

Муниципальное бюджетное образовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа №4» села Монастырище Черниговского муниципального округа Приморского края

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды  
имени Б.В. Всесвятского

Номинация: «Экологический мониторинг»

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМА «ДАМБА» НА ОСНОВЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЗООПЛАНКТОНА

Учебно-исследовательская работа

Выполнила:

Колпакова Вероника  
Александровна,  
обучающаяся 8 класса

Руководитель:

Романенко Светлана  
Сергеевна, учитель  
биологии МБОУ СОШ  
№4 с. Монастырище  
Черниговского МО

Оригинальность текста: 86,7%

Черниговский МО  
2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава I. Обзор литературы .....	6
Глава II. Методика исследований.....	8
Глава III. Результаты исследования и их обсуждение .....	12
Выводы .....	18
Заключение .....	19
Список использованной литературы.....	21
Приложения .....	23

## Введение

Во многих регионах нашей страны все чаще ученые-экологи сталкиваются с проблемой загрязнения стоячих водоёмов. В связи с деятельностью развивающихся промышленных предприятий, сельским хозяйством, а также выбросом бытовых стоков в близлежащие водоёмы.

Многие коммунальные и промышленные предприятия недолжным образом очищают сточные воды при производстве, в водоёмы поступают кислоты, минеральные соли и щелочи. Фермеры в большом количестве применяют минеральные удобрения, пестициды, которые смываются дождем в близлежащие водоёмы. Бытовые стоки содержат вредные химические вещества, микроорганизмы и мелкий бытовой мусор.

Актуальность оценки экологического состояния прудов и озёр в современном мире обусловлена комплексом причин. Прежде всего, это необходимо для диагностики причин загрязнения и разработки стратегий по восстановлению качества воды. Далее, это позволяет определить пригодность водоёмов для различных видов использования, включая купание и хозяйственные нужды. Наконец, такой анализ даёт возможность всесторонне изучить состояние экосистемы водоёма и выявить любые отклонения от нормы [12].

Экологическое состояние водоёма можно оценить по биологическому разнообразию. Чем больше компонентов в экосистеме, чем больше разнообразие растительных и животных организмов, тем более устойчивый биоценоз.

Здоровая водная экосистема обладает способностью к самоочищению. Этот процесс во многом зависит от работы мелких беспозвоночных животных, обитающих в воде: зоопланктона (плавающих) и зообентоса (живущих на дне). Многие из них, как фильтры, очищают воду, быстро пропуская через себя всю её толщу. Они удаляют из воды избыток водорослей, цианобактерии (включая токсичные), болезнетворные бактерии и взвешенные частицы, которые ухудшают качество воды.

Многие виды этих беспозвоночных очень чувствительны к загрязнению воды. Поэтому экологи используют их как "биоиндикаторы" – живые "датчики", позволяющие оценить состояние водоёма.

Наблюдение за разнообразием видов-биоиндикаторов крайне важно. Если видовое разнообразие снижается, это может указывать на загрязнение и помочь отследить изменения в экосистеме.

**Цель исследования:** Оценить экологическое состояние пруда «Дамба» путем изучения видового состава зоопланктона.

**Задачи исследования:**

1. Изучить методы анализа воды, основанные на исследовании зоопланктона;
2. В течение четырех месяцев собирать пробы воды из пруда «Дамба»;
3. Определить, какие виды зоопланктона обитают в пруду;
4. Определить количество каждого вида зоопланктона;

5. Выявить виды-биоиндикаторы и оценить экологическое состояние пруда на основе состава зоопланктона;
6. Оценить способность экосистемы пруда к самоочищению;
7. Разработать рекомендации по улучшению экологического состояния пруда.

**Объект исследования:** пруд «Дамба», расположенный близ военного гарнизона с. Монастырище Черниговского МО Приморского края

**Предмет исследования:** зоопланктон водоёма

**Актуальность исследования** состоит в том, чтобы изучить видовое разнообразие зоопланктона, так как этот компонент водных экосистем является важным звеном трофической цепи и наиболее сильно реагирует на изменения условий окружающей среды; загрязнение водоема влияет на жизнедеятельность отдельных живых организмов и на функционирование всей водной системы.

**Научная новизна работы** заключается в установлении закономерностей, управляющих разнообразием зоопланктона, который формируется под влиянием природных и антропогенных факторов. Зоопланктон, как неотъемлемая часть водных экосистем, выполняет важные функции, включая самоочищение водоемов, и служит ценным индикатором экологического благополучия, чутко реагируя на изменения окружающей среды.

**Место исследования:** пруд, расположенный близ военного гарнизона с. Монастырище Черниговского муниципального округа Приморского края. Пруд был создан в советские годы для орошения сельскохозяйственных полей. В настоящее время служит местом рыбалки и отдыха жителей села.

**Сроки проведения исследования:** изучение видового состава проводилось с июля 2025 по октябрь 2025.

Изучение зоопланктона пруда «Дамба» имеет важное **практическое значение**. Во-первых, зоопланктон служит показателем здоровья окружающей среды. Во-вторых, анализ зоопланктона в Черниговском муниципальном округе помогает понять, как формируются сообщества живых организмов в воде и какие условия им необходимы.

Полученные данные о количестве и видах зоопланктона позволяют:

1. Вести долгосрочный мониторинг состояния пруда;
2. Оценивать текущее состояние экосистемы;
3. Предсказывать возможные изменения, в том числе вызванные деятельностью человека.

Результаты исследования могут быть использованы для:

1. Отслеживания изменений в водных экосистемах;
2. Разработки мер по сохранению и улучшению качества воды;
3. Принятия оперативных решений природоохранными организациями на основе изменений в зоопланктонных сообществах.

**Проблема, на решение которой направлена работа.** Изучение видового состава и численности водных организмов позволяет получить важную информацию о загрязнении воды, наличии токсичных веществ и ее пригодности для водоснабжения. Данная работа направлена на применение

эффективного метода оценки качества воды в поверхностных водоемах, основанного на биоиндикации. Особое значение этот метод имеет для малоизученных водоемов, в частности, для пруда «Дамба», расположенного близ военного гарнизона с. Монастырище Черниговского муниципального округа Приморского края.

## Глава I. Обзор литературы

Качество воды, с точки зрения экологии, отражает благополучие всей водной среды, от мельчайших микроорганизмов до крупных животных. Это комплексная характеристика, определяемая физическими, химическими и биологическими свойствами воды. Для определения качества воды применяются различные методы исследования: химический анализ, бактериологический анализ и гидробиологический анализ (включающий биологический анализ) [8].

Биологический анализ, в частности, позволяет оценить состояние воды, изучая обитателей водоема – животных и растительных организмов. Состав этих организмов служит индикатором качества воды и уровня ее загрязнения. Для этого используются два основных подхода.

Оценка качества воды с использованием биоиндикаторов. Качество воды можно определить, изучая состав живых организмов, обитающих в ней. Для этого используются организмы-индикаторы, то есть виды, присутствие или отсутствие которых указывает на определенный уровень загрязнения.

Метод оценки. Сравнивается структура сообществ живых существ в разных участках водоема, включая участки с разной степенью загрязнения, и сопоставляется с контрольным участком (чистым).

Сапробность представляет собой интегральный показатель качества воды, отражающий степень её загрязненности органическими веществами. Этот показатель определяется способностью водных экосистем к разложению органических соединений и зависит от множества факторов, включая количество и тип органических загрязнений, концентрацию растворенного кислорода, скорость процессов разложения и условия окружающей среды [15].

Факторы, влияющие на сапробность водоемов:

1. Количество и тип органических веществ: Чем больше содержание легкоразлагаемых органических соединений (например, белков, углеводов), тем выше уровень сапробности;

2. Растворенный кислород. Недостаток кислорода способствует анаэробному разложению, которое сопровождается образованием токсичных продуктов (сероводород);

3. Скорость разложения: Скорость процесса влияет на накопление промежуточных продуктов распада, определяющих качество воды;

4. Температура и pH. Эти факторы также влияют на активность микроорганизмов, участвующих в процессах разложения.

В зависимости от уровня сапробности, выделяют четыре зоны, каждая из которых характеризуется определенными условиями и составом живых организмов:

**1. Полисапробные воды.** Сильно загрязненные воды с высоким содержанием органики (белков, углеводов), дефицитом кислорода и процессами гниения, сопровождающимися образованием сероводорода. В таких водах видовое разнообразие низкое, но некоторые виды могут быть очень многочисленными. Аэрофильные организмы отсутствуют;

**2. Альфа-мезосапробные воды.** Воды, в которых активно протекает процесс самоочищения. Здесь происходят окислительно-восстановительные процессы. Обитают организмы, приспособленные к низкому содержанию кислорода и высокому содержанию углекислоты. Преобладают растения, питающиеся как гетеротрофно, так и миксотрофно. Примеры: деревенские пруды, каналы;

**3. Бета-мезосапробные воды.** Воды, в которых самоочищение происходит медленнее, чем в альфа-мезосапробных. Преобладают окислительные процессы, часто наблюдается избыток кислорода. Происходит минерализация белка, образуются аммонийные соединения, нитриты и нитраты. Пример: воды полей орошения после очистки;

**4. Олигосапробные воды** представляют собой водоемы с крайне низким уровнем загрязнения, такие как большие озера. Для них характерны: высокое содержание растворенного кислорода и низкое содержание углекислого газа, отсутствие массового развития водорослей (цветения) и минимальное накопление органических остатков (детрита) на дне. В этих водах доминируют организмы, способные самостоятельно синтезировать органические вещества (автотрофы), а также обитатели дна (бентос).

Особенности олигосапробных вод: во-первых, эти воды характеризуются низким уровнем органического загрязнения, стабильностью химического состава, минимальным наличием отложений на дне и слабым развитием водорослей. Типичны для крупных чистых озёр и рек с хорошей циркуляцией воды.

Для оценки сапробности применяют методы изучения различных групп гидробионтов:

1. Фитопланктон: основной производитель первичной продукции, изменения которого указывают на нарушения экологии водоёма;

2. Зоопланктон: включает простейших, коловраток и ракообразных, чувствителен к изменениям условий среды и служит индикатором загрязнения;

3. Донные организмы: отражают долгосрочные тенденции загрязнения водоёмов, особенно полезны при мониторинге промышленных выбросов.

Биологический метод обладает преимуществами перед химическим и бактериологическим анализами, так как даёт комплексную оценку состояния водоёма за длительные периоды времени.

Оценка сапробности помогает определить экологическое состояние водного объекта и выбрать необходимые меры защиты и реабилитации водоёмов. Методология основана на глубоком понимании взаимосвязей между качеством воды и составом живых организмов, позволяя эффективно контролировать и предотвращать ухудшение экологической ситуации.

## Глава II. Методика исследований

Безусловно, было бы оптимально провести полный учет всех планктонных животных. Но это практически невозможно из-за огромного разброса в их размерах: от микроскопических 20 микрометров до нескольких миллиметров.

Планктонная сеть — специальное приспособление, предназначенное для сбора планктона из водных сред. Представляет собой конструкцию, схожую с обычным рыболовецким сачком, оснащённую тонкой сетью («планктонный газ»), способной удерживать даже самые мелкие организмы, пропуская лишь чистую воду. Основу конструкции составляет сетка из специальной материи с мелкими ячейками (обычно размером около 0,15—0,1 мм), прикрепленная к металлической рамке или каркасу. Для повышения эффективности сеть оборудуется контейнером или мешком, куда собирается уловленный материал. Наиболее распространённые материалы для изготовления сетей включают: мельничные сита с мелкой структурой ячейки (около 0,15—0,1 мм); капроновые нити, обеспечивающие прочность и устойчивость к воздействию воды; проволока и металлическая арматура для каркаса; плотная ткань для крепления и фиксации элементов конструкции.

Вместо специального планктонного стакана мы использовали пустой флакон от силикатного клея, вырезали у него дно. В сосуде было предусмотрено сливное отверстие снизу, надев на горлышко резиновую трубку.

Процеживание представляет собой удобный и понятный для школьников метод сбора проб зоопланктона. Он заключается в заборе воды из водоема и последующем фильтровании ее через планктонную сеть.

Для сбора воды используется сосуд фиксированного объема, мы использовали ведро объемом 5 литров. Затем вода из этого сосуда направляется в горловину планктонной сети. В процессе фильтрации вся вода проходит через материал сети, а зоопланктон задерживается в специальном сборном стакане [9].

Определив объем используемого сосуда и количество заборов воды, можно точно вычислить общий объем профильтрованной воды. Объем воды, подвергаемый процеживанию каждый месяц составлял 5 литров.

Наше исследование включало следующие этапы сбора образцов:

Первый сбор: в начале июля.

Второй сбор: в конце июля, когда наблюдался пик численности веслоногих ракообразных и их личинок.

Третий сбор: в первой половине августа, отмеченный пиком численности ракообразных и коловраток.

Четвертый сбор: в конце августа, характеризующийся «цветением» водоема, угнетенным состоянием зоопланктона и развитием мелких форм.

Пятый и шестой сборы: по одному образцу в сентябре и октябре соответственно.

Седьмой сбор: в октябре, когда можно было обнаружить самцов ветвистоусых ракообразных, что облегчало их видовое определение.

Обработка и маркировка образцов. После извлечения зоопланктона из планктонного стакана, вода аккуратно сливалась в чистый сосуд подходящего объема (мы использовали стеклянные стаканы на 200 мл), предварительно ополоснутый водой из того же водоема. Для временного хранения подходили стеклянные или пластиковые емкости с плотно закрывающимися крышками. Перед отправкой в лабораторию каждый сосуд с образцом оборачивался бумагой, на которой указывалась информация о месте и времени сбора.

В лаборатории образцы либо анализировались в живом состоянии, либо фиксировались. Перед фиксацией возможно было изменить концентрацию пробы путем добавления или удаления воды (с помощью специальной пипетки). Для фиксации обычно применялся 4% раствор формалина (смешивая 1 часть 40% формалина с 9 частями пробы). Следует учитывать, что при низких температурах формалин может образовывать осадок. В качестве альтернативы мы использовали 70% спирт для фиксации в нашем исследовании. Каждый образец, предназначенный для хранения или транспортировки, должен был иметь этикетку с необходимой информацией: номер пробы, название водоема, дата сбора, глубина и использованное оборудование [12].

#### **Анализ образцов (качественный и количественный):**

Основная задача качественного анализа проб заключалась в идентификации видов организмов, входящих в состав планктона. Для точного определения некоторых животных требовалась работа с ними в живом виде. Поэтому, помимо проб для фиксации, необходимо было собирать несколько «живых» проб. Эти живые образцы следовало исследовать немедленно по возвращении в лабораторию. Например, коловраток мы исследовали сразу же после возвращения в школу, поскольку при фиксации они деформируются и могут быть определены только в живом состоянии. В отличие от них, ракообразные теряют прозрачность при обработке формалином.

Важно использовать отдельную посуду для работы с живыми и фиксированными пробами. Даже минимальные остатки консервантов, таких как формалин или спирт, могут привести к гибели живых организмов [13].

#### **Исследование образцов планктона.**

**Предварительная оценка.** Небольшую порцию планктона, извлеченную из пробирки (полученную после фильтрации воды), аккуратно переносят пипеткой в чашку Петри. Затем образец осматривают под бинокулярным микроскопом при умеренном увеличении (от 16 до 32 раз).

**Выделение и детальный анализ.** Отдельные организмы из чашки Петри отбирают пипеткой и помещают на предметное стекло. После этого их исследуют при значительном увеличении микроскопа (от 80 до 320 раз) для более тщательного изучения.

**Подготовка к микроскопическому наблюдению.** Для изучения под микроскопом каплю с исследуемым объектом накрывают покровным стеклом. Чтобы избежать повреждения хрупких организмов, под покровное стекло

помещают крошечные шарики из пластилина, создавая таким образом небольшие опоры. Этот прием также помогает замедлить или полностью остановить движение живых организмов, что упрощает их определение. Для очень мелких объектов такие опоры не нужны. Движение можно замедлить и другими способами: добавив в каплю вязкие вещества, например, крахмальный клейстер, или аккуратно удалив большую часть воды пипеткой. При минимальном количестве жидкости организмы практически перестают двигаться, что позволяет их детально рассмотреть [7].

#### **Работа с фиксированными пробами:**

Организмы, не требующие определения в живом состоянии, можно изучать, извлекая их пипеткой из фиксированных проб. Часть фиксированной пробы также помещается в чашку Петри, откуда отбираются отдельные особи для дальнейшего исследования. Для улучшения прозрачности в каплю на предметном стекле добавляют глицерин. Осторожно перемещая покровное стекло, можно изменить положение объекта и рассмотреть его с разных сторон.

#### **Определение видов и анализ проб.**

Для установления видовой принадлежности организмов мы опирались на специализированный справочник – «Определитель зоопланктона и зообентоса Европейской России» (том 1, под ред. Алексеева В.Р., Целолихина С.Я.).

#### **Количественный анализ проб.**

Наша цель заключалась в определении численности каждого вида в отобранной пробе и в водоеме в целом. При обнаружении небольшого количества организмов (до ста особей) в пробе, мы проводили полный подсчет. Для этого пробы концентрировались и помещались в счетную камеру. Мы использовали именно этот метод.

Существуют два основных типа счетных камер. Камера Горяева: Представляет собой емкость с сеткой (например, 1x1 см) на дне. Проба или ее известный объем помещается в камеру и исследуется под микроскопом.

Мы изготовили собственную версию такой камеры, нанеся сетку на дно пластиковой чашки Петри. Разметка была выполнена острым инструментом (скальпелем или иглой) и пронумерована для удобства наблюдения [4].

Рассчитать численность (количество организмов в 1 м<sup>3</sup>) зоопланктона:  
 $x = 1000 n / V$ , где  $n$  – количество организмов в пробе, экз.,  $V$  – объем воды, процеженной через сеть, л.

Рассчитать биомассу. Для этого индивидуальную массу каждого организма (табл. 2) умножить на его численность.

Оценить доминантность видов по численности и биомассе:

$$d = (N / \Sigma N) \times 100\%,$$

где  $N$  – численность (или биомасса) особей данного вида;  $\Sigma N$  – общая численность (или биомасса) особей всех видов.

Характеризуя каждое сообщество доминантов выделить в пределах  $10 < d < 100$ , субдоминантов –  $1 < d < 9.99$ , субдоминантов первого порядка –  $0.1 < d < 0.99$  и второстепенные члены –  $d < 0.099$ .

Абсолютную численность гидробионтов перевести в частоту

встречаемости  $h$  в соответствии со шкалой, представленной в (Табл. 3).

Рассчитать индекс сапробности ( $S$ ) по методу Пантле и Букк в модификации Сладечека (Sladecsek, 1973) по формуле:

$$S = \sum sh / \sum h,$$

где  $s$  – индикаторная значимость [15],  $h$  – частота встречаемости вида.

Индекс сапробности в пределах 4.0–3.5 соответствует полисапробной; 3.5–2.5 – альфамезосапробной; 2.5–1.5 – бетамезосапробной; 1.5–1.0 – олигосапробной зонам.

Вычислить соотношение числа видов-индикаторов мезоэвтрофного и олигомезотрофного типов [15]:

$$E/O;$$

где  $E$  – коэффициент трофии  $E = K(x+1)/(A+V) (y + 1)$ ,  $K$  – число видов коловраток,  $A$  – ветвистоусых,  $V$  – веслоногих,  $x$  – число мезоэвтрофных видов,  $y$  – олигомезотрофных;

Оценить трофический тип водоема и степень загрязнения по сапробности согласно рассчитанным показателям, используя Табл. 4.

### Глава III. Результаты исследования и их обсуждение

Черниговский муниципальный округ Приморского края, является административной единицей, центром которой является село Черниговка. Его территория охватывает 1840,42 квадратных километра. Основная экономическая деятельность округа сосредоточена в сельском хозяйстве. Помимо этого, здесь ведется добыча нерудных полезных ископаемых, осуществляется производство стройматериалов, а также функционирует инфраструктура, обслуживающая Дальневосточную железную дорогу.

Географически Черниговский район находится в южной части центрального Приморья. Он занимает юго-восточные просторы Приханкайской равнины и часть южных склонов Синего хребта. Самая высокая точка местности достигает 857 метров над уровнем моря, находясь на массиве горы Рябая Сопка. На севере округ граничит с озером Ханка.

Климат Черниговского муниципального округа относится к муссонному типу умеренного пояса. Для него характерны морозные, малоснежные зимы и жаркое лето. Зимний период определяется господством сухого и холодного континентального воздуха, приходящего с северо-запада (зимний муссон). Средняя температура зимой отрицательная, с минимальными значениями до  $-46^{\circ}\text{C}$ . Летом преобладают восточные и юго-восточные ветры (летние муссоны), которые приносят влажный морской воздух. В первой половине лета этот воздух прохладный, а во второй – хорошо прогретый. В летний период нередко тропические циклоны, известные как тайфуны. Самым теплым месяцем в Черниговском районе является август, со средней температурой  $+20,5^{\circ}\text{C}$ . По уровню увлажненности округ уступает многим другим муниципалитетам Приморского края. Большая часть осадков (70% от годовой нормы) выпадает летом и осенью, тогда как зимой их доля составляет всего 10%.

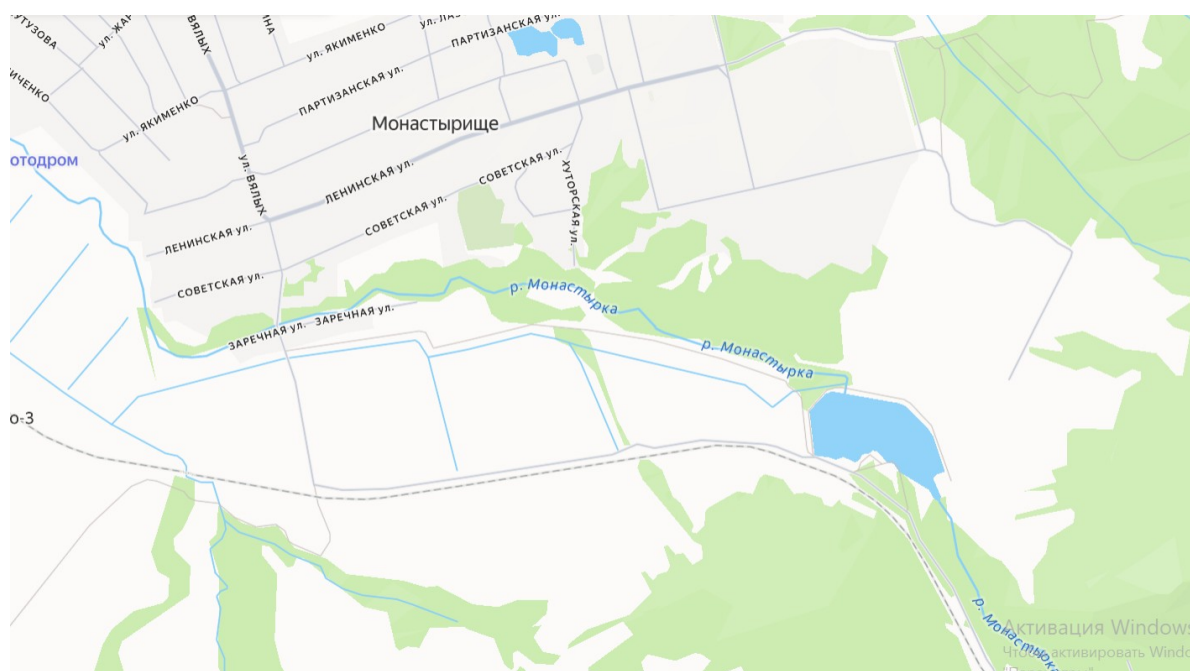


Рис. 1. Местоположения пруда «Дамба» близ села Моностырице

Пруд «Дамба» располагается на востоке в двух километрах от военной части села Монастырище (Рис. 1). С южной стороны к пруду примыкают сельскохозяйственные поля, на которых обычно выращивают сою или кукурузу. В пруд втекает река Монастырка, которая протекает через поселки Сибирцево и Монастырище. Река Монастырка впадает в реку Илестую. Таким образом, питание пруда происходит за счет р. Монастырка, а также сезонных дождей и таяния снега весной. Водоем относится к ложбинному типу, характеризуется небольшой глубиной (2-3 метра), площадью 189867 м<sup>2</sup>. Цвет воды в летний период от зеленоватого до бурого цвета, на дне присутствуют иловые отложения. Замерзает пруд в начале декабря, перемерзает с января до апреля; вскрывается в конце апреля — начале мая (Рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид пруда «Дамба»

Изучение состава зоопланктона пруда «Дамба» проводилось с июля по октябрь 2025 года в ходе семи отобранных нами проб было выявлено 30 видов зоопланктона. Среди них 11 видов веслоногих рачков (Рис. 7,11,14), 5 видов ветвистоусых рачков (Рис. 15), 14 видов коловраток (Рис. 6,8,9,12,13). Также 3 вида простейших, личинки насекомых и круглые черви. Эти представители фауны водоема нами не учитывались при расчетах, так как относятся к зообентосу.

Таблица 1. Видовое разнообразие зоопланктона пруда «Дамба»

Вид, род	Июль (кол-во в пробе)	Август (кол-во в пробе)	Сентябрь (кол-во в пробе)	Октябрь (кол-во в пробе)	Биомасса (мг)	Индекс значи- мости (S)	Виды инд-ры разной степени трофии	Частота встреча- емости в баллах (h)
<i>Веслоногие рачки</i>								
<i>I. Acanthocyclops vernalis</i>	17	20	20	12	0,45	1,3	1	3

2. <i>Ceclops vicinus</i>	20	16	15	9	0,032	1,2	1	3
3. <i>Mesocyclops crassus</i>	5	7	3	2	0,035	1,1	2	1
4. <i>Eucyclops macrurus</i>	8	4	3	1	0,08	1,3	2	1
5. <i>Cuclops kolensis</i>	3	2	0	0	0,1	1,3	1	1
6. <i>Cuclops singularis</i>	5	7	2	0	0,35	1,2	1	1
7. <i>Mesocyclops leuckarki</i>	6	9	4	2	0,09	1,4	2	1
8. <i>Megacyclops viridis</i>	8	8	5	3	0,08	1,5	2	2
9. <i>Diaptomus sp.</i>	7	5	2	0	0,35	1,2	2	1
10. <i>Cuclops strenuus</i>	9	6	5	4	0,42	1,3	1	1
11. <i>Нуплии</i>	7	9	6	0	0,018			
<i>Ветвистоусые рачки</i>								
1. <i>Daphnia magna</i>	3	4	3	0	0,16	1,75	2	1
2. <i>Daphanosoma</i>	2	1	1	0	0,03	1	2	1
3. <i>Daphnia curvirostis</i>	3	2	3	0	0,06	1,2	2	1
4. <i>Sida kolensis</i>	4	3	2	1	0,18	1,3	2	1
5. <i>Daphnia sinevi</i>	5	3	3	1	0,12	1,5	2	1
<i>Коловратки</i>								
1. <i>Kerattella cochlearis</i>	10	8	7	4	0,0016	1,55	1	1
2. <i>Kerattella quadrata</i>	15	30	10	6	0,0048	1,55	2	3
3. <i>Kellicottia longispina</i>	8	10	9	3	0,003	1,25	2	3
4. <i>Syncchaeta</i>	5	6	3	11	0,318	1,56	1	1
5. <i>Polyarthra vulgaris</i>	15	18	9	5	0,072	1,65	1	3
6. <i>Cephalodella</i>	5	7	3	0	0,014	1,1	2	1
7. <i>Kerattella irregularis</i>	10	9	5	2	0,9	1,25	1	2
8. <i>Lapadella acuminata</i>	8	6	3	0	0,18	1,35	2	1
9. <i>Lenane bulla</i>	3	2	0	0	0,04	1,25	2	1
10. <i>Kerattella cochlearis</i>	9	11	6	2	1,1	1,55	1	3

11. <i>Kerattella macracantha</i>	3	2	0	0	0,004	1	2	1
12. <i>Fininia longiseta</i>	3	3	0	0	0,003	2,35	1	1
13. <i>Polyarthra luminosa</i>	10	9	5	2	0,0008	1,8	2	2
14. <i>Trichorca longiseta</i>	5	6	3	1	0,0018	1,3	2	1

Примечание: 1) Виды индикаторы разной степени трофии: 1 – виды мезотрофного типа; 2 – виды олигомезотропного типа. 2) Частота встречаемости в баллах: 1 балл - < 1% (очень редко); 2 балла – 2-3% (редко); 3 балла – 4-10% (нередко); 5 баллов – 10-20% (часто); 7 баллов – 20-40% (очень часто). 3) Расчёты биомассы, индекс значимости (S), частота встречаемости в баллах (h) рассчитывалась на основании пробы, взятой в августе (когда наблюдался пик численности зоопланктона).

Все вычисления производились по пробам, взятым в августе, когда стояла наиболее теплая погода (Рис. 16). По нашим предположениям это наиболее подходящий месяц для оценки численности, так как в данный период года происходит наиболее интенсивное размножение видов зоопланктона.

Численность зоопланктона составила 45400 организмов/м<sup>3</sup> – достаточно высокая численность. При эвтрофировании из-за обогащения пруда биогенными элементами и увеличения фитопланктона, а также бактерий, часто наблюдается повышение общей численности зоопланктона [7].

Биомасса зоопланктона составила 5,067 г/м<sup>3</sup> достаточно высокий показатель, указывающий на эвтрофный тип водоема, согласно классификации С.П. Китаева [5].

Доминантами по численности (d), согласно расчетам, стали представители коловраток и веслоногих ракообразных: *Kerattella quadrata* (13,2%), *Acanthocyclops vernalis* (8,8%), *Polyarthra vulgaris* (7,9%), *Ceclops vicinus* (7%), *Kerattella cochlearis* (4,8%), *Kellicottia longispina* (4,4%), *Kerattella irregularis* (3,9%), *Polyarthra luminosa* (3,9%), *Mesocyclops leuckarki* (3,9%) (Рис.3).

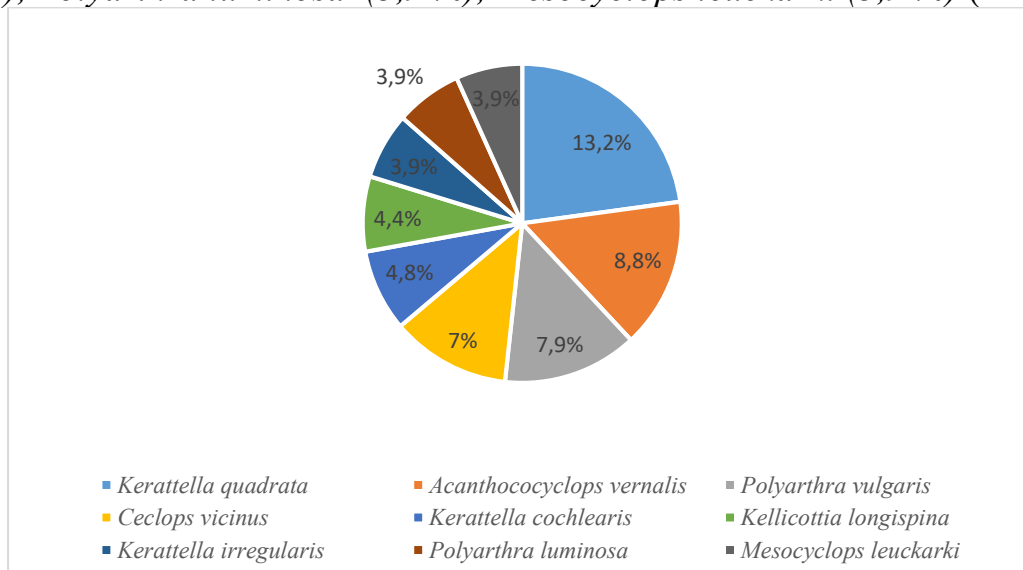


Рис. 3. Распределение видов- доминантов зоопланктона по численности (d) (%).

Доминантами по биомассе, согласно расчетам, стали также представители коловраток и веслоногих ракообразных: *Kerattella cochlearis* (21,4%), *Kerattella irregularis* (17,5%), *Acanthocyclops vernalis* (8,7%), *Cuclops singularis* (6,8%), *Diaptomus sp.* (6,8%), *Syncchaeta* (6,1%), *Lapadella acuminata* (3,5%) (Рис. 4).

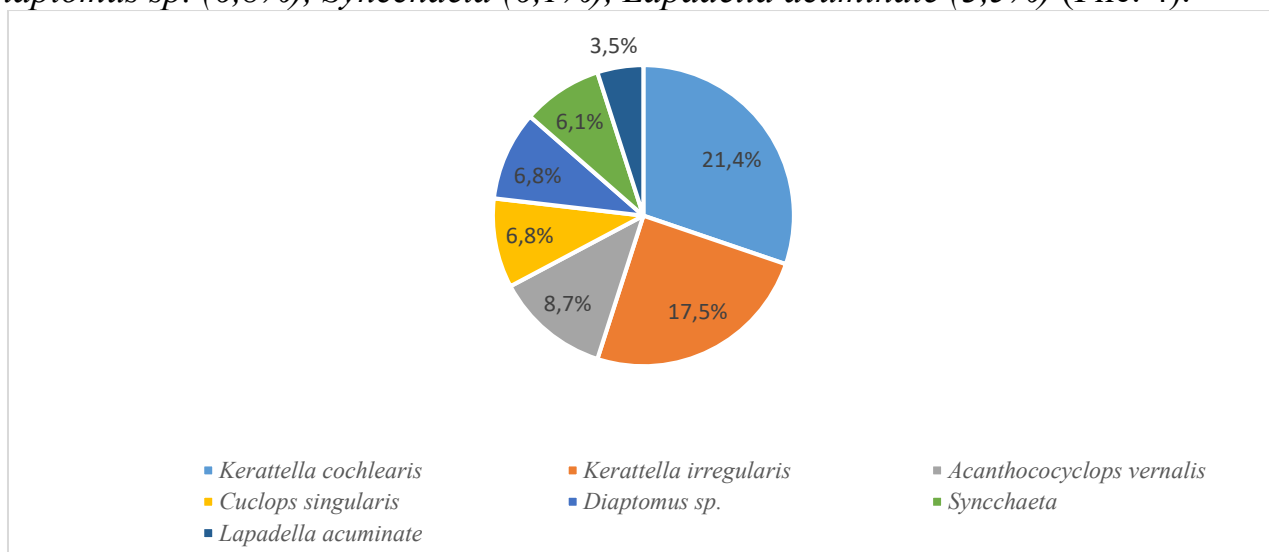


Рис. 4. Распределение видов-доминантов зоопланктона по биомассе (%).

В водоеме наблюдается умеренное загрязнение, о чем свидетельствует показатель сапробности (S), равный 1,63. Этот показатель соответствует бетамезосапробной зоне, которая характеризуется следующими особенностями:

1. В воде накапливается определенное количество органических веществ;
2. Развитие растительности. В водоеме активно развивается фитопланктон (автотрофные организмы);
3. Донные процессы. В донных отложениях преобладают окислительные процессы, дно покрыто желтым илом;
4. Продукты разложения. В воде присутствуют продукты разложения органических веществ.

Расчет индекса сапробности был произведен по методике Пантле и Букк в модификации Сладеечка [15].

Коэффициент трофии (E), согласно расчетам, составил 2,4. Данный показатель характеризуется как эвтрофный тип. Присутствует высокое содержание органического вещества и биогенных элементов (соединения азота и фосфора). По гидрохимическим показателям данный тип характеризуется избытком кислорода в поверхностном слое (из-за активного фотосинтеза фитопланктона) и дефицита кислорода в придонном слое (из-за разложения органики).

Преобладание водорослей и фитопланктона (автотрофы), служит кормовой базой для зоопланктона. Высокая продуктивность обеспечивает обилие пищи, но при цветении водоема, который наблюдается со второй половины июля. Данный процесс может приводить к снижению видового разнообразия из-за дефицита кислорода.

Загрязнение водоемов оказывает негативное влияние на зоопланктон: видовое разнообразие сокращается. В загрязненных условиях выживают и размножаются в основном виды с высокой скоростью размножения и простыми жизненными циклами, такие как коловратки и веслоногие ракообразные. В результате, в загрязненных водоемах часто наблюдается доминирование всего нескольких видов, в то время как численность веслоногих рачков снижается [10]. Так, в пруде «Дамба» доминируют коловратки *Kerattella quadrata*, *Kerattella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, циклопы *Ceclops vicinus*, *Cuclops singularis* которые адаптивны к повышенной продуктивности и содержанию органических веществ (Рис.2). Некоторые виды коловраток достаточно устойчивы к пестицидам и другим токсинам, которые могут попадать в водоем со сточными водами.

В результате подсчета численности и определения видового разнообразия, в водоеме малое количество ветвистоусых рачков. Эти организмы являются фильтраторами и питаются в основном мелкими частицами (бактериями, одноклеточными водорослями). При цветении воды, характерном для эфротрофного типа (богатым питательными веществами) водоема, преобладают формы водорослей, которые слишком велики для потребления ветвистоусыми рачками. Кроме того, в пруде «Дамба» наблюдается преобладание других групп зоопланктона: коловратки и веслоногие ракообразные. Они могут более эффективно использовать имеющиеся ресурсы или конкурировать с ветвистоусыми за пищу. Бурное развитие водорослей может приводить к резким колебаниям концентрации растворенного кислорода. Ветвистоусые ракообразные чувствительны к низкому содержанию кислорода, поэтому их численность и видовое разнообразие сильно снижено [8].

#### **Рекомендации для предотвращения загрязнения водоёма сточными водами:**

1. Прекратить сброс сточных вод и отведение их за пределы акватории;
2. Использовать искусственную аэрацию с помощью систем донной аэрации (компрессоров) или поверхностных аэраторов (фонтанов, помп);
3. Информирование населения о необходимости применения моющих средств, состав которых не содержит фосфор;
4. Промывание водоёма с поступлением вод, состав которых имеет мало органических веществ;
5. Систематическое удаление скоплений водорослей и растений;
6. Изменение формы водоема для увеличения циркуляции воды и предотвращения её застаивания;
7. Введение растительноядных рыб в акваторию, для сокращения численности фитопланктона;
8. Высадка рогоза или рдеста по берегам пруда, высшие растения будут конкурировать с водорослями за питательные вещества;
9. Использование биопрепаратов, таких как бактерии и ферменты, которые способны поглощать избыток фосфора и азота. Таким образом, будет происходить снижение численности водорослей;

10. Внесение в пруд ячменной смолы. При её разложении будут выделяться вещества, подавляющие развитие фитопланктона;

11. Предотвратить попадание пестицидов с сельскохозяйственных полей в водоём с помощью санитарно-защитных разрывов между угодьями и водоёмом.

## Выводы

1. В ходе выполнения работы был изучен метод биологического анализа качества воды по индикаторным организмам.

2. Отобраны пробы воды с июля по октябрь 2025 года в ходе семи отобранных нами проб было выявлено 30 видов зоопланктона; выявлены основные группы и видовой состав зоопланктона пруда «Дамба».

3. Определены количественные характеристики зоопланктона, при этом средняя численность составляла 45400 организмов/м<sup>3</sup>, средняя биомасса 5,067 г/м<sup>3</sup>.

4. На основании проведенного исследования были выявлены доминанты по численности и по биомассе. Доминируют коловратки и веслоногие ракообразные. В водоеме присутствует малое количество ветвистоусых ракообразных.

5. Таким образом, установлено, что в водоеме наблюдается умеренное загрязнение (бетамезосапробная зона), о чем свидетельствует показатель сапробности (S), равный 1,63. В водоеме присутствует высокое содержание биогенных элементов и органического вещества, данный водоем характеризуется эвтрофный. Коэффициент трофии (E) составил 2,4.

6. Качество воды, согласно проведенным подсчетам, соответствует III классу. В водоеме возможно присутствие органических и химических веществ (бытовые стоки и сельскохозяйственные удобрения). Флора и фауна могут быть менее разнообразная, по сравнению чистыми (о чем свидетельствует небольшое видовое разнообразие ветвистоусых ракообразных).

7. Водоем сохраняет способность к самоочищению при соблюдении нормативов антропогенного воздействия. Но их резервы сильно ограничены, что требует контроля сбросов и сохранения биоты.

8. Были составлены рекомендации для предотвращения загрязнения водоёма сточными водами

## Заключение

В ходе проведенной работы был освоен и применен метод биологической оценки качества воды, основанный на анализе индикаторных организмов. Для исследования были отобраны пробы воды из пруда «Дамба». В результате была проведена идентификация основных групп и видового состава зоопланктона, а также определены доминирующие виды как по численности, так и по биомассе. Полученные данные позволили классифицировать качество воды как III класс (умеренно загрязненная). Причиной такого состояния является высокое содержание растворенной органики и значительное накопление органического ила на дне водоема. Эти факторы создают предпосылки для возникновения придонных заморов и гипоксии в нижних слоях воды из-за недостатка кислорода.

В результате определения видового состава зоопланктона нами было выявлено, что в водоеме присутствует малое количество ветвистоусых ракообразных и большое количество коловраток, некоторое количество веслоногих рачков. Ветвистоусые ракообразные чувствительны к низкому содержанию растворенного кислорода, вызванное активным распадом органических веществ на дне. Доминантами по численности являются коловратки и веслоногие ракообразные - *Kerattella quadrata*, *Acanthocyclops vernalis*, эти виды хорошо адаптируются к колебаниям уровня кислорода и наличию продуктов распада. Также данные виды быстро размножаются, что позволяет им быстро реагировать на наличие обильной пищи (бактерии) и доминировать в этих условиях [6].

Причинами загрязнения водоема мы предполагаем стали: во-первых, слив сточных вод в реку «Монастырка», которая протекает по поселкам Сибирцево и Монастырище, а затем втекает в пруд «Дамба». Бытовые стоки содержат много органических веществ, токсичные химикаты, патогенные микроорганизмы. Во-вторых, рядом с водоемом находятся поля, где выращивают сельскохозяйственные культуры. Можно предположить, что поля систематически обрабатывают удобрениями и пестицидами, которые вымываются в водоем. Удобрения содержат большое количество азота и фосфора, которые стимулируют чрезмерный рост автотрофных организмов. Таким образом, отмершие водоросли и планктон оседают на дно, где разложение мёртвых остатков потребляет большое количество кислорода. В последствии это приводит к недостатку кислорода в придонных слоях. Бескислородная среда обеспечивает образование ядовитых газов, например, метан и сероводород, что еще больше может ухудшить качество воды [5].

Таким образом, самоочищение эвтрофного типа водоема сильно ограничено. При высоком накоплении биогенных элементов и нарушении трофических цепей. Главные фильтраторы (ветвистоусые ракообразные) вытесняются коловратками и веслоногими ракообразными. При повышенном эвтрифовании крупные колониальные формы водорослей становятся непригодны для питания зоопланктона, таким образом, нарушаются пищевые связи и накапливается органическое вещество на дне (как следствие, дефицит кислорода на дне). Самоочищение происходит за счет имеющихся организмов: бактерии-

сапрофиты разлагают органику до простых соединений, веслоногие и коловратки удаляют из воды взвешенные частицы и микроорганизмы.

## Список использованной литературы

1. Алексеева, В. Р. Определитель зоопланктона и зообентоса Европейской России: в 2 т. Т. 1 / В. Р. Алексеева, С. Я. Целохина. — Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2010. — 495 с.
2. Боголюбова, А. С. Изучение зоопланктона / А. С. Боголюбова, А. А. Котова // Экосистема. — 1999. — 23 с.
3. Гольд, З. М. Общая гидробиология: учебно-методическое пособие / З. М. Гольд, В. М. Гольд. — 2-е изд., перераб. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2013. — 158 с.
4. Гореликова, Н. М. Оценка качества воды Воткинского водохранилища по биологическим показателям / Н. М. Гореликова // Биологическая продуктивность и качество воды Волги и её водохранилищ. — Москва: Наука, 1984. — С. 117–122.
5. Деревенская, О. Ю. Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям: учебно-методическая разработка по курсу «Гидробиология» / О. Ю. Деревенская. — Казань: Казанский федеральный университет, 2015. — 44 с.
6. Дмитриев, В. В. Оценка экологического состояния водных объектов суши / В. В. Дмитриев // Экология. Безопасность. Жизнь. Экологический опыт гражданских, общественных инициатив. — Гатчина, 1999. — С. 200–217.
7. Иванова, Г. Г. Биологический анализ качества воды / Г. Г. Иванова, А. В. Маслова, Е. Х. Горчакова. — Чита: Читинский государственный университет, 2000. — 102 с.
8. Китаев, С. П. Экологические основы биопродуктивности озёр разных природных зон / С. П. Китаев. — Москва: Наука, 1984. — 207 с.
9. Круглова, О. Ю. Класс Crustacea — Ракообразные: методические рекомендации: в 2 ч. Ч. 1. Низшие ракообразные / О. Ю. Круглова. — Минск: Белорусский государственный университет, 2014. — 41 с.
10. Лукьянова, И. Ю. Экологический мониторинг: учебное пособие / И. Ю. Лукьянова, А. Н. Цыганов, Т. Г. Стойко. — Пенза: Издательство Пензенского государственного университета, 2016. — 60 с.
11. Ляндзберг, А. Р. Биоиндикация состояния пресного водоёма с помощью донных организмов / А. Р. Ляндзберг // Исследовательская работа школьников. — 2004. — № 1–2. — С. 1–22.
12. Макрушин, А. И. Биологический анализ качества воды / А. И. Макрушин. — Ленинград: Издательство Зоологического института АН СССР, 1974. — 60 с.
13. Мануйлова, Е. Ф. Ветвистоусые рачки Cladocera фауны СССР / Е. Ф. Мануйлова. — Ленинград: Наука, 1964. — 134 с.
14. Мелехова, О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / О. П. Мелехова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева. — Москва: Издательский центр «Академия», 2007. — С. 5–7.
15. Сенкевич, В. А. Гидроэкология: материалы к практическим занятиям:

учебно-методическое пособие / В. А. Сенкевич, Т. Г. Стойко. — Пенза: Издательство Пензенского государственного университета, 2021. — 72 с.

16. Чуйков, Ю. С. Задачи и принципы биологического анализа степени загрязнения водоёмов / Ю. С. Чуйков // Гидробиологический журнал. — 1975. — Т. 5. — С. 111–116.

17. Чуйков, Ю. С. Экологический анализ состава и структуры сообщества водных животных как метод биологической оценки качества вод / Ю. С. Чуйков // Экология. — 1978. — № 5. — С. 53–57.

18. Юрина, Н. А. Характеристика донных отложений и гидрохимических показателей воды водоёмов ООО «Албаши» при ведении рыборазведения и аквапоники / Н. А. Юрина, А. А. Данилова, А. Н. Гнеуш, Д. В. Горобец, Е. О. Хабарова // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. — 2020.

## Отчет о проверке

Автор: [echo.rgo@gmail.com](mailto:echo.rgo@gmail.com) / ID: 12161827

Проверяющий: ([echo.rgo@gmail.com](mailto:echo.rgo@gmail.com) / ID: 12161827)

Название документа: КОЛПАКОВА\_ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМА «ДАМБА» НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЗООПЛАНКТОНА

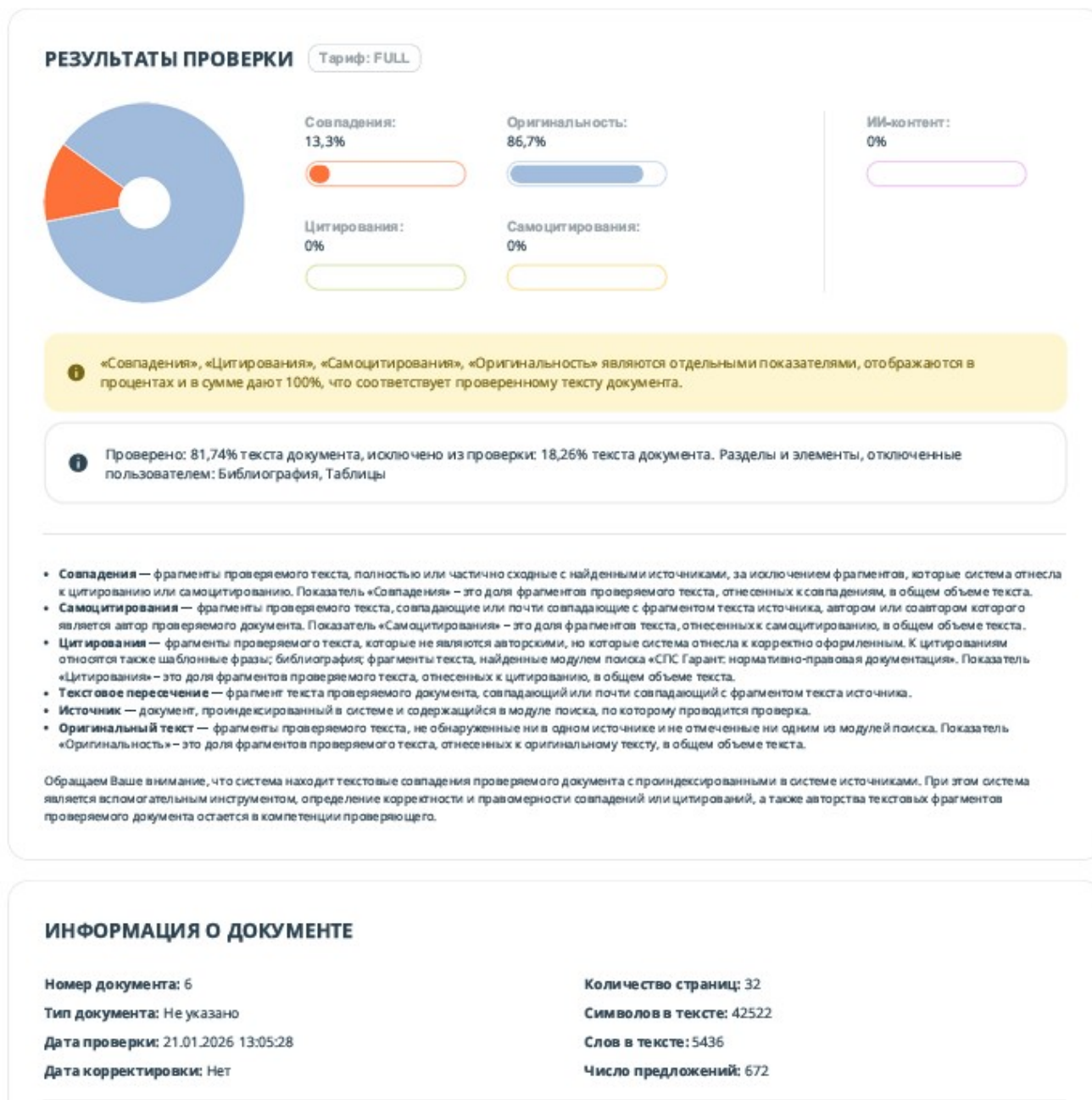


Рис. 5. Проверка уникальности на сайте «Антиплагиат.ру»

Таблица 2. Средний вес организмов, мг

<b>Коловратки</b>	
<i>Asplanchna priodonta</i>	0.02 (с яйцами 0.021)
<i>Euchlanis dilatata</i> , <i>Brachionus calyciflorus</i> , <i>Synchaeta pectinata</i>	0.004 (с яйцами 0.005)
Остальные	0.0004 (с яйцами 0.0005)
<b>Ветвистоусые рачки</b>	
Зародыш дафний (икринки)	0.001
<i>Leptodora kindtii</i> , <i>Polyphemus pediculus</i> , <i>Bosmina coregoni</i>	0.5 (с яйцами 0.55)
<i>Sida crystallina</i>	0.06 (с яйцами 0.07)
<i>Leydigia</i> sp., <i>Bosmina longirostris</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Acantoleberis</i> sp., <i>Rhynchotalona</i> sp., <i>Alona</i> sp., <i>Alonella</i> sp., <i>Macrotrix</i> sp.	0.01–0.02
<i>Daphnia magna</i>	0.233–0.5
<i>Daphnia longispina</i> , <i>D. cucullata</i> , <i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0.045–0.06
<i>Daphnia pulex</i>	0.05–0.06
<i>Moina rectirostris</i> , <i>Ceriodaphnia</i> sp.	0.031–0.04
<b>Веслоногие рачки</b>	
Науплии	0.002
Копеподные личинки	0.011
<i>Harpacticoida</i>	0.011 (с яйцами 0.012)
<i>Eucyclops</i> sp., <i>Mesosyclops</i> sp., <i>Paracyclops</i> sp.	0.015–0.02
<i>Diaptomus</i> sp., <i>Eurytemora</i> sp.	0.07–0.01
<i>Thermocyclops crassus</i> и др.	0.015–0.02
<i>Cyclops kolensis</i> , <i>C. strenuus</i> , <i>C. vicinus</i> , <i>Acanthocyclops</i> sp.	0.03–0.07

Таблица 3. Соотношение значений относительного обилия и частоты встречаемости организмов

Встречаемость	Количество экземпляров одного вида, % общего количества	h, баллы
Очень редко	< 1	1
Редко	2 – 3	2
Нередко	4 – 10	3
Часто	10 – 20	5
Очень часто	20 – 40	7
Масса	40 – 100	9

Таблица 4. Показатели для оценки трофического типа и сапробности водоема. Классы качества.

Трофический тип	Олиготрофный	Мезотрофный	Эвтрофный	Экстремальный
Индекс Шеннона	2.6–4.0	2.1–2.5	1.0–2.0	Менее 1
Показатель трофии, $E/O$	Менее 0.5	0.5–1.5	1.5–5.0	Более 5
Коэффициент трофии, $E$	Менее 0.2	0.2–1.0	1.0–4.0	Более 4
Индекс Пантле и Букк, $S$	0.5–1.5	$\beta$ -м 1.51-2.5 $\alpha$ -м 2.51-3.5	3.51–4.0	Более 4
Шкала оценки качества воды	Олигосапробные. Чистые. 1, 2 класс	Мезосапробные. Умеренно загрязн. и загрязненные 3, 4 класс	Полисапробные. Грязные. 5 класс	Очень грязные. 6 класс

Примечание:

**Трофический тип** водоема определяется трофическими процессами, продуктивностью, круговоротом веществ: олиготрофный - малопитательный, мезотрофный – хорошо питательный, дистрофный - непитательный. Питательный, т.е. количество содержащихся в водоеме минеральных солей – биогенных веществ, которые идут на питание зеленых растений – продуцентов.

**Сапробность** – накопление внутри водоема органических веществ, характеризует степень загрязнения водоема.



Рис. 6. Доминант по численности *Keratella quadrata*.



Рис. 7. Доминант среди ветвитоусых ракообразных *Acanthocyclops vernalis*



Рис. 8. Доминант по биомассе *Keratella cochlearis*.



Рис. 9. *Kellicottia longispina*.

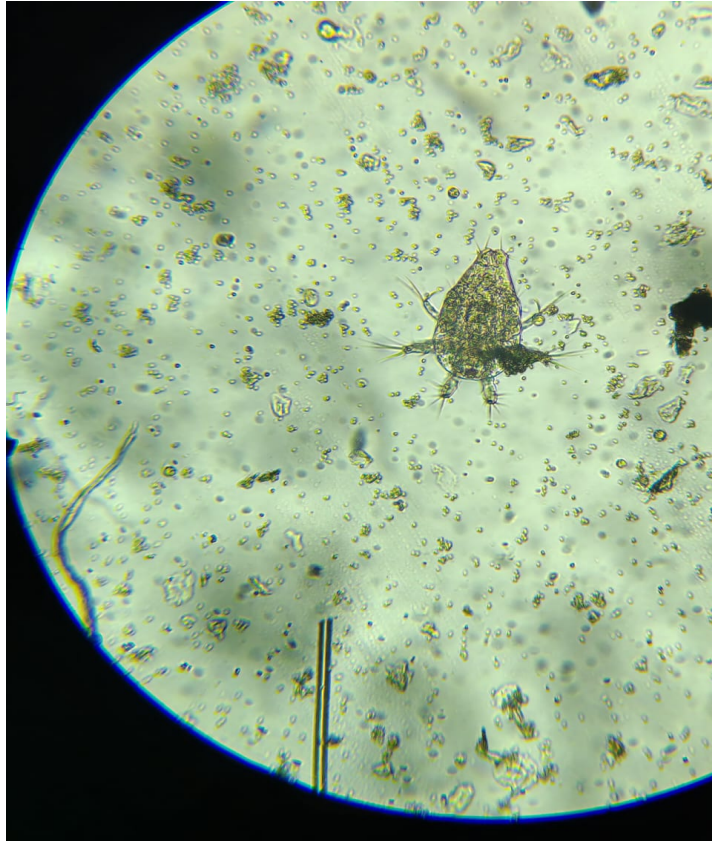


Рис. 10. Нуплеус

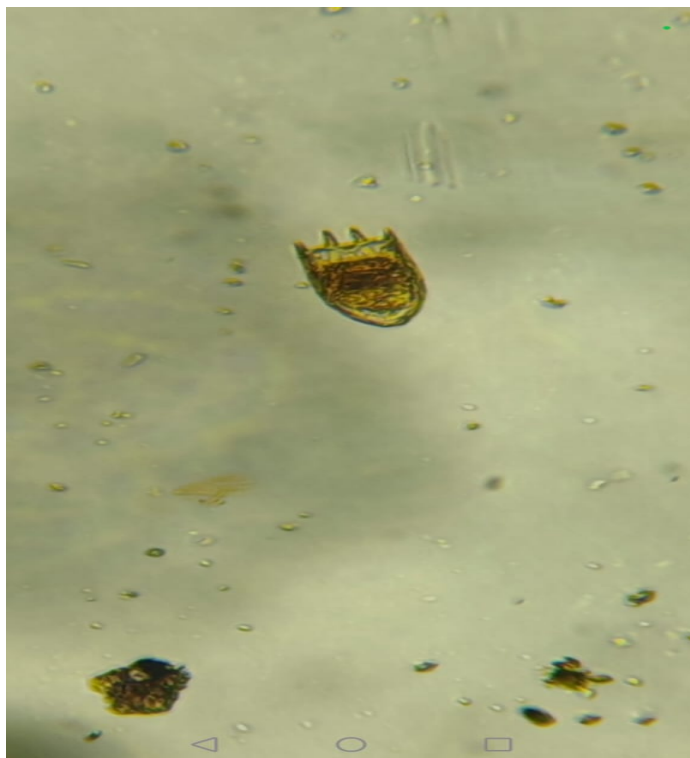


Рис. 11. *Kerattella macracantha*

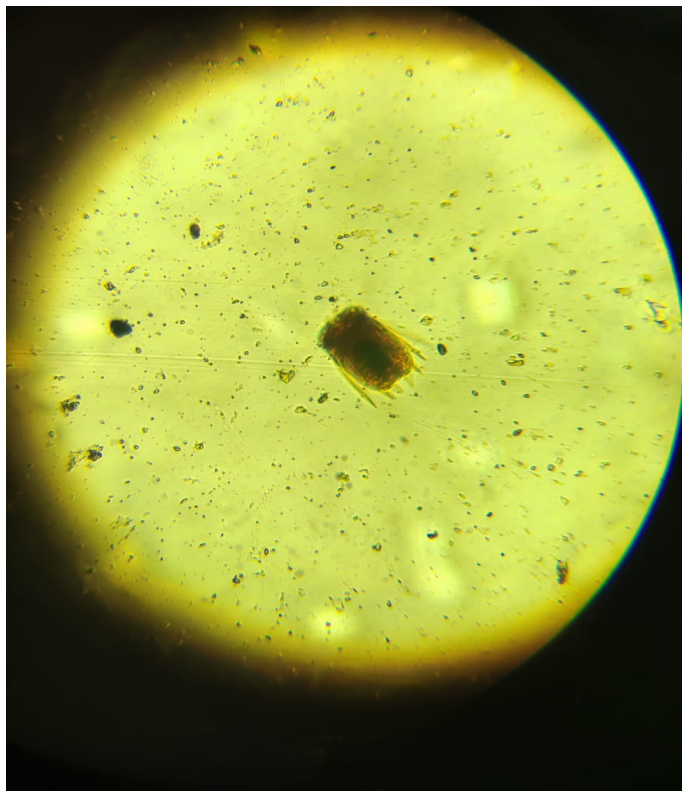


Рис. 12. *Polyarthra vulgaris*

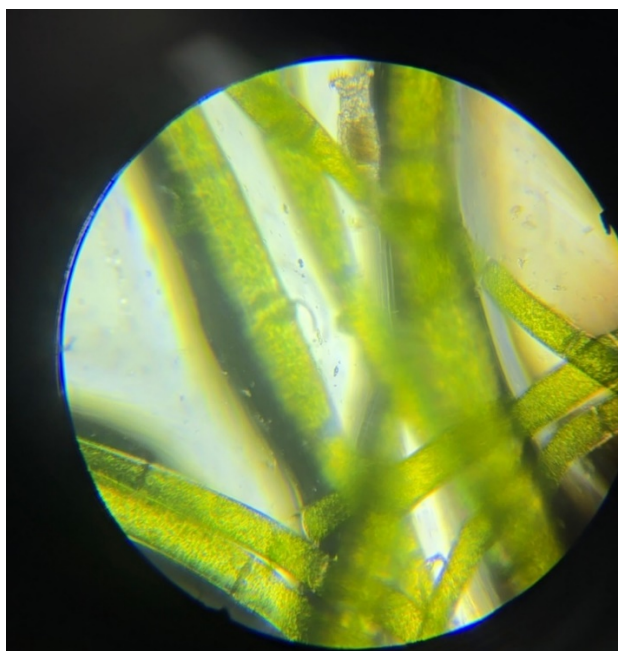


Рис. 13. Коловратка рода *Serphalodella*



Рис. 14. *Mesocyclops leuckarkii*

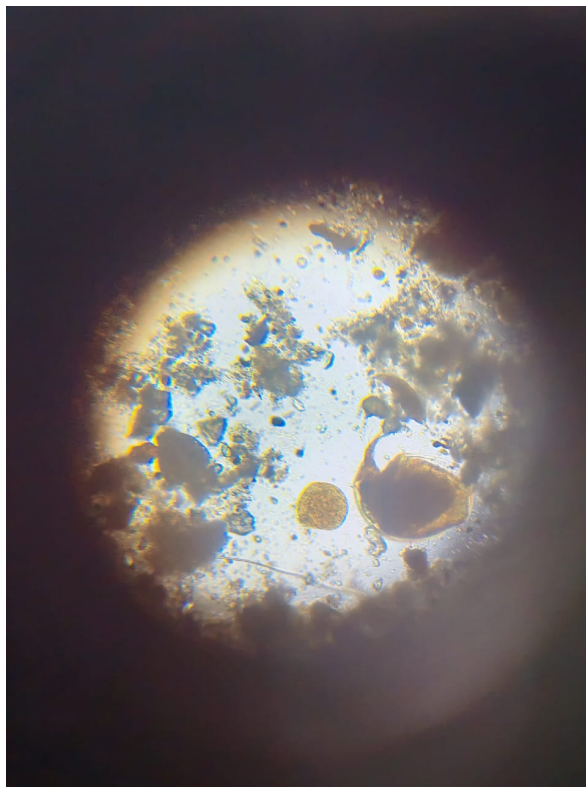


Рис. 15. Ветвистоусый рачок рода *Darhanosoma*



Рис. 16. Процесс подсчета численности и определение видового разнообразия зоопланктона в пробе