

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды  
им. Б.В. Всесвятского (с международным участием)

**Оценка качества воды реки Гурьевки  
методом биоиндикации на основе  
изучения альгофлоры.**

Работу выполнила  
Носкова Софья Эдуардовна,  
ученица 10 Е класса  
МБОУ СОШ «Школа будущего»  
Научный руководитель  
Гекман Светлана Павловна,  
учитель дополнительного образования,  
руководитель школьной экологической лаборатории, гидробиолог

Калининградская область, Гурьевский район,  
пос. Большое Исаково

2025

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	2
Глава 1. Обзор литературы.....	4
1.1 Общая характеристика бассейна реки Гурьевки.....	4
1.2 Работы по исследованию водорослей реки Гурьевки.....	4
Глава 2. Материалы и методы исследования.....	4
Глава 3. Результаты и их обсуждения.....	7
3.1 Систематический анализ альгофлоры .....	7
3.2 Экологический анализ альгофлоры.....	8
Выводы .....	12
Список литературы.....	13
Приложение 1	
Приложение 2	

## **Введение**

В настоящее время на земле практически не осталось ненарушенных экосистем. Заметному антропогенному воздействию подвержены и водные ресурсы Калининградской области.

Река Гурьевка относится к малым рекам, которые составляют основу гидрографической сети Калининградской области. Река вносит существенный вклад в формирование качественных показателей главной областной реки Преголи, и поэтому очень важным является регистрация происходящих изменений и быстрое прогнозирование неблагоприятных последствий деятельности человека.

Быстрее всего на изменения в состоянии среды реагируют наиболее просто устроенные организмы, к которым принадлежат и представители альгофлоры.

Пресноводные водоросли чувствительны к изменениям качества воды и поэтому отражают как нетронутые места обитания, так и ухудшившиеся условия в результате деятельности человека. Водоросли как тест-объекты являются прекрасными индикаторами состояния экосистем, позволяют оперативно выявить происходящие в них изменения.

**Актуальность** исследования связана с необходимостью контроля загрязнения водоемов и охраны водных ресурсов. **Новизна** заключается не только в важности объектов исследования, но и в малой изученности водорослей реки Гурьевки. **Объект исследования:** альгофлора реки Гурьевки.

**Целью** настоящей работы стало изучение видового состава альгофлоры и оценка экологического состояния реки Гурьевки в период исследования.

**Задачи исследования:**

1. Изучить научно-методическую литературу по теме исследования.
2. Освоить методику сбора водорослей, собрать и определить водоросли реки Гурьевки.

3. Провести комплексный анализ полученных данных.
4. Сделать выводы о состоянии водоема.

## **Глава 1. Обзор литературы**

### **1.1 Общая характеристика бассейна реки Гурьевки**

Гурьевка-малая река Калининградской области. Протяженность реки- 27,7 км. Русло реки огибает дугой город Калининград. Исток реки располагается в окрестностях озера Дивного, ниже по течению принимает в себя левый приток Большой Морян и впадает в реку Преголя. Ширина реки в верхнем течении составляет менее 2 м, в нижнем-5-6 м. Перепад высот русла реки составляет 40 м. Питание реки смешанное. [2] По течению река имеет три пруда: Орловский, Васильковский и Чистый. Пруды считаются объектами антропогенного происхождения, выполняют бытовую, рекреационную и хозяйственную функции. Река служит источником воды для рыбоводческого хозяйства и обеспечивает работу малой ГЭС «Заозерная», вырабатывающей электроэнергию. В настоящее время загрязнение малых рек представляет серьезную проблему как в крупных, так и в небольших городах – например, в Калининграде и Гурьевске. Увеличение численности населения привело к существенному росту объёмов бытовых сточных вод, попадающих в водоёмы. Сбрасываемые в речную систему сточные воды относятся к категориям коммунально-бытовых, животноводческих и ливневых. Наибольший объём сброса (более 80%) приходится на среднее течение, где находится шесть выпусков предприятий жилищно-коммунального хозяйства. [3]

### **1.2 Работы по исследованию водорослей реки Гурьевки**

В 2016 году калининградскими исследователями (О.С. Бугановой, П.П. Буйняченко, Т.А. Берднековой и С.А. Уманского) проведены комплексные гидробиологические исследования реки Гурьевки, включавшие в себя альгологический анализ. Ученые выполнили комплексную оценку качества

воды, опираясь на биоиндикационные характеристики планктонных водорослей.

## **Глава 2. Материалы и методы исследования**

При изучении водорослей реки Гурьевки использовалась общепринятая методика исследований. Она описана в работах многих авторов: М.М. Голлербаха и В.Н. Полянского [5], А.А. Гуревича [6] и др.

Сбор водорослей осуществлялся в августе 2025 года на четырех точках отбора проб (Рис.1):

- Точка №1 находится на участке реки вверх по течению, вблизи окраины посёлка Орловки. Ширина реки-2 м, глубина-0,2-05 м. Грунт илистый.
- Точка №2 находится на участке реки –Орловское водохранилище, рядом с дамбой Верхнегурьевской. Река протекает под мостом. Берег пологий, имеются густые лесные и травянистые заросли. Грунт илистый.
- Точка № 3 находится на участке реки- Васильковского водохранилища- в Парке Света в городе Гурьевске. Зона рекогносцировочная. Имеются в воде заросли рогоза и камыша. Грунт илистый.
- Точка №4 располагается на пляже пруда Чистого рядом со школьной Парусно-гребной базой. Берег, в основном песчаный, переходит в пологий склон со стороны жилых домов. В воде растет рогоз, камыш. Грунт илистый.



Рис.1. Район исследования.  
Места отбора помечены точками.

Всего было проанализировано 8 проб. Для сбора не использовалось специального оборудования. Пробы собирались с учетом экологических особенностей фитопланктона и фитобентоса.

Для исследования водоросли помещали в пробирки, закрытые ватными пробками. Пробы воды отбирались ведром, вода фильтровалась. Прикрепленные водоросли, образующие зеленоватый налет на поверхности подводных камней, отбирали в прибрежной зоне вместе с небольшими камушками и так помещали в сосуд. Все пробы были снабжены этикетками, на которых указывали номер пробы, время и место сбора, фамилию сборщика. Этикетки заполняли простым карандашом. В качестве оборудования для микроскопирования использовали биологический световой микроскоп Magus WF 10X, предметные и покровные стекла, пипетку, фильтровальную бумагу, лезвие. Для определения водорослей использовали прямой метод прямого микроскопирования свежесобранных образцов, что позволило оценить морфологию, жизнедеятельность и распределение в водной среде. Определение видов водорослей проводилось с помощью определителей. [4,6,7,8,9,10] Микроскопирование сопровождалось выполнением фотографий с помощью камеры телефона Infinix Note.

Названия таксонов приведены согласно международной базе данных AlgaeBase [14]

Определение видовой принадлежности многих водорослей представляет сложность, поскольку для этого необходимы специализированные методы анализа, в том числе генетические исследования, а также оборудование, доступное исключительно в научных организациях.

Биоиндикационные методы на основе видового состава сообществ и обилия водорослей дают интегральную оценку результатов всех природных и антропогенных процессов, протекающих в водном объекте.

Включая в работу наши исследования по альгофлоре и делая заключение о состоянии экосистемы реки, мы пользовались информацией, опубликованной в печатном издании «Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды» под редакцией С.С. Бариновой, выпущенное в 2000 году [4]. В публикации имеется таблица с подробным списком водорослей-биоиндикаторов.

Для оценки степени загрязнения водоема использовали метод Пантле –Букка в модификации Сладечека. Используя графу S, в приводимой ниже таблице (Прил. 1) можно рассчитать индекс органического загрязнения по сообществу водорослей с использованием формулы:  $S = \sum(s \cdot h) / \sum h$

где S-степень сапробности водного объекта, s- сапробность значения организма-сапробионта, h- частота встречаемости сапробионта в пробе.

## **Глава 3. Результаты и их обсуждение**

### **3.1 Систематический анализ.**

В рамках данного исследования в августе 2025 года было отобрано и обработано 8 проб, по две с каждой точки исследования.

Исследования, проведенные на вышеуказанном участке реки Гурьевки, показали, что видовой состав альгофлоры разнообразен. Нами было определено 49 таксонов водорослей, относящихся к 4 отделам (Рис 2). Наиболее обильным по числу определенных видов был отдел диатомовых – 25(51%) вида, 19(39%) – зеленых и 5(10%) - эвгленовых.

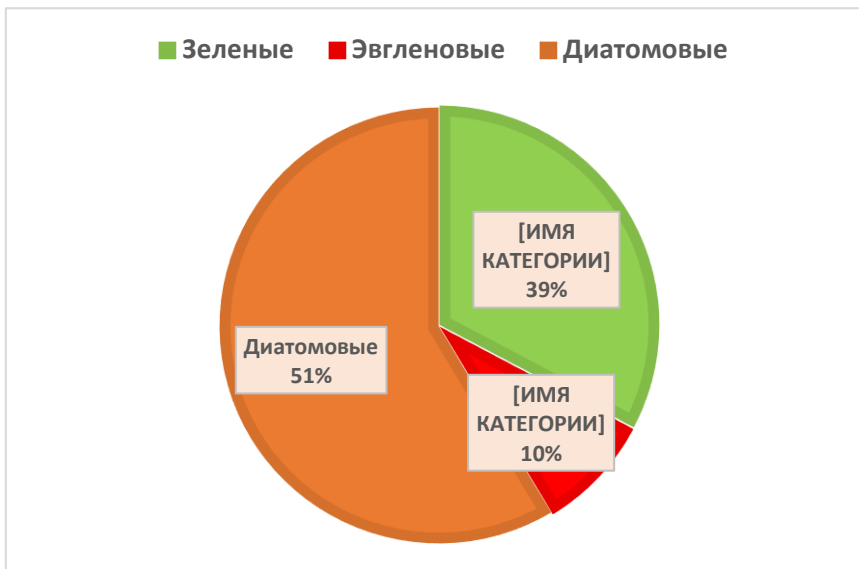


Рис.2 Диаграмма видового разнообразия альгофлоры реки Гурьевки

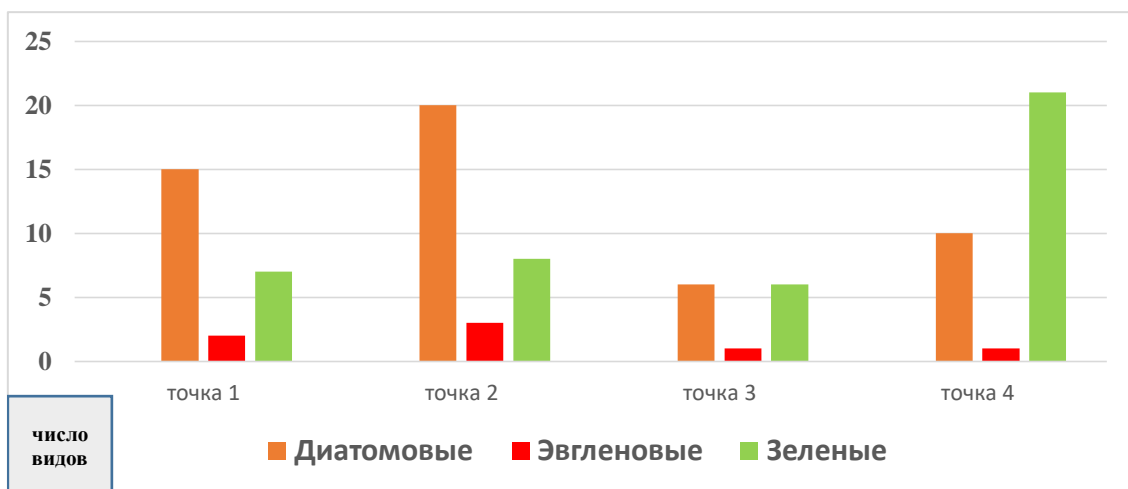


Рис. 3. Соотношение водорослей по точкам сбора в р. Гурьевке (число видов)

По результатам лабораторных исследований составлена таблица эколого-систематического анализа альгофлоры ( Приложение:Таблица №1).

Проанализировав таблицу №1, выяснили, что распределение видового состава отличалось по точкам отбора проб (Рис 3). При микроскопировании проб точек 2 и 4 *массово* наблюдались некоторые виды водорослей. Во второй точке сбора отмечались представители донных организмов, это обусловлено гидрогеографическими особенностями исследуемой зоны. Это представители диатомовых родов фитобентоса: *Gomphonema*, *Cocconeis*, *Nitzschia*, *Amphora*.

В точке 4 доминировали фитопланктонные виды следующих родов: *Melosira*, *Stephanocyclus*, *Scenedesmus*, *Staurastrum*, *Coelastrum*, *Pediastrum*. Это может быть обусловлено сезонностью отбора проб и антропогенного влияния.

### **3.2 Экологический анализ.**

Среди биологических методов анализа поверхностных вод сапробиологический анализ (метод биоиндикации) занимает одно из главных мест.

Сапробность альгофлоры – это индикатор уровня загрязнения водоемов органическими веществами, который определяется видовым составом водорослей-индикаторов.

#### **олигосапробная зона (*o*):**

- Водоёмы характеризуются очень высокой степенью чистоты: отсутствует цветение воды, а концентрации кислорода и углекислого газа остаются стабильными, без заметных колебаний.
- Донные отложения содержат минимальное количество детрита; наблюдается низкая численность автотрофных организмов и донных (бентосных) животных, включая червей, моллюсков и личинок хирономид.

#### **$\beta$ -мезосапробная зона:**

- Концентрации кислорода и углекислого газа подвержены суточным колебаниям: в дневное время отмечается избыток кислорода и недостаток углекислоты, тогда как в ночные часы наблюдается обратная картина.
- Органические вещества нестойкого типа отсутствуют: произошла их полная минерализация.
- Донные отложения представлены жёлтым илом; в них активно протекают окислительные процессы и содержится значительное количество детрита.

### **$\alpha$ -мезосапробная зона:**

- В водоёме активно протекают окислительно-восстановительные процессы: запускается аэробный распад органических веществ, в результате которого образуются аммиак и углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ).
- Концентрация растворённого кислорода остаётся пониженной, однако сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и метан ( $\text{CH}_4$ ) в среде отсутствуют.
- Железо присутствует одновременно в двух формах — окисной ( $\text{Fe}^{3+}$ ) и закисной ( $\text{Fe}^{2+}$ ).
- Донные отложения представлены серым илом, в котором обитают организмы, адаптированные к условиям дефицита кислорода и повышенного содержания углекислого газа.

### **полисапробная зона ( $p$ ):**

- Наблюдается острый дефицит кислорода: его поступление в поверхностный слой ограничивается лишь атмосферной аэрацией, при этом весь доступный кислород полностью расходуется на окислительные процессы.
- Водная среда содержит высокую концентрацию нестойких органических соединений и продуктов их анаэробного разложения (преимущественно белковой природы), а также значительные количества сероводорода и метана.
- Фотосинтетическая активность существенно подавлена. В придонных слоях кислород полностью отсутствует; отмечается обилие детрита и интенсивное протекание восстановительных процессов. Железо присутствует в форме сульфида ( $\text{FeS}$ ). Донные отложения представлены чёрным илом с характерным неприятным запахом.

В основе наших исследований лежит свойство определённых видов-биоиндикаторов-демонстрировать уровень загрязнения воды посредством своего развития и присутствия в водной среде.

Индексы сапробности, рассчитанные по формуле Пантле-Бука для р.Гурьевка

Точка 1.  $S \approx 1,66$

Точка 3.  $S \approx 2,35$

Точка 2.  $S \approx 1,91$

Точка 4.  $S \approx 2,25$

## Интерпретация результатов

По значению индекса сапробности определяют степень загрязнения водоёма:

- **0,5–1,5** — олигосапробная зона (чистая вода);
- **1,51–2,5** —  $\beta$ -мезосапробная зона (умеренно загрязнённая вода);
- **2,51–3,5** —  $\alpha$ -мезосапробная зона (грязная вода);
- **3,51–4,5** — полисапробная зона (сильно загрязнённая вода)



Рис 4. Диаграмма изменения индекса сапробности по точке сбора.

Индексы сапробности, рассчитанные для реки, в общем соответствуют III классу качества – вода умеренно-загрязненная.

В результате анализа таблицы №1 следует (приложение 1), что из общего выявленного количества водорослей (43 вида) – это водоросли-индикаторы органического загрязнения.

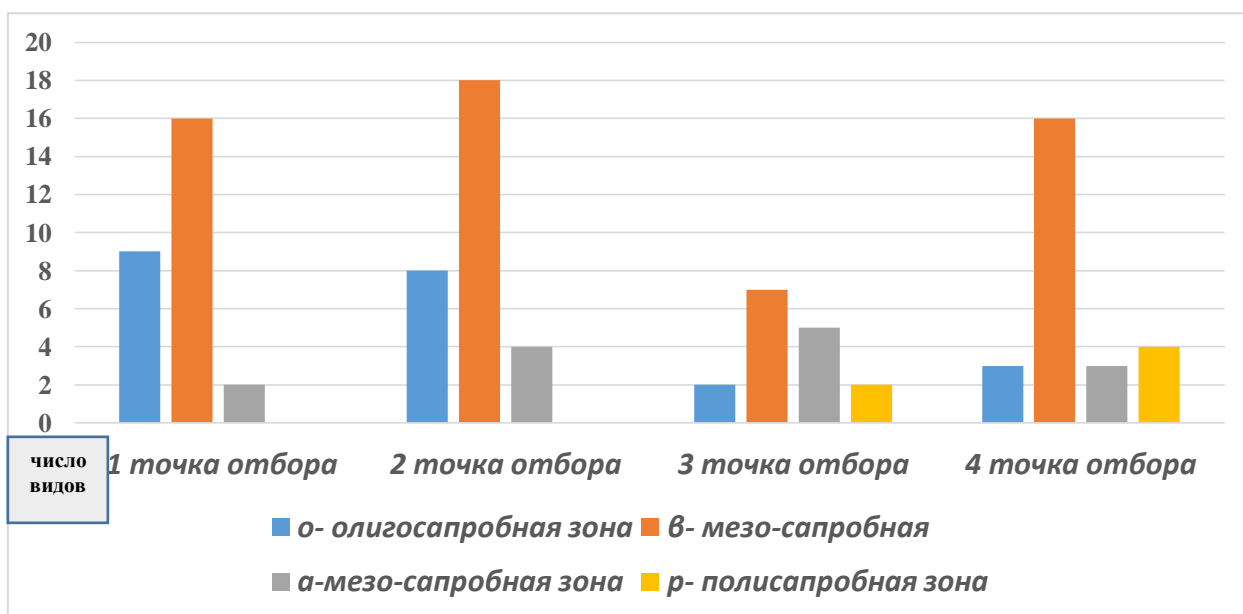


Рис.5 Соотношение водорослей-индикаторов по точкам отбора проб.

Во всех изученных точках отбора проб преобладают β- мезосапробы (Рис. 4) Исследуемая река Гурьевка принадлежит к β- мезосапробной зоне, то есть среднезагрязнённым водоемам, где в массе развиваются растительные организмы с автотрофным питанием, наблюдается цветение многими представителями фитопланктона, что и было замечено нами в точке отбора 2 и 4. На участке реки в городе Гурьевске (Парк Света) и Чистый пруд (Парусно-гребной базы) наблюдалось «цветение воды», там доминировали представители диатомовых и зеленых водорослей (представители родов *Stephanocyclus*, *Scenedesmus*, *Staurastrum*, *Coelastrum*, *Pediastrum*).

Анализ диаграммы (рис 4, рис.5) демонстрирует чёткую тенденцию изменений: видовая численность олигосапробных видов-биоиндикаторов последовательно снижается вниз по течению, тогда как видовое количество мезо- и полисапробных водорослей, напротив, возрастает. Такая динамика связана с климатическими условиями — в частности, с жарким летним периодом и недостаточным количеством осадков, что способствует уменьшению объёма воды и повышению концентрации загрязняющих веществ. Полученные данные указывают на значительное антропогенное влияние на экологическое состояние реки Гурьевка.

### **Практическое значение исследовательской работы:**

Полученные в ходе исследования данные имеют важное практическое значение для экологического мониторинга. Установлено, что река Гурьевка находится в бетасапробной зоне, что свидетельствует о средней степени загрязнения и требует принятия мер по улучшению её экологического состояния. Выявление 49 видов водорослей, включая чувствительные к загрязнению олигосапробные и устойчивые к нему мезо- и полисапробные формы, подтверждает эффективность биоиндикационного метода на основе альгофлоры как надёжного инструмента оценки качества воды. В отличие от химического анализа, который отражает кратковременное состояние, водоросли интегрально реагируют на длительное воздействие загрязнителей, что позволяет выявлять тенденции и скрытые нарушения экосистемы.

Результаты работы могут быть использованы местными природоохранными органами для организации систематического мониторинга реки, разработки природоохранных мероприятий и оценки их эффективности. Данные о пространственном распределении индикаторных видов помогут выявить наиболее нагруженные участки, подверженные антропогенному воздействию — например, вблизи населённых пунктов или сельскохозяйственных территорий.

### **Подтверждение гипотезы:**

Гипотеза о том, что состав и структура альгофлоры отражают уровень органического загрязнения воды, подтверждается результатами исследования. Установлено, что река Гурьевка относится к **бетасапробной зоне** и характеризуется **средней степенью загрязнения (III класс)**.

Таким образом, биоиндикационный анализ альгофлоры позволил достоверно оценить экологическое состояние реки и выявить участки с повышенной антропогенной нагрузкой, что подтверждает эффективность использования водорослей в качестве биологических индикаторов качества воды.

## **Выводы**

По результатам проведенного исследования можно сделать выводы:

1. В результате работы летом 2025 года было собрано и обработано 8 проб водорослей. В р. Гурьевке нами было выявлено 49 видов водорослей из четырех отделов: диатомовых - 25 вида. Зеленых – 19 вида. Эвгленовых – 5 вида.
2. Исследуемая река относится к бетасапробной зоне, т.к. преобладают бетасапробы, что связано, скорее всего, с тем, что части участков реки имеют низкую скорость течения и незначительную глубину в отдельных местах, что приводит к застою воды. На экосистему реки влияет и антропогенная нагрузка.
3. В ходе исследований установлено следующее: биоиндикационный метод с использованием альгофлоры даёт возможность эффективно оценивать качество воды благодаря тому, что отражает отклик биоты на совокупность загрязняющих веществ.
4. Наиболее достоверная оценка экологического состояния реки будет доступна после завершения годового цикла исследовательских работ.
5. Результаты исследования могут быть использованы в школьной экологической лаборатории для обучения биоиндикации, организации мониторинга реки Гурьевка, а также для проведения просветительских и природоохранных мероприятий, способствуя развитию экологической ответственности у учащихся

## Список литературы

1. Буганова О.С., П.П. Буйняченко, Берникова Т.А.- Оценка экологического состояния Гурьевки на основе гидрохимических данных и показателей фитопланктона - Научный журнал «Известия КГТУ» №55,-2019г. -59-73стр
2. Буйняченко, П.П. Анализ антропогенной нагрузки на гидрографическую сеть бассейна реки Гурьевки/ П.П. Буйняченко// IV Балтийский морской форум//Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: Междунар. науч. конф.: тр.- Калининград: Изд-во КГУ, 2005. - 205с
3. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. Часть I. Баринава С.С. Методические аспекты анализа биологического разнообразия водорослей. Часть II. Баринава С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Экологические характеристики водорослей-индикаторов. М.: ВНИИ природы. 2000. – 150 с
4. Голлербах М.М., Полянский В.И. Пресноводные водоросли и их изучения. // Определитель пресноводных водорослей СССР. Общая часть. - М.: Изд-во Сов. Наука, 1951. Вып.1. -200 с.
5. Горбунова Н.П. Альгология. – М.: Высшая школа, 1991. – 256 с.
6. Гуревич А.А. Пресноводные водоросли: определитель. Пособие для учителя. – М.: Просвещение, 1966. – 111 с.
7. Забелина М.М., Киселёв И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. – М.: Сов. наука, 1951. -619 с.
8. Куликовский М. Диатомовые водоросли [Электронный ресурс].- 2021.- Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/88714>
9. Определитель низших растений. В 5т./ И.А. Киселев, А.Д. Зинова, Л.И. Курсанов. Т.2. Водоросли. Под общ. Ред. Л.И. Курсанова. – М.: Советская наука, 1953. – 312 с.
- 10.Паламарь-Мордвинцева Г.М. Зеленые водоросли. Класс конъюгаты. Порядок десмидиевые. // Определитель пресноводных водорослей СССР. – М.: Академия наук СССР, 1982, вып 11(2) -312с
- 11.Попова Т. Г. Эвгленовые водоросли. // Определитель пресноводных водорослей СССР. – М.: Советская наука, 1955 вып. 7. – 269 с
- 12.Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase [Электронный ресурс]/ World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. — URL: (дата обращения: 14.11.2025).

Приложение 1

№	Представители	1 проба	2 проба	3 проба	4 проб а	S
	<b><i>Bacillariophyta</i></b>					
1	<i>Achnantheidium minutissima</i>	+		+		$\beta$ - $\alpha$
2	<i>Amphora ovalis</i>	+	+			$\alpha$ - $\beta$ , 1,65
3	<i>Brebissonia lanceolata</i>	+	+			$\alpha$
4	<i>Cocconeis placentula</i>	+	+		+	$\beta$ , 1,35
5	<i>Cymbella affinis</i>	+	+		+	$\alpha$ - $\beta$ 1,6
6	<i>Encyonema elginence</i>		+			-
7	<i>Epithemia vertagus</i>		+			$\beta$ , 2,0
8	<i>Gomphonema acuminatum</i>		+			$\beta$ , 1,7
9	<i>Gomphonema augur</i>	+	+		+	$\beta$ , 2,0
10	<i>Gomphonema constrictum</i>	+	+			$\beta$
11	<i>Gomphonema longiceps</i> var. <i>subclavatum</i>	+		+		$\alpha$
12	<i>Hippodonta capitata</i>	+		+	+	$\beta$ - $\alpha$
13	<i>Melosira islandica</i>			+	+	$\beta$
14	<i>Melosira varians</i>	+	+		+	$\beta$ , 1,85
15	<i>Meridion circulare</i>	+	+			$\alpha$ - $\alpha$ , 0,65
16	<i>Navicula hungarica</i> . var. <i>capitata</i>	+	+			$\beta$ - $\alpha$
17	<i>Neidium affine</i>	+	+			$\alpha$
18	<i>Nitzschia dissipata</i>	+	+	+	+	$\alpha$ - $\beta$ , 1,5
19	<i>Nitzschia palea</i>		+	+	+	$\alpha$ , 2,75
20	<i>Nitzschia sigmoidea</i>		+			2,0
21	<i>Pinnularia major</i>		+		+	$\beta$ , 2,1
22	<i>Pinnularia microstauron</i>	+	+			$\alpha$ , 0,8
23	<i>Stephanocyclus</i> <i>meneghinianus</i>		+		+	$\alpha$ - $\beta$ , 2,6
24	<i>Surirella librile</i>		+			$\beta$ - $\alpha$ , 2,35
25	<i>Ulnaria ulna</i>			+		B, 1,95
	<b><i>Euglenophyta</i></b>					
1	<i>Euglena viridis</i>			+	+	$p$ - $\alpha$ , 4,5
2	<i>Lepocinclis fusiformis</i> Lemm.		+			$\beta$ , 2,0
3	<i>Lepocinclis spirogyroides</i>		+			$\beta$ , 1,95
4	<i>Phacus arnoldii</i>	+	+			$\beta$ , 2,2
5	<i>Phacus orbicularis</i>	+				$\beta$ , 2,0

	<i>Chlorophyta</i>					
1	<i>Actinastrum hantzschii</i>		+		+	$\beta$ , 2,0
2	<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	+			+	-
3	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck			+		<i>p</i> - $\alpha$ , 3,6
4	<i>Closterium gracile</i>	+	+		+	-
5	<i>Comasiella arcuata</i>			+	+	$\beta$
6	<i>Coelastrum microporum</i>	+	+	+	+	$\beta$ , 2,0
7	<i>Desmodesmus opoliensis</i> var. <i>cariensis</i>				+	-
8	<i>Lagerheimia ciliate</i>				+	-
9	<i>Oocystis lacustris</i>	+	+		+	<i>o</i> - $\beta$ , 1,6
10	<i>Pandorina morum</i>			+	+	$\beta$ , 2,0
11	<i>Pediastrum duplex</i>	+	+		+	$\beta$ , 1,7
12	<i>Scenedesmus obtusus</i>				+	$\beta$
13	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	+	+	+	+	$\beta$ , 2,0
14	<i>Staurastrum tetracerum</i>				+	-
15	<i>Staurastrum pingue</i>				+	-
16	<i>Stauridium tetras</i>		+	+	+	$\beta$ , 1,75
17	<i>Tetradesmus lagerheimii</i>				+	$\beta$
18	<i>Tetradesmus obliquus</i>	+	+			$\beta$ , 2,3
19	<i>Tetraedron regulare</i>				+	$\beta$

Таблица 1. Эколого-систематический анализ альгофлоры

Обозначения: *s*- показатель сапробности

*x*- ксеносапробность

*o* – олигосапробность

$\beta$ - бета-мезосапробность

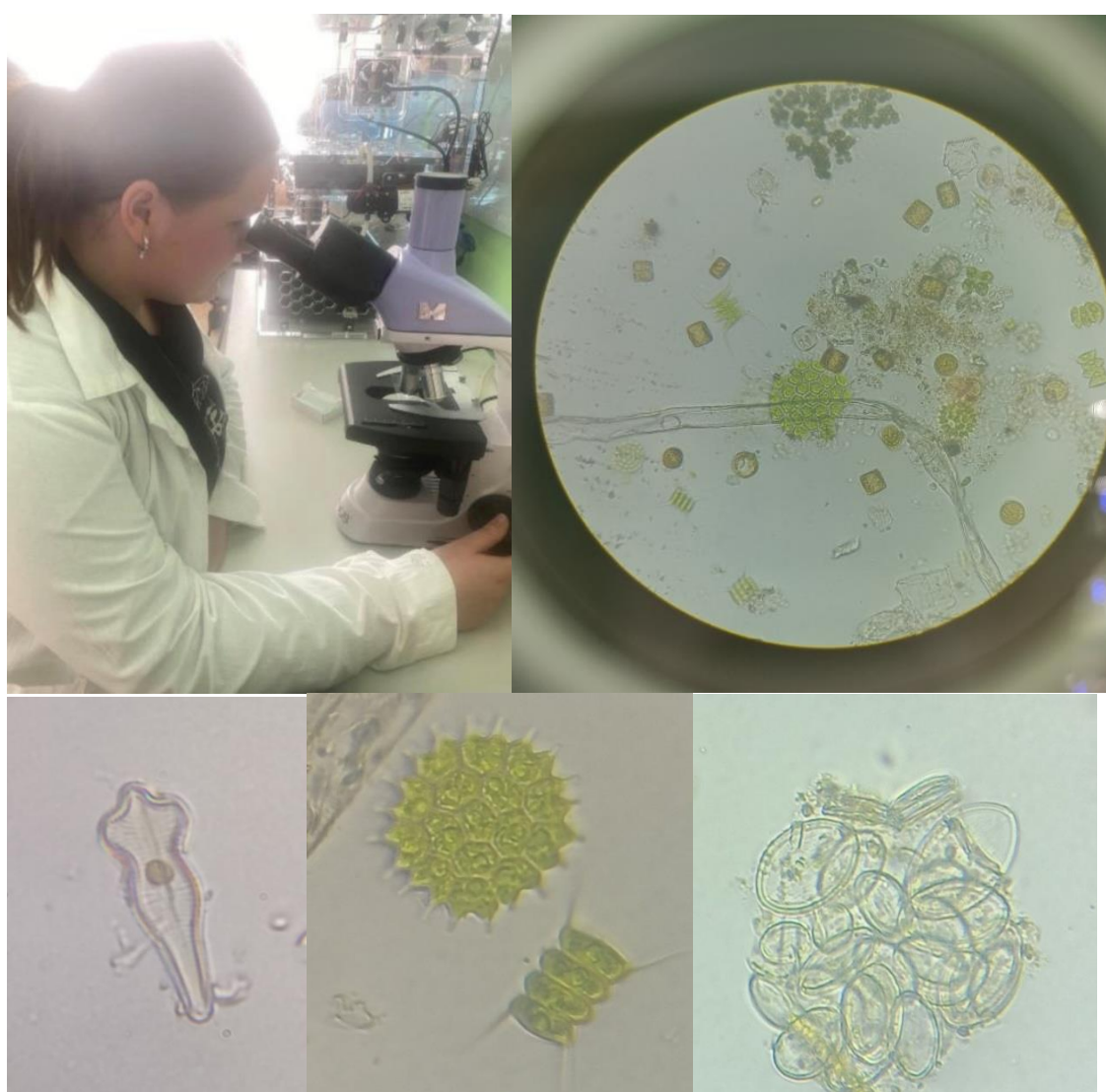
$\alpha$ - альфа-мезосапробность

*p*- полисапробность

## Приложение 2.



Рис.1 Процесс сбора проб в районе исследования.



*Gomphonema acuminatum*

*Pediastrum duplex*  
*Scenedesmus quadricauda*

*Cocconeis placentula*

Рис.2 Автор просматривает отобранную пробу в школьной лаборатории.

