

Региональная открытая конференция по научно-техническому творчеству
«Лабиринты науки»

«Оценка качества воды Грехова ручья методами биоиндикации»

Секция: «Экология. Гидроэкология»

Исполнитель: Сидоров Николай
ученик 9 «б» класса
центр образования "Средняя школа №3"

Руководитель: Никитченко А. В.,
учитель географии
центр образования "Средняя школа №3"

Углич, 2025.

Содержание

Страницы	
ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ.....	6
Часть 1. Теоретическое обоснование	
1.1. История вопроса	
1.2. Методика исследования воды Индекс Майера	
1.3 Методика исследования воды Индекс Вудивиса	
Часть 2. Практическая часть	
2.1. Отбор и обработка проб.....	10
2.2. Результаты исследования	13
Выводы	14
ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ	16
ПРИЛОЖЕНИЕ	17

Введение.

В нашей школе (школа №3 города Углича) уже 6 лет работает кружок «Турист-эколог». Обучаясь в нем, мы совершаем многодневные экспедиции в различные места нашей области.

В этом году, в июне 2025 года, мы провели трехдневную полевую экологическую практику в поселке Борок Некоузского района Ярославской области. Провести практику нам помогли ученые Института биологии внутренних вод РАН имени Д.И. Папанина. В ходе практики мы познакомились с гидробиологическими исследованиями по методике биоиндикации водоемов. Меня заинтересовала данная тема, и я решил провести исследования Грехова ручья, который находится рядом с моей дачей.

Актуальность темы: Вода – основа жизни, и сохранение качества пресных водных ресурсов является одной из важнейших задач современной экологии. Антропогенное воздействие на природные экосистемы неуклонно растет, что приводит к их деградации и загрязнению. Особую уязвимость представляют малые водотоки, такие как ручьи, которые чутко реагируют на любые изменения в их водосборном бассейне. Оценка состояния этих водоемов с помощью дорогостоящего химико-аналитического оборудования не всегда доступна для оперативного мониторинга. В этой связи биоиндикация – метод оценки качества окружающей среды по состоянию живых организмов и их сообществ – становится незаменимым инструментом. Он позволяет быстро, достоверно и экономически эффективно получить интегральную оценку состояния водоема за длительный период времени.

Цель работы: Провести оценку экологического состояния и качества воды Грехова ручья методом биоиндикации по составу макрозообентоса (донных беспозвоночных организмов).

Объект исследования: Грехов ручей, протекающий по территории Угличского округа Ярославской области. Выбор данного объекта обусловлен несколькими факторами:

- **Локация:** Ручей находится вблизи города Углич и, вероятно, испытывает определенную антропогенную нагрузку (например, стоки с прилегающих приусадебных хозяйств, рекреационное воздействие).

- **Тип водоема:** Как малый водоток, Грехов ручей является важной частью местной экосистемы, впадая в более крупный водоем реку Волгу, и его состояние влияет на качество воды в ней.

- **Доступность:** Ручей легко доступен для проведения отбора проб и регулярных наблюдений.

Задачи:

- Изучить литературные источники и интернет-ресурсы по методам биоиндикации пресных вод, в частности по индикаторным группам макрозообентоса.

- Выбрать и описать ключевые участки для отбора проб на протяжении течения Грехова ручья с учетом возможных источников антропогенного воздействия.

- Провести отбор проб донных беспозвоночных организмов (макрозообентоса) на

выбранных участках в соответствии с общепринятыми методиками.

- Провести видовую (или групповую) идентификацию собранных гидробионтов в лабораторных условиях.

- Обработать полученные данные с применением биоиндикационных индексов (например, индекс Майера, индекс Вудивисса).

- Сделать вывод о классе качества воды и степени загрязнения Грехова ручья.

- Разработать рекомендации по сохранению и улучшению экологического состояния водоема.

Гипотеза: Можно предположить, что качество воды в Греховом ручье является

удовлетворительным, но на отдельных участках, подверженных антропогенному влиянию, могут наблюдаться признаки умеренного загрязнения, что отразится на видовом составе и количестве индикаторных групп организмов.

Методы исследования:

- наблюдения;
- измерения;
- фотофиксация.

Общие сведения о районе исследования.

Грехов ручей протекает в шести километрах на юго-запад от города Углича, впадает в реку Волгу. Длина его составляет 960 метров. В самом широком месте достигает 188 метров ширины. Глубина до 1 метра. **Ручей является памятником природы регионального значения.**

«В начальные века нашей эры здесь обитали меряне, оставив в память о себе городище с археологической культурой дьяковского типа. Пришедшие на смену мерянам славяне создали около Грехова ручья новую культуру с земледельческими поселениями, раннехристианскими погребениями на курганном кладбище, с Никольским монастырем, с кузницами и т. п. С незапамятных времен Грехов ручей — излюбленное место отдыха и гуляний угличан. Чуть не до конца XIX века они здесь устраивали так называемые русавы — девичьи ритуальные праздники, восходящие к языческим игрищам. В силу всего этого местность возле Грехова ручья овеяна разными легендами.

Почему он так называется? Наиболее любопытная и популярная из них связана с «убиением» в Угличе в 1591 году последнего сына царя Ивана Грозного — царевича Димитрия. Как известно, этот малолетний царевич с матерью и ее родственниками — боярами Нагими — был при царе Федоре Ивановиче по настоянию его шурина Бориса Годунова сослан в Углич и, по одной из вероятных версий, здесь зарезан приспешниками Бориса Годунова. Легенда повествует: когда убийцы царевича М. Битяговский, О. Волохов, М. Качалов и Д. Третьяков, совершив свое черное дело, захватили лошадей в дворцовых конюшнях Угличского кремля и помчались прочь из Углича к Москве, то возле ручья, тогда Греховым еще не называвшегося, внезапно, по Божьей воле, ослепли, были настигнуты угличанами и уничтожены. За грех убийства царевича Димитрия беглецами и за грех самовольной расправы с ними угличан ручей якобы и стали именовать Греховым.

Эта легенда, однако, не соответствует истине. Во-первых, из материалов комиссии Василия Шуйского о расследовании причин гибели царевича Димитрия ясно, что все приспешники Бориса Годунова, приставленные к Нагим, были убиты разгневанной толпой угличан не у Грехова ручья, а в Угличском кремле.

Во-вторых, имеются косвенные письменные свидетельства, что Грехов ручей именовался так и до угличской трагедии 1591 г.: Никольский монастырь за Греховым ручьем назван Грехозаручный (видимо, из Грехозаручейный) в грамоте

великого московского князя Василия Ивановича угличскому Покровскому

монастырю от 1534 г., а одна из деревень поблизости от Никольского монастыря названа Грехово в грамоте угличского князя Андрея Большого угличскому Покровскому монастырю от второй половины XV в.»(*А. Кулагин «История Углича»*)

Часть 1. Теоретическое обоснование.

1.1 История вопроса. Биоиндикация — метод, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по факту встречи, отсутствия, особенностям развития организмов — биоиндикаторов. О возможности использования живых организмов в качестве показателей определенных природных условий писали еще ученые Древнего Рима и

1.2 Греции. В трудах М.В. Ломоносова и А.Н. Радищева есть упоминания о растениях-указателях особенностей почв, горных пород, подземных вод. Основоположником

современной биоиндикации водоемов считается немецкий гидробиолог Карл Август

Мёбиус, который в 1870-х годах ввел ключевые концепции методики. По современным представлениям биоиндикаторы — организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат

показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания.

1.3 Методика исследования воды Индекс Майера.

Это более простая методика, основные преимущества которой следующие:

- никаких беспозвоночных не нужно определять с точностью до вида;
- методика годится для любых типов водоёмов.

Метод использует приуроченность различных групп водных беспозвоночных к водоёмам с определённым уровнем загрязнённости. Организмы-индикаторы отнесены к одному из трёх разделов (см. таблица 1).

Нужно отметить, какие из приведённых в таблице индикаторных групп обнаружены в пробах. Количество обнаруженных групп из первого раздела таблицы необходимо умножить на три, количество групп из второго раздела — на два, а из третьего — на один.

Получившиеся цифры складывают: $X*3 + Y*2 + Z*1 = S$. По значению суммы S (в баллах) оценивают степень загрязнённости водоемов:

- 22 балла и более - водоем чистый (1 класс качества);
- 17-21 баллов - водоем слабо загрязненный (2 класс качества);
- 11-16 баллов - водоем умеренно загрязненный (3 класс качества);
- 11 баллов и менее - водоем грязный (4 класс качества). (см. приложение 3)

Таблица 1.

Индекс Майера		
Обитатели чистых вод, X	Организмы средней чувствительности, Y	Обитатели загрязненных водоемов, Z
Личинки веснянок Личинки поденок Личинки ручейников Двустворчатые моллюски	Бокоплав Речной рак Личинки стрекоз Личинки комаров-долгоножек Моллюски-катушки, моллюски-живородки	Личинки комаров-звонцов Пиявки Водяной ослик Прудовики Малощетинковые черви Личинки вислокрылок



1.3. Один из наиболее надёжных и широко используемых в мире методов биологической оценки качества воды. Относительная трудоёмкость и сложность работы с его помощью окупается высокой достоверностью получаемых результатов.

Индекс Вудивисса учитывает сразу два параметра бентосного сообщества: общее разнообразие беспозвоночных и наличие в водоёме организмов, принадлежащих к «индикаторным» группам. В эти группы объединены животные, характеризующиеся определённой степенью сапробности. При повышении степени загрязнённости водоёма представители этих групп исчезают из него примерно в том порядке, в каком они приведены в таблице 2.

Таблица 2. Биотический индекс Вудивисса

Наличие видов – индикаторов	Кол-во видов – индикаторов	Общее количество присутствующих групп бентосных организмов					
		0 – 1	2 – 5	6 – 10	11 – 15	16 – 20	более 20
Нимфы веснянок (Plecoptera)	более 1	–	7	8	9	10	11 – ...
	1 вид	–	6	7	8	9	10 – ...
Нимфы поденок (Ephemeroptera)	более 1	–	6	7	8	9	10 – ...
	1 вид	–	5	6	7	8	9 – ...
Личинки ручейников (Trichoptera)	более 1	–	5	6	7	8	9 – ...
	1 вид	4	4	5	6	7	8 – ...

Бокоплавы		3	4	5	6	7	8 – ...
Водяной ослик		2	3	4	5	6	7 – ...
Олигохеты или личинки звонцов		1	2	3	4	5	6 – ...
Отсутствуют все названные группы		0	1	2	–	–	–

Часть 2. Практическая работа

2.1. Отбор и обработка проб.

Для сбора организмов бентоса мы использовали крупную консервную банку. Такую банку нужно, слегка покручивая, «ввинтить» в дно, а потом перевернуть и вынуть вместе с грунтом. Для промывки проб грунта использовали обычное сито. Пробы при помощи банки отбирали в 5 различных местах ручья. Сборы водных организмов дополнили экземплярами животных, собранных на камнях и корягах. После того как организмы были пойманы, мы провели их определение, т.е. определили, к каким систематическим группам они относятся и занесли их в таблицы 3-7.

Кроме сбора проб бентоса, мы определили скорость течения водоема на точках проб, pH воды (с помощью индикаторной бумаги и с помощью датчиков школьной экологической лаборатории), кроме этого сделали анализ жесткости воды с помощью датчика. (фото см. Приложение 4.)

Точки сбора проб мы нанесли на карту (см. приложение 1)

Таблица 3.

Точка 1 – у истока	Показатели биоиндикации		
Бентос – гидробионты (всего – 13 обитателей-индикаторов)	Грязные водоёмы	Средне загрязнённые	Чистые водоемы
	Пиявки – 2 Личинка илестой мухи - 2 Личинки комаров-звонцов - 5	Личинка стрекозы - 1	Личинки веснянки - 3
Кислотность воды (pH)	С помощью индикаторной бумаги -6,0 С помощью датчиков лаборатории «Практикум» - 6,5		
Жесткость воды	259 мг/л – жесткая		

(мг/л)	
Скорость течения воды (м/с)	0,38 м/с
Цвет воды	бесцветная
прозрачность	Прозрачная
Наличие органического и неорганического мусора	Без мусора, органики не видно
Таблица жесткости воды (см. приложение 2)	

Таблица 4.

Точка 2 – в моем саду Показатели биоиндикации

Бентос – гидробионты (всего – 14 обитателей-индикаторов)	Грязные водоёмы	Средне загрязнённые	Чистые водоемы
	Личинки комаров-звонцов – 6	Брюхоногие моллюски – 5	Личинки поденок – 3
Кислотность воды (рН)	С помощью индикаторной бумаги -6,0 С помощью датчиков лаборатории «Практикум» - 6,11		
Жесткость воды (мг/л)	240 мг/л - жесткая		
Скорость течения воды (м/с)	0,07 м/с		
Цвет воды	бесцветная		
прозрачность	Прозрачная		
Наличие органического и неорганического мусора	Без мусора, органики не видно		

Таблица 5.

Точка 3 – под мостом Показатели биоиндикации

Бентос – гидробионты (всего – 15 обитателей-индикаторов)	Грязные водоёмы	Средне загрязнённые	Чистые водоемы
	Пиявки– 6 Прудовик– 2 Личинки комаров-звонцов - 7	нет	нет
Кислотность воды (рН)	С помощью индикаторной бумаги -6,0 С помощью датчиков лаборатории «Практикум» - 6,37		
Жесткость воды (мг/л)	167 мг/л средней жесткости		

Скорость течения воды (м/с)	0,15 м/с
Цвет воды	Зеленовато-желтая
прозрачность	Прозрачная
Наличие органического и неорганического мусора	имеется органика в виде зеленых водорослей и рачков-дафний

Таблица 6.

Точка 4 – у большого дерева Показатели биоиндикации

Бентос – гидробионты (всего – 15 обитателей-индикаторов)	Грязные водоёмы	Средне загрязнённые	Чистые водоемы
	Пиявки – 1 Прудовик – 4 Личинки комаров-звонцов – 8	Личинка стрекозы -1	Личинка поденки – 1
Кислотность воды (рН)	С помощью индикаторной бумаги -7,0 С помощью датчиков лаборатории «Практикум» - 5,88		
Жесткость воды (мг/л)	151 мг/л –средней жесткости		
Скорость течения воды (м/с)	0,11 м/с		
Цвет воды	Зеленовато-желтая		
прозрачность	Прозрачная		
Наличие органического и неорганического мусора	Мелкий мусора, органики много в виде зеленых водорослей и рачков-дафний		

Таблица 7.

Точка 5 – устье Показатели биоиндикации

Бентос – гидробионты (всего – 6 обитателей-индикаторов)	Грязные водоёмы	Средне загрязнённые	Чистые водоемы
	Пиявки– 6	нет	нет
Кислотность воды (рН)	С помощью индикаторной бумаги -5,0 С помощью датчиков лаборатории «Практикум» - 6,45		
Жесткость воды (мг/л)	150 мг/л - средней жесткости		
Скорость течения воды (м/с)	0,25 м/с		

Цвет воды	желтоватая
прозрачность	Прозрачная
Наличие органического и неорганического мусора	Неопределенный состав мусора, есть песок

2.2. Результаты исследования водоема – Грехов ручей мы занесли в таблицу

Таблица 8.

Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №4	Проба №5
$S=9*1+1*2+3*3=20$ Вода условно чистая, 2 класс загрязнения	$S=8*1+5*2+3*3=25$ Вода чистая, 1 класс загрязнения	$S=15*1=15$ Вода умеренно загрязненная, 3 класс загрязнения	$S=13*1+1*2+1*3=18$ Вода условно чистая, 2 класс загрязнения	$S=6*1=6$ Вода грязная, 4 класс загрязнения
По Индексу Вудивисса	По Индексу Вудивисса	По Индексу Вудивисса	По Индексу Вудивисса	По Индексу Вудивисса
Умеренно-загрязненная вода, 3 класс качества	Умеренно-загрязненная вода, 3 класс качества	Очень грязная вода, 6 класс качества	Чистая вода, 2 класс качества	Очень грязная вода, 6 класс качества
	Возможно загрязнение минеральными удобрениями			Устье, много мусора

Выводы:

В ходе проведения исследования, направленного на оценку экологического состояния Грехова ручья методом биоиндикации, был проведен анализ проб воды и бентосных организмов на пяти различных участках водотока. Полученные результаты позволяют сделать следующие основные выводы:

3.1. Экологическое состояние Грехова ручья является неоднородным. Качество воды существенно изменяется по длине ручья, что свидетельствует о наличии локальных источников загрязнения или влияния различных антропогенных факторов на разных участках.

3.2. Выявлена четкая градация уровня загрязнения:

- Наиболее благополучным оказался участок №4, который был классифицирован как чистый. Это указывает на то, что на данном отрезке ручья отсутствует сильное негативное воздействие, и здесь могут существовать чувствительные к загрязнению гидробионты. Возможно, там бьют подземные ключи.

- Участки №1 и №2 характеризуются как слабо загрязнённые. Это говорит о незначительном антропогенном влиянии, с которым экосистема ручья пока успешно справляется.

- Наиболее тревожные результаты получены для участков №3 и №5. Классификация их как "загрязненный" и "грязный" соответственно свидетельствует о наличии серьезного источника загрязнения между 2-м и 4-м участками.

3.3. Основная проблема, выявленная в ходе исследования – это наличие на территории водосбора Грехова ручья локального источника сильного загрязнения, который оказывает негативное воздействие на участки №3 и №5. И это следующие причины:

- Несанкционированные сбросы сточных вод.

- Стоки с сельскохозяйственных полей (удобрения, пестициды).
- Поступление загрязняющих веществ с поверхности дороги и из близлежащего садового хозяйства.
- Наличие несанкционированной свалки мусора вблизи береговой линии.

Таким образом, метод биоиндикации наглядно показал, что, несмотря на наличие чистых участков, экосистема Грехова ручья испытывает значительную антропогенную нагрузку, требующую пристального внимания и принятия мер по восстановлению водного объекта.

4. Рекомендации.

4.1. Выявить и ликвидировать источник загрязнения на участке между 2-й и 4-й точками отбора проб. Необходимо провести дополнительное обследование береговой линии и прилегающей территории.

4.2. Провести повторный отбор проб на участках №3 и №5 с проведением химического анализа воды для точного определения загрязняющих веществ.

4.3. Организовать регулярный биоиндикационный мониторинг Грехова ручья для контроля динамики его состояния и оценки эффективности возможных природоохранных мероприятий.

4.5. Провести разъяснительные экологические акции по охране водных ресурсов для владельцев участков садового товарищества на берегу ручья.

5. Источники информации.

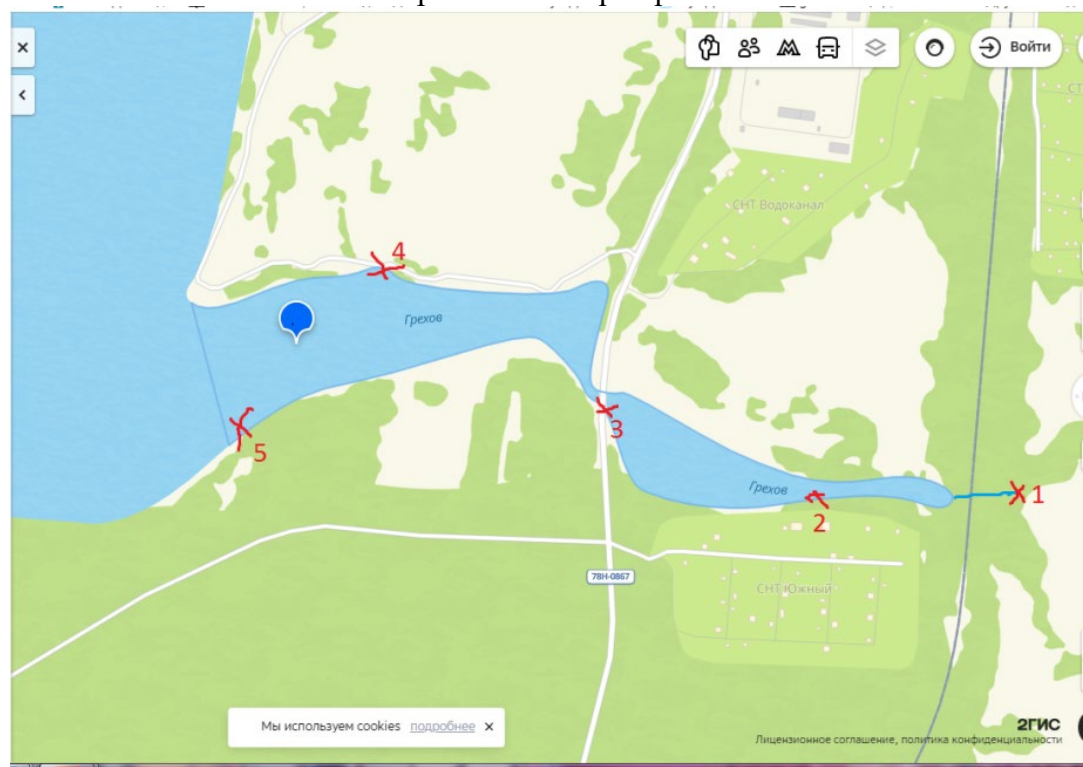
5.1. Алексей Кулагин, Владимир Кулагин «История Углича», URL: https://historyofuglitch.narod.ru/Books/History_of_Uglitch_1.pdf (дата последнего обращения 20.09.2025);

5.2. Карта 2ГИС района Грехов ручей URL: <https://2gis.ru/geo/70030076319231235> (дата последнего обращения 10.09.2025);

5.3. «Методы биоиндикации» (учебно-методическое пособие), Казань, 2011;

5.4. Статья «Углич - замороженный прошлым», «Углече-поле», URL: <https://clib.yar.ru/wp-content/uploads/2019/05/УГЛИЧ-ГОРОД-ЗАВОРОЖЁННЫЙ-ПРОШЛЫМ.pdf?ysclid=mgaoeg1z52661524023> , (дата последнего обращения 12.09.2025);

Карта мест забора проб.



Приложение 2.



Индекс Майера

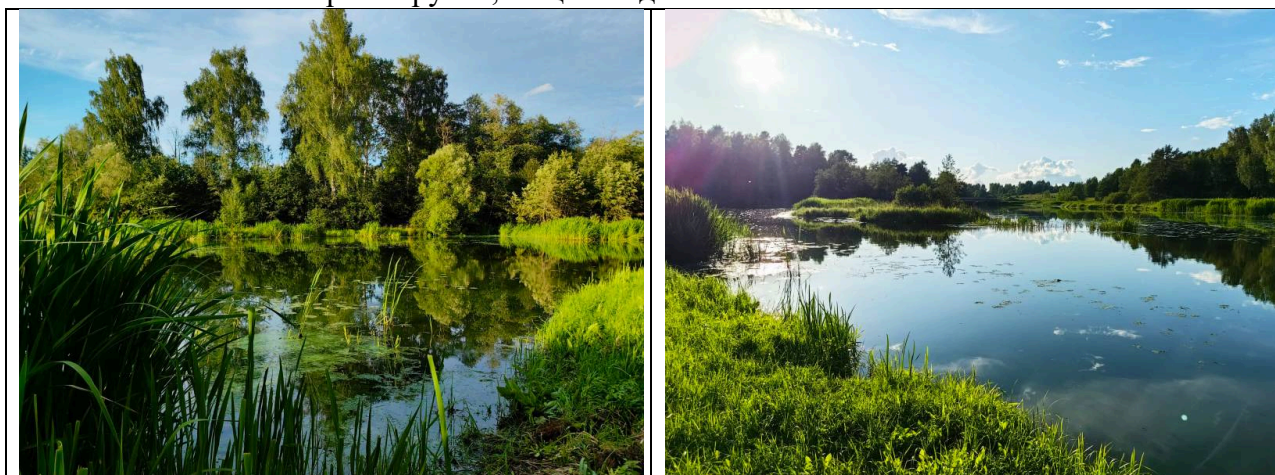
Нужно отметить, какие из приведенных в таблице групп обнаружены в пробах. Количество найденных групп из первого раздела необходимо умножить на 3, количество групп из второго раздела – на 2, а из третьего раздела – на 1. Получившиеся цифры складывают:

$$X*3+Y*2+Z*1 = S$$

Класс качества	S, баллы	Уровень загрязнения воды
1	≥ 22	Чистая
2	17-21	Условно чистая
3	11-16	Умеренно загрязненная
4-7	≤ 10	Грязная

35

Фотоприложение.
Грехов ручей, общий вид.





Работа с датчиками.



Датчик жесткости воды

