенчато: наиболее близко расположенные два объекта объединяются и рассматриваются как один кластер. Процесс повторяется до тех пор, пока все объекты не сгруппируются в один кластер. Полученные данные отображаются в виде дендрограммы (А.А. Короткова, 2004; С.Н. Мамонотов, 2009).

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### 3.1. Простейшие водных экосистем г. Тула

#### 3.1.1 Биоразнообразии простейших-гидробионтов

Предварительные обзоры биоразнообразия простейших водоемов и водотоков г. Тула опубликованы нами (Н.П. Булухто, 2011, 2012, №2; В.Л. Буркина, 2009, 2011 с. 41 – 44; В.Л. Домнина, 2014; А.А. Короткова, 2010).

**3.1.1.1. Таксономический состав протистофауны оз. Кулик.** Обнаруженная протистофауна оз. Кулик в черте г. Тула представлена 41 родом: из них 38 родов инфузорий (Тип *Ciliophora*), 2 рода жгутиковых (Подтип *Mastigofora*) и 1 род саркодовых (Подтип *Sarcodina*). Состав и численность протистофауны представлена в приложении Б (таблицы Б.1, Б.2, Б.3). Доминирование инфузорий над другими таксономическими группами протистофауны весьма характерно для пресных водных объектов (В.И. Моравцева, 1988) (таблица 1, рисунок 7).

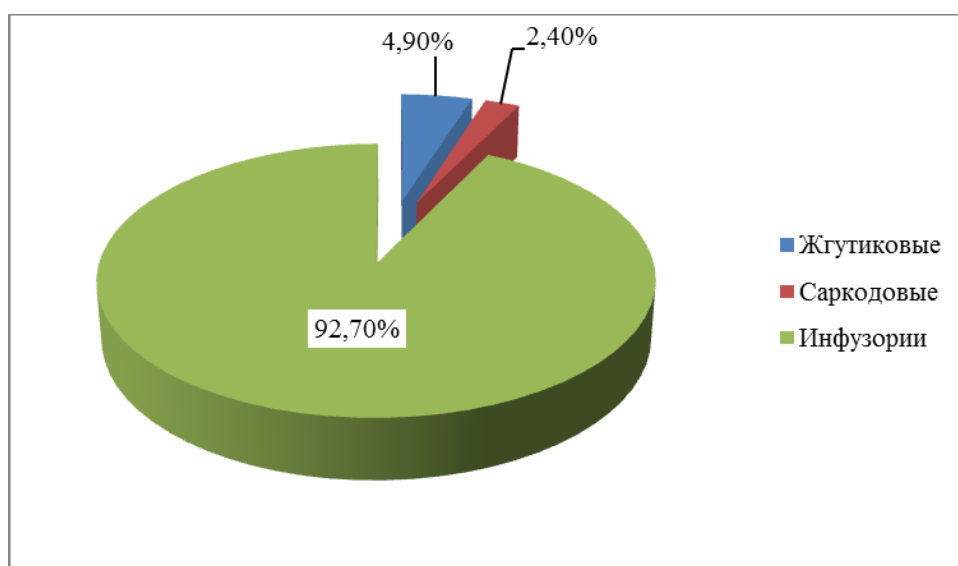


Рисунок 7 – Соотношение систематических групп простейших оз. Кулик (за периоды исследования 2005 – 2006 гг. и 2007 – 2009 гг.).

За период исследования 2005 – 2006 гг. выявлено 23 рода *Protozoa*. С 2005 г. происходило увеличение количества родов инфузорий с 20 до 29 в 2009 г. за счет увеличения количества органического вещества в экосистеме. И достигло к 2008 – 2009 гг. 32 родов

простейших. Значение индекса Шеннона (формула 1) для этих периодов соответственно равно 2,68 и 2,86 (таблица 1).

Таблица 1. Соотношение систематических групп простейших по периодам исследования

Период исследования оз. Кулик	Таксономические группы		Всего родов	Значение индекса Шеннона	
	Тип Саркомастигофоры ( <i>Sarcomastigina</i> )				Тип Инфузории ( <i>Ciliophora</i> )
	Подтип Жгутиковые ( <i>Mastigofora</i> )	Подтип Саркодовые ( <i>Sarcodina</i> )			
оз. Кулик 2005 - 2006	2 (8,7%)	1 (4,3%)	20 (87,0%)	23	
оз. Кулик 2007 - 2008	2 (6,7%)	1 (3,3%)	27 (90,0%)	30	
оз. Кулик 2008 - 2009	2 (6,3%)	1 (3,1%)	29 (90,6%)	32	
<i>Среднее</i>				2,78	

Степень сходства таксономического (родового) состава простейших оз. Кулик оценивалась с помощью коэффициента Жаккара формуле (2). При сравнении протистофауны оз. Кулик за периоды исследования 2005 – 2006 гг. с периодами 2007 – 2008 гг. и 2008 – 2009 гг. отмечено низкое ее сходство (коэффициент Жаккара равен 0,45 и 0,47 соответственно). Однако при сравнении протистофауны оз. Кулик за периоды 2007 – 2008 гг. и 2008 – 2009 гг. выявлено высокое ее сходство (коэффициент Жаккара равен 0,68). Это обусловлено перестройкой протистопланктонной структуры за несколько лет исследований, под воздействием процесса самоочищения (В.И. Лазарева, 2008). Коэффициент вариации указанного признака (формула 4) составляет 24,5%, что позволяет говорить о некоторой степени варьирования коэффициента Жаккара (таблица 2) (Г.Ф. Лакин, 1990).

Таблица 2. Таксономическое сходство протистофауны оз. Кулик (коэффициент Жаккара)

	оз. Кулик 2005 – 2006 гг.	оз. Кулик 2007 – 2008 гг.
оз. Кулик 2007 – 2008 гг.	0,47	-
оз. Кулик 2008 – 2009 гг.	0,45	0,68
<i>Среднее 0,53</i>		
<i>Коэффициент вариации <math>C_v = 24,5\%</math></i>		

На основании расчетов коэффициент Жаккара определяется величина  $\beta$ -разнообразия (формула 3) и коэффициент ее вариации (формула 4). Коэффициент  $\beta$ -разнообразия является более информативным показателем и учитывает два параметра сравниваемых местообитаний –

количество родов и степень сходства таксономического (родового) состава. Величина коэффициента  $\beta$ -разнообразия возрастает по мере увеличения числа родов в двух квадратах и снижении сходства между ними (Э. Мэгарран, 1992).

В данном случае наблюдаются общие закономерности для коэффициента Жаккара и  $\beta$ -разнообразия. Наименьшее значение  $\beta$ -разнообразия (19,8) отмечено для периодов исследования 2007 – 2008 гг. и 2008 – 2009 гг., что свидетельствует о значительном сходстве таксонов, несмотря на их большое количество. Наибольшее же значение этого показателя (30,3) выявлено для периодов исследования 2005 – 2006 гг. и 2008 – 2009 гг., что обусловлено низким сходством таксономического состава простейших. Варьирование указанного признака  $C_v$  незначительно и составляет 21,2% (таблица 3) (Г.Ф. Лакин, 1990).

Таблица 3.  $\beta$ -разнообразие протистофауны экосистемы оз. Кулик

	оз. Кулик 2005 – 2006 гг.	оз. Кулик 2007 – 2008 гг.
оз. Кулик 2007 – 2008 гг.	28,1	-
оз. Кулик 2008 – 2009 гг.	30,3	19,8
<i>Среднее 26,1</i>		
<i>Коэффициент вариации <math>C_v = 21,2\%</math></i>		

**3.1.1.2. Таксономический состав протистофауны р. Упа.** Фауна протистопланктона р. Упа представлена 50 родами: из них 48 родов инфузорий (Тип *Ciliophora*) и 2 рода жгутиковых (Подтип *Mastigofora*). Состав и численность протистофауны представлена в приложении Б (таблицы Б.4 – Б.9). Доминирование инфузорий типично для пресноводных экосистем (В.И. Моравцева, 1988) (рисунок 8).

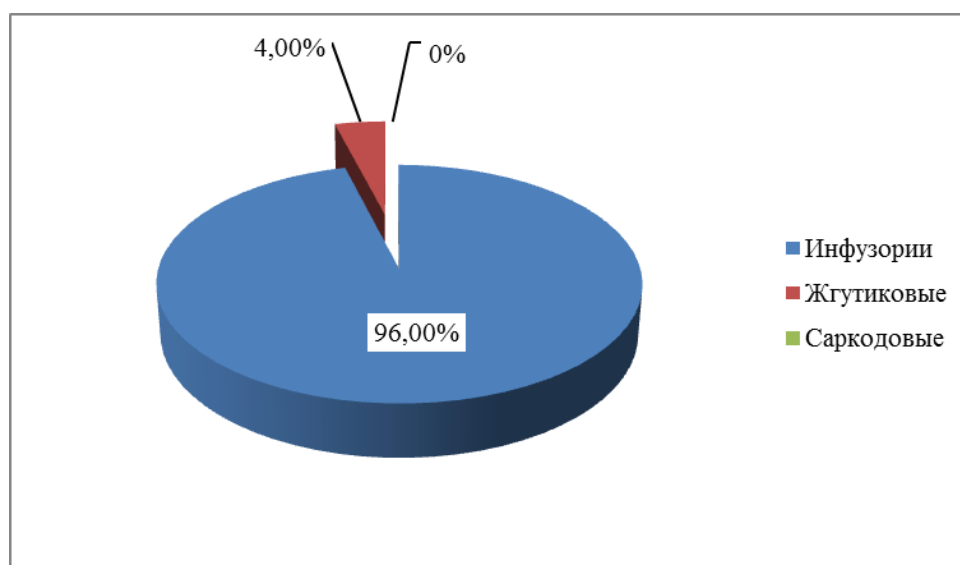


Рисунок 8 – Соотношение систематических групп простейших р. Упа (за период исследования 2007 – 2009 гг.).

Минимальное количество родов простейших обнаружено в створе исследования №5 (23 рода), максимальное – в створе исследования №3 (44 рода) (таблица 4). Значение индекса Шеннона (формула 1) для этих створов соответственно равно 2,43 и 3,00 (таблица 4). Очевидно, причиной более высоких показателей биоразнообразия протистофауны в створе исследования №3 является трофическая обеспеченность и оптимальный кислородный режим (С.В. Быкова, 2005; В.А. Догель, 1962; И.В. Шубернецкий, 1983).

Таблица 4. Соотношение систематических групп простейших в створах исследования на р. Упа

Створ исследования	Период исследования	Таксономические группы		Всего родов	Значение индекса Шеннона
		Тип Саркомастигофоры ( <i>Sarcomastigina</i> )			
		Подтип Жгутиковые ( <i>Mastigofora</i> )	Тип Инфузории ( <i>Ciliophora</i> )		
№2	2007 – 2008	1 (3,6%)	27 (96,4%)	28	2,70
	2008 – 2009	1 (4,0%)	24 (96,0%)	25	2,58
№3	2007 – 2008	2 (4,5%)	42 (95,5%)	44	3,00
	2008 – 2009	1 (3,3%)	29 (96,7%)	30	2,60
№5	2007 – 2008	2 (5,7%)	33 (94,3%)	35	2,97
	2008 – 2009	1 (4,3%)	22 (95,7%)	23	2,43
<i>Среднее</i>					2,71

Для протистофауны р. Упа за весь период исследования коэффициент Жаккара (формула 2) высокий и в среднем составляет 0,60, это свидетельствует о таксономическом (родовом) сходстве протистофауны. Так, для створов исследования №2 – №3 и №3 – №5 за весь период исследования этот показатель практически одинаков, а для створов исследования №2 – №5 изменяется незначительно от 0,54 в 2007 – 2008 гг. до 0,66 в 2008 – 2009 гг. Значение коэффициента вариации указанного признака  $C_v$  (формула 4) незначительно и составляет 8,0% (таблица 5) (Г.Ф. Лакин, 1990).

Таблица 5. Таксономическое сходство протистофауны р. Упа (коэффициент Жаккара)

	Створы №2 – №3		Створы №3 – №5		Створы №2 – №5	
	2007 - 2008	2008 - 2009	2007 - 2008	2008 - 2009	2007 - 2008	2008 - 2009
Коэффициент Жаккара	0,57	0,57	0,65	0,61	0,54	0,66
<i>Среднее 0,60</i>						
<i>Коэффициент вариации <math>C_v = 8,0\%</math></i>						

Что касается  $\beta$ -разнообразия (формула 3), то наибольшее значение (19,4) отмечено для створов исследования №2 – №5 в 2008 – 2009 гг. Это свидетельствует о небольшом количестве родов и достаточно высокой степени сходства таксономического (родового) состава протистофауны. Варьирование указанного признака  $C_v$  (формула 5) незначительно и составляет 18,8% (таблица 6) (Г.Ф. Лакин, 1990). Таким образом, все вышеуказанные закономерности наблюдаются и при анализе  $\beta$ -разнообразия.

Таблица 6.  $\beta$ -разнообразие протистофауны Упа

	Створы №2 – №3		Створы №3 – №5		Створы №2 – №5	
	2007 - 2008	2008 - 2009	2007 - 2008	2008 - 2009	2007 - 2008	2008 - 2009
Коэффициент $\beta$ -разнообразия	31,0	23,7	27,7	20,7	29,0	19,4
<i>Среднее 25,3</i>						
<i>Коэффициент вариации <math>C_v = 18,8\%</math></i>						

Сравнивая коэффициент Жаккара (в среднем 0,58) за период 2007 – 2009 гг. для створов исследования на р. Упа (№2, 3 и 5) можно сделать следующие выводы: наблюдается сходство таксономического состава *Protozoa*, поддерживается некое равновесное состояние, и функционируют механизмы, направленные на активное разложение образующихся органических веществ. Наибольшее значение данного коэффициента (0,66) отмечено для створа исследования №2. Значение коэффициента вариации указанного признака  $C_v$  незначительное и составляет 12,4% (таблица 7) (Г.Ф. Лакин, 1990).

Таблица 7. Таксономическое сходство протистофауны в створах исследования на р. Упа (коэффициент Жаккара)

	Створ №2	Створ №3	Створ №5
Коэффициент Жаккара	0,66	0,54	0,53
<i>Среднее 0,58</i>			
<i>Коэффициент вариации <math>C_v = 12,4\%</math></i>			

Для величины  $\beta$ -разнообразия наблюдаются те же самые закономерности. Средняя величина  $\beta$ -разнообразия составляет 26,4. Наименьшее значение ее (18,0) отмечено для створа исследования №2 за периоды 2007 – 2008 гг. и 2008 – 2009 гг., что свидетельствует о значительном сходстве таксонов протистофауны. Коэффициент вариации указанного признака  $C_v$  высокий и составляет 30,3% (таблица 8) (Г.Ф. Лакин, 1990).

Таблица 8.  $\beta$ -разнообразие протистофауны в створах исследования на р. Упа

	Створ №2	Створ №3	Створ №5
Коэффициент $\beta$ -разнообразия	18,0	34,0	27,3
<i>Среднее 26,4</i>			
<i>Коэффициент вариации <math>C_v = 30,3\%</math></i>			

Итак, оз. Кулик и р. Упа относятся к экосистемам с высокими показателями биоразнообразия (65 родов *Protozoa*, индекс Шеннона 2,8) и низкой численностью организмов протистофауны (в основном доминирующие виды имеют максимальную относительную численность в 5 баллов). Это характерно для экосистем с умеренным содержанием органического вещества. Аналогичная ситуация наблюдается и в фоновом створе на р. Упа. Протистофауна здесь также характеризуется высоким биоразнообразием (индекс Шеннона 2,8) и низкой численностью организмов. В протистофауне этих водных объектов, в том числе и в фоновом створе, преобладают инфузории. Значения коэффициента Жаккара и величины  $\beta$ -разнообразия, а также коэффициент вариации их наглядно демонстрируют, что протистофауна в исследуемых створах как для р. Упа, так и для оз. Кулик сходна (коэффициент Жаккара от 0,53 до 0,6). Сравнивая же таксономический состав протистофауны р. Упа и оз. Кулик выявлено их высокое сходство (коэффициент Жаккара составляет 0,66). Все это обусловлено единообразием условий среды.

**3.1.1.3. Таксономический состав протистофауны р. Тулица, Комаркинского и Клоковского ручьев.** Протистофауна р. Тулица в исследуемом створе представлена равноресничными инфузориями (род *Paramecium*, *Holophrya (nigricans)*, *Lacrymaria*, *Urotricha*, *Colpes*). Их относительная численность их невысока и составляет 1 балл (по пятибалльной шкале), кроме рода *Paramecium* относительная численность которого составляет 3 балла.

Протистофауна Комаркинского ручья в створе исследования №2 представлена единичными особями инфузорий родов *Paramecium (putrinum)*, *Colpidium*, в створе исследования №4 – единичными особями инфузорий родов *Paramecium (putrinum)*, *Colpidium* и *Urotricha (farcta)*. Относительная численность выявленных родов простейших составляет 1 балл (по пятибалльной шкале). В створах исследования №1 и №3 одноклеточных животных не обнаружено.

Протистофауна Клоковского ручья в исследуемом створе представлена инфузориями родов *Paramecium*, *Urotricha*. Относительная численность рода *Urotricha* невысокая и составляет 2 балла (по пятибалльной шкале), рода *Paramecium* – максимальная и составляет 5 баллов.

Таксономическое (родовое) разнообразие простейших в исследуемых экосистемах невелико, всего обнаружено 6 родов (индекс Шеннона составляет 1,0) (таблица 9), для сравнения в р. Упа (58 родов *Protozoa*, индекс Шеннона 2,74 – 2,85). Таким образом, в р. Тулица, Комаркинском и Клоковском ручьях произошла перестройка структуры протистопланктона: низкие показатели биоразнообразия и численности организмов, преобладание родов с широкой экологической валентностью (например, инфузории родов *Paramecium*, *Colpidium*). Все это свидетельствует о сильном антропогенном прессинге (В.И. Лазарева, 2008; А.А. Телеганов 2007, 2008; М.М. Трибун, 2012].

Таблица 9. Биоразнообразие протистофауны р. Тулица, Комаркинского и Клоковского ручьев (индекс Шеннона)

Исследуемый водоток	Значение коэффициента Шеннона
р. Тулица	1,50
Комаркинский ручей, створ №2	1,20
Комаркинский ручей, створ №4	0,70
Клоковский ручей	0,60
Среднее	1,0

В результате сравнения таксономического (родового) сходства всех исследованных водотоков (формула 2) выявлено наибольшее сходство фауны простейших р. Упа и оз. Кулик ( $C_j = 0,66$ ). Наименьшим сходством таксономического состава характеризуется фауна простейших р. Упа и Клоковского ручья ( $C_j = 0,03$ ), а также оз. Кулик и Клоковского ручья ( $C_j = 0,04$ ) (таблица 10).

Таблица 10. Таксономическое сходство исследуемых водотоков (коэффициент Жаккара)

	оз. Кулик	р. Тулица	Комаркинский ручей	Клоковский ручей
	Коэффициент Жаккара ( $C_j$ )			
р. Упа	0,66	0,08	0,05	0,03
оз. Кулик	-	0,12	0,07	0,04
р. Тулица	-	-	0,33	0,40
Комаркинский ручей	-	-	-	0,66

Исходя из вышесказанного, различия в градации экологического состояния водных объектов по индексам биоразнообразия и сходства обусловлены разным химическим составом загрязнителей и природными особенностями биотопов.



### 3.1.2. Сезонная динамика биоразнообразия простейших-гидробионтов

**3.1.2.1. Озеро Кулик.** В результате исследования протистофауны оз. Кулик отмечены сезонные колебания относительного таксономического (родового) обилия простейших. Значения относительного родового обилия простейших колеблются от 8,5% – в феврале до 47,8% – в августе и октябре (рисунок 9). Высокие показатели относительного таксономического обилия протистофауны осенью объясняются вегетацией растений, способствующей накоплению органических веществ (О.В. Мухортова, 2008). Низкие показатели относительного таксономического обилия в июне (21,7%) могут быть обусловлены поступлением поллютантов посредством стока с прибрежной территории, на которой располагается свалка ТБО.

Из литературных источников известно, что в сезонной динамике инфузорий может наблюдаться несколько пиков максимального обилия (М.М. Трибун, 2012). Так для оз. Кулик отмечено 2 пика – в августе и октябре (43,1% и 42,8% соответственно), которые могут быть обусловлены дополнительным поступлением органических веществ (рисунок 9).

Поскольку таксономическое разнообразие жгутиковых невелико, сезонная динамика относительного родового обилия инфузорий в большей степени соответствует динамике относительного родового обилия протистофауны (рисунок 9).

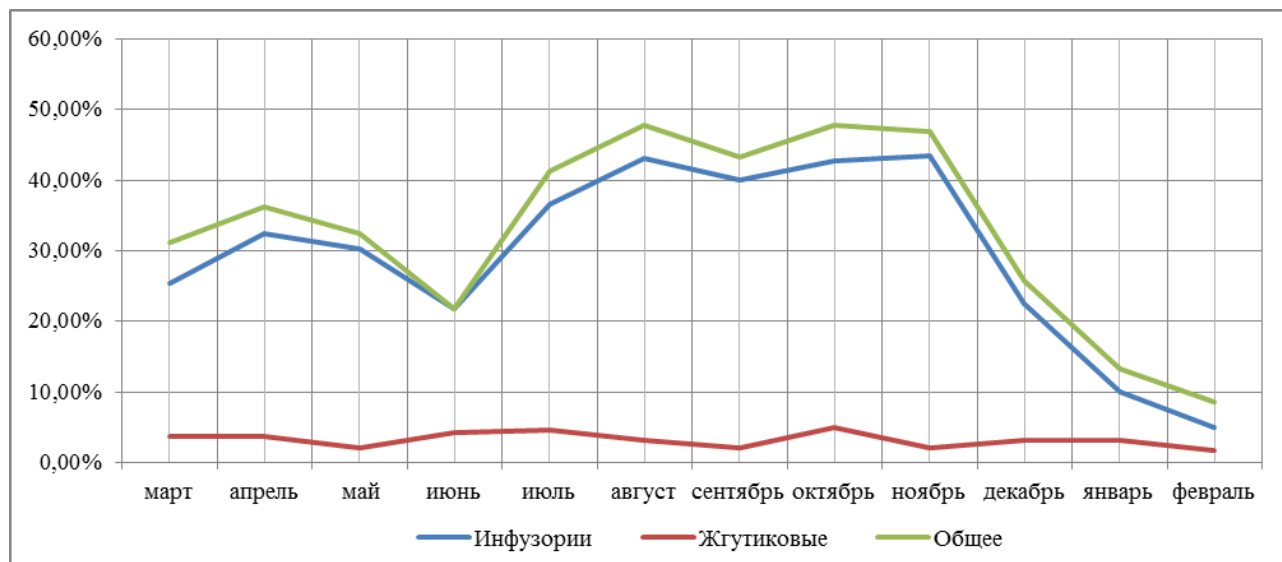


Рисунок 9 – Сезонная динамика относительного таксономического обилия простейших оз. Кулик.

Доминирующие таксоны выделены нами на основании расчета индекса Паляя – Ковнацки (формула 5). Так, за период исследования 2005 – 2006 гг. выявлен 1 доминирующий род *Paramecium* (индекс Паляя – Ковнацки составляет 20,5), за 2007 – 2009 гг. выделено 3 доминирующих рода: 1 род жгутиковых (*Bodo*) и 2 рода инфузорий (*Paramecium*, *Urotricha*)

(индекс Палия – Ковнацки составляет от 12,7 до 18,9). Роды *Paramecium* и *Urotricha* характеризуются широкой экологической валентностью.

**3.1.2.2. Река Упа.** Сезонные динамики относительного таксономического (родового) обилия протистофауны р. Упа и оз. Кулик сходны. Значения относительного таксономического обилия простейших лежат в пределах от 10,7% – 18,2% в зимний период до 52,6% – 56,1% в летне-осенний период. Высокие показатели таксономического обилия простейших можно связать с оптимальным температурным режимом, кислородной и трофической обеспеченностью (М.М. Трибун, 2012) (рисунок 10).

Поскольку таксономическое разнообразие жгутиковых в протистофауне р. Упа, как и в оз. Кулик, невелико, сезонная динамика относительного таксономического обилия инфузорий в большей степени соответствует динамике относительного таксономического обилия простейших (рисунок 10).

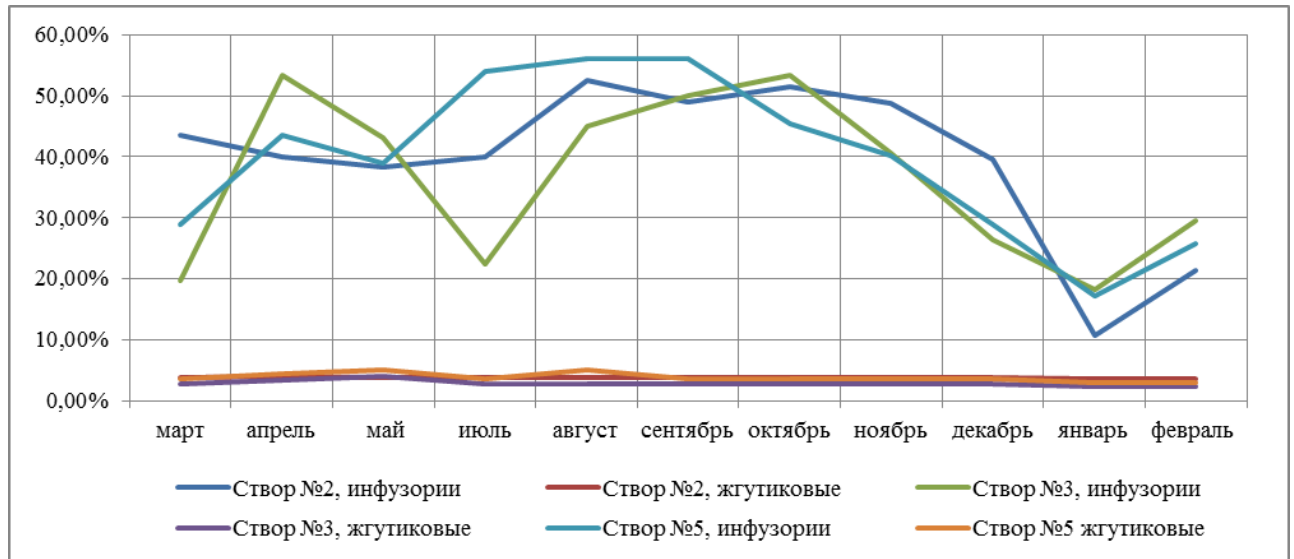


Рисунок 10 – Сезонная динамика относительного таксономического обилия простейших р. Упа в створах исследования №2,3,5.

В изучаемом водном объекте, в створе исследования №2 за весь период исследования и в створе исследования №3 (2007 – 2008 гг.) в соответствии с формулой (5) выявлено 3 доминирующих рода простейших: 1 род жгутиковых (*Bodo*) и 2 рода инфузорий (*Paramecium* и *Urotricha*). Значение индекса Палия – Ковнацки составляет 10,5 – 16,9. В створах исследования №3 (2008 – 2009 гг.) и №5 за весь период исследования выявлено 4 доминирующих рода простейших: 1 род жгутиковых (*Bodo*) и 3 рода инфузорий (*Chilodontopsis*, *Paramecium*, *Urotricha*). Индекс Палия-Ковнацки составляет 11,3 – 18,0. Роды *Paramecium* и *Urotricha* характеризуются широкой экологической валентностью.

Таким образом, в сезонной динамике относительного таксономического (родового) обилия простейших оз. Кулик и р. Упа выявлена общая тенденция: рост относительного обилия и численности начинается с конца весны – начала лета, достигая максимального значения в конце лета – начале осени. Затем с середины происходит постепенное снижение значения этого показателя до его минимального значения зимой. Это обусловлено в большей степени воздействием абиотических факторов (температуры, кислородного режима), а также трофической обеспеченности.

### **3.2. Макрозообентос водных экосистем г. Тула**

#### **3.2.1. Биоразнообразие макрозообентоса водных экосистем**

Предварительные обзоры биоразнообразия макрозообентоса р. Упа в черте г. Тула опубликованы нами (Н.П. Булухто, 2013; В.Л. Буркина, 2011, с. 373-376).

Структура макрозообентоса подвержена изменениям видового разнообразия, вызванным антропогенными воздействиями. В связи с этим показатели биоразнообразия могут служить надежными индикаторами изменений внешней среды (Д.М. Безматерных, 2007; Л.В. Головатюк, 2005; Л.А. Живоглядова, 2011; В.Ф. Шуйский, 2002).

**3.2.1.1. Таксономический состав макрозообентоса р. Упа.** В фауне макрозообентоса р. Упа во всех створах исследования выявлен 51 вид. Видовой состав и численность представителей макрозообентоса в створах исследования представлен в приложении В (таблицы В.1 – В.5). Наибольшим видовым обилием отличаются насекомые (26 видов, 50,9% относительного видового обилия), доминирование насекомых является типичным признаком пресноводных объектов (С.М. Голубков, 1999; И.В. Демина, 2013; А.А. Моторин, 2013; Г.Х. Щербина, 2009). На втором месте по видовому обилию находятся моллюски (17 видов, 33,3% относительного видового обилия).

Рассмотрим каждый створ исследования на р. Упа отдельно. Максимальное количество видов макрозообентоса выявлено в створе исследования №1 – 35 видов, минимальное – в створе исследования №4 – 30 видов. Наибольшее количество таксономических групп макрозообентоса выявлено в створах исследования №3, 4, 5 – по 4 таксономические группы; наименьшее – в створе исследования №2 (2 таксономические группы) (таблица 11, рисунок 11). Значение индекса Шеннона (формула 1) – 3,11 – подтверждает более высокие показатели

биоразнообразие макрозообентоса в створе исследования №1 по сравнению со створом №4 (индекс Шеннона 2,90) (таблица 11).

Таблица 11. Видовое биоразнообразие макрозообентоса р. Упа

	Створ исследования				
	№1	№2	№3	№4	№5
Количество видов	35	31	33	30	34
Значение индекса Шеннона	3,11	3,09	3,10	2,90	3,11

Количество насекомых варьирует от 10 видов в створе исследования №4 до 19 видов в створе исследования №5. Количество моллюсков варьирует от 11 видов в створе исследования №5 до 16 видов в створе исследования №3. Моллюски в основном относятся к Классу *Gastropoda*, что может быть обусловлено пониженным содержанием кислорода. К тому же среди гастропод доминируют прудовики – обитатели загрязненных вод, а также часто встречаются затворки и битинии, которые из-за своего морфологического строения (плотно закрывающихся крышечек) менее чувствительны к загрязнению (Д.М. Безматерных, 2007). Низкое биоразнообразие двустворчатых моллюсков (2 вида – *Pisidium amnicum*, *Sphaerium corneum*) свидетельствует о наличии загрязнения воды (Д.М. Безматерных, 2007; А.П. Куранова, 2009). Количество пиявок варьирует от 2 видов в створе исследования №3 до 5 видов в створе исследования №4. Известно, что наличие пиявок свидетельствует о том, что вода загрязненная (Д.М. Безматерных, 2007). Паукообразные выявлены в створах исследования №1 и №4 – по одному виду, ресничные черви – в створе исследования №5 – 1 вид (рисунок 11).

В створах исследования №1, 2 и 5 преобладают насекомые (51,4%, 58,1% и 55,9% относительного видового обилия соответственно), в створах исследования №3 и 4 – моллюски (48,5% и 46,7% относительного видового обилия соответственно) (рисунок 11).

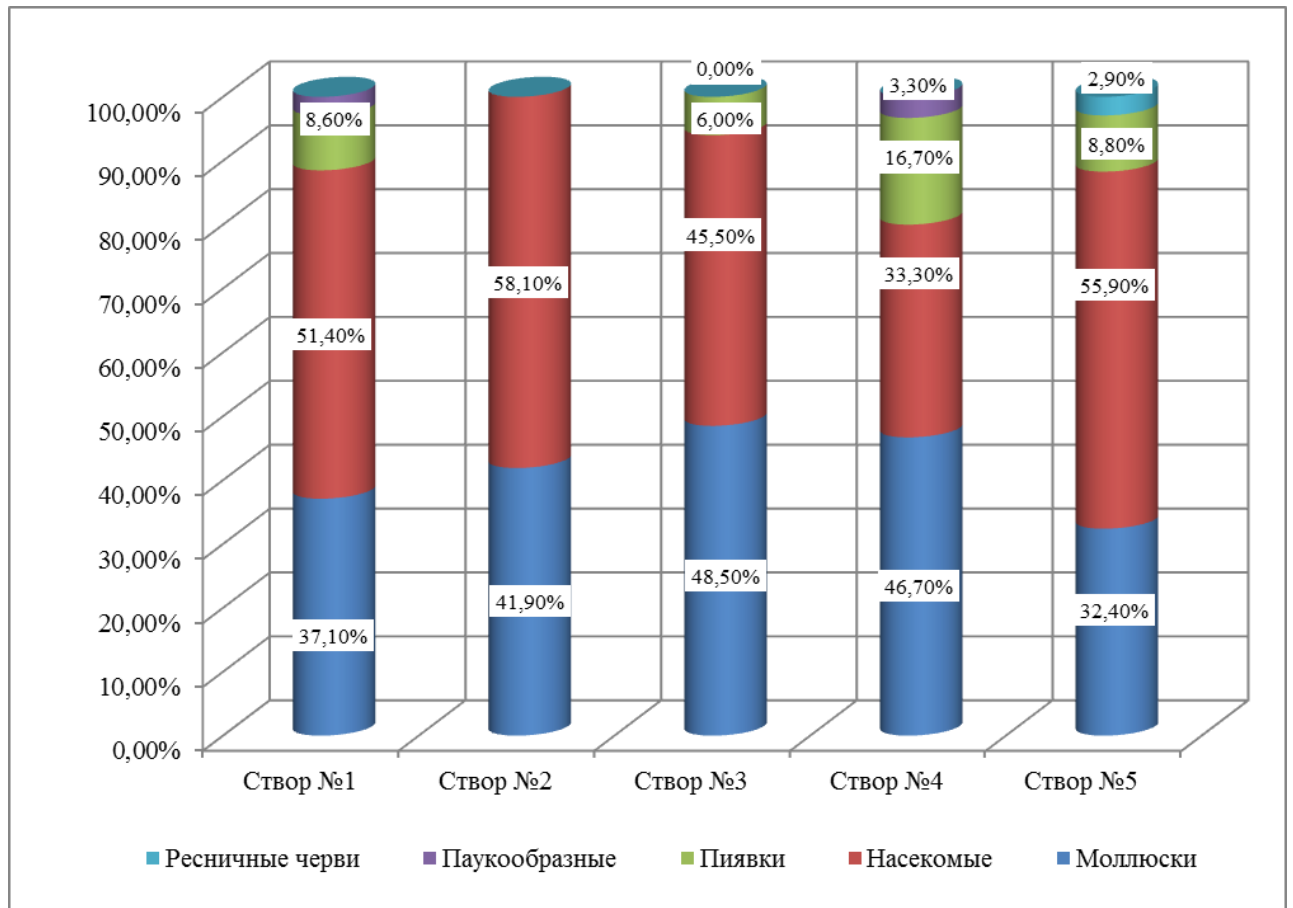


Рисунок 11 – Соотношение систематических групп макрозообентоса в створах исследования №1, 2, 3, 4, 5 на р. Упа.

В результате мониторинга р. Упа выявлены личинки насекомых, принадлежащих к 5 отрядам: *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Trichoptera*, *Coleoptera* и *Megaloptera*. Наибольшее их количество выявлено в створе исследования №5 (12 видов), наименьшее – в створах исследования №3 и 4 (по 8 видов). Так, количество видов личинок отряда *Odonata* изменяется от 3 видов в створе исследования №4 до 8 видов в створе исследования №5. Высокое биоразнообразие личинок стрекоз свидетельствует об умеренном загрязнении воды (по Майеру) (Д.М. Безматерных, 2007). Незначительное количество видов личинок насекомых отрядов *Ephemeroptera*, *Megaloptera*, *Trichoptera* и *Coleoptera* (1-2 вида) может свидетельствовать о наличии загрязнений различной природы (Д.М. Безматерных, 2007; Т.И. Кочурова, 2013; А.В. Черевичко, 2013). Во всех створах исследования р. Упа доминируют личинки отряда *Odonata* (рисунок 12).

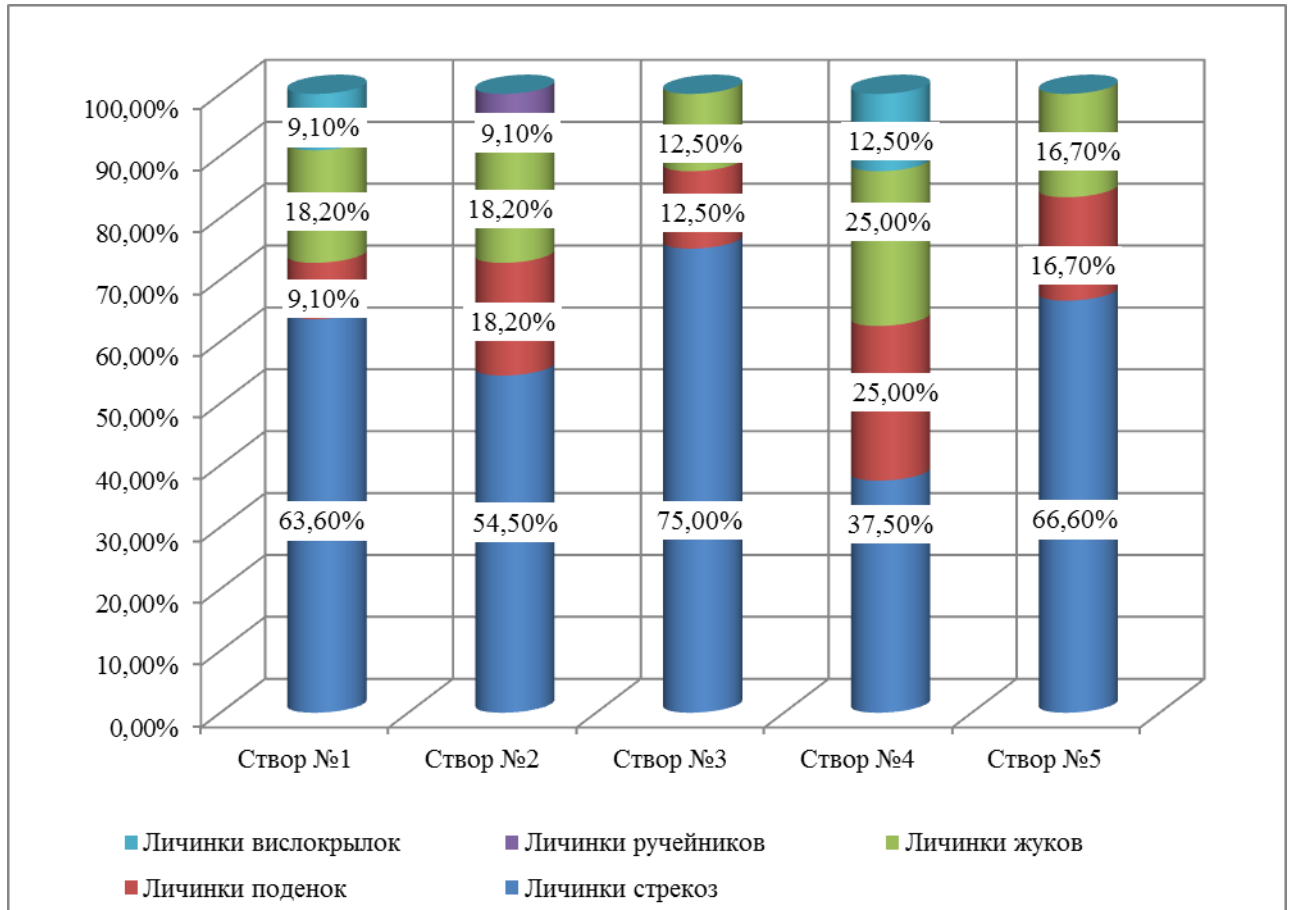


Рисунок 12 – Соотношение показателей относительного видового обилия различных видов личинок в створах исследования №1, 2, 3, 4, 5 на р. Упа.

В результате мониторинга р. Упа выявлены насекомые в стадии жизненного цикла – имаго. Эти виды относятся к двум отрядам: Жуки (*Coleoptera*) и Клопы (*Heteroptera*). Их количество изменяется от 3 видов в створе исследования №4 до 7 видов в створах исследования №1, 2, 3 и 5. В створах исследования №1, 2, 3 и 5 среди насекомых в стадии имаго преобладают насекомые отряда Клопы (*Heteroptera*) (4 – 5 видов – 57,1% – 71,4% относительного видового обилия имаго насекомых), а в створе исследования №4 – насекомые отряда Жуки (*Coleoptera*) (2 вида, 66,7% относительного видового обилия имаго насекомых).

Наличие в фауне макрозообентоса р. Упа представителей семейства *Sialidae* (1 вид), *Dytiscidae* (1 вид), а также семейств отрядов *Odonata* (8 видов) и *Heteroptera* (7 видов) является признаком закисления поверхностной воды и донных отложений (Д.М. Безматерных, 2007).

Для оценки степени сходства видового состава макрозообентоса р. Упа рассчитан коэффициент Жаккара (формула 2). Его значение в среднем составляет 0,62 и указывает на наличие сходства фауны макрозообентоса во всех створах исследования. Значение коэффициента Жаккара находится в пределах от 0,52 (в створах исследования №4 – №5) до

0,73 (в створах исследования №1 – №5). Это обусловлено разной степенью однородности условий существования. Значение коэффициента вариации указанного признака  $C_v$  (формула 4) незначительное и составляет 11,6% (таблица 12) (Г.Ф. Лакин, 1990).

Таблица 12. Видовое сходство макрозообентоса р. Упа (коэффициент Жаккара)

	Створ №1	Створ №2	Створ №3	Створ №4
Створ №2	0,61	-	-	-
Створ №3	0,70	0,64	-	-
Створ №4	0,59	0,53	0,54	-
Створ №5	0,73	0,67	0,63	0,52
Среднее 0,62				
<i>Коэффициент вариации <math>C_v = 11,6\%</math></i>				

На основании расчетов коэффициента Жаккара определяется величина  $\beta$ -разнообразия (формула 3) и коэффициент ее вариации (формула 4). Коэффициент  $\beta$ -разнообразия является более информативным показателем и учитывает два параметра сравниваемых местообитаний – количество видов и степень сходства видового состава. Величина коэффициента  $\beta$ -разнообразия возрастает по мере увеличения числа видов в двух квадратах и снижении сходства между ними (Э. Мэгарран, 1992).

Для величины  $\beta$ -разнообразия наблюдаются те же самые закономерности. Средняя величина  $\beta$ -разнообразия составляет 24,9. Наименьшее значение ее (18,6) отмечено для створов исследования №1 – №5, что свидетельствует о значительном видовом сходстве макрозообентоса, несмотря на большое количество видов. Значение коэффициента вариации указанного признака  $C_v$  незначительно и составляет 16,1% (таблица 13) (Г.Ф. Лакин, 1990).

Таблица 13.  $\beta$ -разнообразие макрозообентоса р. Упа

	Створ №1	Створ №2	Створ №3	Створ №4
Створ №2	25,7	-	-	-
Створ №3	20,4	23,0	-	-
Створ №4	26,7	28,7	29,0	-
Створ №5	18,6	21,5	24,8	30,7
Среднее 24,9				
<i>Коэффициент вариации <math>C_v = 16,1\%</math></i>				

**3.2.1.2. Таксономический состав макрозообентоса р. Воронка.** В фауне макрозообентоса р. Воронка во всех створах исследования выявлено 42 вида. Видовой состав и

численность представителей макрозообентоса в створах исследования представлен в приложении В (таблицы В.7 – В.10). В данном водотоке также преобладают насекомые (20 видов, 47,6% относительного видового обилия). На втором месте по видовому обилию находятся моллюски (16 видов, 38,1% относительного видового обилия).

Рассмотрим каждый створ исследования отдельно. Максимальное количество видов макрозообентоса выявлено в створе исследования №6 – 26 вида (индекс Шеннона 2,78), минимальное – в створе исследования №9 – 17 видов (индекс Шеннона 2,50). В створах исследования №6, 7, 8 выявлены 4 таксономические группы макрозообентоса; в створе исследования №9 – 3 таксономические группы (таблица 14, рисунок 13). Низкие показатели видового разнообразия макрозообентоса в створе исследования №9 обусловлены влиянием характера грунтов (каменистые) и высокой скоростью течения, большой глубины и отсутствия макрофитов (М.А. Батурина, 2009; С.М. Надеяева, 2006).

Таблица 14. Видовое биоразнообразие макрозообентоса р. Воронка

	Створ исследования			
	№6	№7	№8	№9
Количество видов	26	24	22	17
Значение индекса Шеннона	2,78	2,80	2,68	2,50

Количество насекомых варьирует от 8 видов в створе исследования №9 до 14 видов в створе исследования №6. Количество моллюсков варьирует от 6 видов в створе исследования №9 до 9 видов в створах исследования №6 и 7. Высокое биоразнообразие моллюсков в подавляющем большинстве представленным Классом *Gastropoda* свидетельствует о наличии загрязнения воды (Д.М. Безматерных, 2007; А.П. Куранова, 2009). Количество пиявок варьирует от 2 видов в створе исследования №6 до 4 видов в створе исследования №8. Известно, что пиявки часто встречаются в загрязненных водах (Д.М. Безматерных, 2007). Ресничные черви выявлены в створах исследования №6, 7 и 8 (по 1 виду). Во всех створах исследования преобладают насекомые (45,5 – 53,8% относительного видового обилия) (рисунок 13).



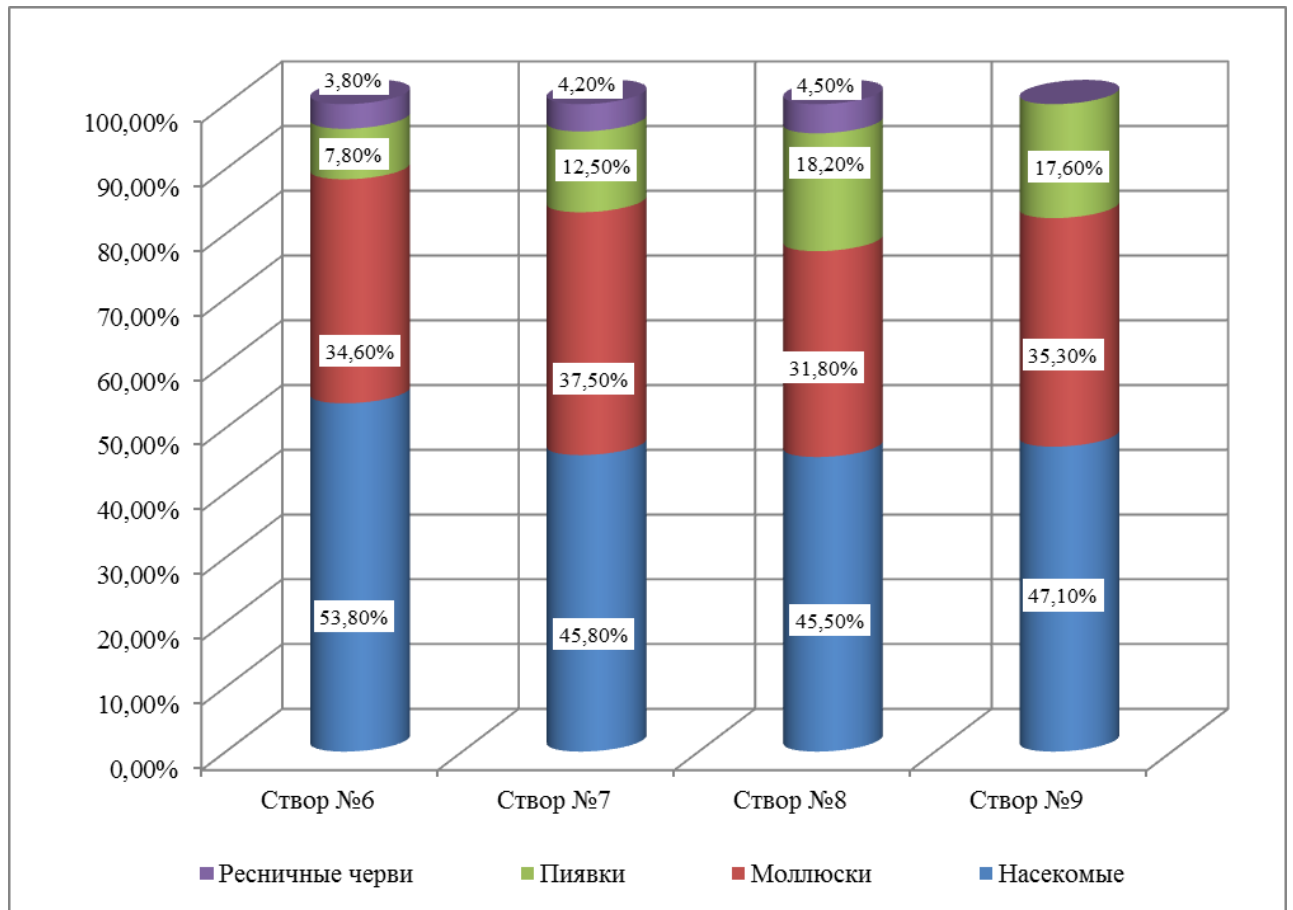


Рисунок 13 – Соотношение систематических групп макрозообентоса в створах исследования №6, 7, 8, 9 на р. Воронка.

В результате мониторинга р. Воронка выявлены личинки насекомых, принадлежащих к 3 отрядам: *Ephemeroptera*, *Odonata* и *Coleoptera*. Наибольшее их количество выявлено в створах исследования №6 и 8 (по 8 видов), наименьшее – в створах исследования №7 и 9 (по 6 видов).

Так, количество видов личинок отряда *Odonata* изменяется от 4 видов в створах исследования №7 и 9 до 7 видов в створе исследования №8. В фауне макрозообентоса р. Воронка выявлено незначительное количество личинок насекомых из отрядов *Ephemeroptera* и *Coleoptera* (по 1-2 вида), а представителей отрядов *Trichoptera* и *Megaloptera* не выявлено. Личинки насекомых вышеперечисленных отрядов являются высокочувствительными индикаторами загрязнений различной природы, поэтому их крайне низкое видовое разнообразие или отсутствие свидетельствует о низком качестве условий среды (Д.М. Безматерных, 2007; Т.И. Кочурова, 2013; А.В. Черевичко, 2013). Во всех створах исследования р. Воронка доминируют личинки отряда *Odonata*, что типично для пресноводных объектов (А.В. Черевичко, 2013) (рисунок 14).

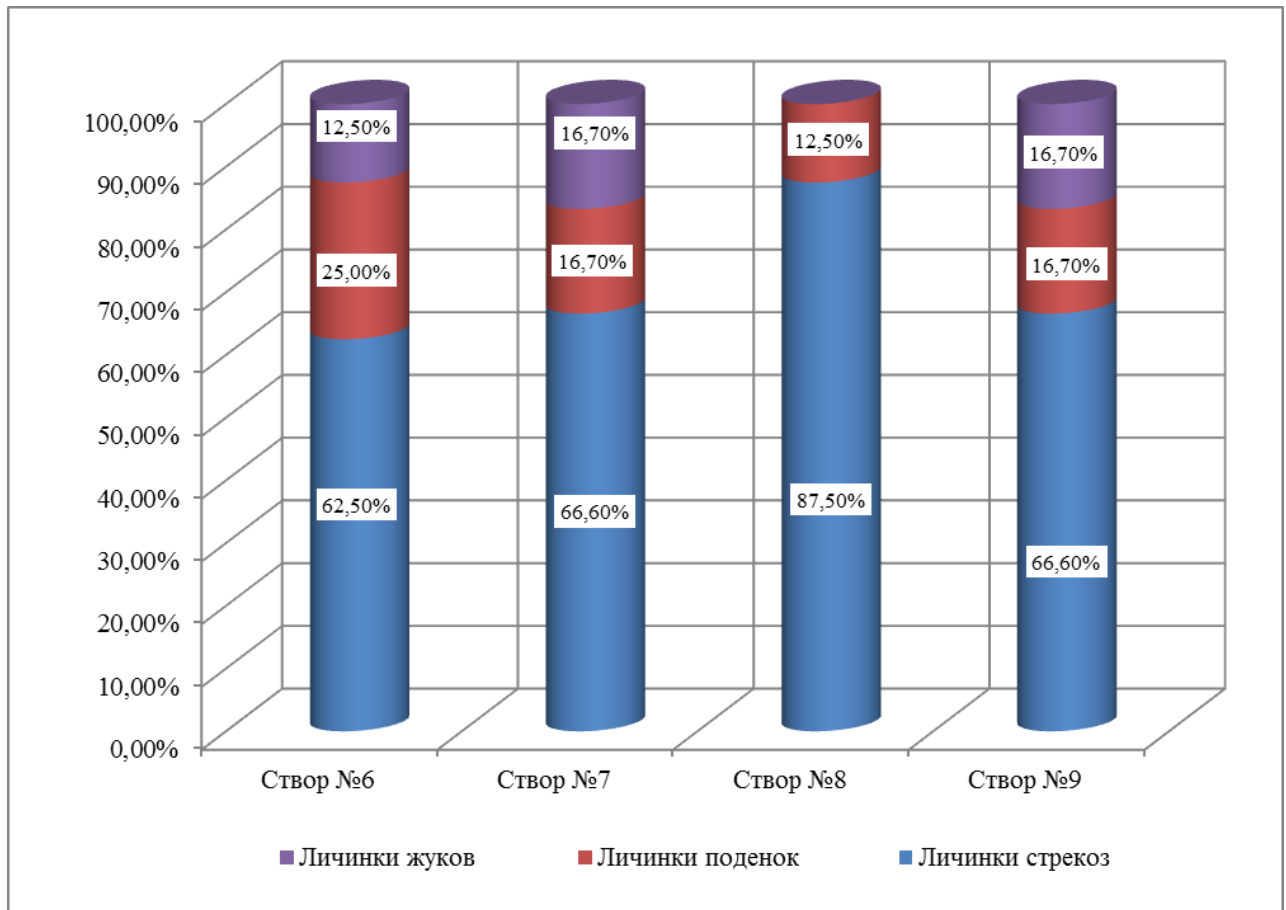


Рисунок 14 – Соотношение различных видов личинок в створах исследования №6, 7, 8, 9 на р. Воронка.

В фауне макрозообентоса р. Воронка в стадии имаго выявлены насекомые двух отрядов: Жуки (*Coleoptera*) и Клопы (*Heteroptera*). Их количество изменяется от 2 видов в створе исследования №9 до 6 видов в створах исследования №6 и 7. В створах исследования №6 и 9 преобладают насекомые отряда Клопы (*Heteroptera*) (66,7% - 100% относительного видового обилия имаго насекомых). В створах исследования №7 и 8 одинаковое количество насекомых отрядов Клопы (*Heteroptera*) Жуки (*Coleoptera*).

В фауне макрозообентоса р. Воронка выявлены виды, которые часто встречаются в поверхностных водах с рН ниже 7: семейство *Dytiscidae* (1 вид), а также семейства отрядов *Odonata* (7 видов) и *Heteroptera* (6 видов) (Д.М. Безматерных, 2007).

Значение коэффициента Жаккара (формула 2) для р. Воронка находится в пределах от 0,37 (в створах исследования №7 – №9) до 0,50 (в створах исследования №6 – №8). В среднем значение коэффициента Жаккара составляет 0,45 и свидетельствует о низком сходстве фауны макрозообентоса р. Воронка. Варьирование указанного признака  $C_v$  (формула 4) незначительное и составляет 10,2% (таблица 15) (Г.Ф. Лакин, 1990). Таким образом, сходство

фауны макрозообентоса р. Воронка значительно ниже, чем для р. Упа, что обусловлено различием условий среды и степени антропогенного воздействия.

Таблица 15. Видовое сходство макрозообентоса р. Воронка (коэффициент Жаккара)

	Створ №6	Створ №7	Створ №8
Створ №7	0,47	-	-
Створ №8	0,50	0,48	-
Створ №9	0,43	0,37	0,44
<i>Среднее 0,45</i>			
<i>Коэффициент вариации <math>C_v = 10,2\%</math></i>			

Что касается  $\beta$ -разнообразия (формула 3), то его значение находится в пределах от 21,8 (для створов исследования №8 – №9) до 26,5 (для створов исследования №6 – №7). Разница между минимальным и максимальным значением здесь небольшая, на основании этого можно говорить о высоком сходстве параметров, учитываемых коэффициентом  $\beta$ -разнообразия (биоразнообразии и видовое сходство). В связи с этим, можно сделать вывод, что общей закономерности для коэффициента Жаккара и  $\beta$ -разнообразия не обнаружено. Максимальные и минимальные значения  $\beta$ -разнообразия и коэффициента Жаккара для отдельных экосистем не совпадают именно за счет различий в информативной нагрузке (Э. Мэгарран, 1992). Коэффициент вариации указанного признака  $C_v$  (формула 4) незначительный и составляет 6,6% (таблица 16) (Г.Ф. Лакин, 1990).

Таблица 16.  $\beta$ -разнообразие макрозообентоса р. Воронка

	Створ №6	Створ №7	Створ №8
Створ №7	26,5	-	-
Створ №8	24,0	23,9	-
Створ №9	24,5	25,8	21,8
<i>Среднее 24,4</i>			
<i>Коэффициент вариации <math>C_v = 6,6\%</math></i>			

Реки Упа и Воронка характеризуются высокими показателями биоразнообразия (58 видов макрозообентоса, индекс Шеннона 2,9) и низкой численностью организмов макрозообентоса (в основном доминирующие виды имеют максимальную относительную численность в 5 баллов). Аналогично и в фоновых створах на р. Упа и р. Воронка. Обнаруженная фауна макрозообентоса этих водотоков включает 63 вида макрозообентоса, индекс Шеннона составляет 3,5 (приложение В, таблицы В.6 и В.11). Значения коэффициента

Жаккара и величины  $\beta$ -разнообразия, а также их коэффициенты вариации наглядно демонстрируют, что фауна макрозообентоса в исследуемых створах на р. Упа имеет большее сходство (коэффициент Жаккара равен 0,62) по сравнению с р. Воронка (коэффициент Жаккара равен 0,45), что обусловлено разной степенью однородности условий среды. Фауны макрозообентоса р. Упа и р. Воронка обладает высоким сходством (коэффициент Жаккара для этой пары водотоков составляет 0,60).

### **3.2.2. Сезонная динамика биоразнообразия макрозообентоса исследуемых водных экосистем**

Для качественного и количественного состава макрозообентоса присущи колебания, вызванные водностью года, длительностью периода половодья и загрязнением вод органическими веществами. Для фауны макрозообентоса водных объектов выделяется не менее двух пиков численности. Наибольшим видовым и численным колебаниям подвержены насекомые, для которых характерна цикличность вылета и размножения. Как правило, показателем общей динамики численности макрозообентоса является численность насекомых, а показателем динамики общей биомассы – биомасса моллюсков (Л.В. Головатюк, 2005; Е.В. Захаров, 2005; А.Н. Логинова, 2005; С.М. Наделяева, 2006; В. Плюрайте, 2004; М.В. Чертопруд, 2002, №3).

**3.2.2.1. Река Упа.** Макрозообентос р. Упа включает две обширные таксономические группы: моллюски и насекомые, которые объединяют 84,2% выявленных видов. Рассмотрим сезонные динамики относительного видового обилия каждой из этих групп отдельно.

Наибольшие значения относительного видового обилия моллюсков отмечены в мае-июне (25,7% – 38,7%), наименьшие – в августе (10,0% – 20,6%) (рисунок 15). Скачки в сезонной динамике относительного видового обилия могут быть обусловлены воздействием на моллюсков гидрохимических и гидрофизических факторов, а именно рН, жесткость воды, содержание органических веществ и кислорода, температура и т. п. (М.В. Чертопруд, 2002, №3).

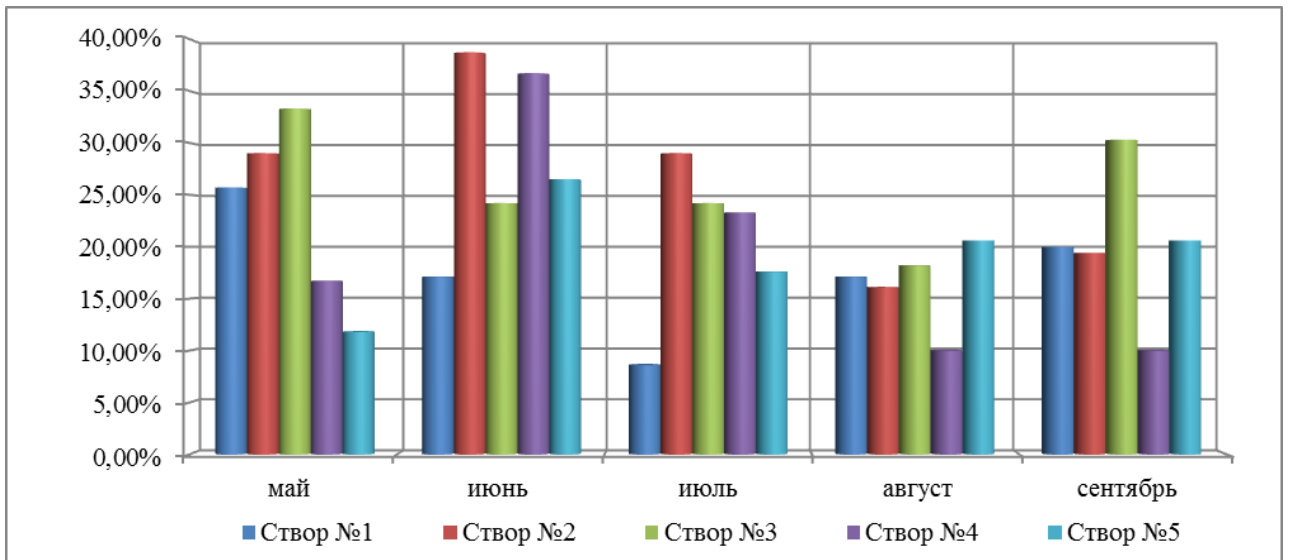


Рисунок 15 – Сезонная динамика относительного видового обилия моллюсков в створах исследования №1, 2, 3, 4, 5 на р. Упа.

Наибольшие значения относительного видового обилия насекомых отмечены также в мае-июне (23,3% – 32,4%), наименьшие – в августе (6,7% – 20,0%). Значения этого показателя напрямую зависят от протекания жизненных циклов насекомых (М.В. Чертопруд, 2002, №3) (рисунок 16).

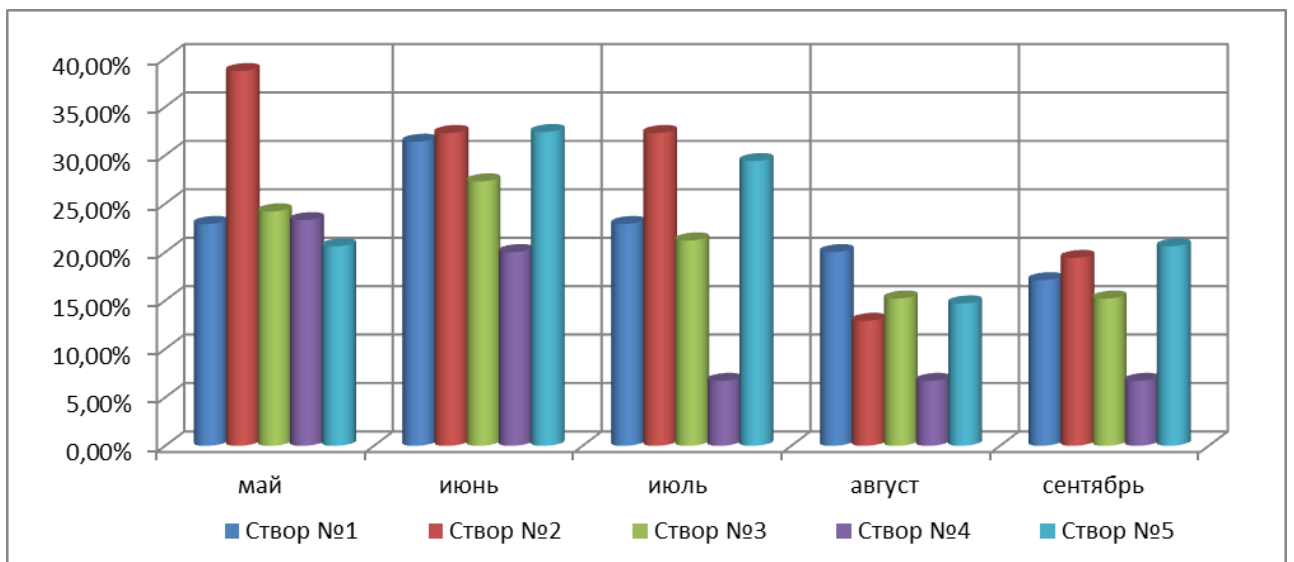


Рисунок 16 – Сезонная динамика относительного видового обилия насекомых в створах исследования №1, 2, 3, 4, 5 на р. Упа.

Таким образом, общая сезонная динамика относительного видового обилия макрозообентоса р. Упа выглядит так: наибольшие значения этого показателя отмечены в мае – июне (до 71,0 %), как и для вышеперечисленных таксонов, наименьшие – в августе (до 38,2%). В связи с этим, скачкообразный характер сезонной динамики макрозообентоса в большей

степени обусловлен протеканием жизненных циклов амфибиотических насекомых, которые и составляют основу макрозообентоса р. Упа (50,9% выявленных видов) (рисунок 17).

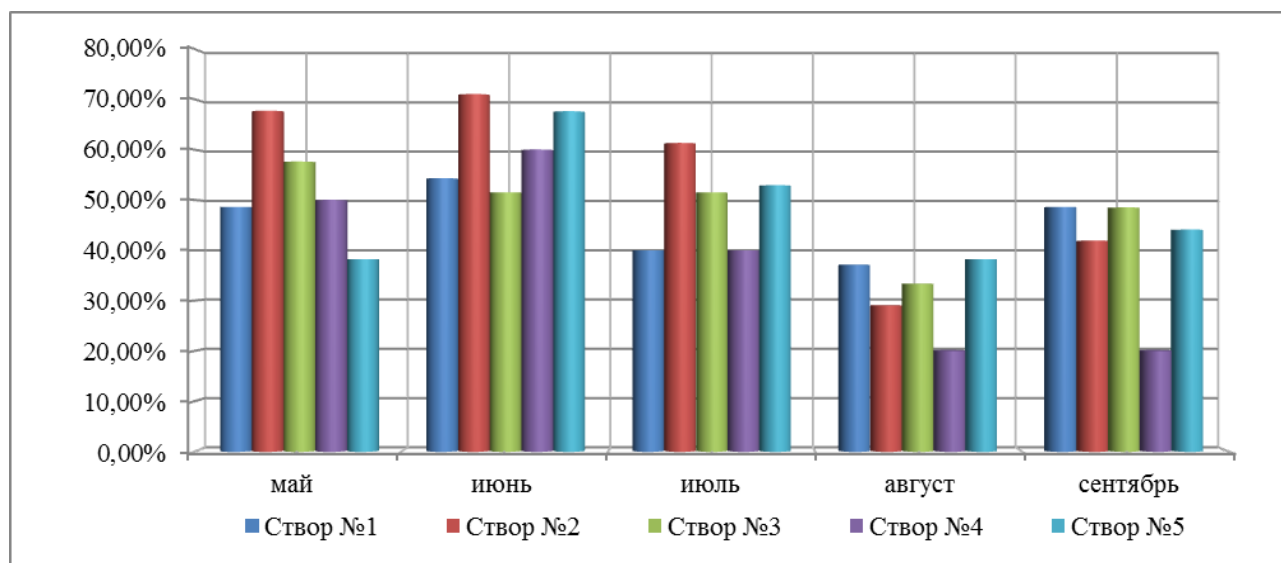


Рисунок 17 – Сезонная динамика относительного видового обилия макрозообентоса в створах исследования №1, 2, 3, 4, 5 на р. Упа.

Доминирующие виды в фауне макрозообентоса р. Упа выявлены на основании расчета индекса Паляя – Ковнацки (формула 5), ими являются стрекозы, в створах №3 и 4 – *Coenagrion hastulatum*, в створе №5 – *Coenagrion puella*. Значение индекса доминирования Паляя – Ковнацки (формула 6) составляет 12,7; 17,3 и 10,9 соответственно. Стрекозы являются типичными обитателями пресноводных экосистем; наличие благоприятных условий (наличие пищи, прибрежной растительности) способствует их доминированию среди представителей макрозообентоса. В створах исследования №1 и 2 доминирующих видов не выявлено.

**3.2.2.2. Река Воронка.** В макрозообентосе р. Воронка, как и р. Упа, выделяются два основных таксона: моллюски и насекомые (до 91,3% выявленных видов). Рассмотрим сезонные динамики их относительного видового обилия отдельно.

Общей закономерности в сезонной динамике относительного видового обилия моллюсков не выявлено. Наибольшие и наименьшие значения этого показателя распределены хаотично на протяжении всего полевого сезона (рисунок 18).

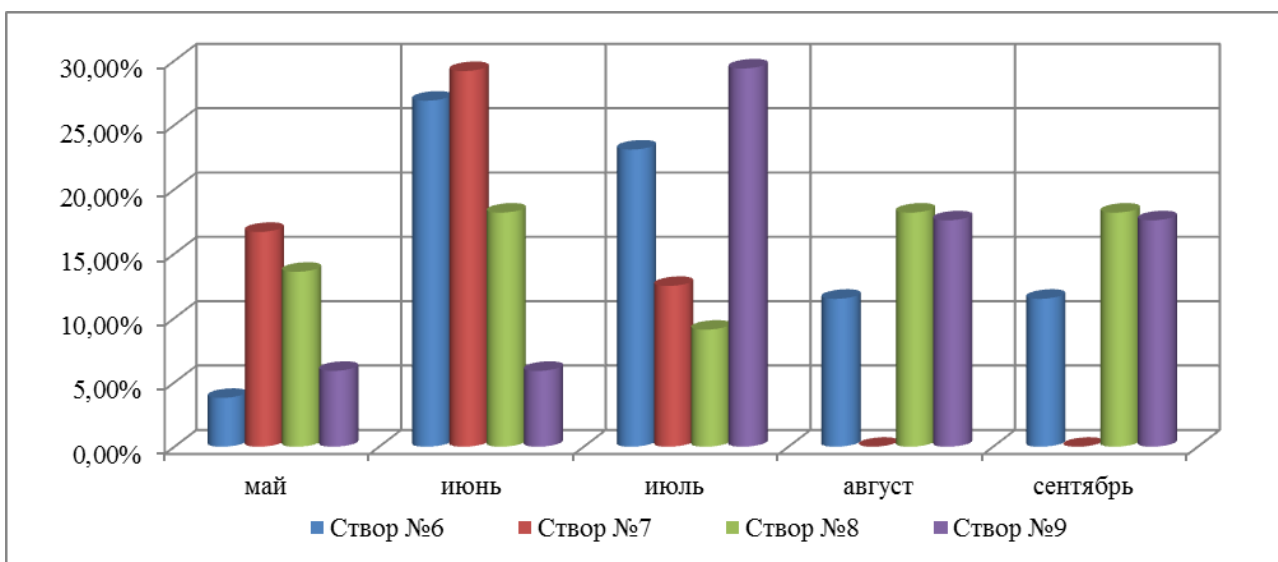


Рисунок 18 – Сезонная динамика относительного видового обилия моллюсков в створах исследования №6, 7, 8, 9 на р. Воронка.

В июне и июле отмечены наибольшие значения относительного видового обилия насекомых, как и моллюсков, отмечены в июне-июле (20,8% – 41,2%), наименьшие – в августе-сентябре (9,1% – 18,2%). Значения этого показателя напрямую зависят от протекания жизненных циклов насекомых (М.В. Чертопруд, 2002, №3) (рисунок 19).

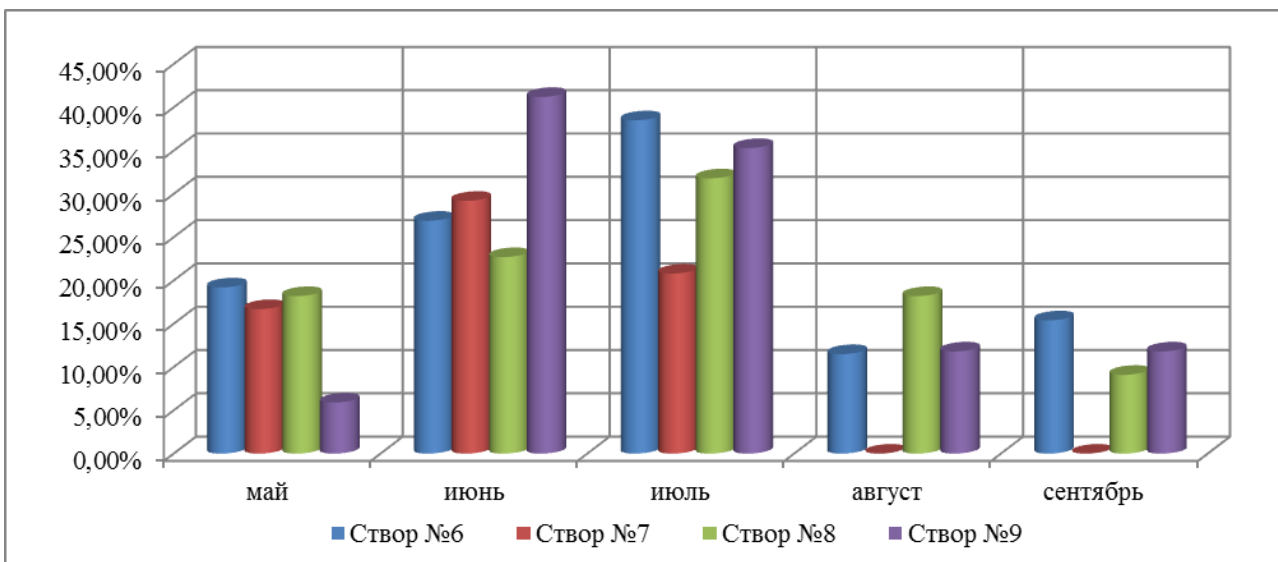


Рисунок 19 – Сезонная динамика относительного видового обилия насекомых в створах исследования №6, 7, 8, 9 на р. Воронка.

Таким образом, общая сезонная динамика относительного видового обилия макрозообентоса и насекомых р. Воронка сходна. Наибольшие значения этого показателя отмечены в июне-июле (до 70,6%), наименьшие – в августе-сентябре (до 31,9%), кроме створа исследования №7, в котором из-за влияния гидрологических факторов (песчаные грунты,

небольшая глубина, высокая скорость течения) представителей макрозообентоса не обнаружено (рисунок 20). Исходя из вышесказанного, скачкообразный характер сезонной динамики макрозообентоса в большей степени обусловлен протеканием жизненных циклов амфибиотических насекомых, которые, как в р. Упа, так и в р. Воронка составляют основу макрозообентоса (до 53,8% выявленных видов) (рисунок 20).

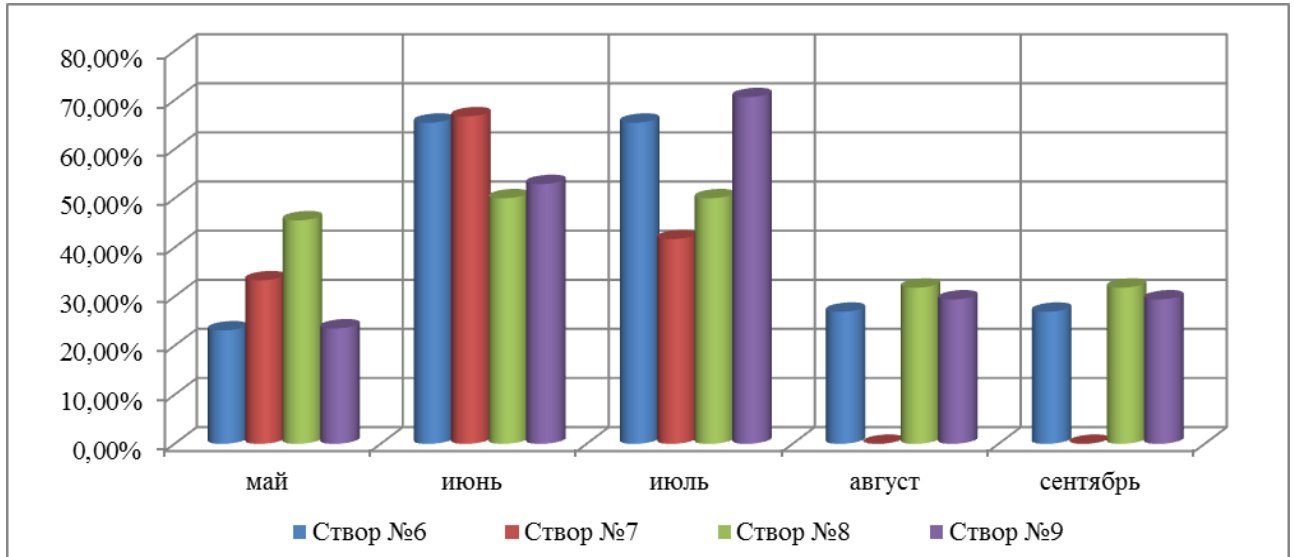


Рисунок 20 – Сезонная динамика относительного видового обилия макрозообентоса в створах исследования №6, 7, 8, 9 на р. Воронка.

Доминирующими видами в фауне макрозообентоса р. Воронка так же, как и в р. Упа, являются стрекозы, в створе №6 – *Coenagrion hastulatum*, в створе №7 – *Calopteryx splendens*, а в створах №8 и 9 – *Coenagrion puella*. Значение индекса Палия – Ковнацки (формула 5) составляет 10,3; 20,2; 12,3 и 10,6 соответственно.

### 3.2.3. Трофические группы макрозообентоса в водных экосистемах

Анализ трофической структуры макрозообентоса водных объектов может использоваться в целях биоиндикации среды.

Яковлев В.А. выделяет следующие трофические группы макрозообентоса: грунтозаглатыватели, собиратели-детритофаги+факультативные фильтраторы, собиратели-облигатные фильтраторы, соскребатели, размельчители и хищники (В.А. Яковлев, 2005).



**3.2.3.1. Река Упа.** В фауне макрозообентоса р. Упа выявлено 5 трофических групп: собиратели-детритофаги+факультативные фильтраторы (далее детритофаги), собиратели-облигатные фильтраторы (далее фильтраторы), соскребатели, размельчители и хищники (приложение Г, таблица Г.1).

Количество представителей трофической группы детритофаги варьирует от 7 видов в створах исследования №3 и 5 до 11 видов в створе исследования №1. Количество фильтраторов варьирует от 5 видов в створах исследования №1 и 3 до 7 видов в створах исследования №2, 4 и 5. Количество соскребателей варьирует от 1 вида в створах исследования №4 и 5 до 3 видов в створе исследования №1. Во всех створах исследования выявлено одинаковое количество представителей трофической группы размельчители – по 5 видов. Количество хищников варьирует от 14 видов в створе исследования №4 до 21 вида в створе исследования №5 (рисунок 21).

Итак, в трофической структуре макрозообентоса р. Упа преобладают хищники (38,8% – 52,5%). Для сравнения объектах относительное видовое обилие хищников в чистых водных составляет 10% – 30% (В.А. Яковлев, 2005). Соотношение показателей обилия хищного и нехищного макрозообентоса указывает на существование напряженности трофических связей (В.Ф. Шуйский, 2002).

На втором месте по видовому обилию находится трофическая группа детритофаги (17,5% – 27,8%), что является признаком прогрессирующего органического загрязнения (В.Ф. Шуйский, 2002). Преобладание хищников над детритофагами свидетельствует о токсификации и ацидификации водных объектов. Суммарное значение относительного видового обилия хищников и детритофагов составляет около 70,0%, следовательно, в таких водных объектах процессы разложения органического вещества замедляются (Д.М. Безматерных, 2007; В.А. Яковлев, 2005).

В фоновом створе трофическая структура макрозообентоса аналогична (приложение Г, таблица Г.1). Отмечается преобладание трофической группы хищники (47,4% относительного видового обилия). На втором месте по относительному видовому обилию находятся детритофаги (25,4%) (рисунок 21).

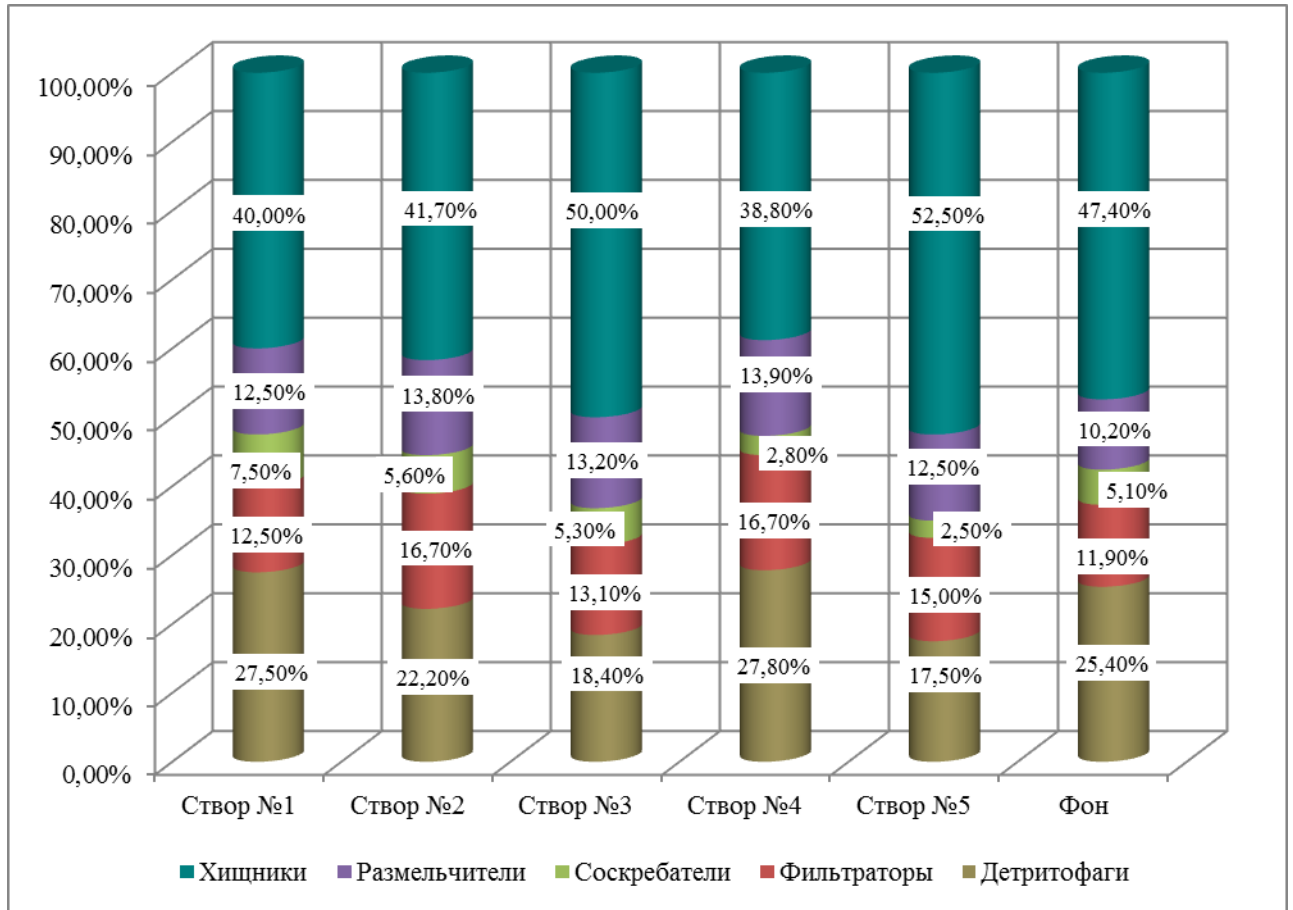


Рисунок 21 – Соотношение трофических групп макрозообентоса в створах исследования на р. Упа.

**3.2.3.2. Река Воронка.** В фауне макрозообентоса р. Воронка выявлено также 5 трофических групп: детритофаги, фильтраторы, соскребатели, размельчители и хищники (приложение Г, таблица Г.2).

Количество видов трофической группы детритофаги варьирует от 2 видов в створе исследования №9 до 7 видов в створе исследования №7. Количество фильтраторы варьирует от 3 видов в створах исследования №7 и 8 до 4 видов в створах исследования №6 и 9. Количество соскребателей варьирует от 1 вида в створах исследования №8 и 9 до 2 видов в створах исследования №6 и 7. Количество размельчителей варьирует от 2 видов в створе исследования №8 до 5 видов в створе исследования №7. Количество хищников варьирует от 9 видов в створе исследования №9 до 16 видов в створе исследования №6 (рисунок 22).

Таким образом, в трофической структуре макрозообентоса р. Воронка, как и р. Упа, преобладают хищники (43,3% – 60,0% относительного видового обилия). Соотношение показателей обилия хищного и нехищного макрозообентоса указывает на существование напряженности трофических связей в водном объекте (В.Ф. Шуйский, 2002).

На втором месте по видовому обилию находится трофическая группа детритофаги (10,5% – 23,3%). Доминирование детритофагов отмечается в случае наличия высоких концентраций органического вещества (В.Ф. Шуйский, 2002). Однако преобладание хищников над детритофагами свидетельствует о токсификации и ацидификации водных объектов, поэтому, в таких водных объектах процессы разложения органического вещества замедляются (Д.М. Безматерных, 2007; Б.М. Насибулина, 2006; В.А. Яковлев, 2005).

В трофической структуре в фоновом створе на р. Воронка также отмечается доминирование хищников – 44,6% относительного видового обилия (приложение Г, таблица Г.2). На втором месте по видовому обилию находятся детритофаги – 23,3% (рисунок 22).

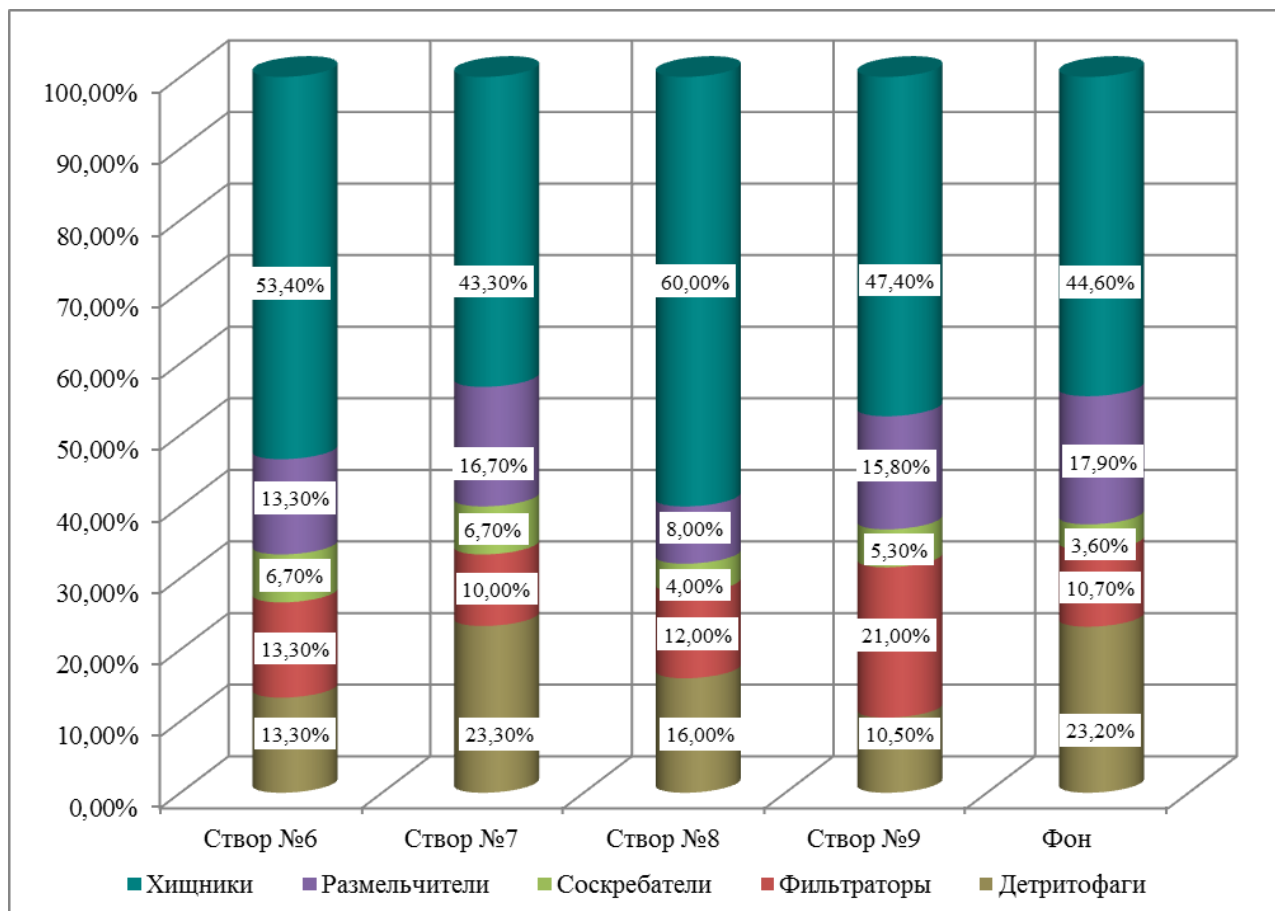


Рисунок 22 – Соотношение трофических групп макрозообентоса в створах исследования на р. Воронка.

Наши исследования донной фауны р. Упа и р. Воронка в 2011 г. позволили выявить 58 видов макрозообентоса, которые представлены брюхоногими и двустворчатыми моллюсками, стрекозами, полужесткокрылыми, жесткокрылыми, ручейниками, поденками, большекрылыми, пиявками, паукообразными, ресничными червями, однако их численность невелика. Наибольшим видовым обилием характеризуются насекомые, которые, как правило, и

доминируют во многих пресноводных объектах (С.М. Голубков, 1999; И.В. Демина, 2013; А.А. Моторин, 2013; Г.Х. Щербина, 2009).

В сезонной динамике относительного видового обилия макрозообентоса максимальные значения отмечены: для р. Упа в мае–июне, для р. Воронка в июне-июле. При этом наибольшим колебаниям данного показателя подвержены насекомые, для которых характерна цикличность вылета и размножения.

Рассчитанный коэффициент Жаккара (0,62) для всех створов исследования на р. Упа свидетельствует о сходстве видового состава макрозообентоса, что обусловлено одинаковыми экологическими условиями. Здесь также отмечено высокое видовое обилие и биоразнообразие (30 – 35 видов, индекс Шеннона 2,9 – 3,11). В то время как для р. Воронка отмечены более низкое значение коэффициента Жаккара (0,45) и показателей видового обилия и биоразнообразия (17 – 26 видов, индекс Шеннона 2,5 – 2,8). Причем видовое обилие и показатели биоразнообразия макрозообентоса в р. Воронка различаются в зависимости от створов (верхних и нижних), а в р. Упа такой градации не выявлено. Сравнивая же между собой фауны макрозообентоса р. Упа и р. Воронка замечено сходство (коэффициент Жаккара 0,60), обусловленное единообразием условий среды.

В трофической структуре макрозообентоса р. Упа и р. Воронка во всех створах исследования, в том числе и фоновых, доминируют хищники, на втором месте по видовому обилию находятся детритофаги. Доминирование хищников свидетельствует о токсификации и ацидификации водных объектов, а высокое видовое обилие детритофагов указывает на наличие органического загрязнения и токсификации. Однако при низких уровнях рН и токсичности среды процессы разложения органического вещества ингибируются (Л.В. Головатюк, 2005; Б.М. Насибулина, 2006; В.Ф. Шуйский, 2002; В.А. Яковлев, 2005).

### **3.3. Мониторинг водных объектов г. Тула с помощью методов биоиндикации и биотестирования**

#### **3.3.1. Оценка сапробности водных объектов г. Тула методом биоиндикации с использованием простейших**

**3.3.1.1. Озеро Кулик.** В протистофауне оз. Кулик за весь период исследования обнаружено 29 родов индикаторов сапробности, среди которых 1 род жгутиковых (*Bodo*) и 28 родов инфузорий. Преимущество инфузорий, как индикаторов, перед другими группами

простейших обусловлено тем, что таксономический состав и численность их наиболее четко соответствует каждому уровню сапробности (Н.П. Булухто, 1993) (приложение Д, таблица Д.1).

Среди выявленных индикаторных родов простейших преобладают  $\alpha$ -мезосапробы – 45,0%. На втором месте по относительному обилию находятся  $\beta$ -мезосапробы (37,5%) (рисунок 23).

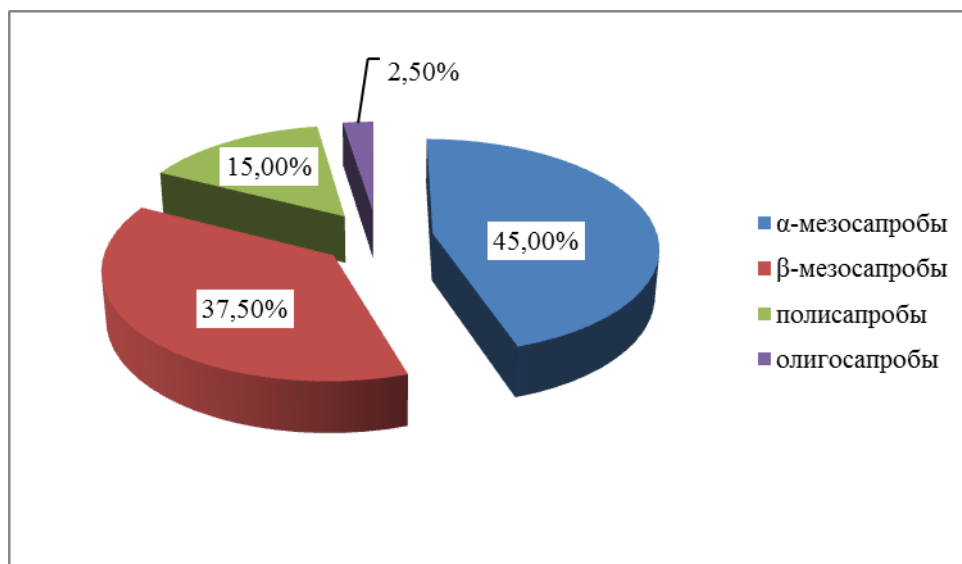


Рисунок 23 – Соотношение индикаторных групп простейших оз. Кулик.

Рассмотрим сезонную динамику относительного таксономического (родового) обилия индикаторных групп простейших. Значения данного показателя для  $\alpha$ -мезосапробов колеблется от 6,7% в январе до 24,0% в октябре, для  $\beta$ -мезосапробов – от 6,7% в январе до 20,9% в ноябре, полисапробов от 0% в январе и феврале до 8,2% в июле. Олигосапробы представлены 1 родом (*Holophrya*), поэтому сезонная динамика данной индикаторной группы определяется его наличием или отсутствием в пробах. Низкие значения относительного таксономического обилия простейших, в частности индикаторных организмов, в зимний период связаны, прежде всего, с изменением температуры и газового режима водного объекта, а также низкой трофической обеспеченностью (В.А. Догель, 1962) (рисунок 24).

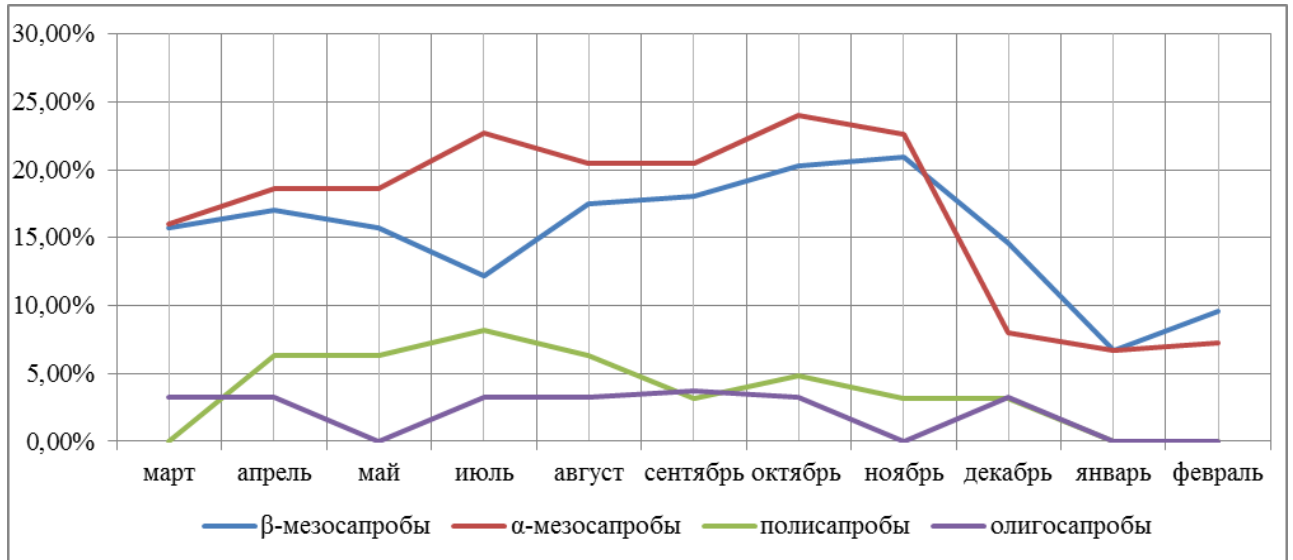


Рисунок 24 – Сезонная динамика относительного таксономического обилия индикаторных групп простейших оз. Кулик.

Согласно приведенной методике в ГЛАВЕ 2 «Условия и методы проведения исследований» был рассчитан индекс сапробности воды оз. Кулик (формула 6). За весь период исследования оз. Кулик отмечено снижение значения индекса сапробности от 2,5 в 2005 г. до 2,4 в 2009 г., что может свидетельствовать о процессах самоочищения (Н.В. Ильмаст, 2008). В среднем индекс сапробности составляет 2,4, что позволяет отнести оз. Кулик к водоемам с  $\beta$ -мезосапробным уровнем органического загрязнения (рисунок 25).

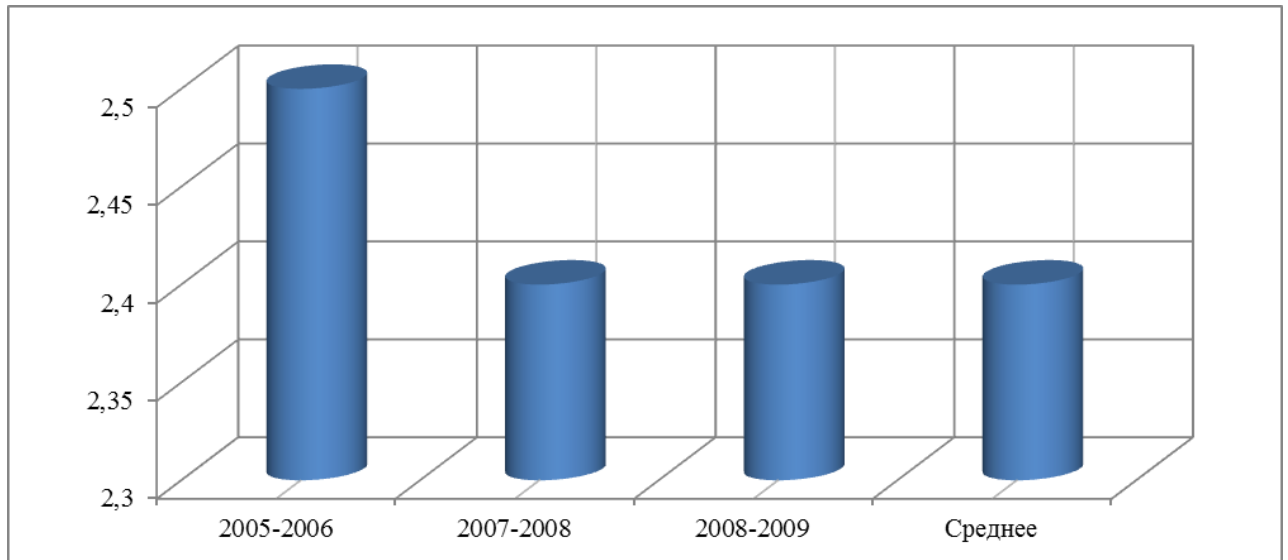


Рисунок 25 – Динамика индекса сапробности оз. Кулик.

Сезонная динамика индекса сапробности оз. Кулик претерпевает следующие изменения: растет с мая по август от 2,4 до 2,6, а потом постепенно снижается до 2,2 в декабре-январе

(рисунок 26). Эти колебания обусловлены, воздействием температурного фактора, кислородной и трофической обеспеченностью простейших.

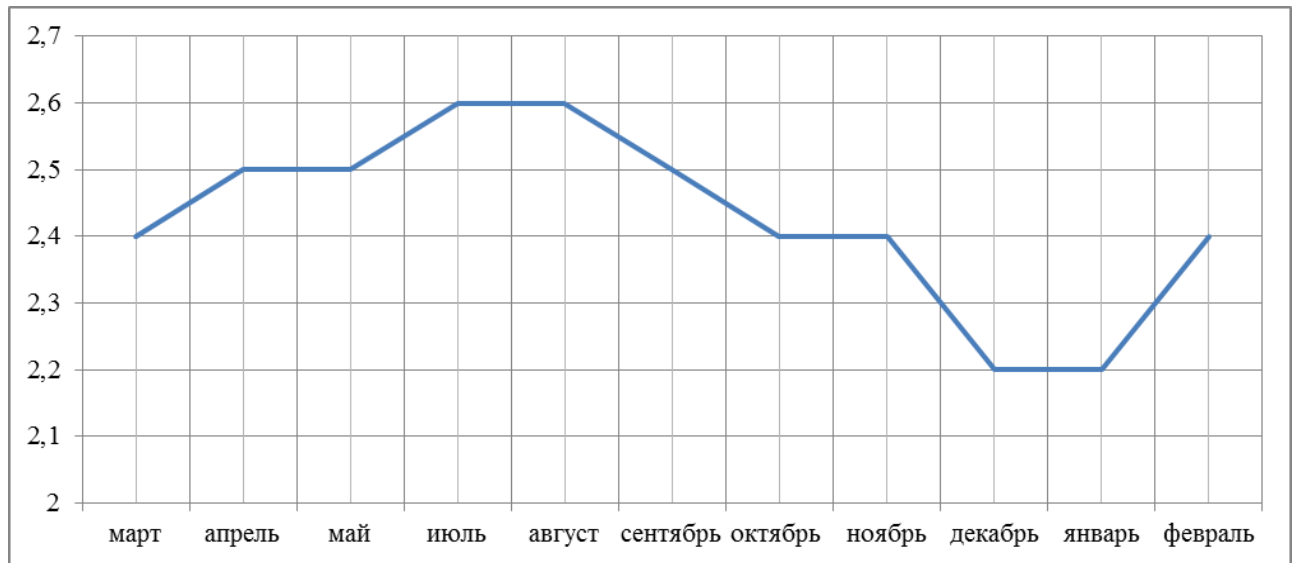


Рисунок 26 – Сезонная динамика индекса сапробности оз. Кулик.

Таким образом, в ходе сапробиологического анализа исследуемый створ на оз. Кулик имеет  $\beta$ -мезосапробный уровень органического загрязнения. В течение сезона индекс сапробности здесь изменяется в пределах от 2,2 в декабре-январе до 2,6 в июле-августе. Индекс сапробности возрастает с повышением температуры, кислородной и трофической обеспеченности. В многолетней динамике также отмечены изменения индекса сапробности с 2,5 в 2005 – 2006 гг. до 2,4 в 2007 – 2009 гг. Это характеризует данный водоем как динамическую систему, в которой происходят процессы самоочищения и эвтрофикации. На основе вышесказанного, можно заключить, что выявленный уровень сапробности поверхностной воды озера в большей степени вызван автохтонным загрязнением, вследствие массового развития водных макрофитов и отсутствием проточности, в меньшей степени – аллохтонным загрязнением, посредством стока с прибрежной территории, на которой располагается несанкционированная свалка ТБО.

**3.3.1.2. Река Упа.** В протистофауне р. Упа выявлено 35 родов индикаторов сапробности, среди которых 1 род жгутиковых (*Bodo*) и 34 рода инфузорий (приложение Д, таблица Д.1).

Среди выявленных индикаторных родов простейших преобладают  $\alpha$ -мезосапробы – 44,1% – 45,6%. На втором месте по относительному обилию находятся  $\beta$ -мезосапробы (37,0% – 45,0%) (рисунок 27).

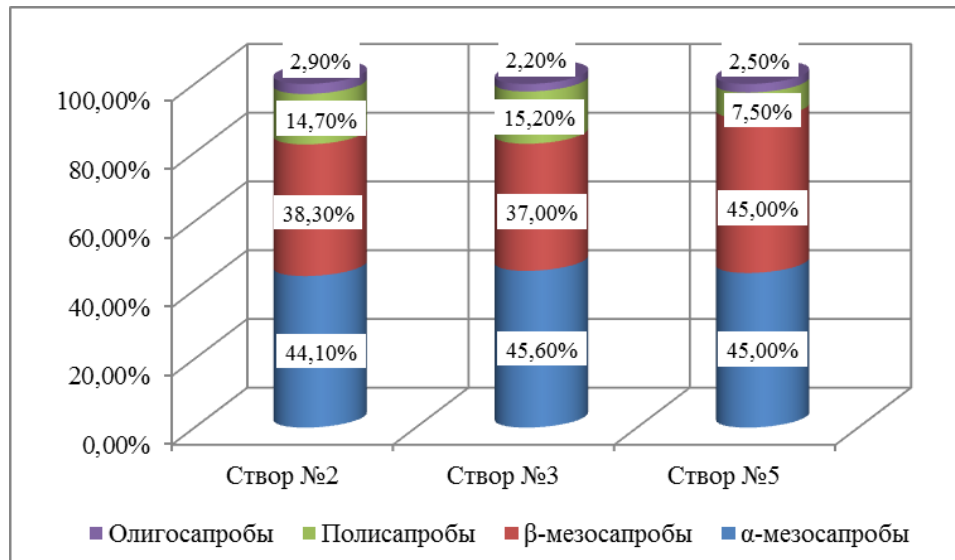


Рисунок 27 – Соотношение индикаторных групп простейших в створах исследования №2, 3, 5 на р. Упа.

Весной, летом и осенью отмечаются наибольшие значения относительного таксономического (родового) обилия индикаторных родов простейших всех групп. В данный период в исследуемом водном объекте устанавливаются оптимальные условия для жизнедеятельности простейших. Сильное развитие инфузорий в весеннее время объясняется притоком в водный объект аллохтонного органического вещества и развитием в массе бактерий и водорослей, служащих пищей инфузориям. Максимальное значение относительного таксономического обилия α-мезосапробов отмечается в октябре (18,2%), β-мезосапробов – в августе (21,4%), полисапробов – в ноябре (5,3%). Минимальное значение относительного таксономического обилия данных индикаторных групп отмечено в январе – 2,5% – 5,3%. Такая ситуация обусловлена низкой трофической обеспеченностью, а также воздействием на простейших абиотических факторов (температура и газовый режим) (В.А. Догель, 1962). Поскольку индикаторная группа олигосапробы представлена одним родом (*Holophrya*), то сезонная динамика данной индикаторной группы определяется его наличием или отсутствием в пробах (рисунок 28).



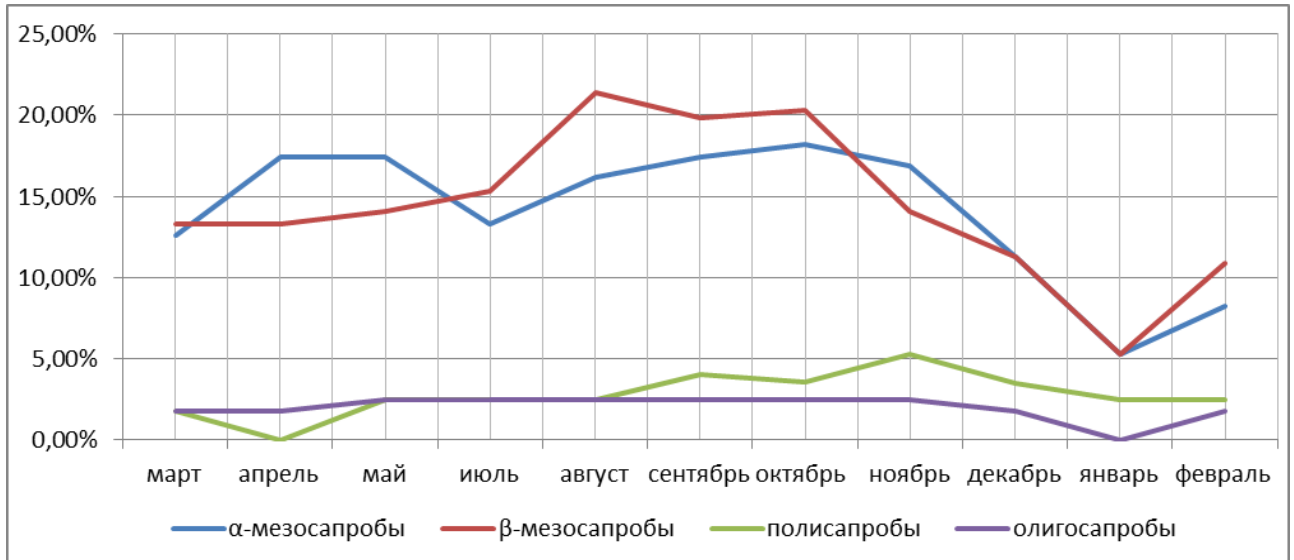


Рисунок 28 – Сезонная динамика относительного таксономического обилия индикаторных групп простейших р. Упа.

Согласно приведенной методике в ГЛАВЕ 2 «Условия и методы проведения исследований» был рассчитан индекс сапробности воды р. Упа (формула 6), который изменяется за весь период исследования в пределах 2,4 – 2,5. Многолетняя динамика индекса сапробности воды р. Упа показывает, что в данной экосистеме функционируют механизмы, действие которых направлено на активное разложение образующихся органических веществ, т.е. самоочищение. В среднем значение индекса сапробности в створах исследования на р. Упа составляет 2,4, в фоновом створе – 2,2, что соответствует классу умеренно загрязненных β-мезосапробных водных объектов (рисунок 29).

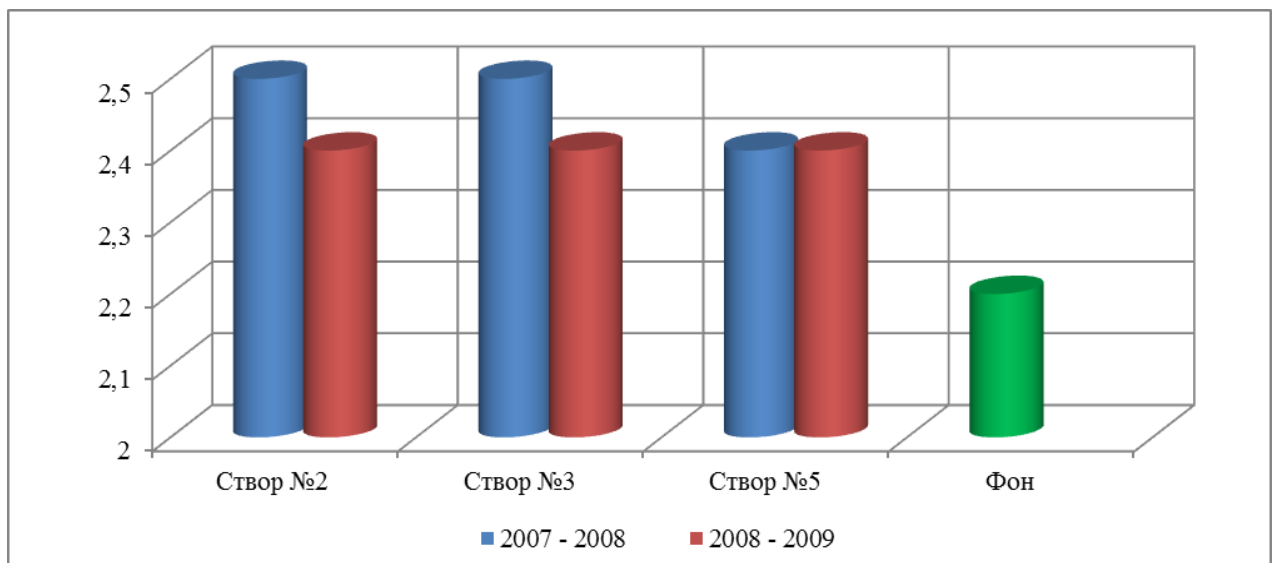


Рисунок 29 – Динамика индекса сапробности р. Упа.

Сезонная динамика индекса сапробности р. Упа находится в пределах от 2,3 до 2,6 и характеризуется постоянно высокими значениями  $\beta$ -мезосапробности за весь период исследования, что может быть обусловлено постоянным воздействием антропогенного фактора (рисунок 30).

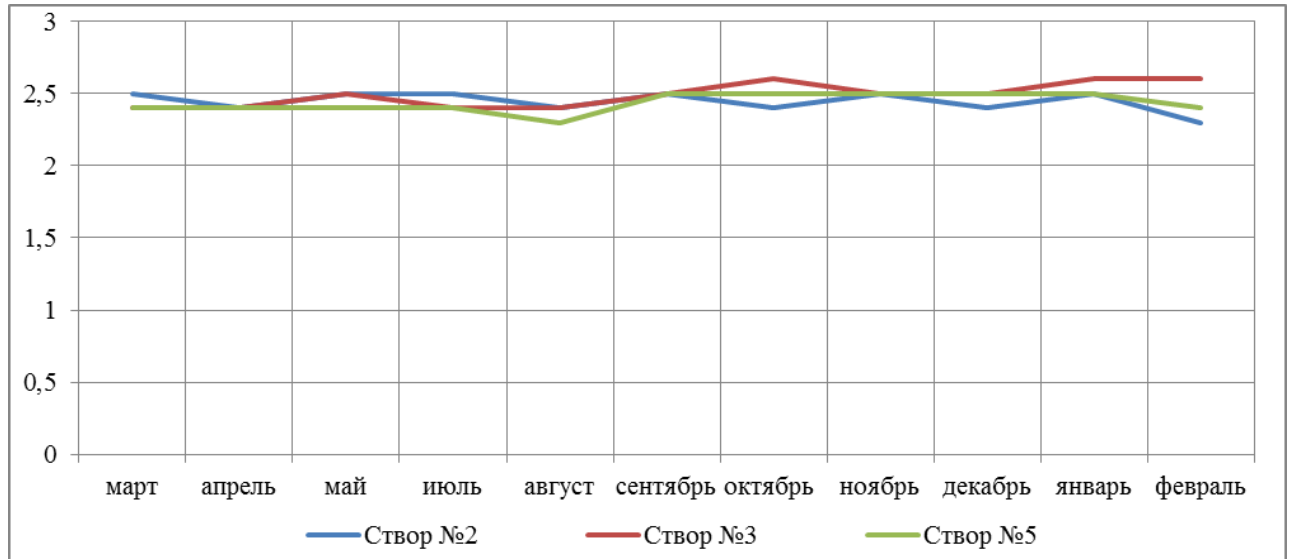


Рисунок 30 – Сезонная динамика значения индекса сапробности в створах исследования №2, 3, 5 на р. Упа.

Итак, исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что во всех створах исследования на р. Упа установлен  $\beta$ -мезосапробный уровень органического загрязнения, который стабилен в многолетней динамике (2007 – 2009 гг.). Сезонная динамика индекса сапробности характеризуется постоянно высокими значениями, обусловленными постоянными выпусками сточных вод.

**3.3.1.3. Река Тулица.** В протистофауне р. Тулица в исследуемом створе выявлено 5 индикаторных таксонов, представленных равноресничными инфузориями. Среди них представители группы  $\alpha$ -мезосапробов (род *Paramecium*, *Urotricha*),  $\beta$ -мезосапробов (род *Colpes*, *Lacrymaria*) и полисапробов (*Holophrya nigricans*). Относительное количество родов-индикаторов низкое и составляет 1 балл по пятибалльной шкале, кроме рода *Paramecium* относительное количество особей которого составляет 3 балла по пятибалльной шкале (таблица 17).

Таблица 17. Результаты анализа воды и донных отложений на сапробность (р. Тулица)

Род	Балл	Индикаторный вес простейших
<i>Paramecium</i>	3	3
<i>Holophrya nigricans</i>	1	3,5
<i>Lacrymaria</i>	1	2
<i>Colpes</i>	1	2
<i>Urotricha</i>	1	2,5

Рассчитанный индекс сапробности (формула 6) здесь составляет 2,7 и соответствует  $\alpha$ -мезосапробному уровню органического загрязнения (В.В. Алексеев, 2006; Д.М. Безматерных, 2007; Э.К. Голубовская, 1987; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.К. Шитиков, 2003).

**3.3.1.4. Комаркинский ручей.** В протистофауне Комаркинского ручья в створе исследования №2 обнаружены единичные особи инфузорий родов *Paramecium* и *Colpidium*, являющиеся индикаторами органического загрязнения. Данные индикаторные роды представляют группу полисапробов. В створе исследования №4 выявлены индикаторные роды *Paramecium*, *Colpidium* и *Urotricha*, относящиеся к группам  $\alpha$ -мезосапробов и полисапробов (таблица 18).

Таблица 18. Результаты анализа воды и донных отложений на сапробность (Комаркинский ручей)

№	Род	Балл	Индикаторный вес простейших
Створ №2			
1	<i>Paramecium putrinum</i>	1	4
2	<i>Colpidium</i>	1	4
Створ №4			
1	<i>Paramecium putrinum</i>	1	4
2	<i>Colpidium</i>	1	4
3	<i>Urotricha farcta</i>	1	3

Индекс сапробности (формула 6) в этих створах составляет 4,0 и 3,7 соответственно, что позволят говорить об их полисапробном уровне органического загрязнения. (В.В. Алексеев, 2006; Д.М. Безматерных, 2007; Э.К. Голубовская, 1987; Руководство по методам

гидробиологического анализа ..., 1983; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.К. Шитиков, 2003).

**3.3.1.4. Клоковский ручей.** В протистофауне Клоковского ручья в исследуемом створе выявлены представители группы  $\beta$ -мезосапробов (*Urotricha*) и  $\alpha$ -мезосапробов (*Paramecium*). Относительное количество рода *Urotricha* невысокое и составляет 2 балла по пятибалльной шкале, рода *Paramecium* – максимальное и составляет 5 баллов по пятибалльной шкале (таблица 19).

Таблица 19. Результаты анализа воды и донных отложений на сапробность (Клоковский ручей)

Род	Балл	Индикаторный вес простейших
<i>Paramecium</i>	5	3
<i>Urotricha</i>	2	2

Индекс сапробности (формула 6) здесь составляет 2,7 и соответствует  $\alpha$ -мезосапробному уровню органического загрязнения (В.В. Алексеев, 2006; Д.М. Безматерных, 2007; Э.К. Голубовская, 1987; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.К. Шитиков, 2003).

В результате оценки сапробности с использованием в качестве биоиндикаторов простейших, по уровню органического загрязнения выявлены  $\beta$ -мезосапробные,  $\alpha$ -мезосапробные и полисапробные водные объекты (в створах исследования). К  $\beta$ -мезосапробным ( $S = 2,4$ ) относятся оз. Кулик и р. Упа, причем даже в фоновом створе на р. Упа индекс сапробности составляет 2,2. При таком уровне сапробности в водных объектах отмечается умеренное загрязнение и повышенное содержание органических веществ (В.В. Алексеев, 2006; Д.М. Безматерных, 2007; Э.К. Голубовская, 1987; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.К. Шитиков, 2003). К  $\alpha$ -мезосапробным ( $S = 2,7$ ) относятся р. Тулица и Клоковский ручей. При таком уровне сапробности в водных объектах отмечаются высокие концентрации органического вещества. К полисапробным ( $S = 3,7 - 4,0$ ) относится Комаркинский ручей. При таком уровне сапробности в поверхностной воде и донных отложениях содержится большое количество органических веществ, практически в состоянии гниения и крайне низкие концентрации кислорода из-за отсутствия эффективных механизмов самоочищения (В.В. Алексеев, 2006; Д.М. Безматерных, 2007; Э.К. Голубовская, 1987; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.К. Шитиков, 2003).

### 3.3.2. Оценка сапробности водных объектов г. Тула методом биоиндикации с использованием макрозообентоса

**3.3.2.1. Река Упа.** В результате анализа фауны макрозообентоса р. Упа в исследуемых створах в общем выявлен 31 индикаторный таксон, причем количество индикаторов варьирует от 19 (створы №1 и 5) до 24 таксонов (створ №3), а в фоновом створе – 31 индикаторный таксон (приложение Д, таблица Д.2). Среди них преобладают брюхоногие моллюски (рисунок 31). Доминирование индикаторных таксонов Класса *Gastropoda* свидетельствует о наличии в поверхностной воде и донных отложениях поллютантов (Д.М. Безматерных, 2007).

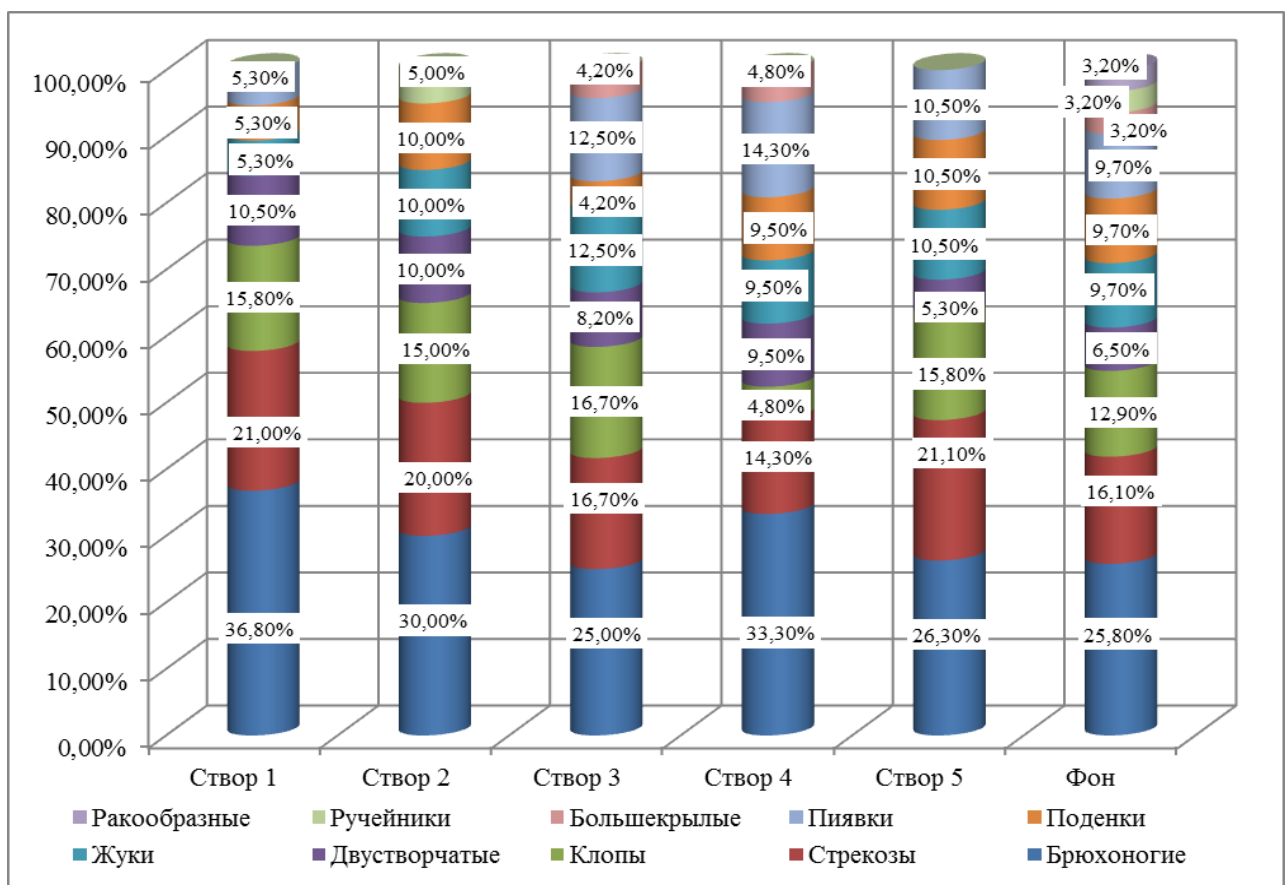


Рисунок 31 – Соотношение индикаторных таксонов в створах исследования на р. Упа.

Рассмотрим сезонную динамику относительного обилия индикаторных таксонов р. Упа. Наибольшие значения этого показателя отмечены в июне-июле (50,0% – 82,4%), наименьшие – в мае (20,8% – 26,3%) и августе (20,8% – 31,6%) (рисунок 32). Пики максимального и минимального относительного видового обилия обусловлены воздействием на макрозообентос гидрохимических и гидрофизических факторов (рН, жесткость воды, содержание органических веществ и кислорода, температура), а также могут быть связаны с цикличностью вылета и

размножения насекомых – основного компонента речного макробентоса (М.В. Чертопруд, 2002, №3).

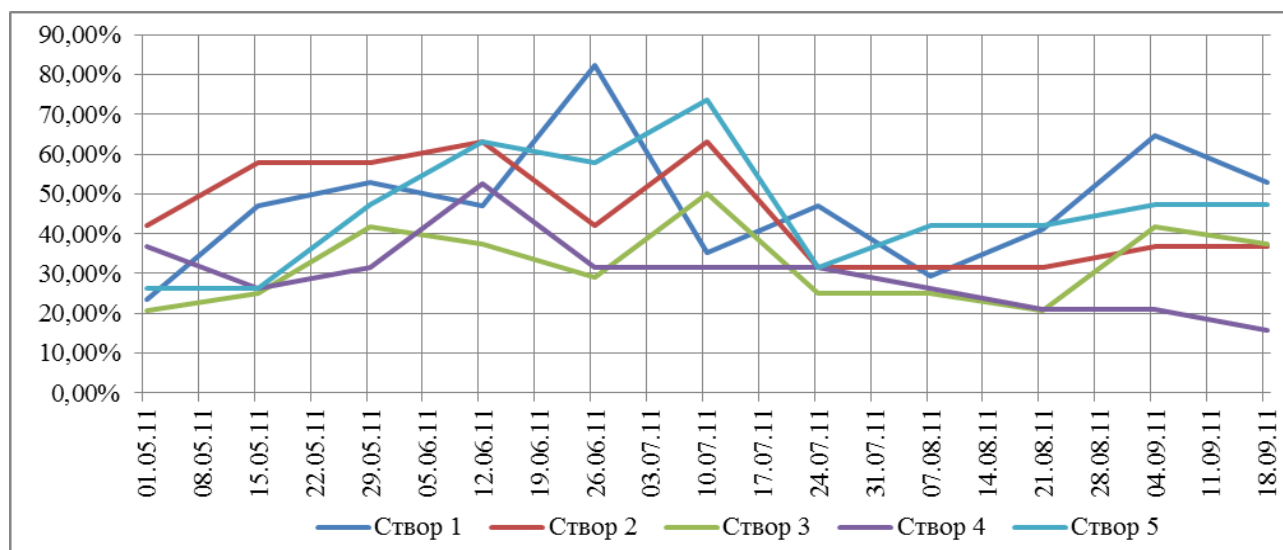


Рисунок 32 – Сезонная динамика относительного обилия индикаторных групп макрозообентоса в створах исследования №1, 2, 3, 4, 5 на р. Упа.

Согласно приведенной методике в ГЛАВЕ 2 «Условия и методы проведения исследований» рассчитан индекс сапробности р. Упа (формула 7), среднее значение которого составляет 2,6, в том числе и в фоновом створе. Это позволяет отнести р. Упа к  $\alpha$ -мезосапробным водным объектам. В зависимости от створа исследования индекс сапробности изменяется от 2,6 до 2,7. Максимальное значение этого индекса наблюдается в нижнем створе №5, что обусловлено аккумуляцией поллютантов, поступивших в водоток выше по течению. Однако, этот максимум помимо нижнего створа отмечен и в створе №3. Это можно объяснить воздействием промышленных сточных вод ОАО «Тульский оружейный завод» (рисунок 33).

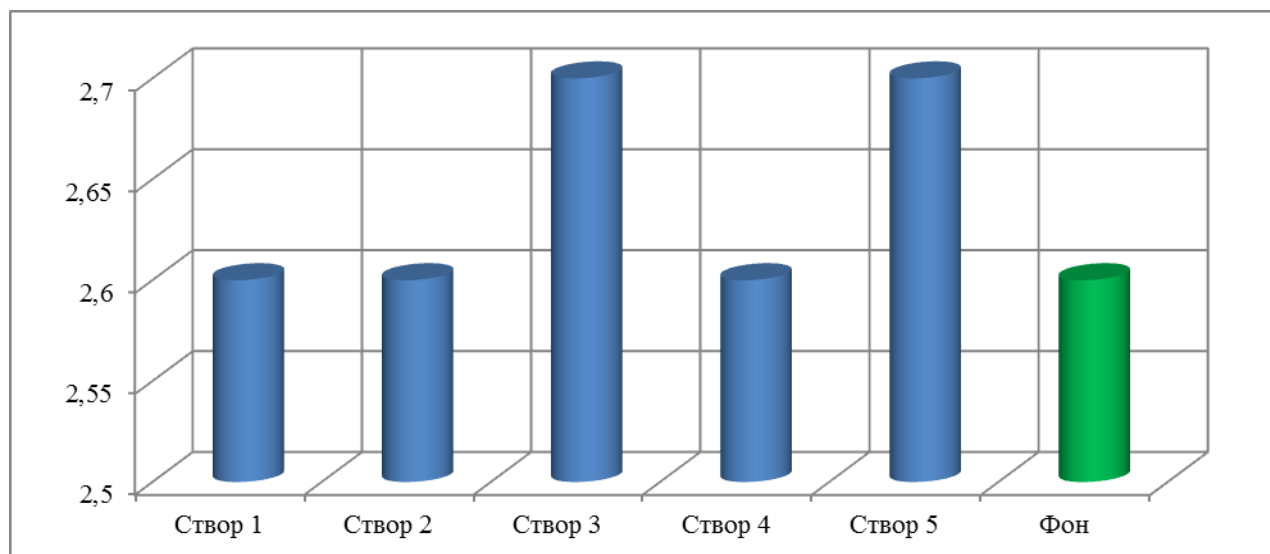


Рисунок 33 – Сравнение индекса сапробности в створах исследования на р. Упа.

Теперь перейдем к сезонной динамике индекса сапробности. Здесь отмечаются постоянно высокие значения данного показателя (до 2,9) (рисунок 34). Это может быть обусловлено воздействием выпусков промышленных сточных вод.

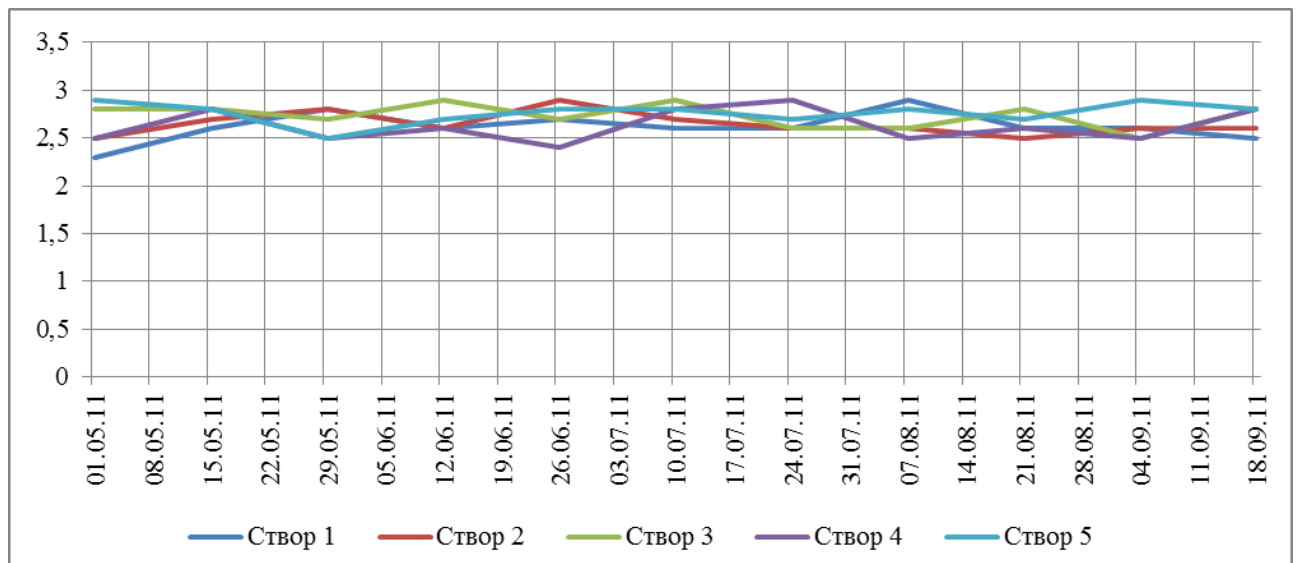


Рисунок 34 – Сезонная динамика значения индекса сапробности в створах исследования №1, 2, 3, 5 на р. Упа.

Биоиндикационные исследования р. Упа в створах исследования, в том числе и в фоновом, позволили выявить  $\alpha$ -мезосапробный уровень органического загрязнения, что характеризует данный водный объект как загрязненный. В поверхностной воде и донных отложениях таких водных объектов происходит аэробный распад органических веществ при незначительной концентрации кислорода и высокой – углекислоты (В.В. Алексеев, 2006; Д.М. Безматерных, 2007; Э.К. Голубовская, 1987; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.К. Шитиков, 2003). Еще в 2004 г. вблизи створа исследования №1 на р. Упа выявлено, что в донных отложениях накоплено значительное количество токсичных веществ, что усугубляется постоянными выпусками промышленных сточных и ливневых вод предприятиями, которые затрудняют протекание процессов самоочищения реки. Также для данного участка реки отмечаются низкие концентрации кислорода (Г.А. Дружбин, 2004). Сезонная динамика индекса сапробности р. Упа характеризуется постоянно высокими значениями, обусловленными непрерывными выпусками сточных вод.

**3.3.2.2. Река Воронка.** В фауне макрозообентоса р. Воронка выявлено 26 индикаторных таксона. Наибольшее их количество обнаружено в створе исследования №6 – 19 таксонов,

наименьшее – в створе исследования №9 – 13 таксонов. В фоновом створе исследования выявлено 26 индикаторных таксона (приложение Д, таблица Д.2) (рисунок 35).

Среди индикаторных групп в створах исследования №6 преобладают брюхоногие моллюски (26,4% относительного обилия индикаторных таксонов), в створе исследования №7, 8 и 9 и в фоновом створе – брюхоногие моллюски и стрекозы (по 18,8%; 26,7%; 23,0% и 19,3% относительного обилия индикаторных таксонов соответственно) (рисунок 35). Из литературных источников известно, что, брюхоногие моллюски способны обитать в загрязненной воде (Д.М. Безматерных, 2007).

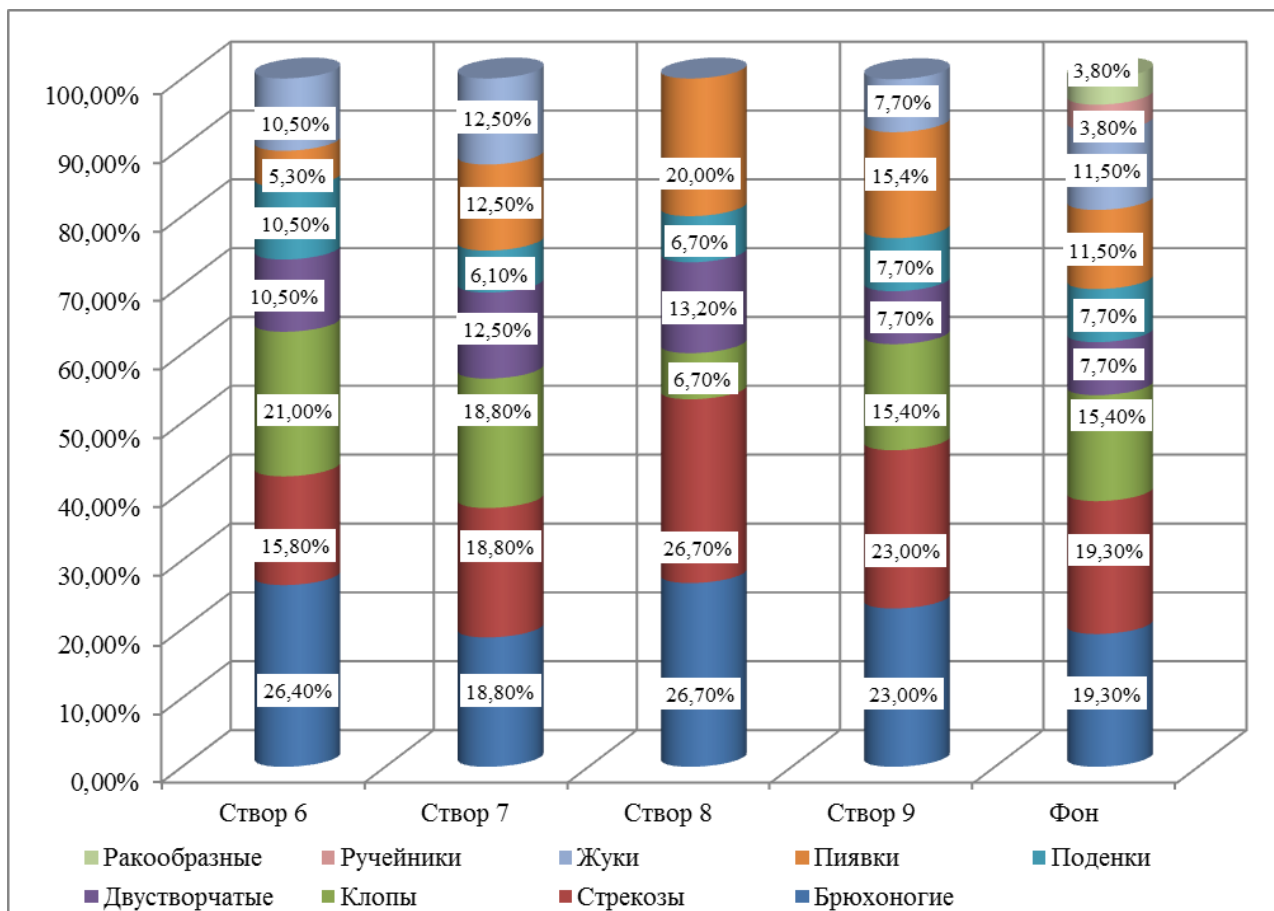


Рисунок 35 – Соотношение индикаторных видов в створах исследования на р. Воронка.

Сезонная динамика относительного обилия индикаторных таксонов р. Воронка характеризуется колебаниями относительного видового обилия. Наибольшие значения данного показателя во всех створах исследования зарегистрированы в июне (46,7% – 53,8% относительного видового обилия). В створе исследования №8 наибольшие значения этого показателя отмечены в мае и июле (46,7% относительного видового обилия) (рисунок 36). Варьирование значений относительного видового обилия индикаторных таксонов происходит за счет воздействия на них гидрологических условий. Так, отсутствие макрозообентоса с конца августа в створе исследования №7 может быть обусловлено следующими гидрологическими



особенностями: ширина до 2 м, глубина 0,2-0,3 м, песчано-каменистый грунт, высокие скорости течения (рисунок 36).

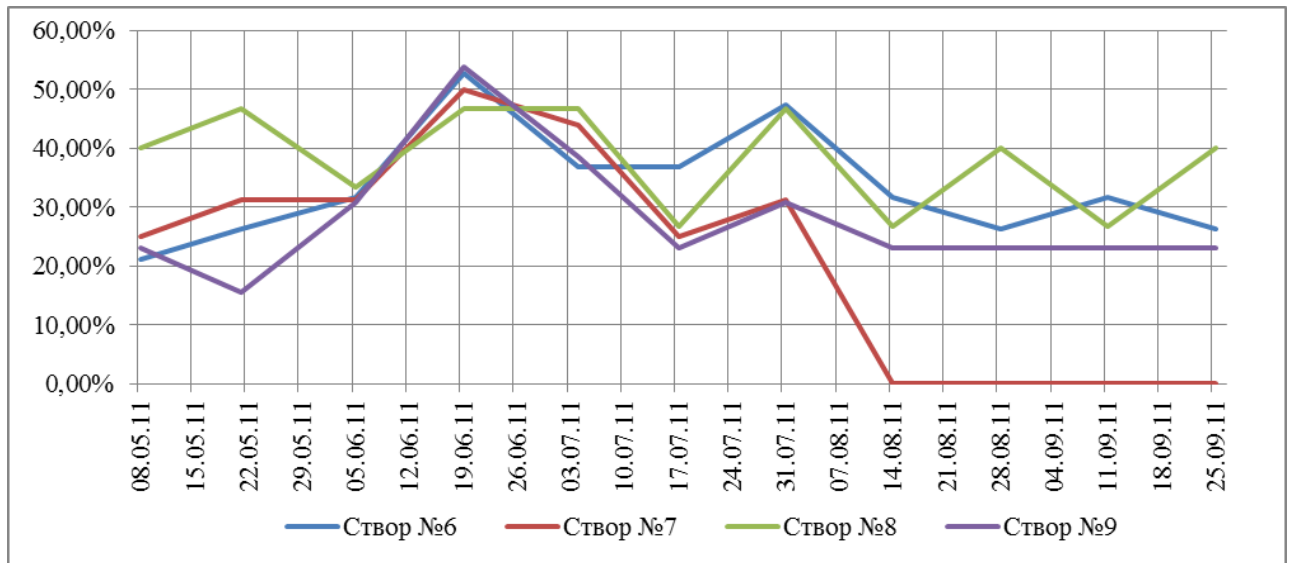


Рисунок 36 – Сезонная динамика относительного обилия индикаторных групп макрозообентоса в створах исследования №6, 7, 8 9 на р. Воронка.

Согласно приведенной методике в ГЛАВЕ 2 «Условия и методы проведения исследований» рассчитан индекс сапробности р. Воронка (формула 7). Наибольшие значения индекса сапробности для р. Воронка отмечены в нижних створах исследования (2,7), что обусловлено аккумуляцией поллютантов, поступивших в водоток выше по течению. В створах исследования №6, 7, а также в фоновом створе значение этого индекса составляет 2,6. Это позволяет отнести р. Воронка к  $\alpha$ -мезосапробным водным объектам (рисунок 37).

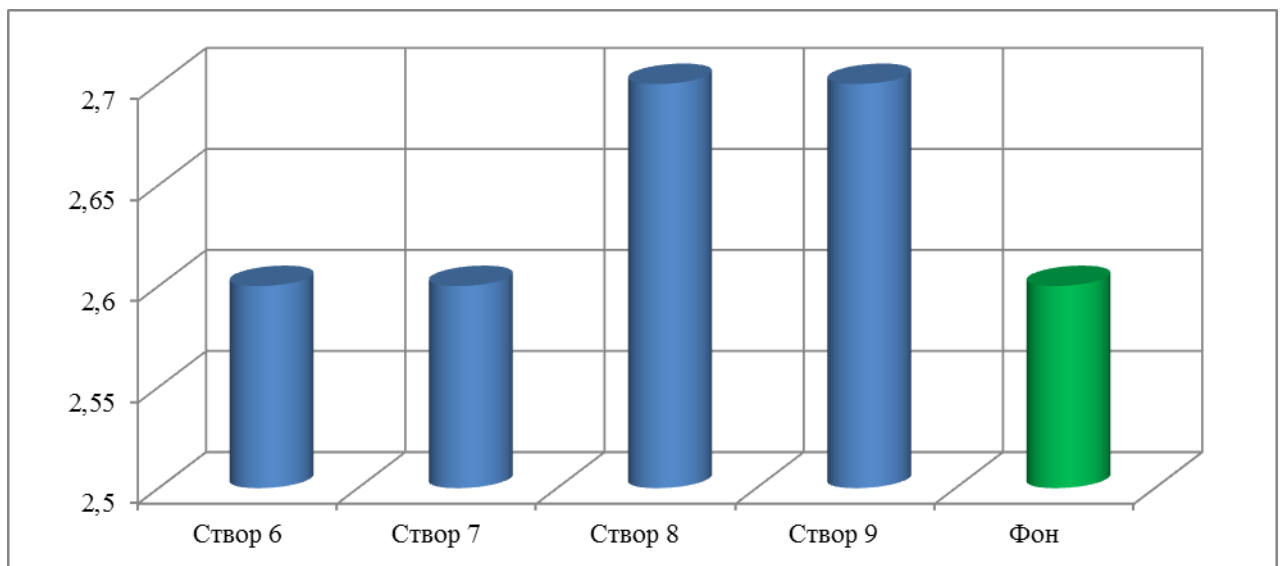


Рисунок 37 – Сравнение индекса сапробности в створах исследования на р. Воронка.

Рассмотрим сезонную динамику индекса сапробности. Во всех створах исследования на р. Воронка отмечаются постоянно высокие значения индекса сапробности (до 3,0) (рисунок 38).

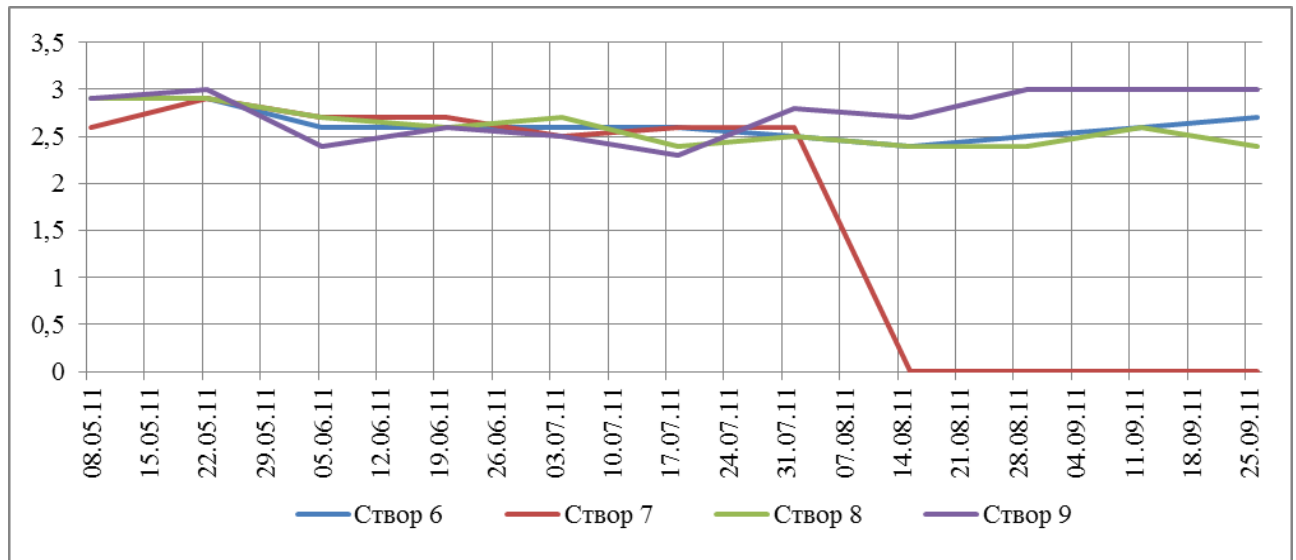


Рисунок 38 – Сезонная динамика значения индекса сапробности в створах исследования №6, 7, 8, 9 на р. Воронка.

Сапробиологический анализ показал наличие  $\alpha$ -мезосапробного уровня органического загрязнения р. Воронка во всех створах исследования, в том числе и в фоновом. Такой уровень сапробности характерен для загрязненных вод с высоким содержанием органических веществ (В.В. Алексеев, 2006; Д.М. Безматерных, 2007; Э.К. Голубовская, 1987; Руководство по методам гидробиологического анализа ..., 1983; О.Ф. Филенко, И.В. Михеева, 2007; В.К. Шитиков, 2003). Сезонная динамика индекса сапробности здесь характеризуется постоянно высокими значениями и обусловлена постоянным воздействием выпусков промышленных сточных вод.

В результате биоиндикационных исследований водоемов и водотоков в черте г. Тула выявлены следующие уровни органического загрязнения:

- $\beta$ -мезосапробный уровень органического загрязнения
- $\alpha$ -мезосапробный уровень органического загрязнения
- полисапробный уровень органического загрязнения.

Олигосапробных (чистых) водоемов и водотоков среди перечисленных водных объектов не обнаружено.

К умеренно загрязненным водным объектам с  $\beta$ -мезосапробным уровнем органического загрязнения относятся: оз. Кулик, р. Упа (по индикаторным таксонам протистофауны). К загрязненным водным объектам с  $\alpha$ -мезосапробным уровнем органического загрязнения относятся: р. Тулица, Клоковский ручей, р. Воронка и р. Упа (по индикаторным таксонам макрозообентоса). К сильно загрязненным водным объектам с полисапробным уровнем

органического загрязнения относится Комаркинский ручей. Исходя из вышесказанного, все исследуемые водные объекты обладают высокими концентрациями органического вещества.

### **3.3.3. Оценка токсичности поверхностной воды и донных отложений водных экосистем г. Тула методом биотестирования**

Исследование степени нарушенности водных экосистем наряду с методами биоиндикации проводили и методом биотестирования. Биотестирование осуществлялось по методике выполнения измерений «Определение токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg» (А.А. Рахлеева, 2008), приведенной в ГЛАВЕ 2 «Условия и методы проведения исследований».

В результате токсикологических исследований составлена классификация водных объектов, по уровню токсичности: 0% – нетоксичные; 1 – 10% – слаботоксичные; 11 – 49% – умеренно токсичные; 50 – 75% – высокотоксичные; 76 – 100% – остротоксичные.

**3.3.3.1. Реки Упа и Воронка.** В створах исследования №2, №4, №5 на р. Упа, в створах исследования №6, №7, №8 и №9 на р. Воронка и в фоновых створах обеих рек в результате суточной экспозиции проб поверхностной воды и донных отложений с синхронизированной культурой *Paramecium caudatum* погибших или обездвиженных особей не выявлено. Таким образом, показатель токсичности составляет 0% для перечисленных створов исследования, вредного воздействия (БКР<sub>10-24</sub>) не выявлено (показатель токсичности менее 10%) (приложение Е, таблица Е.1, Е.3).

Однако в результате биотестирования проб поверхностной воды р. Упа в створе исследования №1 показатель токсичности составляет 9,1% (слабая токсичность), БКР<sub>10-24</sub> не выявлено (приложение Е, таблица Е.1), а в створе исследования №3 показатель токсичности равен 30,0% (умеренная токсичность), БКР<sub>10-24</sub> выявлено (приложение Е, таблица Е.2).

Таким образом, в результате биотестирования установлено, что створы исследования №1 и 3 на р. Упа являются менее благополучными с экологической точки зрения участками (рисунки 39, 40).

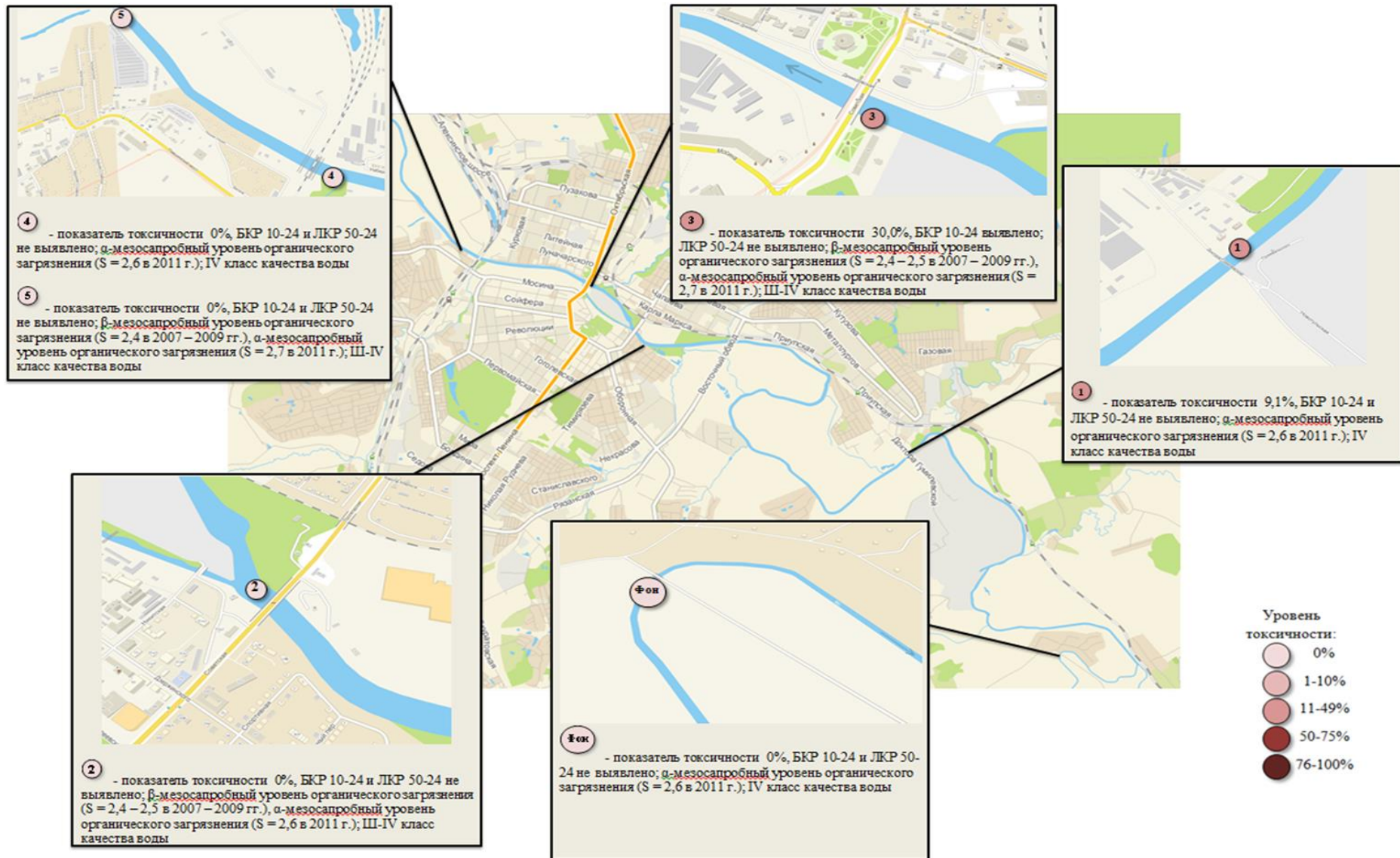


Рисунок 39 – Карта-схема р. Уфа.

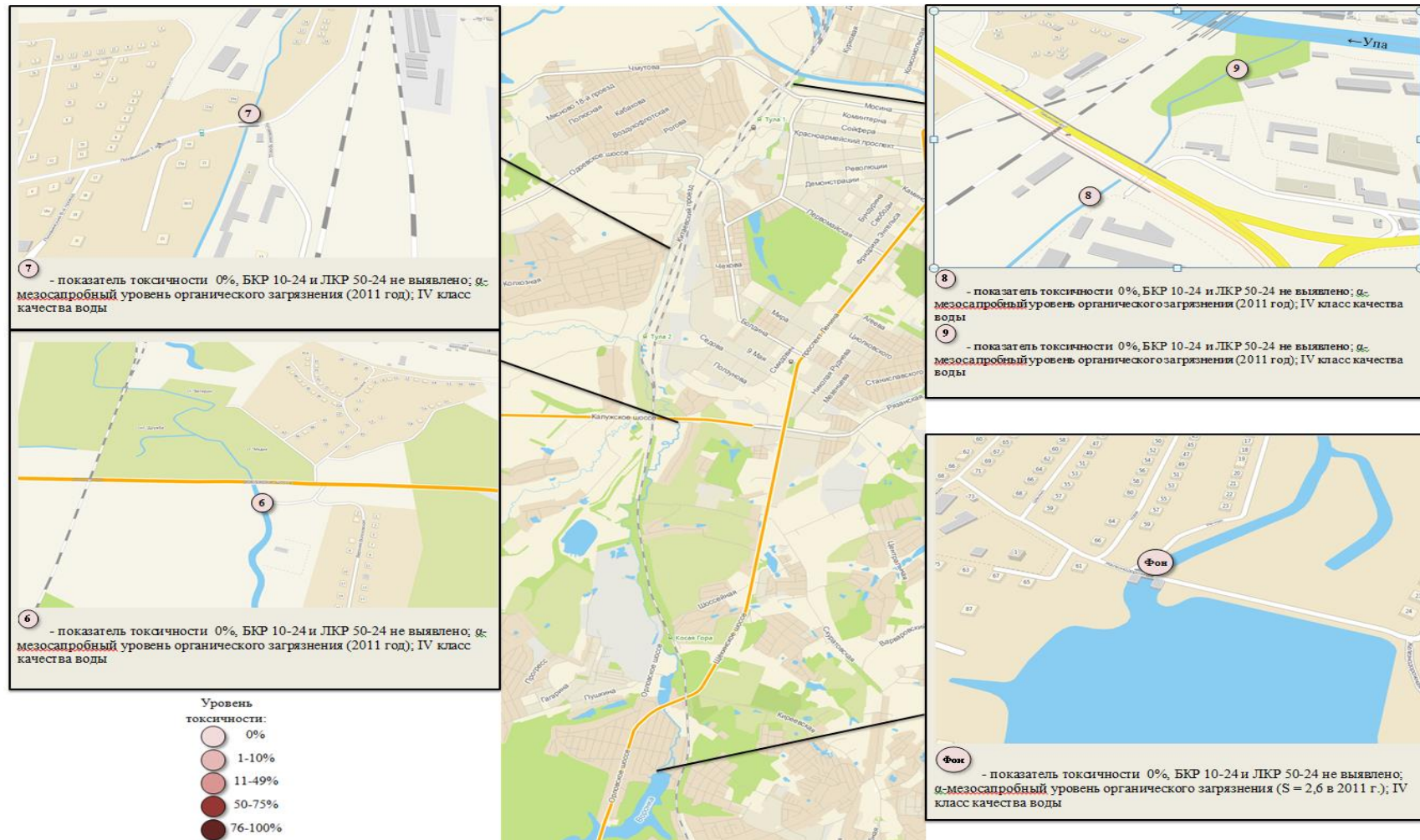


Рисунок 40 – Карта-схема р. Воронка.

Данные, полученные в ходе биотестирования, подтверждаются результатами параллельных исследований, выполненных методами биоиндикации. Оценка сапробности с использованием в качестве биоиндикаторов представителей протистофауны в период с 2007 г. по 2009 г. показала, что в во всех створах исследования р. Упа выявлен  $\beta$ -мезосапробный уровень органического загрязнения. Данный уровень характеризуется как умеренно загрязненный. Результат расчета индекса сапробности с использованием в качестве биоиндикаторов представителей макрозообентоса в 2011 г. показал, что во всех створах исследования р. Упа и р. Воронка существует  $\alpha$ -мезосапробный уровень органического загрязнения. При таком уровне экологическое состояние р. Упа и р. Воронка характеризуется как загрязненное. В соответствии с ГОСТ (ГОСТ 17.1.3.07-82) и на основе рассчитанного индекса сапробности, по степени загрязненности поверхностная вода и донные отложения в р. Воронка соответствуют IV классу качества, в р. Упа – III – IV классу качества. Это подтверждается результатами исследований, проводимых Тульским ЦГМС, что поверхностная вода и донные отложения р. Упа в 2011 г относятся к IV классу качества воды (грязная) (Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2012) (таблица 20, рисунки 39, 40).

Вместе с биодиагностическими исследованиями, в створе исследования №3 на р. Упа проводился химический анализ проб поверхностной воды. В результате чего выявлено превышение ПДК по содержанию БПКполн. в 17,9 раз, сухого остатка в 2,8 раз, показатель pH превышен в 1,14 раз (приложение Ж, таблица Ж.1) (Методические указания по разработке нормативов качества воды ..., 2009; Нормативы качества воды ..., 2010). Такие показатели химического состава поверхностной воды здесь обусловлены воздействием выпусков промышленных сточных вод ОАО «Тульский оружейный завод». В связи с тем, что превышения ПДК по неорганическим поллютантам, в том числе тяжелым металлам не обнаружены и на основе полученных результатов в ходе биотестирования можно заключить, что в поверхностной воде в створе исследования №3 на р. Упа содержатся органические вещества, которые вызывают вредное воздействие на живые организмы (БКР<sub>10-24</sub>) (таблица 20, рисунок 39).

Таблица 20. Комплексная характеристика экологического состояния р. Упа и р. Воронка

Водный объект, створ исследования	Индекс сапробности/ уровень сапробности	Качество воды	Показатель токсичности (формула 8)	Превышение ПДК	Класс качества воды
1	2	3	4	5	6
р. Упа, створ исследования №1	2,7/ $\alpha$ -мезосапробный (2011 г.)	Загрязненная (2011 г.)	9,1%	-	IV
р. Упа, створ исследования №3	2,4-2,5/ $\beta$ -мезосапробный (2007-2009 гг.) 2,7/ $\alpha$ -мезосапробный (2011 г.)	Умеренно загрязненная (2007-2009 гг.) Загрязненная (2011 г.)	30,0%	pH Сухой остаток БПКполн.	III  IV
р. Упа, створы исследования №2, №4, №5	2,4-2,5/ $\beta$ -мезосапробный (2007-2009 гг.) 2,6-2,7/ $\alpha$ -мезосапробный (2011 г.)	Умеренно загрязненная (2007-2009 гг.) Загрязненная (2011 г.)	0%	-	III  IV
р. Упа, фоновый створ	2,2/ $\beta$ -мезосапробный (2007-2009 гг.) 2,6/ $\alpha$ -мезосапробный (2011 г.)	Умеренно загрязненная (2007-2009 гг.) Загрязненная (2011 г.)	0%	-	III  IV
р. Воронка, створы исследования №6, №7, №8, №9	2,6-2,7/ $\alpha$ -мезосапробный (2011 г.)	Загрязненная (2011 г.)	0%	-	IV
р. Воронка, фоновый створ	2,6/ $\alpha$ -мезосапробный (2011 г.)	Загрязненная (2011 г.)	0%	-	IV

**3.3.3.2. Река Тулица.** В результате биотестирования проб поверхностной воды и донных отложений в створе исследования №1 на р. Тулица выявлено, что показатель токсичности составляет 22,2% (умеренная токсичность), вредное воздействие (БКР<sub>10-24</sub>) выявлено (приложение Е, таблица Е.4) (Н.П. Булухто, 2011). Это подтверждается и результатами биоиндикации (таблица 21, рисунок 41).

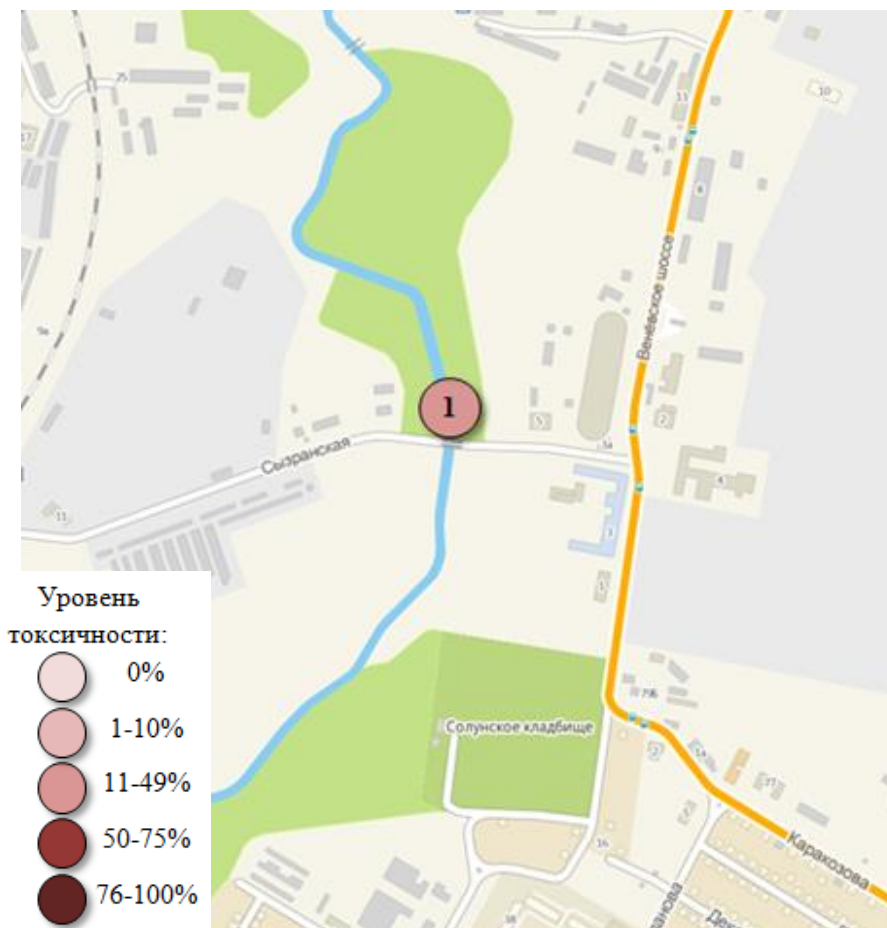


Рисунок 41 – Карта-схема р. Тулица, где

**1** - показатель токсичности 22,2%, БКР<sub>10-24</sub> выявлено; ЛКР<sub>50-24</sub> не выявлено;  $\alpha$ -мезосапробный уровень органического загрязнения; IV класс качества воды

Рассчитанный индекс сапробности р. Тулица свидетельствует о том, что в створе исследования №1 существует  $\alpha$ -мезосапробный уровень органического загрязнения. По степени загрязненности исследуемая вода в водотоке характеризуется как загрязненная и соответствует IV классу качества воды (таблица 21, рисунок 41) (ГОСТ 17.1.3.07-82).

В дополнение к вышесказанному, в результате сравнения данных химического анализа проб поверхностной воды в створе исследования №1 на р. Тулица с нормативами качества воды (Нормативы качества воды ..., 2010) выявлено превышение ПДК по содержанию неорганических поллютантов, в том числе тяжелым металлам (приложение Ж, таблица Ж.2):



цинка в 9 раз и меди в 5,4 раза (таблица 21, рисунок 41). Очевидно, это обусловлено воздействием промышленных сточных вод ОАО «Тульский патронный завод».

Таблица 21. Комплексная характеристика экологического состояния р. Тулица

Водный объект, створ исследования	Индекс сапробности/ уровень сапробности	Качество воды	Показатель токсичности (формула 8)	Превышение ПДК	Класс качества воды
р. Тулица, створ исследования №1	2,7/ $\alpha$ - мезосапробный	Загрязненная	22,2%	Zn Cu	IV

**3.3.3.3. Комаркинский ручей.** В ходе биотестирования наибольший показатель токсичности обнаружен для поверхностной воды в створе исследования №2 – 80,0%, донных отложений – в створе исследования №3 – 86,0%. Наименьшие значения данного показателя для поверхностной воды отмечено в створе исследования 4 – 53,7%, донных отложений – в створе исследования №2 – 58,3% (приложение Е, таблица Е.5). Поверхностная вода и донные отложения Комаркинского ручья в створах исследования высоко- и остротоксичны, выявлено вредное воздействие (БКР<sub>10-24</sub>) (В.Л. Буркина, 2011, с. 55; Н.П. Булухто, 2012, №2; 2012, Том XIX, №1).

Результаты биотестирования сопоставимы с результатами биоиндикации и химико-аналитических исследований (таблица 22, рисунок 42).

Рассчитанные индексы сапробности свидетельствуют о том, что в створах исследования №2 и №4 существует полисапробный уровень органического загрязнения, при котором в поверхностной воде и донных отложениях содержится большое количество органических веществ, практически в состоянии гниения. По степени загрязненности исследуемая вода в данном водотоке характеризуется как грязная и относится к V классу качества воды (ГОСТ 17.1.3.07-82) (таблица 22, рисунок 42).

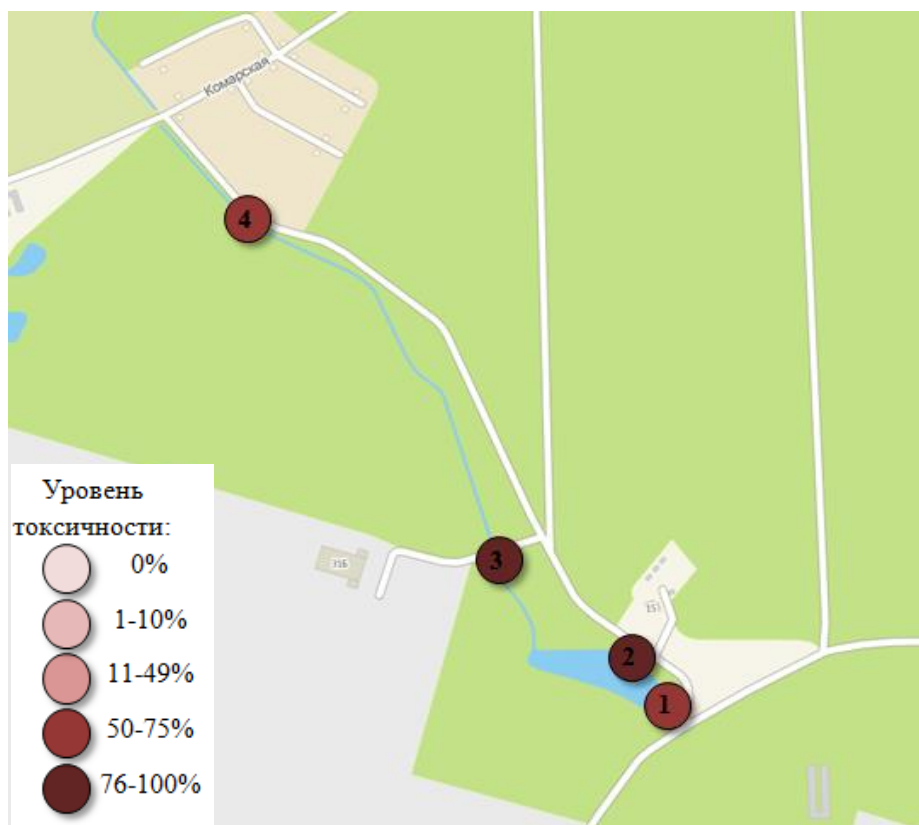


Рисунок 42 – Карта-схема Комаркинского ручья, где

- 1** - показатель токсичности 61,9 – 66,7%, БКР<sub>10-24</sub> и ЛКР<sub>50-24</sub> выявлено; индекс сапробности не выявлен; V класс качества воды
- 2** - показатель токсичности 58,3-80,0%, БКР<sub>10-24</sub> и ЛКР<sub>50-24</sub> выявлено; полисапробный уровень органического загрязнения; V класс качества воды
- 3** - показатель токсичности 55,5-86,0%, БКР<sub>10-24</sub> и ЛКР<sub>50-24</sub> выявлено; индекс сапробности не выявлен; V класс качества воды
- 4** - показатель токсичности 53,7-71,0%, БКР<sub>10-24</sub> и ЛКР<sub>50-24</sub> выявлено; полисапробный уровень органического загрязнения; V класс качества воды

Химико-аналитическими исследованиями зафиксировано высокое превышение ПДК по содержанию ионов меди в створе исследования №1 в 42 раза, экстремально высокое – в створах исследования №2 (в 64 раза) и №4 (в 51 раз). Превышение ПДК по содержанию железа зарегистрировано во всех створах исследования в 11,3-13,9 раз (Нормативы качества воды ..., 2010; Р 52.24.756 – 2011) (приложение Ж, таблицы Ж.3, Ж.4). Источниками загрязнения данного водотока является промышленные сточные воды ФГУП ГНПП «Сплав» и ОАО

«Тульский комбайновый завод». Итак, химические исследования позволили выявить превышения ПДК по многим неорганическим поллютантам, в том числе тяжелым металлам, которые и обуславливают острую токсичность исследуемых проб поверхностной воды и донных отложений в Комаркинском ручье (таблица 22, рисунок 42).

Таблица 22. Комплексная характеристика экологического состояния Комаркинского ручья

Водный объект, створ исследования	Индекс сапробности/ уровень сапробности	Качество воды	Показатель токсичности (формула 8)	Превышение ПДК	Класс качества воды
1	2	3	4	5	6
Комаркинский ручей, створ исследования №1	не обнаружено одноклеточных животных	Грязная	61,9-66,7%	Cl <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> Нефть и нефтепродукты Fe Cu	V
Комаркинский ручей, створ исследования №2	4,0/полисапробный	Грязная	58,3-80,0%	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> Cr <sup>6+</sup> Fe Cu	V
Комаркинский ручей, створ исследования №3	не обнаружено одноклеточных животных	Грязная	55,5-86,0%	-	V
Комаркинский ручей, створ исследования №4	3,7/полисапробный	Грязная	53,7-71,0%	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> Fe Cu Нефть и нефтепродукты	V

**3.3.3.4. Клоковский ручей.** В результате биотестирования проб поверхностной воды и донных отложений в створе исследования №1 на Клоковском ручье выявлен показатель токсичности 76,0%, что свидетельствует об острой токсичности, вредное воздействие (БКР<sub>10-24</sub>) выявлено (приложение Е, таблица Е.6) (В.Л. Домнина, 2014). Тем самым подтвердились результаты биоиндикации (таблица 23, рисунок 43).

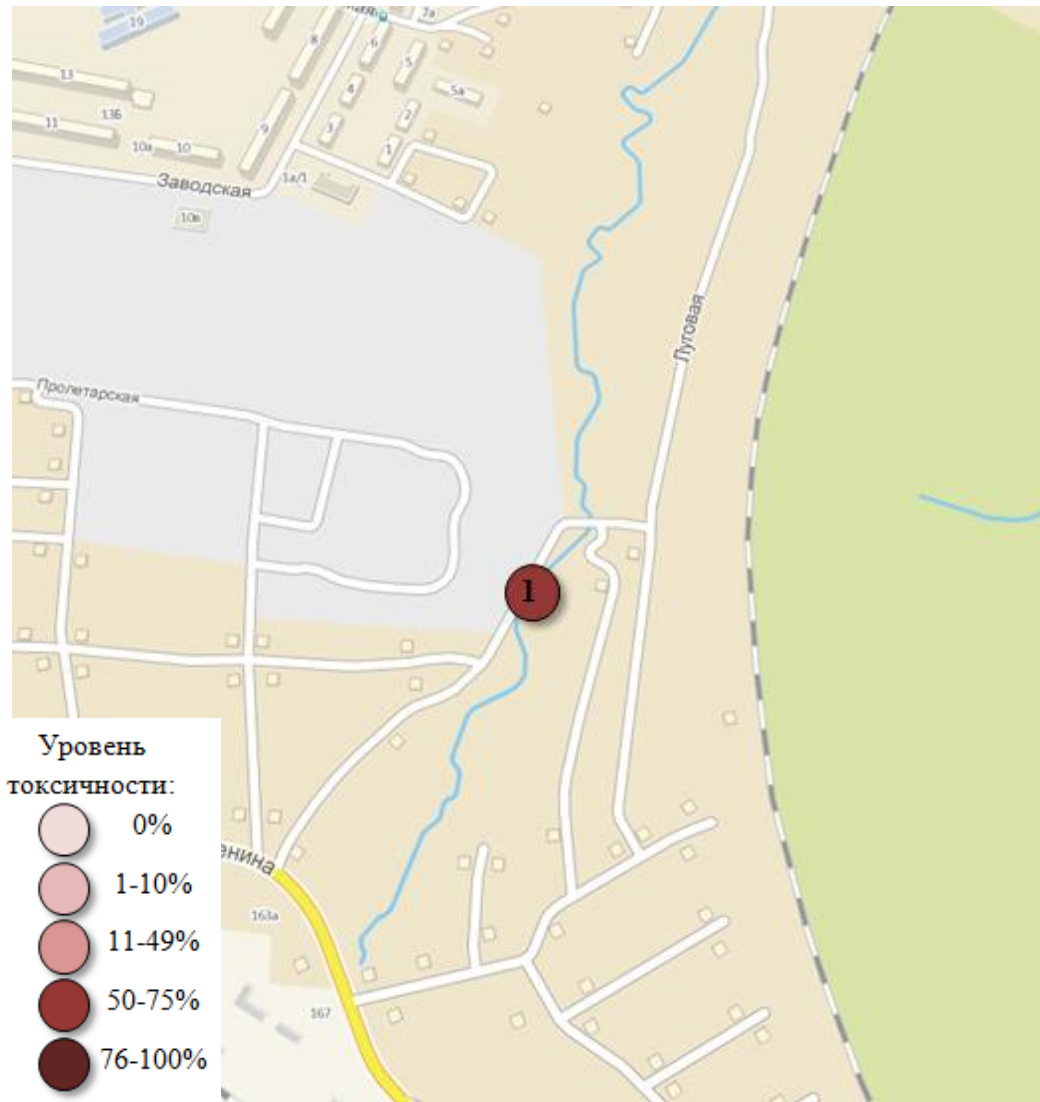


Рисунок 43 – Карта-схема Клоковского ручья, где

1

– показатель токсичности 76,0%, БКР<sub>10-24</sub> и ЛКР<sub>50-24</sub> выявлено;  $\alpha$ -мезосапробный уровень органического загрязнения; IV класс качества воды

Рассчитанный индекс сапробности для Клоковского ручья в исследуемом створе свидетельствует о том, что здесь существует  $\alpha$ -мезосапробный уровень органического загрязнения. По степени загрязненности исследуемая вода в водотоке является загрязненной и соответствует IV классу качества воды (ГОСТ 17.1.3.07-82) (таблица 23, рисунок 43).

В результате химико-аналитических исследований проб поверхностной воды в исследуемом створе выявлено превышение ПДК по БПКполн. в 2,3 раза. Это вызвано воздействием промышленных сточных вод ЗАО «Тулаэлектропривод». Однако, превышения ПДК по неорганическим поллютантам, в том числе тяжелым металлам здесь отсутствуют (Методические указания по разработке нормативов качества воды ..., 2009; Нормативы качества воды ..., 2010) (приложение Ж, таблица Ж.5). В связи с этим, на основе полученных результатов в ходе биотестирования можно заключить, что в поверхностной воде Клоковского ручья содержится значительное количество органических веществ, которые вызывают острую токсичность. Таким образом, при многокомпонентном загрязнении объектов среды применение традиционных химических методов анализа при их высокой чувствительности и избирательности становится неэффективным, они не дают ответа о качестве природной среды и пригодности ее для обитания живых организмов (И.Е. Постнов, 2006) (таблица 23, рисунок 43).

Таблица 23. Комплексная характеристика экологического состояния Клоковского ручья

Водный объект, створ исследования	Индекс сапробности/уровень сапробности	Качество воды	Показатель токсичности (формула 8)	Превышение ПДК	Класс качества воды
Клоковский ручей, створ исследования №1	2,7/ $\alpha$ -мезосапробный	Загрязненная	76,0%	БПКполн.	IV

Проведенные исследования водных объектов методом биотестирования позволили выявить водные объекты с разным уровнем токсичности.

Нетоксичными являются поверхностная вода и донные отложения водных объектов: р. Упа (створы исследования №2, 4, 5 и фоновый створ), р. Воронка (створы исследования №6, 7, 8, 9 и фоновый створ). Слабой токсичностью характеризуются поверхностная вода и донные отложения р. Упа в створе исследования №1. К участкам водных объектов с умеренным уровнем токсичности и выявленным вредным воздействием (БКР<sub>10-24</sub>) относятся: р. Упа в створе исследования №3 и р. Тулица в створе исследования №1. Высокотоксичные поверхностная вода и донные отложения выявлены в Комаркинском ручье в створах исследования №1 и 4. Остротоксичными являются поверхностная вода и донные отложения водных объектов: Комаркинский ручей (створы исследования №2, 3) и Клоковский ручей (створ исследования №1).

С целью комплексной характеристики исследуемых водных объектов по показателям таксономического обилия, токсичности и уровню сапробности проводился кластерный анализ, в ходе которого решалась задача группирования объектов со схожими значениями этих показателей. Кластеризация осуществлялась в двумерном пространстве исходных признаков, в результате чего построена дендрограмма расстояний между классами (рисунки 44, 45).

Протистофауна. Анализ дендрограммы показал, что наиболее близки по комплексу показателей объекты Ком-1 и Ком-3 (в основном за счет отсутствия живых организмов). Они объединяются на уровне различий, равном 0,12 (рисунок 44).

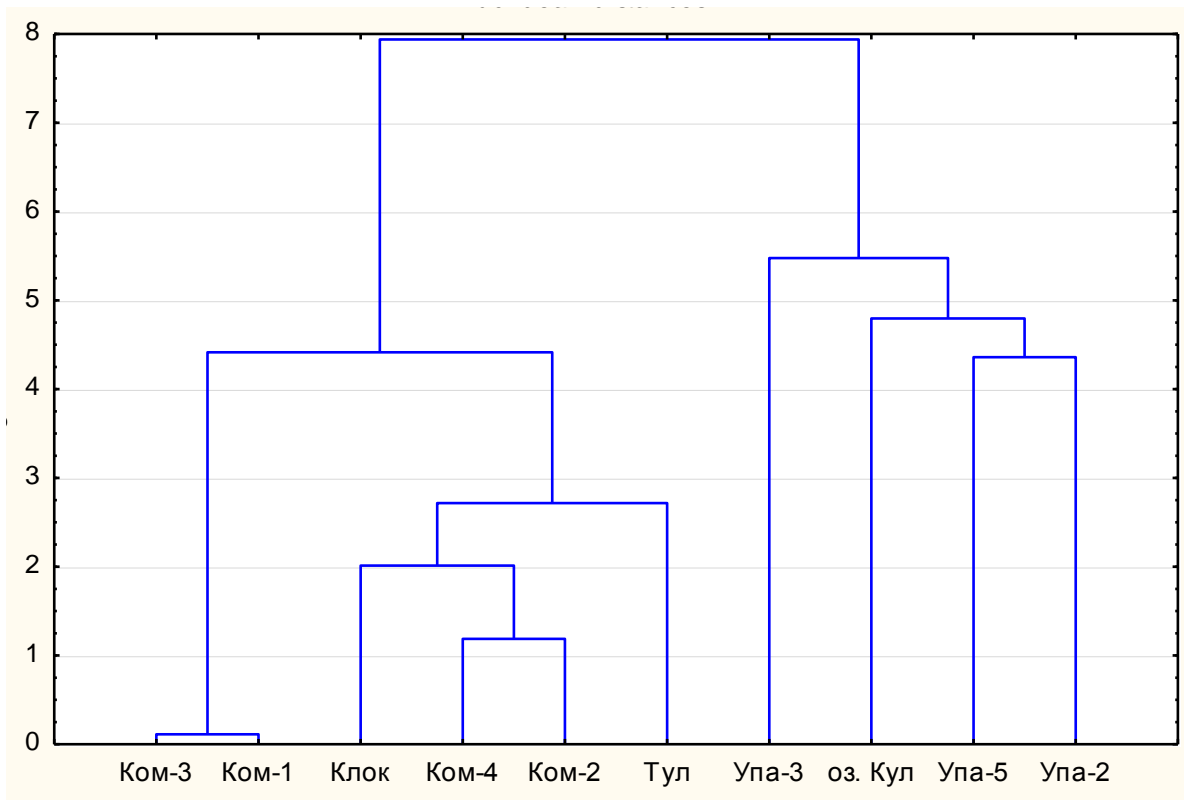


Рисунок 44 – Дендрограмма результата кластерного анализа таксономического сходства и биоразнообразия протистофауны, токсичности и уровня сапробности водных объектов г. Тула. Условные обозначения: Упа-2, Упа-3, Упа-5 – р. Упа, створы исследования №2, 3 и 5 соответственно, оз. Кул – оз. Кулик, Тул – р. Тулица, Клок – Клоковский ручей, Ком-1, Ком-2, Ком-3, Ком-4 – Комаркинский ручей, створы исследования №1, 2, 3 и 4 соответственно.

На уровне 1,1 объединяются объекты Ком-2 и Ком-4 за счет низких показателей биоразнообразия (индекс Шеннона 0,7 – 1,2) и высокого сходства показателей: уровня токсичности 53,7 – 71,0% и уровня сапробности 3,7 – 4,0. На уровне 1,75 образуется кластер Тул и Клок (главным образом за счет сходства по уровню сапробности  $S=2,7$ ). Далее на уровне 2,75 образуется кластер Тул, Клок, Ком-2, Ком-4. Таким образом, на этом уровне происходит объединение в один кластер водных объектов с низкими показателями биоразнообразия (индекс

Шеннона 0,6 – 1,5), высоким уровнем сапробности ( $S$  от 2,7 до 4,0), умеренными (22,2%) и высокими уровнями токсичности (53,7 – 71,0%). Далее в один кластер объединяются объекты Ком-1, Ком-3, Тул, Клок, Ком-2, Ком-4 (на уровне 4,25). На следующем этапе приходит формирование кластера Упа-2, Упа-3, Упа-5 и оз. Кул (уровень 5,5). В данном кластере объединяются водные объекты с высоким таксономическим сходством (коэффициент Жаккара 0,66) и биоразнообразием (индекс Шеннона 2,7 – 2,9), нетоксичные, с умеренным уровнем органического загрязнения ( $S$  от 2,4 до 2,5). На этом этапе существуют два кластера. Окончательно все объекты группируются в один кластер при уровне 7,5 (рисунок 44).

Макрозообентос. На уровне 2,43 выявлены наиболее близкие по комплексу показателей объекты, объединенные в два кластера: Упа-1, Упа-3 и Вор-6, Вор-7. Кластер Упа-1 и Упа-3 образовался за счет высокого видового сходства макрозообентоса (коэффициент Жаккара 0,70) и одинаковых показателей биоразнообразия (индекс Шеннона 3,10), а также наличия токсичности (9,1% – 30,0%). Кластер Вор-6 и Вор-7 образовался в основном за счет высокого уровня сапробности 2,7 (рисунок 45).

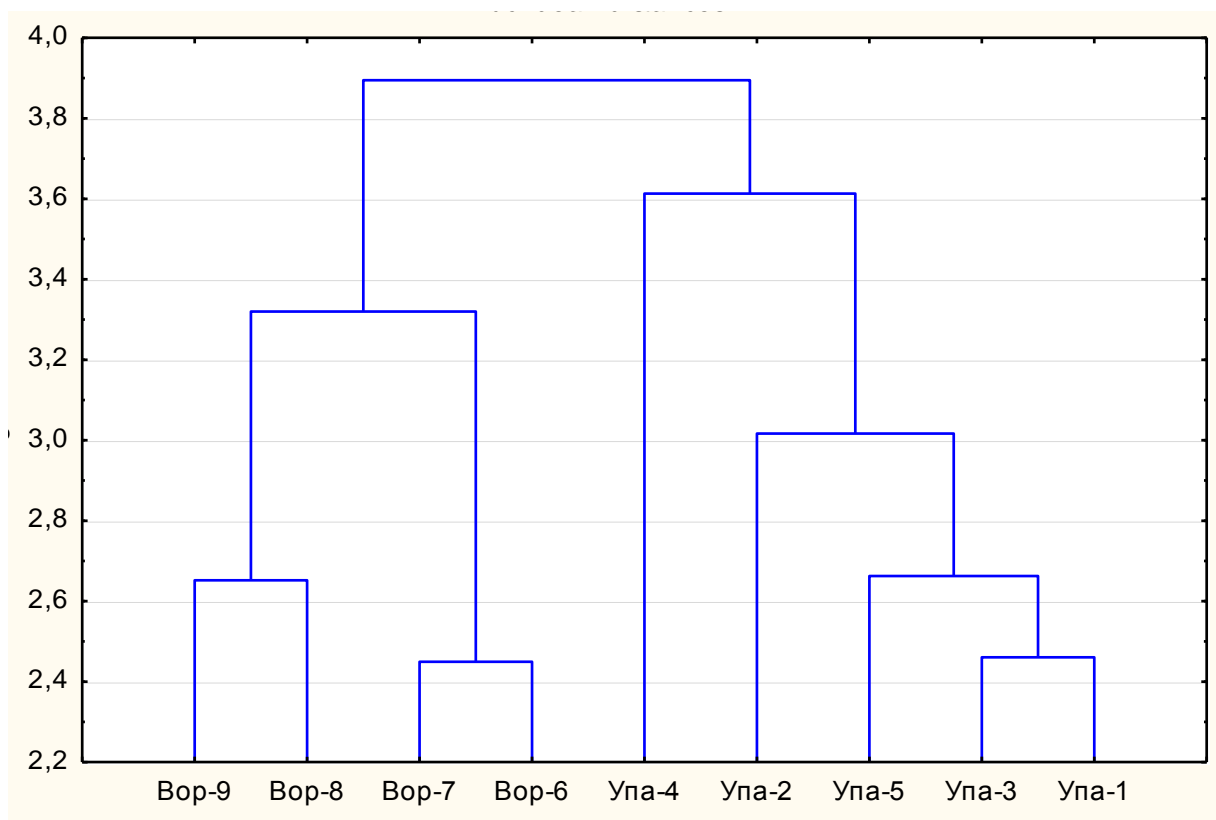


Рисунок 45 – Дендрограмма результата кластерного анализа таксономического сходства и биоразнообразия макрозообентоса, токсичности и уровня сапробности водных объектов г. Тула. Условные обозначения: Упа-1, Упа-2, Упа-3, Упа-4, Упа-5 – р. Упа, створы исследования №1,2, 3, 4 и 5 соответственно, Вор-6, Вор-7, Вор-8, Вор-9 – р. Воронка, створы исследования №6, 7, 8 и 9 соответственно.

На уровне 2,65 к существующему кластеру Упа-1 и Упа-3 присоединяется объект Упа-5, а также формируется новый кластер Вор-8, Вор-9. На следующем этапе к образовавшемуся кластеру Упа-1, Упа-3 и Упа-5 присоединяется объект Упа-2 (уровень 3,0). На уровне 3,30 кластеры Вор-7, Вор-8 и Вор-6, Вор-9 объединяются в один. На уровне 3,6 формируется кластер Упа-1, Упа-2, Упа-3, Упа-4, Упа-5. На этом уровне существуют два кластера: р. Упа (в створах исследования №1, 2, 3, 4 и 5) и р. Воронка (в створах исследования №6, 7, 8 и 9). Кластер р. Упа сформирован из объектов, имеющих большое сходство по показателям: видового сходства (коэффициент Жаккара составляет 0,62), биоразнообразия (индекс Шеннона в среднем составляет 3,06), уровня сапробности (2,6 – 2,7). В кластер р. Воронка входят объекты, сходные по показателям: биоразнообразия (индекс Шеннона 2,7), уровня сапробности (2,6 – 2,7) и токсичности (0%). Затем, при уровне 3,9 наблюдается объединение всех объектов (рисунок 45).



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В г. Тула существует проблема количественного и качественного истощения водных ресурсов. Причиной этой проблемы является антропогенное воздействие, которое носит комплексный характер. В связи с этим целесообразно изучение тех компонентов водных экосистем, которые могут служить надежными показателями изменений внешней среды. Такая роль отводится исследованию биоразнообразия организмов протистопланктона и макрозообентоса, а также использованию методов биоиндикации и биотестирования (Л.В. Головатюк, 2005; В.Л. Домнина, 2014; В.Ф. Шуйский, 2002).

Исследования протистопланктона р. Упа и оз. Кулик на территории г. Тула позволили выявить 54 рода *Protozoa*, относящихся к 2 Типам. Наибольшим таксономическим (родовым) обилием отличается Тип *Ciliophora* (51 род, 94,4% относительного таксономического обилия). В целом протистофауна характеризуется высоким таксономическим биоразнообразием (индекс Шеннона 2,71 – 2,78) и невысокой численностью (в основном доминирующие роды имеют максимальную относительную численность в 5 баллов). Это характерно для экосистем с умеренным содержанием органического вещества. В фоновом створе на р. Упа отмечено высокое биоразнообразие простейших (индекс Шеннона 2,78), наряду с невысокой их численностью, среди таксономических групп также доминируют инфузории (94,4% относительного родового обилия). При сравнении таксономического (родового) состава протистофауны реки и озера прослеживаются общая закономерность. Во всех створах исследования на данных водных объектах по таксономическому обилию преобладает Тип *Ciliophora*, что весьма характерно для пресных водных объектов (В.И. Моравцева, 1988). Наличие органических веществ и бактерий здесь способствует высокому биоразнообразию инфузорий, которые являются основными преобразователями бактериальной продукции и органики (Н.Е. Суппес, 2010).

Фауна простейших р. Тулица, Комаркинского ручья (створ №2, №4) и Клоковского ручья представлена 6 родами, относящимися к Типу *Ciliophora*. При сравнении протистофауны этих водотоков с р. Упа выявлены следующие изменения структуры протистофауны: низкие показатели биоразнообразия и численности организмов, преобладание родов с широкой экологической валентностью (например, инфузории родов *Paramecium*, *Colpidium*). Все это свидетельствует об экологически неблагоприятных условиях среды (В.И. Лазарева, 2008; А.А. Телеганов 2007, 2008; М.М. Трибун, 2013; РД 52.24.633-2002).

В сезонной динамике простейших оз. Кулик и р. Упа в черте г. Тула выявлены общие тенденции. Так, относительное таксономическое (родовое) обилие протистофауны и ее численность растет с весны до начала осени, потом происходит снижение до зимы. Подобные явления типичны и описаны в литературе (Н.П. Булухто, 1996, 1998, с. 46-47, 1998 с. 47-48; Н.Н. Синенко, 2014; Е.Е. Сироткина, 2010; Н.Е. Суппес, 2010). Наиболее важными факторами, определяющими сезонную динамику таксономического разнообразия и количественного развития простейших, являются температура, кислородный режим и трофическая обеспеченность, а также водность года и длительность периода половодья (С.В. Быкова, 2005; В.А. Догель, 1962; И.В. Шубернецкий, 1983).

Значения коэффициента Жаккара и величины  $\beta$ -разнообразия, а также коэффициент вариации их наглядно демонстрируют, что протистофауна в исследуемых створах как для р. Упа, так и для оз. Кулик сходна (коэффициент Жаккара от 0,53 до 0,6). При сравнении протистофауны оз. Кулик за периоды исследования 2005 – 2006 гг. с периодами 2007 – 2008 гг. и 2008 – 2009 гг. отмечено низкое ее сходство (коэффициент Жаккара равен 0,45 и 0,47 соответственно). Однако при сравнении протистофауны оз. Кулик за периоды 2007 – 2008 гг. и 2008 – 2009 гг. выявлено высокое ее сходство (коэффициент Жаккара равен 0,68). Это обусловлено перестройкой протистопланктонной структуры за несколько лет исследований, под воздействием процесса самоочищения (В.И. Лазарева, 2008). В данном случае наблюдаются общие закономерности для коэффициента Жаккара и  $\beta$ -разнообразия. Сравнивая же таксономический (родовой) состав протистофауны р. Упа и оз. Кулик выявлено их высокое сходство (коэффициент Жаккара составляет 0,66). Все это обусловлено единообразием условий среды. Наименьшее сходство отмечено для пар: р. Упа и Клоковского ручья, а также оз. Кулик и Клоковского ручья (коэффициент Жаккара соответственно равен 0,03 – 0,04). Различия в градации экологического состояния водных объектов по коэффициентам сходства обусловлены разным химическим составом поллютантов и природными особенностями биотопов.

Исследования донной фауны р. Упа и р. Воронка позволили выявить 58 видов макрозообентоса. Среди выявленных таксономических групп по видовому обилию доминируют насекомые (30 видов, что составляет 51,7% относительного видового обилия). Это характерно для пресноводных объектов (Д.М. Безматерных, 2003; С.М. Голубков, 1999; И.В. Демина, 2013; А.А. Моторин, 2013; Г.Х. Щербина, 2009). На втором месте по видовому обилию находятся моллюски (20 видов – 34,5% относительного видового обилия). Фауна макрозообентоса р. Упа и р. Воронка в створах исследования отличается высоким биоразнообразием (индекс Шеннона 2,7 – 3,1) и низкой численностью (в основном доминирующие виды имеют максимальную относительную численность в 5 баллов). Аналогичная картина в фоновых створах на р. Упа и р.

Воронка. Фауна макрозообентоса здесь включает 48 – 55 видов, индекс Шеннона составляет 3,4 – 3,6.

Качественный и количественный состав макрозообентоса исследуемых водотоков подвержен значительным колебаниям в течение полевого сезона. На р. Упа пики максимальной численности отмечены в мае – июне, на р. Воронка – в июне – июле. При этом наибольшие колебания показывают насекомые, для которых характерна с цикличность вылета и размножения. Как правило, общая динамика численности макрозообентоса определяется динамикой численности насекомых, а динамика общей биомассы – динамикой биомассы моллюсков (Л.В. Головатюк, 2005; Е.В. Захаров, 2005; А.Н. Логинова, 2005; С.М. Надеяева, 2006; М.В. Чертопуд 2002, №3).

Значения коэффициента Жаккара и величины  $\beta$ -разнообразия, а также их коэффициенты вариации наглядно демонстрируют, что фауна макрозообентоса в исследуемых створах на р. Упа имеет большее сходство (коэффициент Жаккара равен 0,62) по сравнению с р. Воронка (коэффициент Жаккара равен 0,45), что обусловлено разной степенью однородности условий среды. Неоднородность условий среды можно проследить на примере верхнего (№6) и нижнего (№9) створов исследования. Здесь видовое обилие изменяется от 26 до 17 видов, а индекс Шеннона – от 2,78 до 2,50 соответственно. При сравнении же фауны макрозообентоса р. Упа и р. Воронка выявлено высокое видовое сходство (коэффициент Жаккара для этой пары водотоков составляет 0,60).

В трофической структуре макрозообентоса р. Упа и р. Воронка (в том числе и в фоновых створах) доминируют хищники, что свидетельствует о токсификации и ацидификации водных объектов. Соотношение показателей обилия хищного и нехищного макрозообентоса указывает на существование напряженности трофических связей (Л.В. Головатюк, 2005; Б.М. Насибулина, 2006; А.М. Никаноров, 2006; В.Ф. Шуйский, 2002; В.А. Яковлев, 2005). На втором месте по видовому обилию находятся детритофаги, что является признаком прогрессирующего органического загрязнения. В целом же, преобладание хищников над детритофагами свидетельствует о низкой скорости процессов разложения органического вещества (Д.М. Безматерных, 2007; Б.М. Насибулина, 2006; В.А. Яковлев, 2005).

В ходе биоиндикационных исследований в фауне простейших и макрозообентоса выявлены индикаторные организмы сапробности воды. В протистофауне р. Упа и оз. Кулик выявлено 40 родов индикаторов сапробности воды, среди которых преобладают  $\alpha$ -мезосапробы. В данных водных объектах существует  $\beta$ -мезосапробный уровень органического загрязнения (индекс сапробности 2,4), что соответствует классу умеренно загрязненных водных объектов. В фоновом створе на р. Упа индекс сапробности составляет 2,2, что также позволяет отнести его к  $\beta$ -мезосапробным. Для сравнения многие водные объекты г. Тула и Тульской области (пруд

музея-усадьбы «Ясная Поляна», пруд около железнодорожной станции «Козлова Засека», пруды Центрального парка г. Тула, р. Песочная, р. Упа, р. Воронка) являются умеренно загрязненными (Н.П. Булукто, 1996; 1997; 1998, с. 47-48; 2009). В протистофауне р. Тулица выявлено 5 индикаторных родов. Среди них представители групп  $\alpha$ -мезосапробов (род *Paramecium*, *Urotricha*),  $\beta$ -мезосапробов (род *Colpes*, *Lacrymaria*) и полисапробов (*Holophrya nigricans*). По уровню органического загрязнения данный водоток относится к  $\alpha$ -мезосапробным (индекс сапробности 2,7). В протистофауне Комаркинского ручья среди индикаторов преобладают полисапробы. Рассчитанный индекс сапробности (3,7 – 4,0) свидетельствует о наличии полисапробного уровня органического загрязнения. В протистофауне Клоковского ручья выявлено по одному представителю  $\beta$ -мезосапробов и  $\alpha$ -мезосапробов. Уровень органического загрязнения –  $\alpha$ -мезосапробный (индекс сапробности 2,7).

Сезонная динамика индекса сапробности оз. Кулик претерпевает следующие изменения: рост индекса сапробности наблюдается с весны до осени (с 2,4 до 2,6). Это обусловлено воздействием температурного фактора, кислородной и трофической обеспеченностью. Для р. Упа сезонная динамика индекса сапробности характеризуется постоянно высокими значениями  $\beta$ -мезосапробности (2,4 – 2,5) на протяжении всего периода исследования за счет постоянных выпусков промышленных сточных вод.

Кроме того, для оз. Кулик прослеживается снижение значения индекса сапробности от 2,5 в 2005 г. до 2,4 в 2007 – 2009 гг. Это характеризует данный водоем как динамическую систему, в которой происходят процессы самоочищения и эвтрофикации, влияющие на состояние среды. Выявленный уровень насыщения органическими веществами поверхностной воды оз. Кулик обусловлен в большей степени автохтонным загрязнением, из-за массового развития водных макрофитов, а также отсутствием проточности. В меньшей степени – аллохтонным загрязнением, обусловленным нахождением на прибрежной территории несанкционированной свалки ТБО. В отличие от оз. Кулик, уровень органического загрязнения р. Упа обусловлен поступлением аллохтонной органики, за счет выпусков сточных вод.

В фауне макрозообентоса р. Упа и р. Воронка выявлено 33 индикаторных таксона, среди которых преобладают брюхоногие моллюски и стрекозы. Индекс сапробности данных водотоков в створах исследования (в среднем), в том числе и фоновых, составляет 2,6 и соответствует  $\alpha$ -мезосапробному уровню органического загрязнения. Из литературных источников известно, что такая величина индекса для малой реки с быстрым течением свидетельствует о ее сильном загрязнении (М.В. Чертопруд, 2002, Том 29, №3). Для сравнения, крупная река Ока в нижнем течении характеризуется  $\alpha$ -мезосапробным уровнем органического загрязнения (Д.А. Пухнаревич, 2013).

Сезонная динамика индекса сапробности воды р. Упа и р. Воронка характеризуется постоянно высокими значениями индекса сапробности (от 2,5 до 2,9) за весь период исследования с весны по осень. Это может быть обусловлено воздействием выпусков промышленных сточных вод

Разница в установленных уровнях сапробности р. Упа при использовании в качестве биоиндикаторов организмов протистофауны ( $S = 2,4$ ) и макрозообентоса ( $S = 2,6$ ) может быть обусловлена следующими факторами. С одной стороны, происходит постепенное изменение уровня органического загрязнения за счет усиливающегося антропогенного воздействия и процессов эвтрофикации. С другой стороны, это может быть вызвано различиями в индикаторной значимости протистопланктона и макрозообентоса, их чувствительностью и устойчивостью к токсикантам (Д.М. Безматерных, 2003; Н.Г. Булгаков, 2003; А.Н. Логинова, 2005; Б.М. Насибулина, 2006; М.В. Селезнева, 2005; А.Ю. Умнов, 2006; Н.В. Холмогорова, 2009).

Заключения, полученные в ходе биоиндикационных исследований, подтвердились и результатами биотестирования. Поверхностная вода и донные отложения р. Упа и р. Воронка (в том числе и в фоновых створах) не токсичны. Исключение составляет створы исследования на р. Упа №1 и №3. В створе №1 выявлена слабая токсичность. К умереннотоксичным относятся: р. Упа в створе исследования №3 и р. Тулица в створе исследования №1 (показатель токсичности 30,0% и 22,2% соответственно). Поверхностная вода и донные отложения Комаркинского и Клоковского ручьев являются высоко- и остротоксичными (показатель токсичности 58,3 – 86,0%). Выявленный уровень токсичности в створах исследования на этих водных объектах обусловлен влиянием промышленных сточных вод. Однако, в створах ниже по течению на р. Упа токсичность не регистрируется в результате разбавления и перемешивания сточных вод с поверхностными. Такого эффекта в Комаркинском и Клоковском ручьях не выявлено. Это обусловлено гидрологическими характеристиками данных ручьев.

Результаты биотестирования сопоставимы с результатами химико-аналитических исследований. В створе исследования №3 на р. Упа выявлено превышение ПДК по содержанию БПКполн. в 17,9 раз, сухого остатка в 2,8 раз, показатель рН превышен в 1,14 раз. В створе исследования на р. Тулица зарегистрировано превышение ПДК по содержанию цинка (в 9 раз) и меди (в 5,4 раза). Худшие результаты отмечены для Комаркинского ручья. В его поверхностной воде и донных отложениях отмечено высокое и экстремально высокое превышение ПДК по содержанию ионов меди (от 42 до 64 раза), железа (11,3-13,9 раз) (Нормативы качества воды ..., 2010; Р 52.24.756 – 2011; Методические указания по разработке нормативов качества воды ..., 2009). Однако в случае со створом исследования №3 на р. Упа (умеренная токсичность), а также с Клоковским ручьем, несмотря на выявленную острую

токсичность, высоких и экстремально высоких превышений ПДК по неорганическим поллютантам, в том числе тяжелым металлам не обнаружено. В связи с этим можно заключить, что в поверхностной воде в исследуемых створах содержится значительное количество органических веществ, которые и вызывают вредное воздействие на живые организмы (БКР<sub>10-24</sub>), умеренную и острую токсичность. Таким образом, при многокомпонентном загрязнении объектов среды применение традиционных химических методов анализа становится не эффективным, они не дают ответа о качестве природной среды и пригодности ее для обитания живых организмов (И.Е. Постнов, 2006).

В соответствии с вышеизложенным, полученные результаты дополняют современные представления о необходимости сочетания данных биоиндикационных, химико-аналитических и экотоксикологических исследований при оценке экологического качества природных сред и, в частности, рисков воздействия промышленных предприятий на водные объекты. Примером такого подхода может служить метод Триад (Triad approach) (В.А. Терехова, 2014; Р.А. Chapman, 2002; А.А. Dagnino, 2008).

## ВЫВОДЫ

1. Водные объекты г. Тула по показателям биоразнообразия и численности протистофауны и макрозообентоса выделены в 2 группы: экосистемы с высокими показателями биоразнообразия и низкой численностью организмов (р. Упа и оз. Кулик – 54 рода *Protozoa*, р. Упа и р. Воронка – 58 видов макрозообентоса, индекс Шеннона 2,7 – 3,1; в фоновых створах водотоков он равен 2,8 – 3,6) и экосистемы с низкими показателями биоразнообразия и низкой численностью (р. Тулица, Комаркинский и Клоковский ручьи от 2 до 5 родов *Protozoa*, индекс Шеннона 0,6 – 1,5).

2. Значительное сходство таксономического состава простейших отмечено для р. Упа и оз. Кулик (коэффициент Жаккара ( $C_j$ ) 0,66), макрозообентоса – для р. Упа и р. Воронка ( $C_j$  = 0,60). Минимальное сходство отмечено для фауны простейших р. Упа и Клоковского ручья ( $C_j$  = 0,03), а также Клоковского ручья и оз. Кулик ( $C_j$  = 0,04), что обусловлено разными экологическими условиями (абиотическими, гидрологическими и антропогенными).

3. В трофической структуре макрозообентоса на р. Упа и р. Воронка (как и в фоновых створах) выявлено 5 трофических групп, среди которых по относительному видовому обилию

преобладают хищники (38,8% – 60,0%) и детритофаги (10,5% – 27,8%), что свидетельствует о высоком содержании органических веществ и наличии процессов ацидификации и токсификации.

4. Наибольшие значения относительного таксономического обилия и численности протистофауны оз. Кулик и р. Упа с августа по октябрь (47,8% – 56,1%) обусловлены оптимальным температурным режимом, кислородной и трофической обеспеченностью, а макрозообентоса р. Упа и р. Воронка в мае-июле (38,2% – 71,0%) – протеканием жизненных циклов амфибиотических насекомых.

5. По уровню органического загрязнения исследуемые водные объекты объединены в 3 группы:

1) β-мезосапробные – р. Упа, 2007 – 2009 гг. и оз. Кулик ( $S = 2,4$ );

2) α-мезосапробные – р. Тулица, р. Упа, 2011 г., р. Воронка, Клоковский ручей ( $S = 2,6 – 2,7$ );

3) полисапробные – Комаркинский ручей ( $S = 3,7 – 4,0$ ). С возрастанием уровня сапробности происходит снижение таксономического обилия и простейших, и представителей макрозообентоса.

6. По индикаторным таксонам простейших в оз. Кулик высокие показатели уровня β-мезосапробности с марта по ноябрь ( $S = 2,4 – 2,6$ ) зависят от температурного фактора, трофической и кислородной обеспеченности. В р. Упа постоянно высокие значения β-мезосапробности (до  $S = 2,5 – 2,6$ ) обусловлены выпусками промышленных сточных вод. По индикаторным видам макрозообентоса в р. Упа и р. Воронка постоянно высокие значения индекса сапробности (до  $S = 2,9 – 3,0$ ) также вызваны воздействием промышленных сточных вод.

За весь период исследования отмечено снижение уровня сапробности оз. Кулик (индекс сапробности от 2,5 до 2,4), что свидетельствует об изменении условий обитания для индикаторных организмов под воздействием процессов самоочищения. Для р. Упа уровень сапробности стабильный.

7. В результате биотестирования исследуемых водных объектов выявлены нетоксичные (р. Упа и р. Воронка, в том числе в фоновых створах, показатель токсичности 0%); слабо- и умереннотоксичные (р. Упа, в створах исследования №1 и №3, р. Тулица, показатель токсичности 9,1%, 30,0% и 22,2% соответственно) и высоко- и остротоксичные (Комаркинский и Клоковский ручьи, показатель токсичности 50,0 – 86,0%) водные объекты.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Полученная информация о видовом разнообразии и структуре макрозообентоса и протистофауны водных объектов г. Тула может быть использована для дальнейших мониторинговых исследований с целью прогнозирования последствий антропогенного воздействия на водные объекты г. Тула. Также эти данные могут служить основой при планировании мероприятий по охране и экологической реконструкции водных объектов, с целью их устойчивого функционирования.

Результаты работы могут быть использованы при реализации задач по улучшению состояния, сохранению и восстановлению водных объектов Тульской области, поставленных в Государственной программе «Охрана окружающей среды Тульской области», Долгосрочной целевой программе «Водные объекты и водные ресурсы Тульской области на 2012 - 2017 годы» и Концепции экологического развития Тульской области на 2012 - 2016 годы.

Приведенная в работе схема исследования может служить алгоритмом анализа экологического состояния объектов окружающей среды при организации экомониторинга. Представляется возможным использование результатов исследований органами государственного контроля, надзора и охраны водных биологических ресурсов и Росприроднадзора при проверке соответствия деятельности предприятий природоохранному законодательству РФ. Подразделения Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды могут использовать практику применения биологических методов при оценке состояния водных объектов в комплексе с гидрохимическими методами анализа.

Материалы работы могут быть использованы для преподавания курсов экологии и зоологии беспозвоночных в высших учебных заведениях, а также в дальнейших научных исследованиях.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Адамович, Б.В. Использование методов биологической индикации и показателей структурной организации планктонных сообществ при характеристике качества воды в лотических системах / Б.В. Адамович, В.Д. Сенникова, Т.В. Копылова // Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия : Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований» (Вологда, Россия, 24–28 ноября 2008 г.). – Вологда, 2008. – С. 126-130.

Алексеев, В.В. Система оценки качества водных объектов по комплексу гидробиологических показателей на геоинформационной основе [Электронный ресурс] / В.В. Алексеев, Е.Г. Гридина, Н.И. Куракина, А.А. Минина // Надежность и качество. Труды международного симпозиума. – Электрон. текстовые дан. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. – С. 52-55. – Режим доступа: [http://www.ict.edu.ru/lib/index.php?a=elib&id\\_res=5209](http://www.ict.edu.ru/lib/index.php?a=elib&id_res=5209).

Ашихмина, Т.Я. Биоиндикация и биотестирование природных сред и объектов в организации экологического мониторинга на территории зоны защитных мероприятий объектов уничтожения химического оружия [Электронный ресурс] / Т.Я. Ашихмина, Л.И. Домрачева, Е.В. Дабах, Г.Я. Кантор, С.Ю. Огородникова, В.М. Тимонюк // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева), 2007 – т. LI, №2. – С. 59-63. – Режим доступа: <http://www.chem.msu.ru/rus/jvho/2007-2/welcome.html>.

Бакаева, Е.Н. Место биотестовых исследований донных отложений в мониторинге водных объектов / Е.Н. Бакаева, А.М. Никаноров, Н.А. Игнатова // Вестник южного научного центра РАН. – 2009. – Том 5, № 2. – С. 84-93.

Баканов, А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) / А.И. Баканов // Биология внутренних вод. – 2000. – № 1. – С. 68-82.

Баканов, А.И. Использование комбинированных индексов для мониторинга пресноводных водоемов по зообентосу / А.И. Баканов // Водные ресурсы. – 1999. – Т. 26, № 1. – С. 108-111.

Баканов, А.И. Регионально-типологические и биотопические нормативы как основной мониторинг и оценка качества грунтовых пресных вод / А.И. Баканов // Экологические проблемы бассейна крупных рек. – Тольятти: ИЭБВВ, 2003 – С. 23.

Батурина, М.А. Зообентос малых рек среднетаежной зоны / М.А. Батурина // X Съезд Гидробиологического общества при РАН. Тезисы докладов (г. Владивосток, 28 сентября – 2

октября 2009 г.) / Отв. ред. Алимов А.Ф., Адрианов А.В. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – С. 33.

Безматерных, Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния притоков Верхней Оби (на примере рек Барнаулка, Большая Черемшанка и Чумыш) : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Безматерных Дмитрий Михайлович. – Барнаул. – 2003 – 177 с.

Безматерных, Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири : аналит. обзор / Д.М. Безматерных. – Новосибирск, 2007. – 87 с. – (Сер. Экология. Вып. 85).

Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / под ред. Р. Шуберта; пер. с нем. Г.И. Лойдиной и В.А. Турчаниновой, под ред. Д.А. Криволицкого. – М.: Мир, 1988. – 350 с.

Биоиндикация и биотестирование – методы познания экологического состояния окружающей среды. Вып. 4, ч. 3 / Т.Я. Ашихмина и др. – Киров: ВятГУ, 2005 (тип. "Старая Вятка"). – 51 с.

Биоиндикация экологического состояния равнинных рек : монография / Т. Д. Зинченко [и др.] ; под ред. О. В. Бухарина, Г. С. Розенберга. - М.: Наука, 2007 (М.). – 403 с. – Авт. указ. на обороте тит. л.

Биологические методы исследования водоемов в Финляндии : справочное издание по охране окружающей среды / Ин-т окружающей среды ; ред. : Марья Руупа, Пертти Хейнонен. – Helsinki : Suomen ympäristökeskus, 2006. – 111 с.

Боголюбов, А.С. Методика изучения перифитона и оценки сапробности водоемов / А.С. Боголюбов. – М.: Экосистема, 1997. – 10 с.

Буковский, М.Е. Оценка качества воды в притоках реки Цны с использованием методов биологической индикации / М.Е. Буковский, А.А. Олейников // Экология водных беспозвоночных : Сборник материалов Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, 30 октября – 2 ноября 2010 г. – Ярославль: Принтхаус, 2010. – С. 58-61.

Булгаков, Н.Г. Технология регионального контроля природной среды по данным биологического и физико-химического мониторинга : дис. ... доктора биол. наук : 03.00.16 / Булгаков Николай Гурьевич. – Москва. – 2003. – 274 с.

Булгаков, Н.Г. Экологически допустимые уровни абиотических факторов в водоемах России и сопредельных стран. Зависимость от географических и климатических особенностей [Электронный ресурс] / Н.Г. Булгаков // Водные ресурсы. – 2004. – Т.31. №2. – С.193-198. – Режим доступа: [http://ecograde.bio.msu.ru/library/articles/article\\_03.pdf](http://ecograde.bio.msu.ru/library/articles/article_03.pdf).

Булухто, Н.П. Беспозвоночные животные как индикаторы экологического состояния р. Упы / Н.П. Булухто // Сб. экология в теории и практике. Материалы межвузовской научн.-практ. конф. – Белгород, 1993.

Булухто, Н.П. Биоиндикация и биотестирование воды р. Тулица в зоне влияния промышленных сточных вод / Н.П. Булухто, В.Л. Домнина, А.А. Короткова // Экологическое образование для устойчивого развития в условиях реализации Федеральных государственных образовательных стандартов : Материалы международной научно-практической конференции (11-12 октября 2011 г.) / под. ред. Е.А. Гриневой. – Ульяновск: УлГПУ, 2011. – С. 442-446.

Булухто, Н.П. Дигрессия и возможные пути восстановления экосистемы Комаркинского ручья (Тульская область) / Н.П. Булухто, В.Л. Домнина, А.А. Короткова, В.А. Терехова // Общественно-научный журнал «Проблемы региональной экологии». – Москва: ООО Издательский дом «Камертон», 2012. – Вып. №2. – С. 147-152.

Булухто, Н.П. Вода в колодце на Комаркинском ручье (п. Комарки г. Тула) – угроза здоровью населения поселка / Н.П. Булухто, В.Л. Домнина, А.А. Короткова, В.А. Терехова // Вестник новых медицинских технологий, 2012. – Том XIX, №1. – С. 11-13.

Булухто, Н.П. Фауна простейших стоячего водоема / Н.П. Булухто А.А. Короткова // Фауна Центрального Нечерноземья и формирование экологической культуры: Материалы 1-й региональной конференции. – Липецк, 1996. – С. 18-20.

Булухто Н.П. Фауна простейших и сапробность воды Яснополянского пруда / Н.П. Булухто, А.А. Короткова // Материалы научно-практической конференции, посвященной 50-летию образования Тульского областного общества охраны природы. – Тула, 1997. – С.70-72.

Булухто, Н.П. Гидробионты Шатского водохранилища и их использование в качестве индикаторов сапробности воды / Н.П. Булухто, А.А. Короткова // Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ТГПУ им. Л.Н. Толстого. – Тула, 1998. – С. 46-47.

Булухто, Н.П. Оценка сапробности малых рек с помощью простейших / Н.П. Булухто, А.А. Короткова // Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ТГПУ им. Л.Н.Толстого. – Тула, 1998. – С. 47-48.

Булухто, Н.П. Биоиндикация состояния прудов Центрального парка / Н.П. Булухто, А.А. Короткова // Проблемы Северо-запада: экология и образование: Материалы научно-практической конференции. – СПб, 1999. – С.28.

Булухто, Н.П. Применение оперативного метода биоиндикации для оценки экологического состояния вод р. Воронки / Н.П. Булухто, Ю.В. Шумилина // Международ. экологич. конгресс. – С.-Пб, 2000.

Булухто, Н.П. Биохимическая активность и видовой состав гидробионтов донных отложений р. Упы на участке воздействия промышленных стоков НПО «Тулачермет» / Н.П. Булухто, Л.Ф. Тарарина, Л.А. Терехина // Биология почв антропогенных ландшафтов. 1 Всесоюзн. науч. конф. – Днепропетровск, 1991.

Булухто, Н.П. Биоиндикация и биотестирование р. Упа в черте г. Тула / Н.П. Булухто, В.Л. Домнина, А.А. Короткова // Тульский экологический бюллетень, 2013 г. – Тула: Гриф и К, – С.129-135.

Буркина, В.Л. Простейшие-индикаторы сапробности воды / В.Л. Буркина // Молодежь и наука – третье тысячелетие: Материалы студенческой науч.-практ. конф.: В 2 ч. – Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н. Толстого, 2009. – Ч. 1. – С. 56-57.

Буркина, В.Л. Биоиндикация и биотестирование воды и донных отложений Комаркинского ручья / В.Л. Буркина // Сборник материалов V Региональной научно-практической конференции аспирантов, соискателей и молодых ученых «Исследовательский потенциал молодых ученых: взгляд в будущее» / отв. Ред. О.Г. Вронский. – Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л.Н. Толстого, 2011. – С. 41-44.

Буркина, В.Л. Биотестирование воды и донных отложений загрязненных биотопов Комаркинского ручья / В.Л. Буркина // Сборник статей Международной конференции «Окружающая среда и человек: враги или друзья?». – Пушино, 2011. – С. 55.

Буркина, В.Л. Биоиндикация и биотестирование р. Упа в створ сброса промышленных сточных вод / В.Л. Буркина, А.А. Короткова // Экология речных бассейнов: Труды 6-й Международной научно-практической конференции / под общ. ред. проф. Т.А. Трифоновой. – Владимир, 2011. – С. 373-376.

Быкова, С.В. Фауна и экология инфузорий малых водоемов Самарской Луки и Саратовского водохранилища : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Быкова Светлана Викторовна. – Тольятти – 2005. – 207 с.

Воробейчик, Е.Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень) / Е.Л. Воробейчик, О.Ф. Садыков, М.Г. Фарафонов. – Екатеринбург: Наука, 1994. – 280 с.

Виноходов, Д.О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий : дис. ... доктора биол. наук : 03.00.23 / Виноходов Дмитрий Олегович. – Санкт-Петербург, 2007. – 353 с.

Головатюк, Л.В. Макрозообентос равнинных рек бассейна Нижней Волги как показатель их экологического состояния (на примере р. Сок и ее притоков) : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Головатюк Лариса Владимировна. – Тольятти, 2005. – 210 с.

Голубков, С.М. Функциональная экология личинок амфибиотических насекомых : дис. ... доктора биол. наук : 03.00.18 / Голубков Сергей Михайлович. – Санкт-Петербург, 1999. – 469 с.

Голубовская, Э.К. Биологические основы очистки воды / Э.К. Голубовская. – М.: Высшая школа, 1987. – 307 с.

Горбачева, Е.А. Оценка токсичности донных отложений морских акваторий, подверженных антропогенному воздействию (на примере Баренцева и Белого морей) : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Горбачева Елена Анатольевна. – Мурманск, 2005. – 186 с.

Гордеева, Ф.В. Оценка токсичности воды и донных отложений водоемов и почв территории Тюменской области с использованием инфузорий *Paramecium caudatum* : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.02.08) / Гордеева Фаина Викторовна; Институт биологии внутренних вод им. И.Д.Папанина. – Борок, 2010. – 24 с.

ГОСТ 17.1.3.07-82. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. – 1982. – 10 с.

ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. – 2002. – 50 с.

ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – 2000. – 48 с.

Гуляева, В.В. Ресничные инфузории – как биоиндикаторы / В.В. Гуляева, Е.В. Дементьева // Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова, «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы», конференции по гидроэкологии «Критерии оценки качества вод и методы нормирования антропогенных нагрузок» и школы-семинара «Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной нагрузки» (Борок, 11-16 октября 2008 г.). – Борок, 2008. – Ч. 3. – С. 23-27.

Дементьева, Е.В. Оценка состояния пресноводных экосистем по индикаторным организмам / Е.В. Дементьева // Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова, «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы», конференции по гидроэкологии «Критерии оценки качества вод и методы нормирования антропогенных нагрузок» и школы-семинара «Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной нагрузки» (Борок, 11-16 октября 2008 г.). – Борок, 2008. – Ч. 3. – С. 27-31.

Демина, И.В. Роль куликоморфных насекомых (Diptera, Nematocera) в формировании потоков вещества и энергии через границу «вода-воздух» пойменных озер р. Волга (Саратовская область) : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.05, 03.02.08 / Демина Ирина Владимировна. – Саратов, 2013. – 220 с.

Догель, В.А. Общая протозоология / В.А. Догель, Ю.И. Полянский, Е.М. Хейсин. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 592 с.

Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2012 г. // Тульский экологический бюллетень. – Тула: Гриф и К, 2013. – С. 6-82.

Долгов, Г.И. Гидробиологические методы исследования / Г.И. Долгов, Я.Я. Никитинский // Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод. – М.: 1927. – №75 – С. 1-252.

Домнина, В.Л. Экологическая оценка состояния поверхностных вод в техногенных зонах / В.Л. Домнина, А.А. Короткова, Н.П. Булухто [Электронный ресурс] // Вестник новых медицинских технологий : электронный журнал. – 2014.– Вып. №1. – Режим доступа: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4741.pdf>.

Дружбин, Г.А. Экологические проблемы малых рек и способы их решения: На примере Тульского региона : дис. ... канд. тех. наук : 03.00.16 / Дружбин Геннадий Анатольевич. – Тула, 2004. – 166 с.

Думнич, Н.В. Зоопланктон как показатель состояния экосистем крупных озер Вологодской области / Н.В. Думнич // Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия. Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований» (Вологда, Россия, 24–28 ноября 2008 г.). – Вологда, 2008. – С.149-151.

Жадин, В.И. Жизнь в реках. Бентос / В.И. Жадин // Жизнь пресных вод СССР / Под ред. Е.Н. Павловского и В.И. Жадина.– М.-Л.: АН СССР, 1950. – Т. 3. – С. 149-183.

Живоглядова, Л.А. Видовая и трофическая структура макрозообентоса р. Лазовая (о-в Сахалин) в весенний период / Л.А. Живоглядова // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – 2011. – Вып. 5.– С.165-172.

Загреков, А.А. Биологические методы контроля качества природных сред промышленных городов / А.А. Загреков, Д.Е. Иванов, И.Н. Ларин, Е.А. Лушай, В.Н. Чупис // Экологические проблемы промышленных городов : сборник научных трудов / Под редакцией профессора Т.И. Губиной. – Саратов, 2007. – С. 118-120.

Захаров, Е.В. Сообщества макрозообентоса малых водоемов урбанизированных территорий (на примере города Самары) : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Захаров Евгений Валерьевич. – Самара, 2005 – 215 с.

Зинченко, Т.Д. Биоиндикация как поиск информативных компонентов водных экосистем (на примере Хирономид – Diptera, Chironomidae) [Электронный ресурс] / Т.Д. Зинченко // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидов. – 2005. – Вып. 3. – С. 338-359. – Режим доступа: <http://www.biosoil.ru/levanidov/articles/a0333.pdf>.

Зубарев, А.Н. Зооценозы малых рек Черноморского побережья Северо-Западного Кавказа в условиях антропогенного воздействия : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Зубарев Анатолий Николаевич. – Москва, 2009. – 200с.

Зубкова, Е.И. Уровень накопления и роль моллюсков в биогенной миграции металлов в экосистеме реки Днестр / Е.И. Зубкова, И.К. Тодераш, С.А. Остроумов, Л.И. Билецки, Н.И. Багрин, Н.И. Бородин // Современные проблемы гидроэкологии : Тезисы докладов 4-й Международной научной конференции, посвящённой памяти профессора Г.Г. Винберга 11–15 октября 2010 г. (Россия, Санкт-Петербург) / Под. ред. А.А. Пржиборо. – Санкт-Петербург, 2010. – С. 68.

Иванова, И.Ю. Экологическая оценка качества донных отложений водотоков и водоемов Оренбургской области : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Иванова Ирина Юрьевна. – Оренбург, 2009. – 192 с.

Ильмаст, Н.В. Гидроэкология разнотипных озер южной Карелии / Н.В. Ильмаст, С.П. Китаев, Я.А. Кучко, С.А. Павловский. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. – 92 с.

Ильясова, А.Р. Фауна, распространение и морфо-экологические особенности водных полужесткокрылых Республики Татарстан : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Ильясова Алиса Раифовна. – Казань, 2005. – 185 с.

Кашулин, Н.А., Современные подходы к оценке процессов трансформации пресноводных экосистем севера [Электронный ресурс] / Н.А. Кашулин, В.А. Даувальтер, Б.П. Ильяшук, Н.Е. Раткин, О.И. Вандыш // Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе : Сб. статей /под ред. В.Т. Калининкова и А.Н. Виноградова. – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2005. – С.8. – Режим доступа: <http://www.kolasc.net.ru/russian/ksc75/4.2.pdf>.

Кобецкая, О.А. Оценка экологического состояния бассейна реки Кирпили и предложения по улучшению его функционирования: дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Кобецкая Ольга Анатольевна. – Краснодар, 2007. – 185 с.

Контроль за использованием и охраной водных объектов [Электронный ресурс]. – Официальный сайт Управления Росприроднадзора по Тульской области. – Режим доступа: [http://old.priroda-tula.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11&Itemid=12](http://old.priroda-tula.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=12).

Коротенко, Г.А. Биота и сообщества макробентоса водотоков материкового побережья пролива Невельского : автореф. дис. ... канд. биол. наук (03.00.16) / Коротенко Галина Анатольевна; Биолого-почвенный институт ДВО РАН. – Владивосток, 2009. – 24 с.

Короткова, А.А. Системные механизмы адаптации энтомокомплекса в урбанистических условиях : дис. ... доктора биол. наук : 05.13.01 / Короткова Анна Альбертовна. – Тула, 2004. – 362 с.

Короткова, А.А. Биоиндикация сапробности водоемов / А.А. Короткова, Н.П. Булухто // Экология речных бассейнов: труды 5-й Междунар. науч.-практ. конф. – Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2009. – С. 170-174.

Короткова, А.А. Биоиндикация сапробности р. Упа / А.А. Короткова, В.Л. Буркина, Р.О. Бутовский // Экологически устойчивое развитие. Рациональное использование природных ресурсов : Междунар. науч.-практич. семинар / под общ. ред. Э.М. Соколова – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2010. – С.70-72.

Короткова, А.А. Фауна простейших организмов стоячего и проточного водоемов / А.А. Короткова, Г.С. Делян // Сборник тезисов Всероссийской молодежной конференции «Актуальные проблемы химии и биологии». – Пушкино, 2012. – С. 141.

Кособокова, К.Н. Зоопланктон Арктического бассейна: структура сообществ и региональные особенности количественного распределения : автореф. дис. ... доктора биол. наук (03.02.10) / Кособокова Ксения Николаевна; Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН. – Москва, 2010. – 320 с.

Кочурова, Т.И. Личинки амфибиотических насекомых (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) в макрозообентоса р. Вятка / Т.И. Кочурова // Гидроэнтмология в России и сопредельных странах: материалы V Всероссийского симпозиума по амфибиотическим и водным насекомым / Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. – Ярославль: Издательство «Филигрань», 2013. – С. 86-91

Куранова, А.П. Перспективы использования малакофауны в биоиндикации состояния водных экосистем : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Куранова Анна Петровна. – Ульяновск, 2009. – 133 с.

Курочкина, Т.Ф. Экологические особенности речных сообществ Нижней Волги и их биоиндикация : дис. ... доктора биол. наук : 03.00.16 / Курочкина Татьяна Федоровна. – Астрахань, 2004. – 272 с.

Лазарева, В.И. Экология зоопланктона разнотипных водоемов бассейна Верхней Волги : дис. ... доктора биол. наук : 05.00.16 / Лазарева Валентина Ивановна. – Тольятти, 2008. – 422 с.

Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 298 с.

Левич, А. П. Экологический контроль окружающей среды по данным биологического и физико-химического мониторинга природных объектов [Электронный ресурс] / А.П. Левич, Н.Г. Булгаков, Д.В. Рисник, Е.С. Милько // Компьютерные исследования и моделирование. – 2010. – Т.2, № 2. – С. 199 – 207. – Режим доступа: <http://crm.ics.org.ru/journal/article/1702/>.



Липинская, Т.П. Структура сообщества макрозообентоса малых рек бассейна Днепра / Т.П. Липинская // Водная среда и природно-территориальные комплексы: исследование, использование, охрана : Материалы IV Школы-конференции молодых ученых с международным участием (26–28 августа 2011 г.). – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. – С. 111-113.

Лихачев, С.Ф. Анализ экологического состояния водоемов города Ишима по индикаторным признакам простейших / С.Ф. Лихачев, А.В. Ермолаева, Н.Е. Суппес // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – С. 789-791.

Лобуничева, Е.В. Зоопланктон малых водоемов разных ландшафтов Вологодской области : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16, 03.00.18 / Лобуничева Екатерина Валентиновна. – Борок, 2009. – 308 с.

Логинова, А.Н. Эколого-фаунистическая характеристика и продукция макрозообентоса Сурского водохранилища : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Логинова Александра Николаевна. – Саранск, 2005. – 335 с.

Макрушин, А.В. Биологический анализ качества вод / А.В. Макрушин – Л.: 1978. – 115 с.

Макрушин, А.В. Возможности и роль биологического анализа в оценке степени загрязнения водоемов / А.В. Макрушин // Гидробиол. журн. – 1974. – Т. 10, № 2. – С. 98-104.

Максимов, В.Н. Методика экологического нормирования воздействий на водоемы, не нормируемых методами биотестирования (на примере объектов Бассейна Дона) / В.Н. Максимов, А.В. Соловьев, А.П. Левич, Н.Г. Булгаков, В.А. Абакумов, А.Т. Терехин // Водные ресурсы, 2009 г. – Т. 36, №3. – С. 335-340.

Мамонтов, С.Н. Ксилофильные жесткокрылые засечного ботанико-географического района Тульской области : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.09, 03.00.16 / Мамонтов Сергей Николаевич. – Тула, 2009. – 251 с.

Матишов, Г.Г. Биотестирование и прогноз изменчивости водных экосистем при антропогенном загрязнении / Г.Г. Матишов, С.В. Кренева, В.М. Муравейко / Отв. ред. Г.Г. Матишов ; Рос. акад. наук. Кол. науч. центр. Юж. науч. центр. Мурман. морской биол. ин-т. – Апатиты : [б.и.], 2003. – 468 с.

Матишов, Г.Г. Новые технологии мониторинга природных процессов в зоне взаимодействия пресных и морских вод (биологическая индикация) : монография / Г.Г. Матишов [и др.] ; отв. ред. Г. Г. Матишов ; Рос. акад. наук, Кол. науч. центр, Мурман. мор. биол. ин-т. – Апатиты: КНЦ РАН, 2009 г. – 262 с.

Маюрова, М.В. Водные беспозвоночные водотоков Сургутского района : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Маюрова Марина Валентиновна. – Сургут, 2004. – 236 с.

Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : Приложение 6. Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов рыбохозяйственного значения : утв. приказом Росрыболовства от 04.08.2009 г. № 695. – Режим доступа: <http://ekoman.ru/ekovoda/>.

Моисеенко, Т.И. Биологические методы оценки качества вод / Моисеенко Т.И., Гашев С.Н., Петухова Г.А., Елифанов А.В., Селюков А.Г. // Вестник Тюменского государственного университета, 2010. – №7. – Ч. 2. Биотестирование.– С. 40-53.

Моравцева, В.И. Простейшие как тест-объекты и индикаторные организмы для оценки качества вод / В.И. Моравцева // Гидробиол. журн. – 1988. – Т. 24, № 5. – С. 29-33.

Моторин, А.А. Состав и экологические особенности зообентосных сообществ водотоков бассейна реки Белая (Северо-западный Кавказ) : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.02.08) / Моторин Алексей Александрович; Кубанский государственный университет. – Краснодар, 2013. – 22 с.

Мухортова, О.В. Сообщества зоопланктона пелагиали и зарослей высших водных растений разнотипных водоемов Средней и Нижней Волги : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Мухортова Оксана Владимировна. – Тольятти, 2008. – 133 с.

Мышкин, А.И. Биогеохимическая оценка состояния природной среды для выявления зон экологического неблагополучия : дис. ... канд. с/х наук : 03.00.16 / Мышкин Александр Иванович – Брянск, 2009. – 160 с.

Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. – М.: Мир, 1992. – 184 с.

Наделяева, С.М. Зообентос рек Верхне-Амурского и Байкало-Енисейского бассейнов (Читинская область) и его использование для оценки качества воды : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Наделяева Светлана Михайловна. – Чита, 2006. – 203 с.

Насибулина, Б.М. Экология донных сообществ дельты Волги в условиях антропогенного стресса : дис. ... доктора биол. наук : 03.00.16 / Насибулина Ботагоз Мурасовна. – Москва, 2006. – 286 с.

НВН 33-5.3.01-85 Инструкция по отбору проб для анализа сточных вод // Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР. – М., 1985. – Режим доступа: <http://www.bestpravo.ru/sssrgn-dokumenty/r5o.htm>.

Немова, Н.Н. Биохимическая индикация токсических воздействий на рыб / Н.Н. Немова, Р.У. Высоцкая, В.С. Сидоров // Актуальные проблемы водной токсикологии : сборник статей / Под ред. д.б.н., проф. Б.А. Флерова. – Борок, 2004. – С. 81-99.

Никаноров, А.М. Пресноводные экосистемы в импактных районах России / А.М. Никаноров, В.А. Брызгалов. – Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2006. – 275 с.

Николаев, С.Г. Структура донных сообществ Севана в годы резкого повышения трофии озера и ее изменение по сравнению с олиготрофным периодом : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.08 / Николаев Сергей Георгиевич. – Москва, 1985. – 165 с.

Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектах рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс] : утв. приказом Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 г. № 20. – 215 с. – Режим доступа: <http://fish.gov.ru/lawbase/Documents/%D0%98%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5/100020a.pdf>.

Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: Планктон и бентос / отв. ред. Л.А. Кутикова, Я.И. Старобогатов. – Л.: Гидрометиздат, 1977. – 511 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий : в 6 т. Т.1. Низшие беспозвоночные / под ред. С.А. Цалолихина. – СПб.: Наука, 1997. – 395 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий : в 6 т. Т.2. Ракообразные / под ред. С.А. Цалолихина. – СПб.: Наука, 1995. – 631 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий : в 6 т. Т.3. Паукообразные, Низшие насекомые / под ред. Э.П. Нарчук, Д.В. Туманов, С.А. Цалолихина. – СПб.: Наука, 1997. – 445 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий : в 6 т. Т.5. Высшие насекомые / под общ. ред. С.А. Цалолихина. – СПб.: Наука, 2001. – 825 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий : в 6 т. Т.6. Моллюски. Полихеты. Немертины / под общ. ред. С.А. Цалолихина. – СПб.: Наука, 2004. – 528 с.

Остроумов, С.А. О роли биогенного детрита в аккумуляции элементов в водных системах / С.А. Остроумов, Г.М. Колесов // Сибирский экологический журнал, 2010. – № 4. – С. 525-531.

Охрана водных ресурсов Тульской области [Электронный ресурс] : сайт Экологический портал. – Режим доступа: <http://ecology-portal.ru/publ/stati-raznoy-tematiki/501047-oxrana-vodnyx-resursov-tulskoj-oblasti.html>.

Охрана окружающей среды Тульской области [Электронный ресурс] : Государственная программа Тульской области от 28 фев. 2012 г. № 83. – Режим доступа: <http://tularegion.ru/tula/celevprogr/mineco/>.

Оценка экологического состояния и ключевые проблемы водных объектов Днепровского бассейнового округа : Пояснительная записка / НП «ВИЛ XXI». – Москва, 2011. – Том 1. – 70 с.

Павловский, С.А Структура и динамика макрозообентоса Сямозера : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Павловский Сергей Александрович. – Петрозаводск, 2007. – 139 с.

Палий, В.Ф. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов / В.Ф. Палий // Зоол. журн., 1961. – Т. 60, Вып. 1. – С. 3-12.

Плюрайте, В. Сезонная динамика макрозообентоса в реке Ула-пелеса в литореофильном биоценозе / В. Плюрайте // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, биология, охрана : тезисы докладов Всероссийской конференции 16 – 19 ноября 2004 г. – Борок, 2004. – С. 70.

ПНД Ф 12.15.1-08 Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод : утв. 18.04.2008. – М. 2008. – 32 с.

Постнов, И.Е. Разработка биологических методов диагностики и контроля за состоянием объектов окружающей среды / И. Е. Постнов, Г. Б. Ионова // Естествознание и гуманизм. – Томск, 2006. – Т. 3, вып. 2. – С.118-120.

Протасов, А.А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсиконология / А.А. Протасов – Киев, 2002. – 105 с.

Протасов, А.А. Методологические и методические проблемы использования показателей разнообразия для биоиндикации / А.А. Протасов // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем : сборник материалов международной конференции / под ред. В.А. Румянцева. – Санкт-Петербург: ЛЕМА, 2007. – С. 8-11.

Протасов, А.А. Гидробиология в датах. Хронология ключевых научных событий / А.А. Протасов, М.Г. Карпинский // Морський екологічний журнал, 2011. – № 3, Т. X. – С. 86-100.

Протасов, А.А. Об оценке качества среды по показателям разнообразия сообществ гидробионтов / А.А. Протасов, А.А. Силаева // Наук. записки Тернопільського націон. педагогічного ун-ту. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія», 2005. – №3 (26). – С. 365-367.

Протасов, А.А. Использование показателей биоразнообразия для оценки состояния водных объектов и качества воды / А.А. Протасов, Т.Е. Павлюк // Гидробиол. журн., 2004. – Т. 40, №6. – С. 3-17.

Прохода, Т.А. К методике мониторинга поверхностных вод по гидробиологическим показателям / Т.А. Прохода // Экология водных беспозвоночных : сборник материалов Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, 30 октября – 2 ноября 2010 г. – Ярославль: Принтхаус, 2010. – С. 260-262.

Пухнаревич, Д.А. Зообентос нижнего течения реки Оки / Д.А. Пухнаревич // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – № 1 (1). – С. 128-135

Рахлеева А.А. Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования в использовании равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg / А.А. Рахлеева, В.А. Терехова. – М.: МГУ, 2008. – 34 с.

Р 52.24.756 – 2011. Критерии оценки опасности токсического загрязнения поверхностных вод суши при чрезвычайных ситуациях (в случае загрязнения) : рекомендации. – Ростов-на-Дону, 2011. – 43 с.

РД 52.24.633-2002 Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем : методические указания. – 2002. – Режим доступа: <http://meganorm.ru/Data2/1/4293848/4293848867.htm>.

Розенберг, Г.С. Информационный индекс и разнообразие: Больцман. Котельников. Шеннон, Уивер... / Г.С. Розенберг // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2010. – Т. 19, № 2. – С. 4-25.

Розенберг, Г.С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения / Г.С. Розенберг, В.К. Шитиков // Количественные методы экологии и гидробиологии : сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова / Отв. ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг. – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – С. 91-130.

Руднева, И.И. Комплексная оценка качества водной среды с помощью биомаркеров разного уровня / И.И. Руднева, Н.Ф. Шевченко, Л.С. Овен, И.Н. Залевская, Е.Н. Скуратовская // Актуальные проблемы водной токсикологии : сборник статей / под ред. д.б.н., проф. Б.А. Флерова. Борок, 2004. – С. 124-150.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред В. А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.

Селезнева, М.В. Оценка современного экологического состояния Новосибирского водохранилища по структурно-функциональным показателям сообщества макрозообентоса : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Селезнева Мария Васильевна. – Новосибирск, 2005. – 160 с.

Семенченко, В.П. Принципы и системы биоиндикации текущих вод / В.П. Семенченко. – Мн.: Орех, 2004. – 125 с.

Серебренникова, Ю.А. Эколого-биологические особенности свободноживущих эвгленовых жгутиконосцев водоемов Челябинской области : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Серебренникова Юлия Александровна. – Омск, 2009. – 174 с.

Сибгагуллина, А.М. Измерение загрязнённости речной воды (на примере малой реки Малая Кокшага) : научно-учебное изд. [Электронный ресурс] / А.М. Сибгагуллина, П.М.

Мазуркин ; под ред. проф. П. М. Мазуркина. – М.: Издательский дом «Академия Естествознания», 2009. – 72 с. – Режим доступа: <http://www.monographies.ru/55>.

Синенко, Н.Н. Биолого-экологические особенности ресничных инфузорий некоторых водоемов южной лесостепи Омской области : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.04 / Синенко Николай Николаевич. – Омск, 2014. – 183 с.

Сироткина, Е.Е. Простейшие как индикатор устойчивости болотных экосистем / Е.Е. Сироткина, А.А. Короткова, Р.О. Бутовский // Экологически устойчивое развитие. Рациональное использование природных ресурсов : Междунар. науч.-практич. семинар / под общ. ред. Э.М. Соколова – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2010. – С.72-76.

Скориков, А.С. Зоологические исследования ладожской воды как питьевой / А.С. Скориков. – СПб., 1909. – 123 с.

Суппес, Н.Е. Фауна и экологические особенности ресничных инфузорий водоемов юга Тюменской области : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.04 / Суппес Наталья Евгеньевна. – Омск, 2010. – 149 с.

Телеганов, А.А. Использование макрозообентоса для биологического мониторинга пойменных озер Верхнего Поочья : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Телеганов Алексей Анатольевич. – Калуга, 2007. – 134 с.

Телеганов, А.А. Мониторинг экологического состояния пойменных озер Верхнего Поочья / А.А. Телеганов, Г.В. Чернова // Вопросы археологии, истории, культуры и природы Верхнего Поочья : Материалы XII Всероссийской научной конференции. Калуга, 3 – 5 апреля 2007 г. – Калуга: Издательство «Полиграф-Информ», 2008. – С. 435-440.

Терехова, В.А. Биоиндикация и биотестирование в экологическом контроле / В.А. Терехова // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2007. – Т. 1, № 91. – С. 88-90.

Терехова, В.А. Биотестирование как метод определения класса опасности отходов / В.А. Терехова // Экология и промышленность России, декабрь 2003. – С. 27-29.

Терехова, В.А. Образовательные проекты по биотестированию / В.А. Терехова // Экология и производство. – 2009. – №11. – С. 48-50.

Терехова, В.А. Некоторые научно-организационные проблемы «Global Indicator Networks» / В.А. Терехова // Теоретическая и прикладная экология, 2009. – № 3. – С.16-19.

Терехова, В.А. Обзор о «весомости» биотических индексов в оценке экологического риска и нормировании («weight-of-evidence» approach) / В.А. Терехова // Экологическое нормирование, сертификация и паспортизация почв как научная основа рационального землепользования. – 2010 – С. 161-164.

Терехова, В.А. «Триадный» подход к экологической оценке городских почв / В.А. Терехова, М.А. Пукальчик, А.С. Яковлев // Почвоведение. — 2014. — № 9. — С. 1145-1152.

Томилина И.И. Биотестирование донных отложений в оценке эколого-токсикологического состояния пресноводных водоемов / И.И. Томилина, В.А. Гремячих, Л.П. Гребенюк // X Съезд Гидробиологического общества при РАН : тезисы докладов (г. Владивосток, 28 сентября - 2 октября 2009 г.) / Отв. ред. Алимов А.Ф., Адрианов А.В. — Владивосток: Дальнаука, 2009. — С. 186.

Томилина, И.И. Эколого-токсикологическая характеристика донных отложений водоемов Северо-Запада России : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Томилина Ирина Ивановна. — Борок, 2000. — 165 с.

Томилина, И.И. Токсикологическая оценка качества донных отложений верхневолжских водохранилищ / И.И. Томилина // Актуальные проблемы водной токсикологии : сборник статей / под ред. д.б.н., проф. Б.А. Флерова. — Борок, 2004. — С. 195-211.

Трибун, М.М. Экологические особенности цилиофауны малых рек окрестностей г. Хабаровска : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Трибун Михаил Маркович. — Хабаровск, 2012. — 154 с.

Трофимова, Т.А. Новые индикаторные виды пресноводного бентоса и расчет их видовых сапробных характеристик / Т.А. Трофимова // Экология водных беспозвоночных : сборник материалов Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, 30 октября — 2 ноября 2010 г. — Ярославль: Принтхаус, 2010. — С. 310-314.

Тушков, Б.П. Экологический риск при загрязнении почв, подземных и поверхностных вод бассейна р. Алей токсическими и радиоактивными веществами / Б.П. Тушков, В.В. Кириллов, Г.И. Тушкова, Т.В. Кириллова // Ползуновский вестник 2004. — №2. — С. 142-151.

Умнов, А.Ю. Экологическая характеристика макробентофауны водотоков национального парка «Таганай» : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Умнов Александр Юрьевич. — Ульяновск, 2006. — 117 с.

Федоров, В.Д. Изменения в природных биологических системах / В.Д. Федоров ; под ред. и с коммент. проф. В.Н. Максимова. — М.: Изд-во «Спорт и Культура», 2004. — 368 с.

ФГУП «ВНИРО», ФГУ «Центррыбвод» Материалы, обосновывающие объемы общих допустимых уловов водных биологических ресурсов в водоемах Тульской области на 2008 г. — Москва, 2007. — 90 с.

Филенко, О.Ф. Место биологических методов в контроле качеств окружающей среды / О.Ф. Филенко // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: сборник материалов

международной конференции / Под ред. В.А. Румянцева. – Санкт-Петербург: ЛЕМА, 2007. – С. 8-11.

Филенко, О.Ф. Биологические методы в контроле качества окружающей среды / О.Ф. Филенко // Экологические системы и приборы, 2007. – №6. – С. 18-20.

Филенко, О.Ф. Основы водной токсикологии / О.Ф. Филенко, И.В. Михеева. – М.: Колос, 2007. – 144 с.

Филимонова, Ж.В. Биомониторинг антропогенных нарушений водных экосистем по составу донных беспозвоночных / Ж.В. Филимонова, Ю.В. Дорофеев, А.Д. Покаржевский, В.С. Гельштейн, А.Э. Ломовцев // Тульский экологический бюллетень. – Тула: Гриф и К, 2001. – Вып. 1. – С. 129-135.

Хейсин, Е.М. Краткий определитель пресноводной фауны / Е.М. Хейсин. – Л.: Учпедгиз, 1951. – 159 с.

Холмогорова, Н.В. Трансформация фауны макрозообентоса малых рек Удмуртии под воздействием факторов нефтедобычи : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Холмогорова Надежда Владимировна. – Казань, 2009. – 233 с.

Чалова, И.В. Оценка качества природных и сточных вод методами биотестирования с использованием ветвистоусых ракообразных (Cladocera, Crustacea) : научно-методическое издание / И.В. Чалова, А.В. Крылов. – Рыбинск: Издательство ОАО «Рыбинский дом печати», 2007. – 73 с.

Чеворыкина, Е.Ю. Видовой состав фауны искусственных водоемов / Е.Ю. Чеворыкина // Сборник тезисов Всероссийской молодежной конференции «Актуальные проблемы химии и биологии». – Пущино, 2012. – С. 124.

Черевичко, А.В. Амфибиотические насекомые (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) в бентосе малых рек Псковской области в условиях активного загрязнения / А.В. Черевичко, А.Е. Михайлов // Гидроэнтомология в России и сопредельных странах : материалы V Всероссийского симпозиума по амфибиотическим и водным насекомым / Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. – Ярославль: Издательство «Филигрань», 2013. – С. 233-236.

Чертопруд, М.В. Мониторинг загрязнения водоемов по составу макробентоса : методическое пособие / М.В. Чертопруд. – М.: Ассоциация по химическому образованию, 1999 – 17 с.

Чертопруд, М.В. Фауна макробентоса малых рек Клинско-Дмитровской гряды / М.В. Чертопруд // Биология внутренних вод, 2002 – №3. – С. 16-24.



Чертопруд, М.В. Модификация метода Пантле–Букка для оценки загрязнения водотоков по качественным показателям макробентоса / М.В. Чертопруд // Водные ресурсы. – 2002. – Том 29, № 3. – С. 337-342.

Чертопруд, М.В. Биогеографическое районирование пресных вод Евразии по фауне макробентоса / М.В. Чертопруд // Журнал общей биологии. – 2010. – Том 71, № 2. – С. 144-162.

Шадрин, И.А. Протистопланктон и тест-объекты *Paramecium caudatum* (Ehrenberg, 1833) и *Photobacterium phosphoreum* (Cohn, 1878) в оценке качества водоемов бассейна реки Енисей : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Шадрин Игорь Александрович. – Иркутск, 2004. – 191 с.

Шарапова, Т.А. Зооперифитон внутренних водоемов Западной Сибири / Т.А. Шарапова. – Новосибирск: Наука, 2007. – 167 с.

Шитиков, В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

Шитиков, В.К. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко – Тольятти: Кассандра, 2011. – 255 с.

Шубернецкий, И.В. Кругоресничные инфузории основных типов водоемов Молдавии : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.08 / Шубернецкий Игорь Владимирович. – Кишинев, 1983. – 281 с.

Шуйский, В.Ф. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений / В.Ф. Шуйский, Т.А. Петрова, Т.В. Максимова, Д.С. Петров // Сб. научн. докл. VII междунар. конф. "Экология и развитие Северо-Запада России" (С.-Петербург, 2–7 авг. 2002 г.). – СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2002 г. – С. 441-451.

Шулепина, С.П. Сообщества донных животных в оценке состояния экосистем разнотипных водных объектов бассейна р. Енисей : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук (03.02.10) / Шулепина Светлана Петровна; Сибирский федеральный университет. – Красноярск, 2010. – 24 с.

Шурганова, Г.В. Динамика видовой структуры зоопланктоценозов двух волжских водохранилищ в процессе их формирования и развития / Г.В. Шурганова, В.В. Черепенников // Journal of Siberian Federal University. Biology, 2010. – №3. – С. 267-277.

Щербакова, В. А. Проблемы комплексного развития туризма в Тульской области / В. А. Щербакова. – М.: Изд-во Инфра, 2006. – С. 11 – 12, 61 – 64, 86-90.

Щербина, Г.Х. Изменение видового состава и структурно-функциональных характеристик макрозообентоса водных экосистем северо-запада России под влиянием природных и антропогенных факторов : дис. ... доктора. биол. наук : 03.00.16 / Щербина Георгий Харлампиевич. – Санкт-Петербург, 2009. – 468 с.

Экология Тульской области (редакция от 23.05.2014 г.) [Электронный ресурс] : сайт ЭкоРодники. – Режим доступа: [http://www.ecorodinki.ru/tulskaya\\_oblast/ekologiya/](http://www.ecorodinki.ru/tulskaya_oblast/ekologiya/).

Яковлев, В.А. Пресноводный зообентос северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика) в 2-х ч. / В.А. Яковлев. – Апатиты: Изд. Кольского НЦ РАН, 2005. – ч.2. – 145 с.

Akanksha, J. Exploring Biodiversity as Bioindicators for Water Pollution / Akanksha Jain, Brahma N. Singh, S. P. Singh, H. B. Singh & Surendra Singh // National Conference on Biodiversity, Development and Poverty Alleviation 22 May, 2010. – 2010. – P. 50-56.

Barton, D.R. Benthic invertebrates of the nearshore zone of eastern Lake Huron, Georgian Bay, and North Channel / D.R. Barton, M. Griffiths // J. Great Lakes Res., 1984 – V.10, №4 – P. 407-416.

Bazzanti, M. Chironomids as water quality indicators in the river Mignone (Central Italy) / M. Bazzanti, F. Bandacigno // Hydrobiol. Bull., 1987. – Vol. 21, №2. – P. 213-222.

Beak, T.W. Biological measure of water pollution / T.W. Beak // Chem. Eng. Progr., 1964. – V. 60, № 1. – P. 39-43.

Beak, T.W. Pollution monitoring and prevention by use of bivariate control charts / T.W. Beak, C. de Courval, N.E. Cook // Sewage and Industr. Wastes, 1959. – V. 31, № 12. – P. 1383-1394.

Beck, W.M. Suggested method for reporting biotic data / W.M. Beck // Sewage and Industr. Wastes, 1955. – V. 27, № 10. – P. 1193-1197.

Bervoets, L. A proposal for modification of the Belgium biotic index method / L. Bervoets [et al.] // Hydrobiology, 1989. – Vol. 179. – P. 223-228.

Carignan, V. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review / Vincent Carignan, Marc-Andre Villard // Environ. Monit. and Assess., 2002. – Vol. 78, № 1. – P. 45-61.

Carsten von der Ohe, P. Water quality indices across Europe – a comparison of the good ecological status of five river basins / Peter Carsten von der Ohe, Andrea Prüß, Ralf Bernhard Schäfer, Matthias Liess, Eric de Deckere, Werner Brack // Journal of Environmental Monitoring, 2007. – Issue 9. – P. 970-978.

Chapman P.A. Decision making framework for sediment assessment developed for the Great Lakes / P.A. Chapman // Human and Ecological Risk Assessment. – 2002. – V. 8. – № 7. – P. 1641–1655.

Connell, J.H. Diversity in tropical rainforest and coral reefs / J.H. Connell // Science, 1987. – Vol. 199. – P. 1302-1310.

Cummins, K.W. Trophic relation in aquatic insects / K.W. Cummins // Ann. Rev. Entomol. – 1973. – Vol. 8. – P. 183-206.

Dagnino, A. A «Weight-of-Evidence» approach for the integration of environmental «Triad» data to assess ecological risk and biological vulnerability / A. Dagnino, S. Sforzini, F. Dondero, S. Fenoglio, E. Bona, J. Jensen, A. Viarengo // *Integr. Environ. Assess. Manage.*, 2008. – Vol. 4. P. 314-326.

Dauvin, J.C. Le benthos, témoin des variations de l'environnement / J.-C. Dauvin // *Oceanis* – 1993 – V.19, №6 – P. 25-33.

DePauw, N. Biotic index for sediment quality assessment of watercourses in Flanders, Belgium / N. DePauw, S. Heylen // *Aquatic Ecology*, 2001. – Vol. 35. – P. 121-133.

DePauw, N. Macroinvertebrates and water quality / N. DePauw, R. Vannevel. – Antwerpen, 1993. – 316 p.

Feminella, J.W. The Alabama Watershed Demonstration Project: Biotic Indicators of Water Quality / J.W. Feminella, K.M. Flynn // ANR-1167, New Dec 1999. – Режим доступа: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-1167/ANR-1167.pdf>.

Fontoura, A.P. Les communités de macro- invertébrés du bassin hydrographique du fleuve Lima comme indicateurs de la qualité biologique de l'eau / A.P. Fontoura // *Publ. Inst. zool. Dr. A. Nobre* – 1984 – №183 – 20 p.

Franzle, O. Bioindicators and environmental stress assessment / O. Franzle // *Principles, concepts and applications* / Ed. by B. A. Markert [et al.], Printed in the Amsterdam [etc.], Elsevier, 2003. – P.41-56.

Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates / eds. D. M. Rosenberg, V. H. Resh. – N.Y.: Chapman & Hall, 1993. – 488 p.

Friedrich, G. The use of biological material / G. Friedrich, D. Chapman, A. Beim // *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* / Eds. Deborah Chapman. – London, 1992. – P. 171-238.

Gheleu, D. Water Quality Assessment using Benthic Macroinvertebrates in Wetlands and Ponds: Preliminary Study Case of Jijia and Miletin Ponds (ROSPA0042) / Diana Gheleu, Hariton Costin // *Recent Researches in Environment, Energy Planning and Pollution*. – Iasi, Romania, 2011. – P. 111-114.

Goodnight, C.J. Oligochaetes as indicator of pollution / C.J. Goodnight, L.S. Whitley // *Proc. 15th Annual Ind. Waste Conf. Pardue*, 1961. – P. 139-142.

Hall, T.M. Concentrations of Cr, Pb, Cu and Mn in some biotic and abiotic components of the benthic ecosystem of the Toce river and Isole Borromee basin (lake Maggiore, Italy). II. Oligochaetes and other invertebrates / T.M. Hall, L. Merlini // *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* – 1979 – V.37 – P. 23-32.

Hansen, P.D. Biomarkers / P.D. Hansen // *Principles, concepts and applications* / Ed. by B. A. Markert [et al.], Printed in the Amsterdam [etc.], Elsevier, 2003. – P.203-218.

Hewitt, G. River quality investigations. Part 1. Some diversity & biotic indices / G. Hewitt // *J. Biol. Educ.*, 1991 – V.25, №1 – P. 44-52.

Hooper, F.F. Eutrophication indices and their relation to other indices of ecosystems change / F.F. Hooper // *Eutrophication: causes, consequences, correctives* – Washington, 1969 – P. 225-235.

Jonson, R.K. The indicator concept in freshwater biomonitoring / R.K. Jonson // *Chironomids: From genes to ecosystems* / ed. P. Cranston. – Melbourne: CSIRO Publication, 1995. – P. 11-30.

King, D.L. A quantitative biological measure of stream pollution / D.L. King, R.C. Ball // *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, 1964 – Vol.36, № 5 – P. 650-653.

Kolkwitz, R. *Ökologie der pflanzlichen Saprobien* / R. Kolkwitz, M. Marsson // *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 1908. – Bd 22. – P. 505-519.

Kolkwitz, R. *Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologische Gewässerbeurteilung* / R. Kolkwitz, M. Marsson // *Int. Rev. Hydrobiol.*, 1909. – Vol. 2. – P. 126-152.

Kothe, P. Der «Artenfehlbetrag», ein einfaches Gütekriterium und seine Anwendung bei biologischen Vorfluteruntersuchungen / P. Kothe // *Deutsche gewässerkundliche Mitteilungen*, 1962. – P. 60-65.

Kownacki, A. Taxocens of Chironomidae in streams of the Polish High Tatra, Mts / A. Kownacki // *Acta Hydrobiol.*, 1971. – Vol. 13, № 2. – P. 439-463.

Lorenz, C.M. Bioindicators for ecosystem management, with special reference to freshwater systems / C.M. Lorenz // *Principles, concepts a. applications* / Ed. by B. A. Markert [et al.], Printed in the Amsterdam [etc.], Elsevier, 2003. – P.123-148.

MacArthur, R. Fluctuations of animal populations and a measure of a community stability / R. MacArthur // *Ecology*, 1955 – Vol.36 – P. 533-536.

Margalef, R. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton / R. Margalef // *Perspectives in Marine Biology*. – Berkeley: Univ. of California Press, 1958. – P. 323-347.

Mason, W.T. Anevaluation of benthic macroinvertebrate biomass methodology / W.T. Mason, P.A.J. Lewis, C.I. Weber // *Environ. Monit. and Assessment*, 1985 – V.5, №4 – P. 399-422.

Mayer, F. Manual of acute toxicity: interpretation and data base for 410 chemical and 66 species of freshwater animals / F. Mayer, M.R. Ellersieck // *US Dep. Inter. Fish and Wildlife Serv. Resour. Publ.*, 1986 – №160, IV. – 506 p.

Metcalf, J.L. Biological Water Quality Assessment of Running Waters Based on Macroinvertebrate Communities: History and Present Status in Europe / J.L. Metcalfe // *Environmental Pollution*, 1989. – Vol. 60. – P. 101-139.

Norris, R.H. Design and analysis for assessment of water quality / R.H. Norris, A. Georges // *Limnol. Austral – Dordrecht etc.*, 1986 – P. 555-572.

Pantle, R. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse / R. Pantle, H. Buck // Gas- und Wasserfach, 1955 – Vol. 96 – P. 604-618.

Patrick, R. Biological measure of stream condition / R. Patrick // Sewage and Industrial Wastes, 1950. – Vol. 22, №7. – P. 926-938.

Perry, J.A. The longitudinal distribution of riverine benthos: a river dis- continuum? / J.A. Perry, D.J. Schaeffer // Hydrobiologia, 1987 – V. 148, №3 – P. 257-268.

Petersen, C.E. The extent of anthropogenic disturbance on the aquatic assemblages of the east branch of the DuPage River, Illinois, as evaluated using stream arthropods / C.E. Petersen // Trans. III. State Acad. Sci. – 1994 – V.87, №1-2 – P. 29-35.

Petts, G.E. Influence of water abstraction on the macroinvertebrate community gradient within a glacial stream system: La Borgne d'Arolla, Valais, Switzerland / G.E. Petts, M.A. Bickerton // Freshwater Biol., 1994 – V.32, №2 – P. 375-386.

Rabeni, C.F. Bioassessment of streams using macroinvertebrates: are the Chironomidae necessary? / C. F. Rabeni, N. Wang // Environmental monitoring and assessment, 2001. – Vol. 71. – P. 177-185.

Raddum, G.G. Chironomid communities in Norwegian lakes with different degrees of acidification / G. G. Raddum, O. A. Saether // Verh. Internat. Verein. Limnol. – 1981. – Vol. 21. – P. 399-405.

Ramakrishnan, N. Bio-Monitoring Approaches For Water Quality Assessment In Two Waterbodies At Tiruvannamalai, Tamil Nadu India / N. Ramakrishnan // Proceedings of the Third International Conference on Environment and Health, Chennai, India, 15-17 December, 2003 / Eds. Martin J. Bunch, V. Madha Suresh and T. Vasantha Kumaran. – Chennai: Department of Geography, University of Madras and Faculty of Environmental Studies, York University, 2003. – P. 374-385.

Rundbe, S.D. Macroinvertebrate communities in streams in the Himalaya, Nepal / S.D Rundbe, A. Jenkins, S.J. Ormerod // Freshwater Biol., 1993 – V.30, №1 – P. 169-180.

Saether, O.A. Chironomid communities as water quality indicators / O.A. Saether // Holarctic Ecology, 1979. – №2. – P. 65-74.

Salanki, J. New avenues in the biological indication of environmental pollution / J. Salanki // Acta biol.hung. – 1989 – V.40, N4 – P.295-328.

Say, P.J. Enteromorpha as a monitor of heavy metals in estuaries: (Pap.) North Sea - Estuaries Infrac. 18th Symp. Estuarine and Brackish - Water Sci., Assoc. Newcastle upon Tyne, 29 Aug. - 2 Sept., 1988 / P.J. Say, I.C. Burrows, B.A. Whitton // Hydrobiology. – 1990 – №195 – P.119-126.

Schroeder, P. Use of bioindicators for pollution control / P. Schroeder // Ecosystem Service and Sustainable Watershed Management in North China International Conference, Beijing, P.R. China, 23 – 25 August, 2000. – P. 368-378.

Shannon, C.B. The Mathematical Theory of Communication / C.B. Shannon. W. Weaver. – Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press, 1963. – 345 p.

Sládeček, V. The future of the saprobity system / V. Sládeček // Hydrobiologia, 1965. – V. 25, № 3-4.

Sladeček, V. System of water quality from the biological point of view / V. Sladeček // Arch. Hydrobiol., Beiheft., Ergebnisse der Limnol, 1973. – Vol 7. – 218 p.

Verneaux, J. A zoological method practices determination of the quality of running waters. Biotic indices / J. Verneaux, G. Tuffery // Ann. Sci. Univ. Besancon, Zool., 1967. – Vol. 2. – P. 79-89.

Wagner, R. Effects of artificially changed stream bottom on emerging insects / R. Wagner // Verh. Int. Ver. theor. und angew. Limnol. – Vol.22. Pt. 3. – Stuttgart, 1984 – P. 2042-2047.

Widdows, J. Role of physiological energetics in ecotoxicology / J. Widdows, P. Donkin // Compar. Biochem.& Physiol.C. – 1991 – V.2, N1 – P.69-75.

Woodivis, F.S. The biological system of stream classification used by the Trent River Board / F.S. Woodivis // Chemistry and Industry, 1964. – Vol. 11. – P. 443.

Zelinka, M. Zur Prazisierung der biologischen Klassifikation der Reinheitflissender Gewasser / M. Zelinka, P. Marvan // Arch. Hydrobiol, 1961 – Vol. 57, №3 – P.71-81.

Zelinka, M. Bemerkung zu neuen Methoden der saprobiologischen Wasserbeurteilung / M. Zelinka, P. Marvan // Verh. Int. Ver. theor. und angew. Limnol., 1966 – Vol. 16 – P. 817-822.

Zhulidov, A.V. Biological evaluation of the pollution of riverine wetlands by heavy metals / A.V. Zhulidov, T.A. Khoruzhaya, L.M. Predeina, E.V. Morozova, Yu.V. Teplyakov, L.S. Kosmenko, I.S. Urmanov // Hydrological, Chemical and Biological Processes of Transformation and Transport of Contaminants in Aquatic - Environments (Proceedings of the Rostov-on-Don Symposium, May 1993), 1994. – IAHS Publ. no. 219. – P. 129-135.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Приложение А  
Начальнику  
14 отделения внутренних дел  
по Тульской области  
Фомину М.Е.

Глубокоуважаемый Михаил Евгеньевич!

В соответствии с Вашим запросом от 03.08.2010 г. №51\44 преподавателями и сотрудниками кафедры биологии и экологии факультета естественных наук, физической культуры и туризма ТГПУ им. Л.Н. Толстого под руководством доктора биологических наук, профессора Коротковой Анны Альбертовны был проведен краткосрочный мониторинг экосистемы Комаркинского ручья, оценено ее состояние и примерные затраты на восстановление. Результаты исследований и заключение приведены в прилагаемом отчете.

С уважением,

Декан ФЕНФКиТ,  
Профессор



И.В. Шахельдян



## ОТЧЕТ

### по мониторингу флоры и фауны Комаркинского ручья

**Цель** данной работы: краткосрочный мониторинг флоры и фауны Комаркинского ручья.

Для реализации поставленной цели решались следующие **задачи**:

- изучение видового состава и экологического состояния растений-гидробионтов;
- изучение биоразнообразия и степени встречаемости многоклеточных животных-гидробионтов (беспозвоночных и позвоночных);
- изучение биоразнообразия и относительного количества одноклеточных (простейших) животных-гидробионтов;
- биоиндикация состояния исследуемой экосистемы с использованием простейших-биоиндикаторов;
- биотестирование воды и донных отложений в зоне сброса производственных вод ФГУП ГНПП «Сплав», ОАО «Тульский комбайновый завод», в Комаркинском ручье.

#### **Методика выполнения мониторинга**

Мониторинг состояния Комаркинского ручья проводился в трех модельных точках. Установлено слияние в ручей производственных вод ФГУП ГНПП «Сплав» и ОАО «Тульский комбайновый завод», в связи с чем изучено состояние стоков указанных предприятий.

Протяженность Комаркинского ручья составляет 3,8 км. Преобладающая ширина ручья составляет 0,9 м.

В данном исследовании использованы стандартные общепринятые методики экологических и биологических исследований.

Отлов многоклеточных животных производился стандартным гидробиологическим сачком, позволяющим получить репрезентативные первичные материалы, пригодные для статистической обработки и достоверного определения биоразнообразия этой группы живых организмов.

Отбор, транспортировка и хранение проб воды и донных отложений для биоиндикации и биотестирования производился согласно ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб», ГОСТ 17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков», НВН 33-5.3.01-85 «Инструкция по отбору проб для анализа сточных вод».

Отобраны пробы воды и донных отложений в зоне сброса производственных вод ФГУП ГНПП «Сплав», ОАО «Тульский комбайновый завод», в зоне слияния стоков означенных предприятий, а также в 3 точках Комаркинского ручья. Суммарно отобрано 20 проб. Объем каждой пробы стандартный и составляет 500 мл.



Рисунок 1 – Отборы проб и отлов животных-гидробионтов. Комаркинский ручей



Рисунок 2 – Зона сброса промышленных сточных вод ФГУП ГНПП «Слав»



Рисунок 3 – Комаркинский ручей

Микроскопические исследования проводились при помощи стандартных микроскопов Микроскоп МИКМЕД-1 вариант 2 (Биолам Р-15).

Для определения животных гидробионтов использовался Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (Л., Гидрометеиздат, 1977. - 511 с.). Этот же источник был использован для установления индикаторной значимости простейших-биоиндикаторов.

Для оценки уровней сапробности использовался расчет индекса сапробности (Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. – Л.: ЗИН, 1974. – 60 с.).

$$S = \frac{\sum sh}{\sum h}, \quad (1)$$

где s – индикаторная значимость отдельных видов,

h – относительное количество особей вида.

Сапробность водоема – характеристика степени загрязненности водоема органическими веществами. Сапробность водоема устанавливается по видовому составу обитающих в нем организмов-сапробионтов. Индекс сапробности – численное выражение способности сообщества гидробионтов выдерживать определенный уровень органического загрязнения. Индекс сапробности позволяет оценить состояние экосистемы водоема, степень его органического загрязнения (в том числе обусловленного неспособностью экосистемы к самоочищению), относительное количество кислорода, относительные параметры биоразнообразия.

Биотестирование воды и донных отложений проводилось согласно ФР.1.39.2006.02506. ПНД Ф Т 14.1:2:3.13-06 (ПНД ф т 16.1:2.3:3.10-06) «Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных

инфузорий *Paramecium caudatum Ehrenberg* (ЛЭТАП, МГУ)». Контроль качества результатов измерений в лаборатории при реализации методики осуществляется по ГОСТ Р ИСО 5725-6. С помощью биотестирования определяется острая токсичность исследуемых проб. Для этого устанавливают острую токсичность (ЛКР<sub>50-24</sub>) и вредное воздействие (БКР<sub>10-24</sub>). Используется следующая формула:

$$A = X_t / X_i * 100, \quad (2)$$

где A – показатель токсичности,

$X_t$  – количество особей *Paramecium caudatum Ehrenberg*, погибших в исследуемой пробе через 24 часа,

$X_i$  – исходное количество особей *Paramecium caudatum Ehrenberg*.

При  $A \leq 10\%$  тестируемая проба не оказывает острого токсического действия,

при  $A \geq 50\%$  тестируемая проба оказывает острое токсическое воздействие.

### **Результаты исследования**

- **Изучение видового состава и экологического состояния растений-гидробионтов**

Визуальный осмотр позволил выявить полное отсутствие водных высших растений в изучаемой экосистеме (рис. 4). В результате микроскопических исследований были выявлены единичные особи одноклеточных зеленых водорослей.

- **Изучение биоразнообразия и степени встречаемости многоклеточных животных-гидробионтов (беспозвоночных и позвоночных)**

В результате проведенных исследований во всех точках многоклеточных позвоночных животных (рыб, земноводных и пр.) выявлено не было. В изученных точках и пробах многоклеточные беспозвоночные животные (черви, моллюски, насекомые) отсутствуют.



Рисунок 4 – Комаркинский ручей (дно через толщу воды)

**• Изучение биоразнообразия и относительного количества одноклеточных (простейших) животных-гидробионтов**

В результате проведенных исследований проб воды и донных отложений в зоне сброса производственных вод ФГУП ГНПП «Сплав» и в зоне слияния стоков производственных вод ФГУП ГНПП «Сплав» и ОАО «Тулский комбайновый завод» одноклеточных животных не обнаружено.

В зоне сброса производственных вод ОАО «Тулский комбайновый завод» в пробах донных отложений и воды были обнаружены единичные особи инфузорий родов *Paramecium*, *Colpidium*. Относительное количество особей обеих групп составляет 1 балл по пятибалльной шкале.

В воде и донных отложениях Комаркинского ручья выявлены единичные особи инфузорий родов *Paramecium*, *Colpidium* и *Urotricha*. Относительное количество особей всех групп составляет 1 балл по пятибалльной шкале.

**• Биоиндикация состояния исследуемой экосистемы с использованием простейших-биоиндикаторов**

Биоиндикация воды и донных отложений в зоне сброса производственных вод ФГУП ГНПП «Сплав» и в зоне слияния стоков производственных вод ФГУП ГНПП «Сплав» и ОАО «Тулский комбайновый завод» не представляется возможной в связи с отсутствием в данных точках живых организмов, в том числе и пригодных для целей биоиндикации.

В зоне сброса производственных вод ОАО «Тулский комбайновый завод» в пробах донных отложений и воды были обнаружены единичные особи инфузорий родов *Paramecium*, *Colpidium* (таблица 1).

Таблица 1. Результаты анализа воды и донных отложений на сапробность (зона сброса производственных вод ОАО «Тульский комбайновый завод»)

№	Простейшие-биоиндикаторы	Индикаторный вес простейших	Относительное количество простейших
1	<i>Paramecium putrinum</i>	4	1
2	<i>Colpidium</i>	4	1

Индекс сапробности, рассчитанный по формуле (1), составляет 4,0. Это соответствует полисапробному уровню органического загрязнения.

В воде и донных отложениях Комаркинского ручья выявлены единичные особи инфузорий родов *Paramecium*, *Colpidium* и *Urotricha* (таблица 2).

Таблица 2. Результаты анализа воды и донных отложений на сапробность (Комаркинский ручей)

№	Простейшие-биоиндикаторы	Индикаторный вес простейших	Относительное количество простейших
1	<i>Paramecium putrinum</i>	4	1
2	<i>Colpidium</i>	4	1
3	<i>Urotricha farcta</i>	3	1

Индекс сапробности, рассчитанный по формуле (1), составляет 3,7. Это соответствует полисапробному уровню органического загрязнения.

**• Биотестирование воды и донных отложений в зоне сброса производственных вод ФГУП ГНПП «Сплав», ОАО «Тульский комбайновый завод», в Комаркинском ручье**

Результаты биотестирования проб воды и донных отложений в точках исследования представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты биотестирования проб

№ пробы	Название	$X_1$ – число особей в начале экспозиции (ср. арифм. по повторностям)	$X_t$ – число особей погибших через 24 ч (ср. арифм. по повторностям)	Показатель токсичности (для погибших особей), % $A = X_t / X_1 * 100$	Результаты биотестирования	
					Обнаружена/не обнаружена острая токсичность, ЛКР <sub>50-24</sub>	Обнаружено/не обнаружено вредное воздействие БКР <sub>10-24</sub>
1	Сплав - вода	9	6	67,7	обнаружена	обнаружена
2	Сплав – донные отложения	10,5	6,5	61,9	обнаружена	обнаружена
3	Комбайновый завод – вода	10	8	80,0	обнаружена	обнаружена
4	Комбайновый завод – донные отложения	9,6	5,6	58,3	обнаружена	обнаружена
5	Объединение двух выпусков – вода	9	5	55,5	обнаружена	обнаружена
6	Объединение двух выпусков – донные отложения	10	8,6	86,0	обнаружена	обнаружена
7	Комаркинский ручей – вода	9,3	5	53,7	обнаружена	обнаружена
8	Комаркинский ручей – донные отложения	9,3	6,6	71,0	обнаружена	обнаружена

### Обсуждение результатов исследования

Для экосистем ручьев в нормальных условиях характерно большое разнообразие видов различных систематических групп. Присутствуют одноклеточные и многоклеточные водоросли (диатомовые, харовые, нитчатые и т.п.), а также высшие растения (ряски, многокоренник, аир, хвощ береговой, камыш, рогоз, рдест, осока пузырчатая, стрелолист, тростник и т.п.). Водорослей может быть до 25-30 видов, высших растений – до 50 видов. Простейшие обычно представлены 60-70 видами. Встречаются гидры, пресноводные плоские (планарии, многоглазки), круглые (коловратки) и кольчатые черви. Из моллюсков обычны лужанки, катушки, беззубки. Встречаются так же ракообразные (речные раки, дафнии, циклопы). В норме достаточно широко – до 20 видов - представлены насекомые (личинки ручейников, стрекоз и поденок; жуки-плавунцы; плавты, гладыши, водомерки). Из позвоночных для ручьев характерны такие виды, как карась серебристый, ротан, тритон обыкновенный, жаба серая, лягушка травяная. Причем карась серебристый может иметь достаточно высокую численность.

В процессе краткосрочного мониторинга экосистемы Комаркинского ручья не выявлено наличие высших растений и многоклеточных водорослей. Этот факт свидетельствует об отсутствии в данной экосистеме фотосинтетической активности. Следствием этого является отсутствие первичной продукции (растительной биомассы), которая является кормовой базой для беспозвоночных и позвоночных животных (в том числе и для рыб). Таким образом, трофические цепи, присущие пресноводным проточным водоемам отсутствуют. Кроме того, отсутствует обогащение воды кислородом, что делает невозможным дыхание организмов-гидробинтов. Обнаруженные одноклеточные водоросли не обладают достаточной фотосинтетической активностью в силу физиологических особенностей и малого количества.

Отсутствие многоклеточных беспозвоночных (червей, моллюсков, насекомых) и позвоночных животных (рыб, земноводных) в значительной степени обусловлено этими фактами.

Выявленные одноклеточные (простейшие) животные являются инфузориями родов *Paramecium*, *Colpidium* и *Urotricha*. Встречаемость и относительная численность их невелика (отмечены единичные особи). *Paramecium*, *Colpidium* являются полисапробными, т.е. выдерживают состояние сильного органического загрязнения экосистем. *Urotricha* –  $\alpha$ -мезосапробная группа, выживающая в условиях значительного органического загрязнения. Рассчитанные индексы сапробности свидетельствуют о том, что в зоне сброса производственных вод ОАО «Тульский комбайновый завод» и в Комаркинском ручье существует полисапробный уровень органического загрязнения. При таком загрязнении в воде и донных отложениях содержится большое количество органических веществ, практически в состоянии гниения, что фиксируется и при визуальном осмотре (рис. 4). В воде крайне мало кислорода. Это обусловлено отсутствием эффективных механизмов самоочищения. В нормальных условиях существования в экосистемах существуют такие механизмы, действие которых основано на жизнедеятельности определенных организмов, в том числе и простейших, и направлено на активное разложение образующихся органических веществ. При наличии сильных техногенных загрязнений механизмы самоочищения нарушаются или разрушаются в связи с гибелью организмов-деструкторов. Происходит нетипичное накопление органических веществ. Как правило, в таких случаях в экосистеме присутствует



большое количество бактерий, в том числе и болезнетворных для человека (Хаусман К. Протозоология. – М., Мир, 1988. – 336с.). Видовой состав гидробионтов беден.

Таким образом, биоиндикация уровня сапробности воды и донных отложений подтверждает причины отсутствия в экосистеме Комаркинского пруда растений и животных.

Биотестирование – точный лабораторный метод оценки качества объектов окружающей среды по определенным поддающимся учету характеристикам живых организмов в стандартных условиях. В наших опытах в качестве тест-объекта была использована *Paramecium caudatum*. Согласно полученным результатам (таблица 3) все исследованные пробы являются остро токсичными, поскольку вызывают гибель более 50% особей и, соответственно, показатель токсичности составляет более 50%. Наиболее токсичными являются донные отложения в районе объединения стоков двух предприятий (показатель токсичности 86,0%). Наименее токсична вода в Комаркинском ручье, однако показатель токсичности составляет 53,7%. Донные отложения в ручье имеют показатель токсичности 71,0%. Как известно, в нормальных условиях среда в экосистеме токсичной быть не должна.

Проведенные исследования позволяют заключить, что экосистема Комаркинского ручья находится в состоянии сильнейшей дигрессии, практически на грани полного разрушения. В ней существуют только отдельные единичные живые организмы. Трофические (пищевые) связи и механизмы самоочищения нарушены в значительной степени. Очевидно, что в Комаркинский ручей происходит сток производственных вод ФГУП ГНПП «Сплав», ОАО «Тульский комбайновый завод», что в значительной степени негативно сказывается на состоянии изученной экосистемы. Краткосрочность мониторинга позволяет лишь констатировать факт катастрофического состояния экосистемы Комаркинского ручья и отсутствия в ней обычных для таких экосистем живых организмов. Возможно так же предположить, что загрязненная вода из ручья поступает в реку Тулицу и далее в р. Упу, а также в почвенные воды.

#### **Рекомендации и затраты на восстановление.**

Техногенные загрязнения водоемов приводят к нарушениям естественной жизнедеятельности гидроэкосистемы, его эвтрофикации, уменьшению биологического разнообразия и делает водоем опасным для прибрежных экосистем, почвенных и подземных вод. В настоящее время эта ситуация наблюдается в Комаркинском ручье. Использование такой экосистемы в хозяйственных и рекреационных целях невозможно и даже опасно. Естественное восстановление экосистемы Комаркинского ручья в существующей ситуации невозможно.

Первоочередной мерой по восстановлению изучаемой экосистемы следует считать прекращение сбросов промышленных вод. Впоследствии следует провести ряд инженерных и экологических мероприятий по восстановлению экосистемы. К таковым относятся следующие мероприятия:

1. Изучение гидрогеологических характеристик водоема, его морфологических параметров (глубины, рельефа дна), отбор проб воды и иловых отложений для лабораторного анализа на предмет химического загрязнения.
2. Механическая очистка ложа водоема от иловых отложений.
3. При необходимости (по заключению инженера-гидролога) выстилка дна глиной, песком или гравием.

4. Очистка прибрежных территорий от антропогенного мусора. При наличии токсикантов в прибрежных почвах (определяется при помощи химического анализа и биотестирования) – рекультивация почв.

5. Заселение Комаркинского ручья организмами-гидробионтами (растениями и животными), характерными для данной природной зоны. Предпочтение отдается тем организмам, которые способны участвовать в механизмах самоочищения водоема.

6. С учетом того, что в очищении воды активно задействованы многие виды наземных экосистем, примыкающих к водоемам, необходимы мероприятия по сохранению не только генофонда и популяций видов прибрежных экосистем, но и их функциональной активности. Это достигается восстановлением в береговой зоне определенного вида зеленых насаждений и различных живых организмов, присущих этой экосистеме.

Перечисленные мероприятия позволят восстановить экосистему водоема в целом, что позволит использовать его в хозяйственных (отлов рыбы) и рекреационных целях. Улучшение качества воды положительно скажется на состоянии прибрежных экосистем, экосистемы р. Тулицы, а также на качестве почвенных и подземных вод. В более глобальном плане это будет способствовать восстановлению и сохранению биоразнообразия, улучшению состояния здоровья населения, что соответствует принципам устойчивого развития общества.

Ниже приводится примерный перечень и стоимость мероприятий, направленных на восстановление экосистемы Комаркинского ручья (таблица 4). Стоимость работ определена нами на основе анализа соответствующих Интернет-источников, и является ориентировочной. Итоговая стоимость работ должна быть определена с учетом точных замеров протяженности ручья, площадей реконструкции водоема и берега.

Таблица 4. Примерная стоимость строительных и ландшафтных работ по реконструкции экосистемы Комаркинского ручья

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Ориентировочная цена, руб.	Реальное количество работ	Стоимость работ, руб.
1	Выезд специалиста	1 выезд	3 000	2	6000
2	Разработка проекта	1 вариант	5% от общей стоимости работ		4732550
3	Топоъемка участка	сотка	500	37 соток	18500
4	Проведение химического анализа почвы	1 проба	от 3 000	2	6000
5	Проведение химического анализа воды	1 проба	от 3 500	3	10500

6	Очистка грязных стоков: - строительство септика - установка локального очистного сооружения	объект	от 60 000	1	60 000
		объект	от 15 000 000	1	15 000 000
7	Строительство естественных водоемов (создание ложа водоема, формирование откосов проектного заложения, укрепление берегов, укладка гидроизоляции, устройство водоподпитки и водосброса)	м <sup>2</sup>	от 5 000 (в зависимости от сложности и объема работ)	5550	27 750 000
8	Формирование и восстановление экосистемы водоема, улучшение качества воды: посадка растений в водоеме, заселение зоопланктона, зарыбление.	м <sup>2</sup>	от 3 000	5550	16 650 000
9	Строительство берегозащитного сооружения, подпорной стенки: - из деревянных свай - из каменной наброски - биоинженерное сооружение (задернение,	м	от 10 000	3700	12 950 000
		м <sup>2</sup>	от 4000		
		м	от 3 500		

	кустарники, водные растения)				
10	Рекультивация деградированной территории (вывоз мусора, вертикальная планировка, улучшение почвы)	м <sup>2</sup>	от 500	22200	11 100 000
11	Заселение береговых территорий растениями	м <sup>2</sup>	3000-10000	22200	11 100 000
Итого:				99 383 550	

Доктор биологических наук,  
 профессор, зав. кафедрой  
 биологии и экологии  
 ТГПУ им. Л.Н. Толстого



Короткова А.А

Таблица Б.1 - Протистофауна оз. Кулик за период 2005 - 2006 гг.

№ п/ п	Систематическая принадлежность, род	Весна			Лето			Осень			Зима		
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
<b>Подтип Sarcodina</b>													
<b>Отряд Amoebida</b>													
1	Amoeba						1	2		*	*	*	
<b>Подтип Mastigophora</b>													
<b>Отряд Protomonadida</b>													
2	Bodo	1	4		1	3			3	*	*	*	
<b>Отряд Euglenoidea</b>													
3	Euglena								1	*	*	*	
<b>Тип Ciliophora</b>													
<b>Отряд Gymnostomata</b>													
4	Prorodon			1						*	*	*	
5	Urotricha	3	5		4					*	*	*	2
6	Holophrya							1		*	*	*	
7	Enchelus			3					2	*	*	*	
8	Actinobolina					1			2	*	*	*	
9	Nassula						4			*	*	*	
10	Chilodontopsis								1	*	*	*	
11	Chilodonella			1			1			*	*	*	
12	Dysteria						3			*	*	*	
13	Loxophyllum			5						*	*	*	
14	Litonotus							3		*	*	*	
15	Acineria				2					*	*	*	
<b>Отряд Hymenostomata</b>													
16	Pleuronema						1			*	*	*	1
17	Cuclidium				2	5		1		*	*	*	
18	Paramecium	1	3	4	5	5	4	2	1	*	*	*	
19	Frontonia			3				2		*	*	*	
20	Tetrachymena			2						*	*	*	
21	Monochilum				1					*	*	*	
<b>Отряд Peritricha</b>													
22	Vorticella							5		*	*	*	
23	Astylozoon								1	*	*	*	
* - отбор проб поверхностной воды и донных отложений не производился													













Продолжение таблицы Б.6 - Протистофауна р. Уна в створе №3  
за период 2007 - 2008 гг.

№ п/ п	Систематическая принадлежность, род	Весна									Лето									Осень									Зима					
		3			4			5			6			7			8			9			10			11	12		1	2				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2				
12	Nassula	1			*	*	*				*	*	*	*				1						2										
13	Dysteria				*	*	*			1	*	*	*	*									1	1										
14	Chilodontopsis	2	3	5	*	*	*				*	*	*	*							4	5	2			2	3	4	4	4	4	4		
15	Chilodon				*	*	*				*	*	*	*		1	1						1											
16	Amphileptus				*	*	*				*	*	*	*				1					1	3	2	2	3							
17	Loxophyllum				*	*	*	1	1		*	*	*	*				1			1		1	3	2	2	3	1			1			
18	Litonotus		1		*	*	*	1	1		*	*	*	*		2	1	1	1							1	1	2	1	1	1			
19	Acinera				*	*	*				*	*	*	*		2														1				
20	Loxodes				*	*	*	1	1		*	*	*	*		2				2	2	1												
<b>Отряд Trichostomata</b>																																		
21	Plagiopyla				*	*	*				*	*	*	*									2	1	1	1				1	1			
22	Colpoda				*	*	*				*	*	*	*		1							1	1				1		1	1			
<b>Отряд Hymenostomata</b>																																		
23	Pleuronema				*	*	*	1			*	*	*	*			1			1	1	2	2	2	4	2	1							
24	Cuclidium				*	*	*	1			*	*	*	*	2	1	2		1	1				3	1									
25	Paramecium	2	2	2	*	*	*	2	3	2	*	*	*	*	1	5	2	2	2	5	2	2	2	4	3	3	3	2	2	1	2	2	2	
26	Colpidium				*	*	*				*	*	*	*										1	2						1			
27	Tetrahymena				*	*	*	1			*	*	*	*			1							1	2	1								
28	Glaucoma				*	*	*				*	*	*	*		2					1	3			1									
29	Loxosephalus				*	*	*				*	*	*	*		2											1							
30	Chaenia				*	*	*				*	*	*	*									1	1										
31	Monochilum				*	*	*	1	1		*	*	*	*				1			1		1	1										
32	Dexiotricha				*	*	*				*	*	*	*		1			1	1														
<b>Отряд Heterotricha</b>																																		
33	Stentor				*	*	*				*	*	*	*												1								
34	Spirostomum		1	1	*	*	*		1		*	*	*	*																				
35	Blepharisma				*	*	*	1			*	*	*	*										1										
<b>Отряд Oligotricha</b>																																		
36	Halteria				*	*	*				*	*	*	*		2			2	2	2	3	1											
<b>Отряд Odontostomata</b>																																		
37	Saprodinium				*	*	*				*	*	*	*												1	2	2	1		1			
<b>Отряд Hypotricha</b>																																		
38	Kahlilella				*	*	*				*	*	*	*		1										1								
39	Oxytricha				*	*	*				*	*	*	*									1								1			
<b>Отряд Peritricha</b>																																		
40	Vorticella				*	*	*				*	*	*	*						5		1	2	1	1	2	1							
41	Sarchesium				*	*	*				*	*	*	*										2	1									
<b>Отряд Suctoria</b>																																		
42	Tokophrya				*	*	*				*	*	*	*												1								
43	Acineta				*	*	*				*	*	*	*								2	1											
44	Podophrya				*	*	*				*	*	*	*						2						1								
* - отбор проб поверхностной воды и донных отложений не производился																																		

Таблица Б.7 - Протистофауна р. Упа в створе №3 за период 2008 - 2009 гг.																																					
№ п/ п	Систематическая принадлежность, род	Весна						Лето						Осень						Зима																	
		3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			1			2		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Подтип Mastigophora</b>																																					
<b>Отряд Protomonadida</b>																																					
1	Vodo	*	2	2	2	3	2	3	2	2	*	*	*	*	*	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	*	*	*	*		
<b>Тип Ciliophora</b>																																					
<b>Отряд Gymnostomata</b>																																					
2	Colpes	*	1		2		5	2			*	*	*	*	*	2																	*	*	*	*	
3	Prorodon	*			1	1					*	*	*	*	*																		*	*	*	*	
4	Urotricha	*	2	2	2	3	2	3	2	2	*	*	*	*	*	3	3	4	4	3	4	2	3	3	3	2	2	2	2	1	*	*	*	*			
5	Holophrya	*			1		2		1	2	*	*	*	*	*	2		1	1	1	1	1	2		1				1	1	*	*	*	*			
6	Lacrymaria	*		1		1					*	*	*	*	*			1						1								*	*	*	*		
7	Homalozoon	*						1			*	*	*	*	*																	*	*	*	*		
8	Nassula	*	1								*	*	*	*	*								1						2		*	*	*	*			
9	Chilodontopsis	*	2	3	3	3		2	2	3	*	*	*	*	*	3		4	5	5	2	2	2	3	2	3	2	4	1	2	*	*	*	*			
10	Amphileptus	*			1	2	1	1			*	*	*	*	*				2	1	1	1	3			2				*	*	*	*				
11	Loxophyllum	*						1	1		*	*	*	*	*						1				1					*	*	*	*				
12	Litonotus	*			1			2			*	*	*	*	*	2						1	2			2		1	1	1	*	*	*	*			
13	Acineria	*				1					*	*	*	*	*									1						*	*	*	*				
14	Loxodes	*									*	*	*	*	*	2			1	1	1									*	*	*	*				
<b>Отряд Trichostomata</b>																																					
15	Plagyopyla	*									*	*	*	*	*	2								1						*	*	*	*				
<b>Отряд Hymenostomata</b>																																					
16	Pleuronema	*						1	1	1	*	*	*	*	*	1		1	1				2			1		1	*	*	*	*					
17	Cuclidium	*				1					*	*	*	*	*								1	1					*	*	*	*					
18	Paramecium	*	2	2	3	2	2	3	2	2	*	*	*	*	*	3	4	3		3	2	2	3	3	2	3	4	2	2	2	*	*	*	*			
19	Blepharostoma	*				1	1				*	*	*	*	*														*	*	*	*					
20	Ophryoglena	*			1						*	*	*	*	*				1										*	*	*	*					
<b>Отряд Heterotricha</b>																																					
21	Stentor	*					3	2			*	*	*	*	*														*	*	*	*					
22	Spirostomum	*		1		1	1	2			*	*	*	*	*														*	*	*	*					
23	Metopus	*									*	*	*	*	*								1				1	1	*	*	*	*					
<b>Отряд Oligotricha</b>																																					
24	Halteria	*						1			*	*	*	*	*														*	*	*	*					
<b>Отряд Nypotricha</b>																																					
25	Oxytricha	*			2						*	*	*	*	*	1								1		1		*	*	*	*						
<b>Отряд Peritricha</b>																																					
26	Vorticella	*						1			*	*	*	*	*			1	1	1								*	*	*	*						
27	Sarchesium	*									*	*	*	*	*								1						*	*	*	*					
<b>Отряд Suctoria</b>																																					
28	Tokophrya	*									*	*	*	*	*												1	1	*	*	*	*					
29	Acineta	*									*	*	*	*	*		1	2						1		1		*	*	*	*						
30	Podophrya	*									*	*	*	*	*			1											*	*	*	*					

\* - отбор проб поверхностной воды и донных отложений не производился

Таблица Б.8 - Протистофауна р. Упа в створе №5 за период 2007 - 2008 гг.																																					
№ п/ п	Систематическая принадлежность, род	Весна						Лето						Осень						Зима																	
		3			4			5			6			7			8			9			10		11		12		1	2							
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2							
<b>Подтип Mastigophora</b>																																					
<b>Отряд Protomonadida</b>																																					
1	Vodo	2	2	2	*	*	*	2	2	2	*	*	*	*	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	3	2	2	2
<b>Отряд Euglenoidea</b>																																					
2	Euglena				*	*	*	1			*	*	*	*				1																			
<b>Тип Ciliophora</b>																																					
<b>Отряд Gymnostomata</b>																																					
3	Colpes				*	*	*	2	2		*	*	*	*	1	2	2	2			2	1	1	2										2			
4	Prorodon				*	*	*				*	*	*	*				2	2		2			1	1												
5	Urotricha	2	2	2	*	*	*	3	2	3	*	*	*	*	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
6	Holophrya	1			*	*	*	2			*	*	*	*	2	2	2	5	2	2	2	2	2		1	1							2				
7	Lacrymaria				*	*	*				*	*	*	*				2						2	2												
8	Enchelus		1	2	*	*	*	2			*	*	*	*				2	1			1		2	2												
9	Homalozoon				*	*	*				*	*	*	*				2																			
10	Actinobollina				*	*	*				*	*	*	*				2						2	1												
11	Nassula				*	*	*				*	*	*	*	1						1						1						1				
12	Dysteria				*	*	*				*	*	*	*							3						2										
13	Chilodontopsis	5	4	3	*	*	*	3	3	3	*	*	*	*				5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
14	Chilodonella				*	*	*				*	*	*	*							1	2															
15	Amphileptus		1	2	*	*	*				*	*	*	*										2										1			
16	Loxophyllum				*	*	*				*	*	*	*				2	1																		
17	Litonotus	1	1	1	*	*	*	1			*	*	*	*	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1				
18	Acineria				*	*	*				*	*	*	*	1			2																			
19	Loxodes				*	*	*				*	*	*	*	2			3									2										
<b>Отряд Trichostomata</b>																																					
20	Plagyuyla				*	*	*				*	*	*	*				2						2			1										
<b>Отряд Нуменостомата</b>																																					
21	Pleuronema				*	*	*	2	2		*	*	*	*	2			2	2	2	2	2	2	1	2					3	2						
22	Cuclidium				*	*	*				*	*	*	*	3			2						1													
23	Paramecium	2	2	1	*	*	*	2	3	2	*	*	*	*	2	2	2	2	2	2	2	4	5	5	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
24	Frontonia				*	*	*				*	*	*	*	2	2	5	2	1																		
25	Glaucoma				*	*	*	1			*	*	*	*	2	2	2	2	2		2																
26	Chaenia				*	*	*				*	*	*	*				1	2																		
27	Monochilum				*	*	*	1			*	*	*	*	2			2	2	2				1													
28	Ophryoglena				*	*	*				*	*	*	*	2	2	2																				
<b>Отряд Oligotricha</b>																																					
29	Halteria				*	*	*				*	*	*	*	1			1																			
<b>Отряд Odontostomata</b>																																					
30	Saprodinium				*	*	*				*	*	*	*										2	2	2	1	1		1							
<b>Отряд Нуротрича</b>																																					
31	Kahliella				*	*	*	1			*	*	*	*				2																			

Продолжение таблицы Б.8 - Протистофауна р. Уна в створе №5 за период 2007 - 2008 гг.

№ п/п	Систематическая принадлежность, род	Весна									Лето									Осень						Зима										
		3			4			5			6			7			8			9			10			11			12		1		2			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2			
<b>Отряд Peritricha</b>																																				
32	Vorticella		1	2	*	*	*					*	*	*	*									2	1									2	1	
33	Sarchesium				*	*	*	1				*	*	*	*																					
<b>Отряд Suctoria</b>																																				
34	Tokophrya				*	*	*					*	*	*	*														1	1						
35	Acineta				*	*	*					*	*	*	*												2									
* - отбор проб поверхностной воды и донных отложений не производился																																				

Таблица Б.9 - Протистофауна р. Уна в створе №5 за период 2008 - 2009 гг.

№ п/п	Систематическая принадлежность, род	Весна									Лето									Осень						Зима											
		3			4			5			6			7			8			9			10			11			12		1		2				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2				
<b>Подтип Mastigophora</b>																																					
<b>Отряд Protomonadida</b>																																					
1	Vodo	*	1	2	3	3	4	3	3	3	*	*	*	*	4	3	2	3	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	*	*	*	*
<b>Тип Ciliophora</b>																																					
<b>Отряд Gymnostomata</b>																																					
2	Colpes	*			1	2					*	*	*	*	1	1									1	1								*	*	*	*
3	Prorodon	*					1				*	*	*	*											1					1	*	*	*	*	*	*	
4	Urotricha	*	1	3	2	3	3	3	3		*	*	*	*	5	4	3	3	1	2	3	3	3	2	2	2	1	2	1	*	*	*	*	*	*		
5	Holophrya	*	1				1				*	*	*	*	1	2		1	1	2	3	2	1	2		1	1	1	*	*	*	*	*	*	*		
6	Lacrymaria	*			1						*	*	*	*	1								1	1	1				*	*	*	*	*	*	*	*	
7	Chilodontopsis	*	5	5	4	4	3	3			*	*	*	*	5	4	4	2	3	2			1	2	2	2	2	4	2	1	*	*	*	*	*	*	
8	Amphileptus	*		1							*	*	*	*	1	1								1	1		1	1		*	*	*	*	*	*	*	
9	Loxophyllum	*									*	*	*	*	1	1													*	*	*	*	*	*	*	*	
10	Litonotus	*	1	1	2						*	*	*	*		2							1	1	1		2	1		1	*	*	*	*	*	*	
11	Acinera	*									*	*	*	*	1	1	1												*	*	*	*	*	*	*	*	
12	Loxodes	*					1				*	*	*	*	1														*	*	*	*	*	*	*	*	
<b>Отряд Hymenostomata</b>																																					
13	Pleuronema	*	1				1				*	*	*	*	1	2							2					1	1	*	*	*	*	*	*		
14	Paramecium	*	2	1	1	2	2	4	3	3	*	*	*	*	5	4	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	*	*	*	*	*	*		
15	Monochilum	*						1			*	*	*	*	1	1							2						*	*	*	*	*	*	*	*	
<b>Отряд Heterotricha</b>																																					
16	Stentor	*				1					*	*	*	*															*	*	*	*	*	*	*		
17	Spirostomum	*			3	2					*	*	*	*				2	2										*	*	*	*	*	*	*	*	
<b>Отряд Oligotricha</b>																																					
18	Halteria	*					1	1			*	*	*	*										1					*	*	*	*	*	*	*	*	
<b>Отряд Odontostomata</b>																																					
19	Saprodinium	*									*	*	*	*										2	1	1			1	1	*	*	*	*	*	*	
<b>Отряд Нуротриха</b>																																					
20	Kahliella	*									*	*	*	*	1										1	1			*	*	*	*	*	*	*		

Продолжение таблицы Б.9 - Протистофауна р. Упа в створе №5 за период 2008 - 2009 гг.																															
№ п/ п	Систематическая принадлежность, род	Весна					Лето					Осень					Зима														
		3			4		5			6		7			8			9			10		11	12		1	2				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2	
<b>Отряд Peritricha</b>																															
21	Vorticella	*		1	2			1	1		*	*	*	*													*	*	*	*	
<b>Отряд Suctoria</b>																															
22	Acineta	*									*	*	*	*	1	1		1										*	*	*	*
23	Podophrya	*			1						*	*	*	*														*	*	*	*
* - отбор проб поверхностной воды и донных отложений не производился																															

Таблица Б.10 - Протистофауна р. Упа в фоновом створе исследования

№ п/п	Систематическая принадлежность, род	Относительное количество, балл
<b>Подтип Mastigophora</b>		
<b>Отряд Protomonadida</b>		
1	Bodo	5
<b>Отряд Gymnostomata</b>		
2	Colpes	3
3	Prorodon	2
4	Urotricha	5
5	Holophrya	4
6	Lacrymaria	2
7	Enchelus	2
8	Chilodontopsis	1
9	Litonotus	2
10	Loxodes	2
<b>Отряд Hymenostomata</b>		
11	Pleuronema	2
12	Paramecium	3
13	Frontonia	1
<b>Отряд Heterotricha</b>		
14	Stentor	3
15	Spirostomum	4
<b>Отряд Oligotricha</b>		
16	Halteria	2
<b>Отряд Odontostomata</b>		
17	Oxytricha	1
<b>Отряд Peritricha</b>		
18	Vorticella	2

Таблица В.1 - Макрозообентос р. Упа в створе №1 (2011 г.)

№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Май			Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
		01	15	29	12	26	10	24	07	21	04	18
<b>Класс Hirudinea</b>												
<b>Семейство Glossiphonidae</b>												
1	Helobdella stagnalis						1	1				1
2	Glossiphonia complanata							1			1	1
<b>Семейство Piscicolidae</b>												
3	Piscicola geometra					1		1				
<b>Класс Arachnida</b>												
<b>Семейство Hydrachnidae</b>												
4	Hydrachna cruenta					2						
<b>Класс Insecta</b>												
<b>Отряд Ephemeroptera</b>												
<b>Семейство Potamanthidae</b>												
5	Potamanthus luteus	3			2	4		1		3	3	1
<b>Отряд Odonata</b>												
<b>Семейство Calopterygidae</b>												
6	Calopteryx splendens		1		1	2	1	1				1
<b>Семейство Lestidae</b>												
7	Lestes sponsa				2	2						
<b>Семейство Coenagrionidae</b>												
8	Coenagrion hastulatum	1		3		3	3		4	4	5	5
9	Coenagrion armatum			1	1			1				
10	Coenagrion puella		2	1	3	3		3		5	1	
<b>Семейство Aeshnidae</b>												
11	Aeschna grandis										1	1
<b>Семейство Libellulidae</b>												
12	Sympetrum vulgatum			2		1			2			
<b>Отряд Heteroptera</b>												
<b>Семейство Nepidae</b>												
13	Nepa cinerea					1	1					
14	Ranatra linearis					1						
<b>Семейство Corixidae</b>												
15	Corixa tendipes								1			
<b>Семейство Naucoridae</b>												
16	Naucoris cimicoides							2		2	1	2
<b>Семейство Notonectidae</b>												
17	Notonecta glauca			1		3						



Продолжение таблицы В.1 - Макрозообентос р. Уна в створе №1 (2011 г.)												
№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Май			Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
		01	15	29	12	26	10	24	07	21	04	18
<b>Отряд Coleoptera</b>												
<b>Семейство Dytiscidae</b>												
18	<i>Hyphodrus ovatus</i>						2					
19	<i>Rhantus</i> sp										2	
20	<i>Dytiscus</i> sp.									1		
<b>Семейство Hydrophilidae</b>												
21	<i>Hydrous</i> sp				5	5						
<b>Отряд Megaloptera</b>												
<b>Семейство Sialidae</b>												
22	<i>Sialis</i> sp	2										
<b>Класс Bivalvia</b>												
<b>Отряд Luciniformes</b>												
<b>Семейство Sphaeriidae</b>												
23	<i>Sphaerium corneum</i>		1	3					2	3	2	2
<b>Семейство Pisidiidae</b>												
24	<i>Pisidium amnicum</i>		1	3		2					1	
<b>Класс Gastropoda</b>												
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>												
<b>Отряд Vivipariformes</b>												
<b>Семейство Viviparidae</b>												
25	<i>Viviparus viviparus</i>	4	5	5	2	2		1				
<b>Семейство Valvatidae</b>												
26	<i>Valvata macrostoma</i>		1									
<b>Отряд Rissoiformes</b>												
<b>Семейство Bithyniidae</b>												
27	<i>Bithynia leachi</i>		3	2	2	3	2		2	4	2	
<b>Подкласс Pulmonata</b>												
<b>Отряд Lymnaeiformes</b>												
<b>Семейство Lymnaeidae</b>												
28	<i>Limnaea stagnalis</i>			2	2	2		1	2	2	2	
29	<i>Limnaea truncatula</i>			2					1	1		
30	<i>Limnaea auricularia</i>		1									
31	<i>Limnaea ovata</i>					4			1	1		1
<b>Семейство Physidae</b>												
32	<i>Aplexa hypnorum</i>								1		2	
33	<i>Physa fontinalis</i>			2							2	
<b>Семейство Planorbidae</b>												
34	<i>Ancylus fluviatilis</i>											2
35	<i>Anisus vortex</i>					1						

Таблица В.2 - Макрозообентос р. Упа в створе №2 (2011 г.)

№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Май			Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
		01	15	29	12	26	10	24	07	21	04	18
<b>Класс Insecta</b>												
<b>Отряд Ephemeroptera</b>												
<b>Семейство Potamanthidae</b>												
1	Potamanthus luteus	2	2				2	3	2	2	2	2
<b>Семейство Caenidae</b>												
2	Caenis (Ordella) sp			1								
<b>Отряд Odonata</b>												
<b>Семейство Calopterygidae</b>												
3	Calopteryx splendens	2	2									
<b>Семейство Lestidae</b>												
4	Lestes sponsa			2	2		2					
<b>Семейство Coenagrionidae</b>												
5	Coenagrion hastulatum	2	1	1	1	2	4	3	2	2	2	1
6	Coenagrion puella	3	4	5	5			2	2	5	2	2
<b>Семейство Libellulidae</b>												
7	Libellula depressa		1	1								
8	Sympetrum vulgatum			1								
<b>Отряд Heteroptera</b>												
<b>Семейство Nepidae</b>												
9	Nepa cinerea				1							
10	Ranatra linearis		1				2					
<b>Семейство Naucoridae</b>												
11	Naucoris cimicoides		1		2	1	4					1
<b>Семейство Notonectidae</b>												
12	Notonecta glauca			1								
<b>Отряд Trichoptera</b>												
<b>Семейство Limnephilidae</b>												
13	Limnephilus stigma				1		2					
<b>Отряд Coleoptera</b>												
<b>Семейство Dytiscidae</b>												
14	Hydroporus sp				5							
15	Hyphodrus ovatus		5	3		4	3					2
16	Rhantus sp							2	4	4	4	4
17	Dytiscus sp				1							
<b>Семейство Hydrophilidae</b>												
18	Hydrous sp					5	5					
<b>Класс Bivalvia</b>												
<b>Отряд Luciniformes</b>												
<b>Семейство Sphaeriidae</b>												
19	Sphaerium corneum	1		2	1							2

Продолжение таблицы В.2 - Макрозообентос р. Упа в створе №2 (2011 г.)													
№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Май			Июнь		Июль		Август		Сентябрь		
		01	15	29	12	26	10	24	07	21	04	18	
<b>Семейство Pisidiidae</b>													
20	<i>Pisidium amnicum</i>	1		2									
<b>Класс Gastropoda</b>													
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>													
<b>Отряд Vivipariformes</b>													
<b>Семейство Viviparidae</b>													
21	<i>Viviparus viviparus</i>		4	2	2	2	3			1			
<b>Отряд Rissoiformes</b>													
<b>Семейство Bithyniidae</b>													
22	<i>Bithynia leachi</i>	1	1		1	2						1	
<b>Подкласс Pulmonata</b>													
<b>Отряд Lymnaeiformes</b>													
<b>Семейство Lymnaeidae</b>													
23	<i>Limnaea stagnalis</i>	1	3	2		2	2	1	2	2			
24	<i>Limnaea truncatula</i>			1	2	2	2					1	
25	<i>Limnaea auricularia</i>				2		2						
26	<i>Limnaea ovata</i>		2	2		1	1						1
<b>Семейство Physidae</b>													
27	<i>Aplexa hypnorum</i>	2	2		2		1						
28	<i>Physa fontinalis</i>		2	3	3			1	2			1	
<b>Семейство Planorbidae</b>													
29	<i>Ancylus fluviatilis</i>				2								
30	<i>Anisus vortex</i>				3	2	4		1	2		2	1
31	<i>Anisus contortus</i>				1	2	1	2	2	1		1	2

Таблица В.3 - Макрозообентос р. Упа в створе №3 (2011 г.)

№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Май			Июнь		Июль		Август		Сентябрь		
		01	15	29	12	26	10	24	07	21	04	18	
<b>Класс Hirudinea</b>													
<b>Семейство Glossiphonidae</b>													
1	<i>Helobdella stagnalis</i>						1						
<b>Семейство Piscicolidae</b>													
2	<i>Piscicola geometra</i>						1						
<b>Класс Insecta</b>													
<b>Отряд Ephemeroptera</b>													
<b>Семейство Potamanthidae</b>													
3	<i>Potamanthus luteus</i>			1		2	3	1	1			1	
<b>Отряд Odonata</b>													
<b>Семейство Calopterygidae</b>													
4	<i>Calopteryx splendens</i>	1	2	1			1			2		1	3

Продолжение таблицы В.3 - Макрозообентос р. Уна в створе №3 (2011 г.)													
№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Май			Июнь		Июль		Август		Сентябрь		
		01	15	29	12	26	10	24	07	21	04	18	
<b>Семейство Lestidae</b>													
5	Lestes sponsa			2	2	2	2						
<b>Семейство Coenagrionidae</b>													
6	Coenagrion hastulatum	2	3	5	1	2	2	4	2	2	2	2	
7	Coenagrion puella	2	1	5	3	2	2		2	1			
<b>Семейство Aeshnidae</b>													
8	Aeschna grandis												1
<b>Семейство Libellulidae</b>													
9	Sympetrum vulgatum			2	1								
<b>Отряд Heteroptera</b>													
<b>Семейство Nepidae</b>													
10	Ranatra linearis								1				
<b>Семейство Corixidae</b>													
11	Corixa tendipes											2	4
<b>Семейство Naucoridae</b>													
12	Naucoris cimicoides					1	1						
<b>Семейство Notonectidae</b>													
13	Notonecta glauca				1								
<b>Отряд Coleoptera</b>													
<b>Семейство Gyrinidae</b>													
14	Gyrinus sp			1	1								
<b>Семейство Dytiscidae</b>													
15	Hyphidrus ovatus							2	1				
16	Rhantus sp			1								3	4
17	Dytiscus sp				1								
<b>Класс Bivalvia</b>													
<b>Отряд Luciniformes</b>													
<b>Семейство Sphaeriidae</b>													
18	Sphaerium corneum											1	
<b>Семейство Pisidiidae</b>													
19	Pisidium amnicum					2	3						3
<b>Класс Gastropoda</b>													
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>													
<b>Отряд Vivipariformes</b>													
<b>Семейство Viviparidae</b>													
20	Viviparus viviparus	2	3									2	
<b>Отряд Rissoiformes</b>													
<b>Семейство Bithyniidae</b>													
21	Bithynia leachi			2				1			1	2	



Продолжение таблицы В.4 - Макрозообентос р. Уна в створе №4 (2011 г.)													
№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Май			Июнь		Июль		Август		Сентябрь		
		01	15	29	12	26	10	24	07	21	04	18	
<b>Отряд Odonata</b>													
<b>Семейство Calopterygidae</b>													
9	Calopteryx splendens		2										
<b>Семейство Coenagrionidae</b>													
10	Coenagrion hastulatum	1		3	1	3	3	2	3	3	2	2	
<b>Семейство Libellulidae</b>													
11	Libellula depressa	1	1										
<b>Отряд Heteroptera</b>													
<b>Семейство Notonectidae</b>													
12	Notonecta glauca				1								
<b>Отряд Coleoptera</b>													
<b>Семейство Dytiscidae</b>													
13	Hyphodrus ovatus			4	2	2							
14	Dytiscus sp					1							
<b>Семейство Hydrophilidae</b>													
15	Hydrous sp				1		1						
<b>Отряд Megaloptera</b>													
<b>Семейство Sialidae</b>													
16	Sialis sp	2											
<b>Класс Bivalvia</b>													
<b>Отряд Luciniformes</b>													
<b>Семейство Sphaeriidae</b>													
17	Sphaerium corneum								1				
<b>Семейство Pisidiidae</b>													
18	Pisidium amnicum	1				1							2
<b>Класс Gastropoda</b>													
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>													
<b>Отряд Vivipariformes</b>													
<b>Семейство Viviparidae</b>													
19	Viviparus viviparus				1								
<b>Семейство Valvatidae</b>													
20	Valvata macrostoma	1											
<b>Отряд Rissoiformes</b>													
<b>Семейство Bithyniidae</b>													
21	Bithynia leachi			2	3		2	2					
<b>Подкласс Pulmonata</b>													
<b>Отряд Lymnaeiformes</b>													
<b>Семейство Lymnaeidae</b>													
22	Limnaea stagnalis					2	1	2					
23	Limnaea truncatula	2			2				1				



<i>Продолжение таблицы В.5 - Макрозообентос р. Уна в створе №5 (2011 г.)</i>													
№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Май			Июнь		Июль		Август		Сентябрь		
		01	15	29	12	26	10	24	07	21	04	18	
<b>Семейство Libellulidae</b>													
13	<i>Libellula depressa</i>		1				2						
14	<i>Sympetrum vulgatum</i>		1			1							
<b>Отряд Heteroptera</b>													
<b>Семейство Nepidae</b>													
15	<i>Nepa cinerea</i>				1	1	2						
16	<i>Ranatra linearis</i>												1
<b>Семейство Naucoridae</b>													
17	<i>Naucoris cimicoides</i>						1					2	2
<b>Семейство Notonectidae</b>													
18	<i>Notonecta glauca</i>				1								
<b>Отряд Coleoptera</b>													
<b>Семейство Dytiscidae</b>													
19	<i>Hyphidrus ovatus</i>				1	2	4	2	1				
20	<i>Rhantus</i> sp											1	
21	<i>Laccophilus</i> sp				1								
22	<i>Dytiscus</i> sp				3								
<b>Семейство Hydrophilidae</b>													
23	<i>Hydrous</i> sp						1						
<b>Класс Bivalvia</b>													
<b>Отряд Luciniformes</b>													
<b>Семейство Pisidiidae</b>													
24	<i>Pisidium amnicum</i>		1	2	1	1	2	1		1			1
<b>Класс Gastropoda</b>													
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>													
<b>Отряд Vivipariformes</b>													
<b>Семейство Viviparidae</b>													
25	<i>Viviparus viviparus</i>	2	2	2								1	
<b>Отряд Rissoiformes</b>													
<b>Семейство Bithyniidae</b>													
26	<i>Bithynia leachi</i>				2	2	2	1	2				
<b>Подкласс Pulmonata</b>													
<b>Отряд Lymnaeiformes</b>													
<b>Семейство Lymnaeidae</b>													
27	<i>Limnaea auricularia</i>				5	2	2						
28	<i>Limnaea ovata</i>			1		5	3			2			1
29	<i>Limnaea stagnalis</i>			1	2	3	3	2	1	1	1	1	2
30	<i>Limnaea truncatula</i>					2							1
<b>Семейство Physidae</b>													
31	<i>Aplexa hypnorum</i>				1								
32	<i>Physa fontinalis</i>				3				1	2	2	2	1



*Продолжение таблицы В.5 - Макрозообентос р. Упа в створе №5 (2011 г.)*

№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Май			Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
		01	15	29	12	26	10	24	07	21	04	18
<b>Семейство Planorbidae</b>												
33	Anisus vortex									1		
34	Anisus contortus					1	2			2	2	2

**Таблица В.6 - Макрозообентос р. Упа в фоновом створе (2011 г.)**

№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Относительное количество, балл
<b>Класс Turbellaria</b>		
<b>Отряд Tricladida</b>		
1	Dendrocoelum lacteum	1
<b>Класс Hirudinea</b>		
<b>Семейство Glossiphonidae</b>		
2	Helobdella stagnalis	2
3	Glossiphonia complanata	1
<b>Семейство Erpobdellidae</b>		
4	Haemopis sanguisuga	1
5	Erpobdella octoculata	2
<b>Семейство Piscicolidae</b>		
6	Piscicola geometra	2
<b>Класс Crustacea</b>		
<b>Отряд Decapoda</b>		
<b>Подотряд Astacoidei</b>		
<b>Семейство Astacidae</b>		
7	Astacus astacus	1
<b>Класс Arachnida</b>		
<b>Семейство Hydrachnidae</b>		
8	Hydrachna cruenta	1
<b>Класс Insecta</b>		
<b>Отряд Ephemeroptera</b>		
<b>Семейство Siphonuridae</b>		
9	Siphonurus sp	1
<b>Семейство Potamanthidae</b>		
10	Potamanthus luteus	3
<b>Семейство Caenidae</b>		
11	Caenis (Ordella) sp	1
<b>Отряд Odonata</b>		
<b>Семейство Calopterygidae</b>		
12	Calopteryx splendens	2

Продолжение таблицы В.6 - Макрозообентос р. Уна в фоновом створе (2011 г.)

№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Относительное количество, балл
<b>Семейство Lestidae</b>		
13	Lestes sponsa	2
<b>Семейство Coenagrionidae</b>		
14	Coenagrion hastulatum	5
15	Coenagrion armatum	2
16	Coenagrion puella	3
<b>Семейство Aeshnidae</b>		
17	Aeschna grandis	3
<b>Семейство Libellulidae</b>		
18	Libellula depressa	2
19	Sympetrum vulgatum	3
<b>Отряд Heteroptera</b>		
<b>Семейство Nepidae</b>		
20	Nepa cinerea	2
21	Ranatra linearis	1
<b>Семейство Corixidae</b>		
22	Corixa tendipes	3
<b>Семейство Naucoridae</b>		
23	Naucoris cimicoides	3
<b>Семейство Notonectidae</b>		
24	Notonecta glauca	3
<b>Отряд Trichoptera</b>		
<b>Семейство Limnephilidae</b>		
25	Limnephilus rhombicus	1
26	Limnephilus flavicornis	1
27	Limnephilus stigma	1
28	Anabolia furcata	1
<b>Отряд Coleoptera</b>		
<b>Семейство Gyrinidae</b>		
29	Gyrinus sp	2
<b>Семейство Dytiscidae</b>		
30	Hydroporus sp	1
31	Hyphydrus ovatus	2
32	Rhantus sp	4
33	Laccophilus sp	1
34	Dytiscus sp	2
<b>Семейство Hydrophilidae</b>		
35	Hydrous sp	3
36	Hydrophilus piceus	1

Продолжение таблицы В.6 - Макрозообентос р. Уна в фоновом створе (2011 г.)

№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Относительное количество, балл
<b>Отряд Megaloptera</b>		
<b>Семейство Sialidae</b>		
37	Sialis sp	1
<b>Класс Bivalvia</b>		
<b>Отряд Luciniformes</b>		
<b>Семейство Sphaeriidae</b>		
38	Sphaerium corneum	2
<b>Семейство Pisidiidae</b>		
39	Pisidium amnicum	2
<b>Класс Gastropoda</b>		
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>		
<b>Отряд Vivipariformes</b>		
<b>Семейство Viviparidae</b>		
40	Viviparus viviparus	3
<b>Семейство Valvatidae</b>		
41	Valvata macrostoma	1
<b>Отряд Rissoiformes</b>		
<b>Семейство Bithyniidae</b>		
42	Bithynia leachi	4
<b>Подкласс Pulmonata</b>		
<b>Отряд Lymnaeiformes</b>		
<b>Семейство Lymnaeidae</b>		
43	Limnaea stagnalis	5
44	Limnaea truncatula	3
45	Limnaea auricularia	2
46	Limnaea ovata	4
<b>Семейство Physidae</b>		
47	Aplexa hypnorum	2
48	Physa fontinalis	3
<b>Семейство Bulinidae</b>		
49	Planorbarius corneus	1
<b>Семейство Planorbidae</b>		
50	Ancylus fluviatilis	2
51	Hippeutis fontana	1
52	Segmentina nitida	1
53	Anisus vortex	2
54	Anisus spirorbis	3
55	Anisus contortus	3



Продолжение таблицы В.7 - Макрозообентос р. Воронка в створе №6 (2011 г.)													
№ п/п	Таксон	Май		Июнь		Июль			Август		Сентябрь		
		08	22	05	19	03	17	31	14	28	11	25	
<b>Класс Bivalvia</b>													
<b>Отряд Luciniformes</b>													
<b>Семейство Sphaeriidae</b>													
18	Sphaerium corneum			1									
<b>Семейство Pisidiidae</b>													
19	Pisidium amnicum			1									
<b>Класс Gastropoda</b>													
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>													
<b>Отряд Vivipariformes</b>													
<b>Семейство Viviparidae</b>													
20	Viviparus viviparus					1			1				
<b>Отряд Rissoiformes</b>													
<b>Семейство Bithyniidae</b>													
21	Bithynia leachi				1		2	1	2	1	1		
<b>Подкласс Pulmonata</b>													
<b>Отряд Lymnaeiformes</b>													
<b>Семейство Lymnaeidae</b>													
22	Limnaea truncatula							1					
23	Limnaea auricularia			1	1	5							
24	Limnaea ovata				3		2	1					
<b>Семейство Physidae</b>													
25	Physa fontinalis	1	3	2			5	5		1	2	2	
<b>Семейство Planorbidae</b>													
26	Anisus contortus				1							1	

Таблица В.8 - Макрозообентос р. Воронка в створе №7 (2011 г.)

№ п/п	Таксон	Май		Июнь		Июль			Август		Сентябрь		
		08	22	05	19	03	17	31	14	28	11	25	
<b>Класс Turbellaria</b>													
<b>Отряд Tricladida</b>													
1	Dendrocoeleum lacteum			2					*	*	*	*	
<b>Класс Hirudinea</b>													
<b>Семейство Glossiphonidae</b>													
2	Helobdella stagnalis						1	1	*	*	*	*	
<b>Семейство Erpobdellidae</b>													
3	Haemopis sanguisuga			2					*	*	*	*	
<b>Семейство Piscicolidae</b>													
4	Piscicola geometra						1		*	*	*	*	

Продолжение таблицы В.8 - Макрозообентос р. Воронка в створе №7 (2011 г.)													
№ п/п	Таксон	Май		Июнь		Июль			Август		Сентябрь		
		08	22	05	19	03	17	31	14	28	11	25	
<b>Класс Insecta</b>													
<b>Отряд Ephemeroptera</b>													
<b>Семейство Potamanthidae</b>													
5	Potamanthus luteus					1			*	*	*	*	
<b>Отряд Odonata</b>													
<b>Семейство Calopterygidae</b>													
6	Calopteryx splendens	1		2	1	3	5	4	*	*	*	*	
<b>Семейство Lestidae</b>													
7	Lestes sponsa	1	2						*	*	*	*	
<b>Семейство Coenagrionidae</b>													
8	Coenagrion hastulatum				2				*	*	*	*	
9	Coenagrion puella		2	2	2	1			*	*	*	*	
<b>Отряд Heteroptera</b>													
<b>Семейство Nepidae</b>													
10	Nepa cinerea				1	1		1	*	*	*	*	
<b>Семейство Corixidae</b>													
11	Corixa tendipes				1				*	*	*	*	
<b>Семейство Notonectidae</b>													
12	Notonecta glauca						1	2	*	*	*	*	
<b>Отряд Coleoptera</b>													
<b>Семейство Dytiscidae</b>													
13	Colymbetes sp				1				*	*	*	*	
<b>Семейство Hydrophilidae</b>													
14	Hydrous sp				2				*	*	*	*	
15	Hydrophilus piceus		1						*	*	*	*	
<b>Класс Bivalvia</b>													
<b>Отряд Luciniformes</b>													
<b>Семейство Sphaeriidae</b>													
16	Sphaerium corneum		1						*	*	*	*	
<b>Семейство Pisidiidae</b>													
17	Pisidium amnicum	2		5		1			*	*	*	*	
<b>Класс Gastropoda</b>													
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>													
<b>Отряд Rissoiformes</b>													
<b>Семейство Bithyniidae</b>													
18	Bithynia leachi	1		1					*	*	*	*	
<b>Подкласс Pulmonata</b>													
<b>Отряд Lymnaeiformes</b>													
<b>Семейство Lymnaeidae</b>													
19	Limnaea stagnalis				1	2		1	*	*	*	*	
20	Limnaea glabra				1				*	*	*	*	

*Продолжение таблицы В.8 - Макрозообентос р. Воронка в створе №7 (2011 г.)*

№ п/п	Таксон	Май		Июнь		Июль			Август		Сентябрь	
		08	22	05	19	03	17	31	14	28	11	25
21	<i>Limnaea ovata</i>		1						*	*	*	*
22	<i>Limnaea peregra</i>				1				*	*	*	*
<b>Семейство Planorbidae</b>												
23	<i>Hippeutis fontana</i>				1				*	*	*	*
24	<i>Anisus contortus</i>				1	2			*	*	*	*
* - представителей макрозообентоса не выявлено												

Таблица В.9 - Макрозообентос р. Воронка в створе №8 (2011 г.)

№ п/п	Таксон	Май		Июнь		Июль			Август		Сентябрь	
		08	22	05	19	03	17	31	14	28	11	25
<b>Класс Turbellaria</b>												
<b>Отряд Tricladida</b>												
1	<i>Dendrocoeleum lacteum</i>		1									
<b>Класс Hirudinea</b>												
<b>Семейство Glossiphonidae</b>												
2	<i>Helobdella stagnalis</i>						2	2				
3	<i>Glossiphonia complanata</i>		1									1
<b>Семейство Erpobdellidae</b>												
4	<i>Haemopis sanguisuga</i>		3		1							
<b>Семейство Piscicolidae</b>												
5	<i>Piscicola geometra</i>					1	1	1				
<b>Класс Insecta</b>												
<b>Отряд Ephemeroptera</b>												
<b>Семейство Potamanthidae</b>												
6	<i>Potamanthus luteus</i>				2	2	4	3	2	1	1	1
<b>Отряд Odonata</b>												
<b>Семейство Calopterygidae</b>												
7	<i>Calopteryx splendens</i>		1		2							
<b>Семейство Lestidae</b>												
8	<i>Lestes sponsa</i>		4	2			1		1			
<b>Семейство Coenagrionidae</b>												
9	<i>Coenagrion hastulatum</i>				1		2			1		2
10	<i>Coenagrion armatum</i>						1					
11	<i>Coenagrion puella</i>		5	3	4	3	3		3	3		
<b>Семейство Aeshnidae</b>												
12	<i>Aeschna grandis</i>				1							
<b>Семейство Libellulidae</b>												
13	<i>Sympetrum vulgatum</i>		2	2			2					
<b>Отряд Heteroptera</b>												
<b>Семейство Nepidae</b>												
14	<i>Nepa cinerea</i>							1				

Продолжение таблицы В.9 - Макрозообентос р. Воронка в створе №8 (2011 г.)													
№ п/п	Таксон	Май		Июнь		Июль			Август		Сентябрь		
		08	22	05	19	03	17	31	14	28	11	25	
<b>Отряд Coleoptera</b>													
<b>Семейство Dytiscidae</b>													
15	Hygrotus sp				2								
<b>Класс Bivalvia</b>													
<b>Отряд Luciniformes</b>													
<b>Семейство Sphaeriidae</b>													
16	Sphaerium corneum	1	4	2					1	1			1
<b>Семейство Pisidiidae</b>													
17	Pisidium amnicum	2		5	4	1		1		1			1
<b>Класс Gastropoda</b>													
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>													
<b>Отряд Rissoiformes</b>													
<b>Семейство Bithyniidae</b>													
18	Bithynia leachi								2	2	2	2	
<b>Подкласс Pulmonata</b>													
<b>Отряд Lymnaeiformes</b>													
<b>Семейство Lymnaeidae</b>													
19	Limnaea ovata			1									
<b>Семейство Physidae</b>													
20	Physa fontinalis									1	1		
<b>Семейство Planorbidae</b>													
21	Anisus spirorbis	1		2									
22	Anisus contortus					1	1	1					

Таблица В.10 - Макрозообентос р. Воронка в створе №9 (2011 г.)

№ п/п	Таксон	Май		Июнь		Июль			Август		Сентябрь		
		08	22	05	19	03	17	31	14	28	11	25	
<b>Класс Hirudinea</b>													
<b>Семейство Glossiphonidae</b>													
1	Helobdella stagnalis	1			1								
<b>Семейство Erpobdellidae</b>													
2	Haemopis sanguisuga	2											
3	Erpobdella octoculata							1					
<b>Класс Insecta</b>													
<b>Отряд Ephemeroptera</b>													
<b>Семейство Potamanthidae</b>													
4	Potamanthus luteus			2	2	2	2						
<b>Отряд Odonata</b>													
<b>Семейство Calopterygidae</b>													
5	Calopteryx splendens			1			1						



Продолжение таблицы В.10-Макрозообентос р. Воронка в створе №9 (2011)													
№ п/п	Таксон	Май		Июнь		Июль			Август		Сентябрь		
		08	22	05	19	03	17	31	14	28	11	25	
<b>Семейство Lestidae</b>													
6	Lestes sponsa				1	1							
<b>Семейство Coenagrionidae</b>													
7	Coenagrion hastulatum				1		1		3	3	2		
8	Coenagrion puella	1	4	2					1		2	3	
<b>Отряд Heteroptera</b>													
<b>Семейство Nepidae</b>													
9	Nepa cinerea			1	1	1							
<b>Семейство Naucoridae</b>													
10	Naucoris cimicoides				1								
<b>Отряд Coleoptera</b>													
<b>Семейство Dytiscidae</b>													
11	Dytiscus sp					2							
<b>Класс Bivalvia</b>													
<b>Отряд Luciniformes</b>													
<b>Семейство Sphaeriidae</b>													
12	Sphaerium corneum							1					
<b>Класс Gastropoda</b>													
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>													
<b>Отряд Rissoiformes</b>													
<b>Семейство Bithyniidae</b>													
13	Bithynia leachi		1			1					1	1	
<b>Подкласс Pulmonata</b>													
<b>Отряд Lymnaeiformes</b>													
<b>Семейство Lymnaeidae</b>													
14	Limnaea ovata				3				1	1			
15	Limnaea glutinosa							1					
<b>Семейство Physidae</b>													
16	Aplexa hypnorum							1	1		1		
17	Physa fontinalis							1	2	2	2	2	2

Таблица В.11 - Макрозообентос р. Воронка в фоновом створе (2011 г.)

№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Относительное количество, балл
<b>Класс Hydrozoa</b>		
<b>Отряд Hydrida</b>		
<b>Семейство Hydridae</b>		
1	<i>Hydra vulgaris</i>	2
<b>Класс Turbellaria</b>		
<b>Отряд Tricladida</b>		
2	<i>Dendrocoeleum lacteum</i>	1
<b>Класс Hirudinea</b>		
<b>Семейство Glossiphonidae</b>		
3	<i>Helobdella stagnalis</i>	2
4	<i>Glossiphonia complanata</i>	2
<b>Семейство Erpobdellidae</b>		
5	<i>Haemopsis sanguisuga</i>	2
6	<i>Erpobdella octoculata</i>	3
<b>Семейство Piscicolidae</b>		
7	<i>Piscicola geometra</i>	2
<b>Класс Crustacea</b>		
<b>Отряд Decapoda</b>		
<b>Подотряд Astacoidei</b>		
<b>Семейство Astacidae</b>		
8	<i>Astacus astacus</i>	1
<b>Класс Insecta</b>		
<b>Отряд Ephemeroptera</b>		
<b>Семейство Potamanthidae</b>		
9	<i>Potamanthus luteus</i>	3
<b>Семейство Polymitarcyidae</b>		
10	<i>Polymitarcys virgo</i>	1
<b>Отряд Odonata</b>		
<b>Семейство Calopterygidae</b>		
11	<i>Calopteryx splendens</i>	5
<b>Семейство Lestidae</b>		
12	<i>Lestes sponsa</i>	2
<b>Семейство Coenagrionidae</b>		
13	<i>Coenagrion hastulatum</i>	4
14	<i>Coenagrion armatum</i>	2
15	<i>Coenagrion puella</i>	2
<b>Семейство Aeshnidae</b>		
16	<i>Aeschna grandis</i>	1
<b>Семейство Libellulidae</b>		
17	<i>Sympetrum vulgatum</i>	2

Продолжение таблицы В.11 - Макрозообентос р. Воронка в фоновом створе исследования

№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Относительное количество, балл
<b>Отряд Heteroptera</b>		
<b>Семейство Nepidae</b>		
18	Nepa cinerea	2
<b>Семейство Corixidae</b>		
19	Corixa tendipes	4
<b>Семейство Naucoridae</b>		
20	Naucoris cimicoides	4
<b>Семейство Notonectidae</b>		
21	Notonecta glauca	3
<b>Отряд Trichoptera</b>		
<b>Семейство Limnephilidae</b>		
22	Limnephilus rhombicus	1
23	Limnephilus flavicornis	1
<b>Отряд Coleoptera</b>		
<b>Семейство Dytiscidae</b>		
24	Hygrotus sp	2
25	Hyphodrus ovatus	2
26	Rhantus sp	1
27	Colymbetes sp	1
28	Dytiscus sp	2
<b>Семейство Hydrophilidae</b>		
29	Hydrous sp	1
30	Hydrophilus piceus	1
<b>Семейство Chrysomelidae</b>		
31	Donacia sp	1
<b>Класс Bivalvia</b>		
<b>Отряд Luciniformes</b>		
<b>Семейство Sphaeriidae</b>		
32	Sphaerium corneum	2
<b>Семейство Pisidiidae</b>		
33	Pisidium amnicum	2
<b>Класс Gastropoda</b>		
<b>Подкласс Pectinibrachia</b>		
<b>Отряд Vivipariformes</b>		
<b>Семейство Viviparidae</b>		
34	Viviparus viviparus	3
<b>Отряд Rissoiformes</b>		
<b>Семейство Bithyniidae</b>		
35	Bithynia leachi	2

Продолжение таблицы В.11 - Макрозообентос р. Воронка в фоновом створе исследования

№ п/п	Систематическая принадлежность, вид	Относительное количество, балл
<b>Подкласс Pulmonata</b>		
<b>Отряд Lymnaeiformes</b>		
<b>Семейство Lymnaeidae</b>		
36	<i>Limnaea stagnalis</i>	4
37	<i>Limnaea truncatula</i>	2
38	<i>Limnaea glabra</i>	1
39	<i>Limnaea auricularia</i>	2
40	<i>Limnaea ovata</i>	3
41	<i>Limnaea peregra</i>	1
42	<i>Limnaea glutinosa</i>	1
<b>Семейство Physidae</b>		
43	<i>Aplexa hypnorum</i>	2
44	<i>Physa fontinalis</i>	2
<b>Семейство Planorbidae</b>		
45	<i>Hippeutis fontana</i>	1
46	<i>Anisus vortex</i>	2
47	<i>Anisus spirorbis</i>	3
48	<i>Anisus contortus</i>	3

Таблица Г. 1 - Трофические группы макрозообентоса р. Упа

Пища	Способ питания	Таксон	Створы исследования					
			1	2	3	4	5	Фон
Собиратели-детритофаги, факультативные фильтраторы	Поедают детрит на поверхности грунта	<b>Семейство Limnephilidae</b>						
		<i>Limnephilus rhombicus</i>						+
		<i>Limnephilus flavicornis</i>						+
		<i>Limnephilus stigma</i>		+				+
		<i>Anabolia furcata</i>						+
		<b>Семейство Pisidiidae</b>						
		<i>Pisidium amnicum</i>	+	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Valvatidae</b>						
		<i>Valvata macrostoma</i>	+			+		+
		<b>Семейство Lymnaeidae</b>						
		<i>Limnaea stagnalis</i>	+	+	+	+	+	+
		<i>Limnaea truncatula</i>	+	+	+	+	+	+
		<i>Limnaea auricularia</i>	+	+	+	+	+	+
		<i>Limnaea ovata</i>	+	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Bulinidae</b>						
		<i>Planorbarius corneus</i>	+			+		+
		<b>Семейство Planorbidae</b>						
		<i>Segmentina nitida</i>	+		+	+	+	+
		<i>Anisus vortex</i>	+	+	+	+	+	+
		<i>Anisus spirorbis</i>	+					+
<i>Anisus contortus</i>	+	+		+	+	+		
Собиратели-облигатные фильтраторы	Активная и пассивная фильтрация, седиментация пищи (преимущественно детрит) из толщи воды	<b>Семейство Siphonuridae</b>						
		<i>Siphonurus</i> sp					+	+
		<b>Семейство Potamanthidae</b>						
		<i>Potamanthus luteus</i>	+	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Caenidae</b>						
		<i>Caenis (Ordella)</i> sp		+		+		+
		<b>Семейство Sphaeriidae</b>						
		<i>Sphaerium corneum</i>	+	+	+	+		+
		<b>Семейство Pisidiidae</b>						
		<i>Pisidium amnicum</i>	+	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Viviparidae</b>						
		<i>Viviparus viviparus</i>	+	+	+	+	+	+
<b>Семейство Physidae</b>								
<i>Aplexa hypnorum</i>	+	+	+	+	+	+		
Соскребатели	Соскревание обрастаний с твердых субстратов	<b>Семейство Corixidae</b>						
		<i>Corixa tendipes</i>	+		+			+
		<b>Семейство Bithyniidae</b>						
		<i>Bithynia leachi</i>	+	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Planorbidae</b>						
<i>Ancylus fluviatilis</i>	+	+				+		

Продолжение таблицы Г. 1 - Трофические группы макрозообентоса р. Уна								
Пища	Способ питания	Таксон	Створы исследования				Фон	
			1	2	3	4		5
Размельчители	Размельчение крупных кусков	<b>Семейство Astacidae</b>						
		Astacus astacus					+	
	растений	<b>Семейство Limnaeidae</b>						
		Limnaea stagnalis	+	+	+	+	+	
		Limnaea truncatula	+	+	+	+	+	
		Limnaea auricularia	+	+	+	+	+	
		Limnaea ovata	+	+	+	+	+	
		<b>Семейство Physidae</b>						
		Physa fontinalis	+	+	+	+	+	
Хищники	Глотание животных или отдельных частей, всасывание жидких или полупереваренных тканей	<b>Отряд Tricladida</b>						
		Dendrocoeleum lacteum					+	+
		<b>Семейство Glossiphonidae</b>						
		Helobdella stagnalis	+		+	+	+	+
		Glossiphonia complanata			+	+	+	+
		<b>Семейство Erpobdellidae</b>						
		Haemopis sanguisuga				+		+
		Erpobdella octoculata				+		+
		<b>Семейство Piscicolidae</b>						
		Piscicola geometra	+		+	+	+	+
		<b>Семейство Astacidae</b>						
		Astacus astacus						+
		<b>Семейство Hydrachnidae</b>						
		Hydrachna cruenta			+	+		+
		<b>Семейство Calopterygidae</b>						
		Calopteryx splendens	+	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Lestidae</b>						
		Lestes sponsa	+	+	+		+	+
		<b>Семейство Coenagrionidae</b>						
		Coenagrion hastulatum	+	+	+	+	+	+
		Coenagrion armatum	+				+	+
		Coenagrion puella	+	+	+		+	+
		<b>Семейство Aeshnidae</b>						
		Aeschna grandis	+		+		+	+
		<b>Семейство Libellulidae</b>						
		Libellula depressa		+		+	+	+
		Sympetrum vulgatum	+	+	+		+	+
		<b>Семейство Nepidae</b>						
		Nepa cinerea		+	+		+	+
		Ranatra linearis	+	+	+		+	+
<b>Семейство Naucoridae</b>								
Naucoris cimicoides	+	+	+		+	+		

*Продолжение таблицы Г. 1 - Трофические группы макрозообентоса р. Уна*

Пища	Способ питания	Таксон	Створы исследования					
			1	2	3	4	5	Фон
		<b>Семейство Notonectidae</b>						
		Notonecta glauca	+	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Gyridae</b>						
		Gyrinus sp	+					+
		<b>Семейство Dytiscidae</b>						
		Hydroporus sp		+				+
		Hyphidrus ovatus	+	+	+	+	+	+
		Rhantus sp	+	+	+		+	+
		Laccophilus sp					+	+
		Dytiscus sp	+	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Hydrophilidae</b>						
		Hydrous sp		+	+	+	+	+
		<b>Семейство Sialidae</b>						
		Sialis sp.			+	+		+

Таблица Г.2 - Трофические группы макрозообентоса р. Воронка

Пища	Способ питания	Таксон	Створы исследования				
			6	7	8	9	Фон
Собиратели-детритофаги, факультативные фильтраторы	Поедают детрит на поверхности грунта	<b>Семейство Limnephilidae</b>					
		Limnephilus rhombicus					+
		Limnephilus flavicornis					+
		<b>Семейство Hydrophilidae</b>					
		Hydrophilus piceus		+			+
		<b>Семейство Pisidiidae</b>					
		Pisidium amnicum		+	+	+	+
		<b>Семейство Limnaeidae</b>					
		Limnaea stagnalis		+			+
		Limnaea truncatula	+				+
		Limnaea glabra		+			+
		Limnaea auricularia	+				+
		Limnaea ovata	+	+	+	+	+
		Limnaea peregra		+			+
		<b>Семейство Planorbidae</b>					
		Anisus vortex					+
Anisus spirorbis			+		+		
Anisus contortus	+	+	+		+		

Продолжение таблицы Г.2 - Трофические группы макрозообентоса р. Воронка							
Пища	Способ питания	Таксон	Створы исследования			Фон	
			6	7	8		9
Собиратели-облигатные фильтраторы	Активная и пассивная фильтрация, седиментация пищи (преимущественно детрит) из толщи воды	<b>Семейство Potamanthidae</b>					
		Potamanthus luteus	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Polymitarcyidae</b>					
		Polymitarcys virgo	+				+
		<b>Семейство Sphaeriidae</b>					
		Sphaerium corneum	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Pisidiidae</b>					
		Pisidium amnicum		+	+	+	+
		<b>Семейство Viviparidae</b>					
		Viviparus viviparus	+				+
<b>Семейство Physidae</b>							
Aplexa hypnorum				+	+		
Соскребатели	Соскребание обрастаний с твердых субстратов	<b>Семейство Corixidae</b>					
		Corixa tendipes	+	+			+
		<b>Семейство Bithyniidae</b>					
Bithynia leachi	+	+	+	+	+		
Размельчители	Размельчение крупных кусков растений	<b>Семейство Astacidae</b>					
		Astacus astacus					+
		<b>Семейство Lymnaeidae</b>					
		Limnaea stagnalis		+			+
		Limnaea truncatula	+				+
		Limnaea glabra		+			+
		Limnaea auricularia	+				+
		Limnaea ovata	+	+	+	+	+
		Limnaea peregra		+			+
		Limnaea glutinosa				+	+
		<b>Семейство Physidae</b>					
		Physa fontinalis	+		+	+	+
		<b>Семейство Planorbidae</b>					
Hippeutis fontana		+			+		
Хищники	Глотание животных или	<b>Отряд Tricladida</b>					
		Dendrocoelum lacteum	+	+	+		+
		<b>Семейство Hydridae</b>					
		Hydra vulgaris					+
		<b>Отряд Tricladida</b>					
		Dendrocoelum lacteum	+	+	+		+
		<b>Семейство Glossiphonidae</b>					
		Helobdella stagnalis	+	+	+	+	+
Glossiphonia complanata	+		+		+		



Продолжение таблицы Г.2 - Трофические группы макрозообентоса р. Воронка							
Пища	Способ питания	Таксон	Створы исследования				
			6	7	8	9	Фон
		<b>Семейство Eprobdeidae</b>					
		Naemopsis sanguisuga		+	+	+	+
		Eprobdeella octoculata	+				+
		<b>Семейство Piscicolidae</b>					
		Piscicola geometra		+	+		+
		<b>Семейство Calopterygidae</b>					
		Calopteryx splendens	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Lestidae</b>					
		Lestes sponsa	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Coenagrionidae</b>					
		Coenagrion hastulatum	+	+	+	+	+
		Coenagrion armatum	+		+		+
		Coenagrion puella	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Aeshnidae</b>					
		Aeschna grandis			+		+
		<b>Семейство Libellulidae</b>					
		Sympetrum vulgatum			+		+
		<b>Семейство Nepidae</b>					
		Nepa cinerea	+	+	+	+	+
		<b>Семейство Naucoridae</b>					
		Naucoris cimicoides	+			+	+
		<b>Семейство Notonectidae</b>					
		Notonecta glauca	+	+			+
		<b>Семейство Dytiscidae</b>					
		Hygrotus sp			+		+
		Hyphydrus ovatus	+				+
		Colymbetes sp		+			+
		Rhantus sp					+
		Dytiscus sp	+			+	+
		<b>Семейство Hydrophilidae</b>					
		Hydrous sp		+			+
		<b>Семейство Chrysomelidae</b>					
		Donacia sp	+				+

Таблица Д.1 - Таксоны-индикаторы сапробности воды (протистофауна)  
оз. Кулик и р. Упа

Индикаторы	S*	Озеро Кулик	Река Упа, створ исследования			
			2	3	5	Фон
Bodo	$\beta$	1	1	1	1	1
Colpes	$\beta$	1	1	1	1	1
Prorodon	$\alpha$	1	1	1	1	1
Urotricha	$\alpha$ - $\beta$	1	1	1	1	1
Urotricha farcta	$\alpha$					
Holophrya	$\alpha$	1	1	1	1	1
Lacrymaria	$\beta$	1	1	1	1	1
Enchelus	$\beta$	1	1	1	1	1
Actinobolina	$\alpha$	1	1		1	
Nassula	$\beta$	1		1	1	
Chilodonella	$\alpha$ - $\beta$	1			1	
Ampileptus	$\alpha$	1	1	1	1	
Loxophyllum	$\alpha$ - $\beta$	1		1	1	
Litonotus	$\alpha$	1	1	1	1	1
Loxodes	$\beta$	1	1	1	1	1
Plagiopyla	$\alpha$ -p	1		1	1	
Colpoda	$\alpha$ -p		1	1		
Pleuronema	$\beta$	1	1	1	1	1
Cuclidium	$\alpha$	1	1	1	1	
Paramecium	$\alpha$	1	1	1	1	1
Paramecium putrinum	p					
Frontonia	$\beta$	1			1	1
Colpidium	$\alpha$ -p			1		
Tetrahymena	p	1	1	1		
Glaucoma	$\alpha$ -p	1	1	1	1	
Loxocephalus	$\alpha$			1		
Stentor	$\alpha$ - $\beta$			1	1	1
Spirostomum	$\alpha$ - $\beta$	1	1	1	1	1
Metopus	$\alpha$ -p	1	1	1		
Halteria	$\alpha$ - $\beta$	1	1	1	1	1
Saprodinium	p		1	1	1	
Kahliella	$\alpha$ - $\beta$			1	1	
Oxytricha	$\alpha$ - $\beta$	1	1	1		1
Stylonychia	$\alpha$	1				
Euplotes	p	1				
Vorticella	$\alpha$ - $\beta$	1	1	1	1	1
Carchesium	$\alpha$			1	1	
Astylozoon	$\alpha$ -p	1				
Acineta	$\beta$		1	1	1	
Podophrya	$\alpha$ - $\beta$		1	1	1	
<b>Всего</b>		<b>29</b>	<b>25</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>17</b>
* - S - сапробность индикаторного таксона						



Продолжение таблицы Д.2 - Таксоны-индикаторы сапробности воды (макрозообентос) р. Упа и р. Воронка													
Индикаторные таксоны	S*	J*	р. Упа, створ исследования						р. Воронка, створ исследования				
			1	2	3	4	5	Фон	6	7	8	9	Фон
<b>ПЛЯВКИ</b>													
Erobdelellidae	3	2			+	+		+		+	+	+	+
Glossiphoniidae	2,5	2			+	+	+	+	+		+	+	+
Piscicolidae	2,5	2	+		+	+	+	+		+	+		+
Итого:			19	20	24	21	19	31	19	16	15	13	26
* - S - сапробность индикаторного таксона, J - индикаторный вес таксона													

Таблица Е.1 - Токсичность проб поверхностной воды и донных отложений р. Упа в створах исследования

Образец №	Название	Повторность		Дата		X <sub>i</sub> – число особей в начале экспозиции (ср. арифм. по повторностям)	X <sub>t</sub> – число особей погибших через 24 ч (ср. арифм. по повторностям)	Показатель токсичности (для погибших особей), % A= X <sub>t</sub> /X <sub>i</sub> *100	Результаты биотестирования	
				24.07.2011	25.07.2011				Обнаружена/не обнаружена острая токсичность, ЛКР 50-24	Обнаружено/не обнаружено вредное воздействие БКР 10-24
				Время						
				8:40	8:40					
		Число выживших особей	Число погибших особей							
1	р. Упа, створ исследования №1	1	12	11	1	11	1	9,1	не обнаружена	не обнаружено
		2	10	9	1					
		3	11	10	1					
		Всего:	33	30	3					
2	р. Упа, створ исследования №2	1	10	10	0	10	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	11	11	0					
		3	9	9	0					
		Всего:	30	30	0					
4	р. Упа, створ исследования №4	1	10	10	0	10	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	10	10	0					
		3	10	10	0					
		Всего:	30	30	0					
5	р. Упа, створ исследования №5	1	10	10	0	10,7	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	12	12	0					
		3	10	10	0					
		Всего:	32	32	0					
6	р. Упа, фоновый створ	1	11	11	0	10,7	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	11	11	0					
		3	10	10	0					
		Всего:	32	32	0					
7	Контрольная проба	1	11	11	0	10	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	9	9	0					
		3	10	10	0					
		Всего:	30	30	0					

Таблица Е.2 - Токсичность проб поверхностной воды и донных отложений р. Упа в створе исследования №3

Образец №	Название	Повторность		Дата		X <sub>i</sub> – число особей в начале экспозиции (ср. арифм. по повторностям)	X <sub>t</sub> – число особей погибших через 24 ч (ср. арифм. по повторностям)	Показатель токсичности (для погибших особей), % A= X <sub>t</sub> /X <sub>i</sub> *100	Результаты биотестирования	
				08.12.2010	09.12.2010				Обнаружена/не обнаружена острая токсичность, ЛКР 50-24	Обнаружено/не обнаружено вредное воздействие БКР 10-24
				Время						
				16:15	16:20					
		Число выживших особей	Число погибших особей							
1	р. Упа, створ исследования №3.1	1	10	6	4	10	3	30	не обнаружена	обнаружено
		2	10	8	2					
		3	10	7	3					
		Всего:	30	21	9					
2	Контрольная проба	1	11	10	1	10	0,33	3,3	не обнаружена	не обнаружено
		2	10	10	0					
		3	9	9	0					
		Всего:	30	29	1					

Таблица Е.3 - Токсичность проб поверхностной воды и донных отложений р. Воронка в створах исследования

Образец №	Название	Повторность		Дата		X <sub>i</sub> – число особей в начале экспозиции (ср. арифм. по повторностям)	X <sub>t</sub> – число особей погибших через 24 ч (ср. арифм. по повторностям)	Показатель токсичности (для погибших особей), % A= X <sub>t</sub> /X <sub>i</sub> *100	Результаты биотестирования	
				31.07.2011	01.08.2011				Обнаружена/не обнаружена острая токсичность, ЛКР 50-24	Обнаружено/не обнаружено вредное воздействие БКР 10-24
				Время						
				10:15	10:15					
		Число выживших особей	Число погибших особей							
1	р. Воронка, створ исследования №6	1	10	10	0	10	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	10	10	0					
		3	10	10	0					
		Всего:	30	30	0					
2	р. Воронка, створ исследования №7	1	11	11	0	10	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	11	11	0					
		3	11	11	0					
		Всего:	33	33	0					

<i>Продолжение таблицы Е.3 - Токсичность проб поверхностной воды и донных отложений р. Воронка в створах исследования</i>										
Образец №	Название	Повторность		Дата		X <sub>i</sub> – число особей в начале экспозиции (ср. арифм. по повторностям)	X <sub>t</sub> – число особей погибших через 24 ч (ср. арифм. по повторностям)	Показатель токсичности (для погибших особей), % A= X <sub>t</sub> /X <sub>i</sub> *100	Результаты биотестирования	
				31.07.2011	01.08.2011				Обнаружена/не обнаружена острая токсичность, ЛКР 50-24	Обнаружено/не обнаружено вредное воздействие БКР 10-24
				Время						
				10:15	10:15					
		Число выживших особей	Число погибших особей							
3	р. Воронка, створ исследования №8	1	9	9	0	10,6	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	11	11	0					
		3	12	12	0					
		Всего:	32	32	0					
4	р. Воронка, створ исследования №9	1	9	9	0	9,6	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	10	10	0					
		3	10	10	0					
		Всего:	29	29	0					
5	р. Воронка, фоновый створ	1	10	10	0	10,3	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	11	11	0					
		3	10	10	0					
		Всего:	31	31	0					
6	Контрольная проба	1	10	10	0	10	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	10	10	0					
		3	10	10	0					
		Всего:	10	30	0					

Таблица Е.4 - Токсичность проб поверхностной воды и донных отложений р. Тулица в створе исследования №1

Образец №	Название	Повторность		Дата		X <sub>i</sub> – число особей в начале экспозиции (ср. арифм. по повторностям)	X <sub>t</sub> – число особей погибших через 24 ч (ср. арифм. по повторностям)	Показатель токсичности (для погибших особей), % A= X <sub>t</sub> /X <sub>i</sub> *100	Результаты биотестирования	
				01.12.2010	02.12.2010				Обнаружена/не обнаружена острая токсичность, ЛКР 50-24	Обнаружено/не обнаружено вредное воздействие БКР 10-24
				Время						
				18:10	18:10					
		Число выживших особей	Число погибших особей							
1	р. Тулица, створ исследования №1	1	9	7	2	9	2	22,2	не обнаружена	обнаружено
		2	9	8	1					
		3	9	6	3					
		Всего:	27	21	6					
2	Контрольная проба	1	11	11	0	10,6	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	11	11	0					
		3	10	10	0					
		Всего:	32	32	0					

Таблица Е.5 - Токсичность проб поверхностной воды и донных отложений Комаркинского ручья в створах исследования

Образец №	Название	Повторность		Дата		X <sub>i</sub> – число особей в начале экспозиции (ср. арифм. по повторностям)	X <sub>t</sub> – число особей погибших через 24 ч (ср. арифм. по повторностям)	Показатель токсичности (для погибших особей), % A= X <sub>t</sub> /X <sub>i</sub> *100	Результаты биотестирования	
				24.07.2011	25.07.2011				Обнаружена/не обнаружена острая токсичность, ЛКР 50-24	Обнаружено/не обнаружено вредное воздействие БКР 10-24
				Время						
				8:40	8:40					
		Число выживших особей	Число погибших особей							
1	Комаркинский ручей, створ исследования №1 (п/в*)	1	9	4	5	9	6	66,7	обнаружена	обнаружено
		2	9	0	9					
		3	9	5	4					
		Всего :	27	9	18					



Продолжение таблицы Е.5 - Токсичность проб поверхностной воды и донных отложений Комаркинского ручья в створах исследования										
Образец №	Название	Повторность		Дата		$X_i$ – число особей в начале экспозиции (ср. арифм. по повторностям)	$X_t$ – число особей погибших через 24 ч (ср. арифм. по повторностям)	Показатель токсичности (для погибших особей), % $A = X_t / X_i * 100$	Результаты биотестирования	
				24.07.2011	25.07.2011				Обнаружена/не обнаружена острая токсичность, ЛКР 50-24	Обнаружено/не обнаружено вредное воздействие БКР 10-24
				Время						
				8:40	8:40					
				Число выживших особей	Число погибших особей					
2	Комаркинский ручей, створ исследования №1 (д/о*)	1	11	5	6	10,5	6,5	61,9	обнаружена	обнаружено
		2	11	4	7					
		3	10	5	5					
		4	10	2	8					
		Всего:	42	16	26					
3	Комаркинский ручей, створ исследования №2 (п/в)	1	9	0	9	10	8	80,0	обнаружена	обнаружено
		2	11	2	9					
		3	10	4	6					
		Всего:	30	6	24					
4	Комаркинский ручей, створ исследования №2 (д/о)	1	9	5	4	9,6	5,6	58,3	обнаружена	обнаружено
		2	10	3	7					
		3	10	4	6					
		Всего:	29	12	17					
5	Комаркинский ручей, створ исследования №3 (п/в)	1	9	3	6	9	5	55,5	обнаружена	обнаружено
		2	9	5	4					
		3	9	4	5					
		Всего:	27	12	15					
6	Комаркинский ручей, створ исследования №3 (д/о)	1	10	0	10	10	8,6	86,0	обнаружена	обнаружено
		2	10	3	7					
		3	10	1	9					
		Всего:	30	4	26					
7	Комаркинский ручей, створ исследования №4 (п/в)	1	10	5	5	9,3	5	53,7	обнаружена	обнаружено
		2	9	5	4					
		3	9	3	6					
		Всего:	28	13	15					

Продолжение таблицы Е.5 - Токсичность проб поверхностной воды и донных отложений Комаркинского ручья в створах исследования										
Образец №	Название	Повторность		Дата		X <sub>i</sub> – число особей в начале экспозиции (ср. арифм. по повторностям)	X <sub>t</sub> – число особей погибших через 24 ч (ср. арифм. по повторностям)	Показатель токсичности (для погибших особей), % A= X <sub>t</sub> /X <sub>i</sub> *100	Результаты биотестирования	
				24.07.2011	25.07.2011				Обнаружена/не обнаружена острая токсичность, ЛКР 50-24	Обнаружено/не обнаружено вредное воздействие БКР 10-24
				Время						
				8:40	8:40					
Число выживших особей	Число погибших особей									
8	Комаркинский ручей, створ исследования №4 (д/о)	1	9	4	5	9,3	6,6	71,0	обнаружена	обнаружено
		2	9	3	6					
		3	10	1	9					
		Всего:	28	8	20					
9	Контрольная проба	1	11	11	0	10	0	0	не обнаружена	не обнаружено
		2	9	9	0					
		3	10	10	0					
		Всего:	30	30	0					

\* - п/в - поверхностная вода; д/о - донные отложения

**Таблица Е.6 - Токсичность проб поверхностной воды и донных отложений Клоковского ручья в створе исследования №1**

Образец №	Название	Повторность		Дата		X <sub>i</sub> – число особей в начале экспозиции (ср. арифм. по повторностям)	X <sub>t</sub> – число особей погибших через 24 ч (ср. арифм. по повторностям)	Показатель токсичности (для погибших особей), % A= X <sub>t</sub> /X <sub>i</sub> *100	Результаты биотестирования	
				01.12.2010	02.12.2010				Обнаружена/не обнаружена острая токсичность, ЛКР 50-24	Обнаружено/не обнаружено вредное воздействие БКР 10-24
				Время						
				18:10	18:10					
Число выживших особей	Число погибших особей									
1	Клоковский ручей, створ исследования №1	1	10	4	6	9,6	7,3	76,0	обнаружена	обнаружено
		2	10	0	10					
		3	9	3	6					
		Всего:	29	7	22					
2	Контрольная проба	1	9	9	0	9,3	0,3	3,22	не обнаружена	не обнаружено
		2	10	9	1					
		3	9	9	0					
		Всего:	28	27	1					

Таблица Ж.1 – Протокол результатов химико-аналитических исследований поверхностной воды р. Упа в створе выпуска промышленных сточных вод ОАО «Тульский оружейный завод» (№3)

## ООО «ЭКОСЕРВИС»

## ПРОТОКОЛ № 1

Результатов количественного химического анализа  
Природных и сточных вод

Наименование объекта Выпуск завода "ТОЗ"  
Характеристика пробы \_\_\_\_\_  
Дата отбора пробы 05.12.10.  
Дата проведения КХА 06.12.10.

№	Наименование определяемого ингредиента, Единицы измерения	Результаты КХА с погрешностью измерений при P=0.95		
		Идентификация проб		
		Факт. значение	ПДК	Примечание
1	Запах	φ	φ	
2	Цвет	бесцв	бесцв	
3	Водородный показатель, ед. рН	9,96	6,5-8,5	
4	Взвешенные вещества, мг./дм <sup>3</sup>	0,493	0,75	
5	Сухой остаток, мг./дм <sup>3</sup>	2840	1000	
6	Прозрачность, см.	12	—	
7	БПК, мг.О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	53,9	не более 2	
8	Растворенный кислород, мг.О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,74	4,0-6,0	
1	Цинк, мг./дм <sup>3</sup>	0,001	0,01	
2	Ионы меди, мг./дм <sup>3</sup>	0,001	0,001	
3	Никель, мг./дм <sup>3</sup>	0,001	0,01	
4	Хром 3+, мг./дм <sup>3</sup>	0,01	0,07	
5	Кадмий мг./дм <sup>3</sup>	0,001	0,005	
Условия окружающей среды при проведении КХА		Температура окр. среды	20 +-5	
		Влажность, %	Не более 80 при температуре 25°С	
		Давление, мм. рт. ст.	630-800	
Напряжение в сети / частота тока		220 +-22/50 +-1		

Химик – эколог



Литвиня Л.В.

Таблица Ж.2 – Протокол результатов химико-аналитических исследований поверхностной воды р. Упа в створе выпуска промышленных сточных вод ОАО «Тульский патронный завод» (№1)

ООО «ЭКОСЕРВИС»

ПРОТОКОЛ № 1.

Результатов количественного химического анализа  
Природных и сточных вод


Наименование объекта Патронный з-д р. Тульица.  
Характеристика пробы \_\_\_\_\_  
Дата отбора пробы 18.11.10.  
Дата проведения КХА 19.11.10.

№	Наименование определяемого ингредиента, Единицы измерения	Результаты КХА с погрешностью измерений при P=0.95		
		Идентификация проб		
		Факт. значение	ПДК	Примечание
1	Запах	н.бензин	ф	
2	Цвет	бесцв.	бесцв.	
3	Водородный показатель, ед. рН	7,29	6,5-8,5	
4	Взвешенные вещества, мг./дм <sup>3</sup>	1,0	0,45	
5	Сухой остаток, мг./дм <sup>3</sup>	800	1000	
6	Прозрачность, см.	35 см	—	
7	БПК, мг.О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4,33	не более 2-х.	
8	Растворенный кислород, мг.О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4,71	4,0-6,0	
1	Цинк, мг./дм <sup>3</sup>	0,09	0,01	
2	Ионы меди, мг./дм <sup>3</sup>	0,0054	0,001	
3	Никель, мг./дм <sup>3</sup>	0,004	0,01	
4	Хром 3+, мг./дм <sup>3</sup>	0,019	0,07	
5	Кадмий мг./дм <sup>3</sup>	0,0001	0,005	
Условия окружающей среды при проведении КХА		Температура окр. среды	20 +-5	
		Влажность, %	Не более 80 при температуре 25 <sup>0</sup> С	
		Давление, мм. рт. ст.	630-800	
Напряжение в сети / частота тока		220+-22/50+-1		

Химик – эколог

Литвина Л.В.

Таблица Ж.3 – Протокол результатов химико-аналитических исследований поверхностной воды Комаркинского ручья в створе выпуска промышленных сточных вод ФГУП ГНПП «Сплав» (№1) и ниже выпусков сточных вод промышленных предприятий ФГУП ГНПП «Сплав» и ОАО «Тульский комбайновый завод» (№3)



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ**  
**Федеральное государственное учреждение**  
**“Центр лабораторного анализа и технических измерений**  
**по Центральному Федеральному округу” (ФГУ “ЦЛАТИ по ЦФО”)**

**Тульский филиал**  
**Филиал ЦЛАТИ по Тульской области**

300600, г. Тула, Ул. Советская, 56 (3 этаж)  
Тел: (4872) 31-18-54 Факс 31-15-28


Аттестат аккредитации в СААЛ № РОСС RU.0001 511440  
действителен до 17.10.2011 г.  
Свидетельство об аккредитации в ЕС ОС Ростехнадзора ИЛ-ЭАЛ 00015  
действителен до 05.02.2013 г.

**ПРОТОКОЛ № 33 от «16» февраля 2010 г.**  
**результатов количественного химического анализа (КХА)**  
**природных и сточных вод**  
*(на 2-х страницах)*

Наименование и адрес заказчика *ФГУП ГНПП «Сплав» тел/факс № 1*  
Характеристика проб  
Дата отбора проб *16.02.10*  
Дата проведения КХА *16.02.10 - 18.02.10*  
Методы анализа, ИД на методики анализа приведены на обороте протокола  
Отклонения от регламентированной методики КХА нет

№ п/п	Наименование определяемого компонента, единицы измерения	Результаты КХА с погрешностью измерений (при доверительной вероятности P=0,95)	
		Идентификация проб	
1	2	3	5
1.	Запах	—	—
2.	Цвет	—	—
3.	Водородный показатель, ед. рН	—	—
4.	Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	—	—
5.	Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	—	—
6.	Прозрачность, см	—	—
7.	БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	—	—
8.	ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	—	—
9.	Перманганатная окисляемость, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	—	—
10.	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	383,0	298,0
11.	Сульфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	360,0	283,0
12.	Ионы аммония, мг/дм <sup>3</sup>	0,42	0,36
13.	Нитрит-ионы, мг/дм <sup>3</sup>	0,42	0,36
14.	Нитрат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>	410	410
15.	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,4	0,29
16.	АПав, мг/дм <sup>3</sup>	410	410
17.	Общее железо, мг/дм <sup>3</sup>	1,39	1,13
18.	Фосфор фосфатов, мг/дм <sup>3</sup>	0,22	0,2
19.	Фенол, мг/дм <sup>3</sup>	—	—
20.	Формальдегид, мг/дм <sup>3</sup>	—	—
21.	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	—	—
22.	Марганец, мг/дм <sup>3</sup>	—	—
23.	Ионы меди, мг/дм <sup>3</sup>	0,042	0,051
24.	Метанол, мг/дм <sup>3</sup>	—	—
25.	Никель, мг/дм <sup>3</sup>	410	410
26.	Хром 6+, мг/дм <sup>3</sup>	410	410
27.	Хром 3+, мг/дм <sup>3</sup>	410	410
28.	Растворенный кислород, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	—	—
Условия окр. среды при проведении КХА		Температура окр. среды, °С	20±5
		Влажность, %	не более 80 при температуре +25°С
		Давление, мм. рт. ст.	630 - 800
Напряжение в сети / частота тока, В/Г			220± 22/50± 1 <b>130541</b>

Таблица Ж.4 – Протокол результатов химико-аналитических исследований поверхностной воды Комаркинского ручья в створе выпуска промышленных сточных вод ОАО «Тульский комбайновый завод» (№2)



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ**  
 Федеральное государственное учреждение  
 «Центр лабораторного анализа и технических измерений  
 по Центральному Федеральному округу» (ФГУ «ЦЛАТИ по ЦФО»)

Тульский филиал  
 Филиал ЦЛАТИ по Тульской области

300600, г. Тула, Ул. Советская, 56 (3 этаж)  
 Тел. (4872) 31-18-54 Факс 31-15-28

Аттестат аккредитации в СААЛ № РОСС RU 0001 511440  
 действителен до 17.10.2011 г.  
 Свидетельство об аккредитации в ЕС ОС Ростехнадзора ИЛ-ФАЛ 00015  
 действителен до 01.02.2013 г.

**ПРОТОКОЛ № 470 от «23» декабря 2009 г.**  
 результатов количественного химического анализа (КХА)  
 природных и сточных вод  
 (на 2-х страницах)

Наименование объекта ручьи ГИИП "Слав" ТЭО БИ  
 Характеристика проб \_\_\_\_\_  
 Дата отбора проб 23.12.09 от 23.12.09  
 Дата проведения КХА 23.12.09 - 28.12.09  
 Методы анализа, ИД на методики анализа приведены на обороте протокола  
 Отклонения от регламентированной методики КХА нет

№ п/п	Наименование определяемого ингредиента, единицы измерения	Результаты КХА с погрешностью измерений (при доверительной вероятности P=0,95)		
		Идентификация проб		
1	2	3	4	5
1	Запах	Вкус и запах в пробе - в лаборатории - специфический		
2	Цвет	48 ед.		
3	Водородный показатель, ед. pH	6,4		
4	Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	5,2		
5	Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	17,0		
6	Прозрачность, см	10		
7	БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4,0		
8	ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	—		
9	Перманганатная окисляемость, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2,8		
10	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	53,0		
11	Сульфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	662,0		
12	Ионы аммония, мг/дм <sup>3</sup>	10,0		
13	Нитрит-ионы, мг/дм <sup>3</sup>	0,12		
14	Нитрат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>	10,0		
15	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,046		
16	АПДВ, мг/дм <sup>3</sup>	10,0		
17	Общее железо, мг/дм <sup>3</sup>	1,314		
18	Фосфор фосфатов, мг/дм <sup>3</sup>	10,0		
19	Фенол, мг/дм <sup>3</sup>	—		
20	Формальдегид, мг/дм <sup>3</sup>	—		
21	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	—		
22	Марганец, мг/дм <sup>3</sup>	—		
23	Ионы меди, мг/дм <sup>3</sup>	0,064		
24	Метанол, мг/дм <sup>3</sup>	—		
25	Никель, мг/дм <sup>3</sup>	10,0		
26	Хром 6+, мг/дм <sup>3</sup>	0,06		
27	Хром 3+, мг/дм <sup>3</sup>	10,0		
28	Растворенный кислород, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	—		
Условия окр. среды при проведении КХА	Температура окр. среды, °С	20±5		
	Влажность, %	не более 80 при температуре ±25°C		
	Давление, мм. рт. ст.	630 - 800		
Напряжение в сети, частота, кВ, Гц		220±22/50±1		

Таблица Ж.5 – Протокол результатов химико-аналитических исследований поверхностной воды Клоковского ручья в створе выпуска промышленных сточных вод ЗАО «Тулаэлектропривод» (№1)

ООО «ЭКОСЕРВИС»

ПРОТОКОЛ № 6

Результатов количественного химического анализа  
Природных и сточных вод

Наименование объекта ЗАО «Тулаэлектропривод» Клоковский  
Характеристика пробы сточные воды  
Дата отбора пробы 30.11.10 11:30  
Дата проведения КХА 30.11.10

№	Наименование определяемого ингредиента, Единицы измерения	Результаты КХА с погрешностью измерений при P=0.95		
		Идентификация проб		
		Факт. значение	ПДК	Примечание
1	Запах	<u>Хим.</u>	<u>Ф</u>	
2	Цвет	<u>50005</u>	<u>5000</u>	
3	Водородный показатель, ед. рН	<u>8,05</u>	<u>6,5-8,5</u>	
4	Взвешенные вещества, мг./дм <sup>3</sup>	<u>2,04</u>	<u>9,75</u>	
5	Сухой остаток, мг./дм <sup>3</sup>	<u>996</u>	<u>100</u>	
6	Прозрачность, см.	<u>15</u>	<u>—</u>	
7	БПК, мг.О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	<u>7,1</u>	<u>не более 2,0</u>	
8	Растворенный кислород, мг.О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	<u>5,28</u>	<u>4,0-6,0</u>	
1	Цинк, мг./дм <sup>3</sup>	<u>0,001</u>	<u>0,01</u>	
2	Ионы меди, мг./дм <sup>3</sup>	<u>0,0001</u>	<u>0,001</u>	
3	Никель, мг./дм <sup>3</sup>	<u>0,003</u>	<u>0,01</u>	
4	Хром 3+, мг./дм <sup>3</sup>	<u>0,0122</u>	<u>0,04</u>	
5	Кадмий мг./дм <sup>3</sup>	<u>0,001</u>	<u>0,005</u>	
Условия окружающей среды при проведении КХА		Температура окр. среды	20 +-5	
		Влажность, %	Не более 80 при температуре 25°С	
		Давление, мм. рт. ст.	630-800	
Напряжение в сети / частота тока		220+-22/50+-1		

Химик – эколог \_\_\_\_\_

Литвина Л.В.