

МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА ИРКУТСКА «ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И  
ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА»

МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА №75»

**БИОИНДИКАЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ КУЗЬМИХА С  
ПРИМЕНЕНИЕМ САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ**

**Автор:**

**Колосова Ксения**, ученица МАОУ ДО г.  
Иркутска «Дворец творчества», ученица 11  
класса МБОУ г. Иркутска СОШ № 75

**Соавтор:**

**Федурина Елена**, ученица МАОУ ДО г.  
Иркутска «Дворец творчества», ученица 11  
класса МБОУ г. Иркутска СОШ № 75

**Руководитель:**

Зеленкова Наталья Александровна, ПДО  
МАОУ ДО г. Иркутска «Дворец творчества»

**Научные консультанты:**

Сулова Мария Юрьевна, к.б.н., старший  
научный сотрудник ЛИН СО РАН  
Майор Татьяна Юрьевна, к.б.н., научный  
сотрудник ЛИН СО РАН

г. Иркутск, 2023

## Оглавление

1. Введение.....	1
2. Основная часть.....	2
2.1 Характеристика реки Кузьмиха.....	2
2.2. Экологическое состояние реки.....	5
2.3 Антропогенное воздействие в водосборном бассейне реки Кузьмиха...6	
2.4 Показатели, выбранные для исследования.....	6
3. Лабораторные исследования.....	7
3.1. Санитарно-микробиологический анализ воды реки Кузьмиха.....	7
3.2. Анализ зообентосных проб.....	21
3.3.1. Качественный анализ проб зообентоса.....	22
3.3.2. Оценка видового разнообразия.....	24
4. Социальная значимость.....	27
5. Выводы.....	28
6. Заключение.....	28
7. Рекомендации.....	29
8. Литература.....	30

## 1. Введение

Охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности являются одной из самых важных проблем, стоящих перед человечеством. В настоящее время усиливается внимание к малым рекам, что обусловлено их особой экологической ролью. Антропогенная деятельность приводит к изменению и деградации речной экосистемы. Нарушение водных экосистем негативно влияет на экологическую обстановку и здоровье населения. В этой связи важной и актуальной задачей является изучение зообентоса и санитарно-микробиологический анализ на примере реки Кузьмиха, которая является источником технического водоснабжения жителей СНТ. Начиная с 2018 года, в рамках реализации проекта «Экологическое состояние реки Кузьмиха» проводились биомониторинговые наблюдения за рекой. Важной особенностью проекта стало применение различных методик оценки состояния речной экосистемы, что максимально приблизило учебно-исследовательскую деятельность к научным исследованиям выполняемыми специалистами Лимнологического института СО РАН

**Актуальность:** заключается в необходимости получения текущей информации о реальном экологическом состоянии реки Кузьмиха и оценки качества воды методами санитарно-микробиологического анализа и биоиндикации; вовлечении школьников в природоохранную деятельность

**Цель исследования:** провести санитарно-микробиологический и зообентосный анализ для определения состояния фауны реки

### **Задачи исследования:**

1. Провести рекогносцировочные работы с целью выявления участков для отбора проб
2. Изучить антропогенное воздействие в водосборном бассейне
3. Выбрать контролируемые параметры для санитарно-микробиологического анализа

4. Проанализировать санитарно-микробиологическую составляющую различными методами
5. Определить зообентосный состав реки
6. Сделать вывод о современном состоянии фауны реки Кузьмиха, определить сапробную зону

**Гипотеза:** малые реки в силу своей уязвимости в большинстве случаев являются «мертвыми», наблюдается минимальное видовое разнообразие зообентоса

#### **Методы исследования:**

1. Рекогносцировочные работы,
2. Определение основных источников ее загрязнения.
3. Полевые работы- отбор проб
4. Проведение эксперимента (данные исследования проводились в лаборатории ЛИИ СО РАН)
5. Анализ полученных результатов

### **2. Основная часть**

#### **2.1. Характеристика реки Кузьмиха.**

Гидрографическая сеть района исследования относится к бассейну реки Ангары. Река Кузьмиха- категории малые водотоки.

Бассейн исследуемой реки находится на юге Иркутска в микрорайонах Юбилейный, Зеленый берег, Мельничная падь и Академгородок. Водосборный бассейн реки состоит из бассейна рек Большая Кузьмиха, ее притока Кочумиха и Малая Кузьмиха.



*Рис.1. Схема изучаемого объекта*

Малая Кузьмиха берет начало в балке у мкр. Зеленый Берег на юго-западной окраине г. Иркутска. Малая Кузьмиха на всей протяженности находится под застройкой гаражных кооперативов, автомоек, АЗС, стоянок.

Река Большая Кузьмиха берет начало в балке на 4 км. Мельничного тракта и проходит по мкр. Юбилейный. Основной приток- река Кочумиха, впадает с левого берега на 1.4 км. По берегам реки ИСЖ, СНТ.

Русло реки Кузьмиха канализировано. Сток реки на этих участках направлен в водопропускные сооружения под автомобильными дорогами и строительными объектами.

Особенностью геоморфологического строения реки является ее частое внезапное исчезновение под землю в некоторых участках, и такое же внезапное появление. Вероятнее всего таким образом происходит самоочищение реки от различных загрязнений. Между точками ухода в подземелье и выходами из него – сухое русло, которое наполняется водой только во время весеннего паводка.

На фото видно, насколько интенсивно река застроилась за 20 лет (рис. 2).



*Рис. 2. Интенсивность застройки русла реки*

В результате рекогносцировочных работ были сделаны следующие заключения:

1. Река Кузьмиха является частью природной среды города Иркутска, формирует ландшафтный облик города, осуществляет отвод поверхностного и дренажного стоков.
2. Существующая система пойменных и прибрежных территорий на реке Кузьмиха представляет собой фрагментированную цепочку незастроенных площадей с частично сохранившимся озеленением и природными сообществами в различной стадии антропогенной дегрессии
3. Долина реки трансформирована, подвержена эрозийным проявлениям.
4. Отдельные участки водоохранных зон захламлены, завалены деревьями и мусором
5. Заключение реки в коллекторы нарушает непрерывность и целостность водотока.
6. Обнаружены сбросы сточных вод с АЗС, отработанных вод с автомоек.

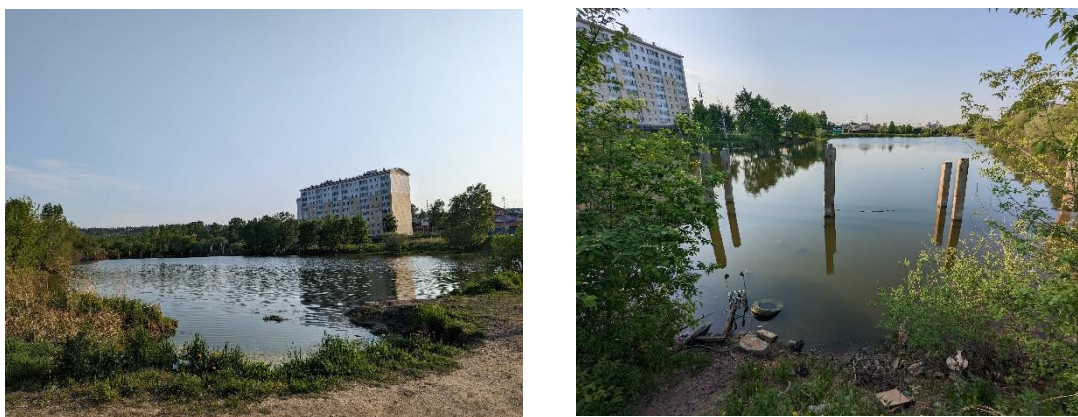
## 2.2. Экологическое состояние реки

За последние 40 лет изменилась прибрежная растительность в среднем и нижнем течении реки, многие участки берега заболочены



*Рис.3. Заболоченная пойма реки*

В среднем течении реки создан искусственный пруд что так же способствовало заболоченности береговой территории



*Рис. 4. Пруд на реке в ее среднем течении*

В черте города вдоль реки нарушен регламент, установленный Водным кодексом РФ (статья 65). С 2004 года по настоящее время пересохли и исчезли два водоема в нижнем течении реки. Строительство объектов ведется непосредственно по берегам и над руслом рек, хотя ширина водоохраной зоны для рек и ручьев до 10 км длины от истока до устья устанавливается в размере 50 м.

## 2.3 Антропогенное воздействие в водосборном бассейне реки Кузьмиха

При проведении рекогносцировочных работ установлены следующие виды антропогенного воздействия в водосборном бассейне (рис. 5):

1. Сельскохозяйственное воздействие от СНТ и ИЖЛ в черте города Иркутска и р.п. Маркова – водосборный бассейн рек Кочумиха и Большая Кузьмиха;
2. Автотранспорт, АЗС, автостоянки, автомойка, автосервис – водосборный бассейн реки Малая Кузьмиха, реки Кузьмиха.

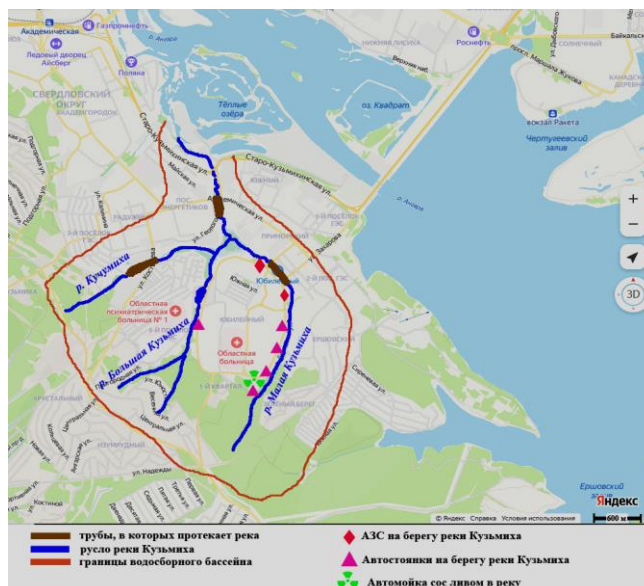


Рис.5. Схема изучаемого объекта

## 2.4. Показатели, выбранные для исследования

Целесообразность именно этих исследований заключалась в том, что нашей целью стало выяснение состояния фауны реки, выяснить «живая» ли она.

Санитарно-микробиологический анализ необходим для определения совокупности всех микроорганизмов, заселяющих водоёмы, которые являются важными участниками пищевых цепочек и экосистемы реки в общем.



Выяснение живущих в реке мелких беспозвоночных животных также необходимо для определения состояния вода, ведь некоторые виды являются биологическими индикаторами, которые могут жить только в определенных условиях.

В ходе работы был определен качественный состав зообентоса, то есть выявление систематических групп животных, населяющих водоем в определенных точках. Дальнейшим этапом является изучение количественного состава зоопланктона для установления более точного состояния животного мира реки.

### **3. Лабораторные исследования**

#### **3.1. Санитарно-микробиологический анализ воды реки Кузьмиха**

Вода – естественная среда обитания для разнообразных микроорганизмов. В воде рек, открытых водоёмов, морей, океанов обнаруживают представителей всех таксономических групп бактерий, а также грибы, водоросли и простейшие. Совокупность всех микроорганизмов, заселяющих водоёмы, обозначают термином "микробиальный планктон". Микрофлора природных вод в значительной степени зависит от их происхождения. Различают пресные и морские воды. Пресные воды разделяют на поверхностные, включая проточные (реки, ручьи) и стоячие (озёра, пруды, водохранилища); подземные (почвенные, грунтовые, артезианские) и атмосферные (дождь, снег)

Регулярному санитарно-микробиологическому надзору подвергают:

- воды систем централизованного питьевого водоснабжения, в том числе горячего водоснабжения;
- воды систем нецентрализованного питьевого водоснабжения;
- воды поверхностных водных объектов;
- обеззараженные сточные воды, допустимые к сбросу в поверхностные водные объекты;
- природные и сточные воды систем технического водоснабжения;

В нашем случае был проведен частичный санитарно-микробиологический анализ воды поверхностных водных объектов, а именно реки Кузьмиха.

Объектом нашего исследования река Кузьмиха стала по причине использования ее в хозяйственных целях, рекреационных (место отдыха в районе устья реки- Теплые озера), загрязнение воды стоками перекачивающей канализационной системы

Для исследования поверхностных водных объектов необходимо изучить такие показатели (согласно СанПиН 1.2.3685-21), как общие (обобщенные) колиформные бактерии (ОКБ), *E. coli* (кишечная палочка), энтерококки, общее микробное число (ОМЧ) (для определения коэффициента самоочищения).

Степень загрязненности водоемов органическим остатками и наличие в них микроорганизмов соответствует определенным зонам сапробности

Различают три зоны сапробности:

*Олигосапробная зона* – имеющая небольшое количество органических остатков и мало содержащая бактерий. Количество бактерий в этой зоне составляет от 10 до 1000 в 1 мл.

*Мезосапробная зона* представляет собой более загрязненную воду, где происходят процессы распада белков до аммиака и углеводов до углекислого газа и метана. Общее количество микроорганизмов – сотни тысяч КОЕ/ мл

*Полисапробная зона* – зона сильнейшего загрязнения, с резко выраженными процессами гнилостного, анаэробного распада органических остатков. Количество микроорганизмов в этой зоне достигает 2-4 млн КОЕ/мл и более.

Для определения сапробности мы использовали ОМЧ (общее микробное число) - стандартный показатель, указывающий на число бактерий, образующих колонии (КОЕ - колониобразующая единица), в 1 мл пробы.

Одним из необходимых показателей для характеристики санитарного благополучия водоема является **коэффициент самоочищения**

Пробы для санитарно-микробиологического анализа отбирали согласно ГОСТ 31942-2012 в стерильные емкости. Для отбора проб воды использовали специально предназначенную для этих целей одноразовую пластиковую емкость объемом 0,5 л. Емкость не ополаскивали. После набора проб емкости закрывали стерильной крышкой, при этом обеспечив герметичность посуды. Пробы транспортировали при температуре 4-10°C. в течение 2 часов.

Точки, в которых проводили отбор проб:

Отбор проб проводили в сентябре 2023 года. Исследование проводили в лабораториях ЛИН СО РАН

1 – р. Малая Кузьмиха (напротив АЗС БРК, сточные воды), температура вода при отборе пробы - 12,3 °С

2 – р. Кузьмиха (около канализационной насосной станции), температура вода при отборе пробы-14,5°С

3 – р. Кузьмиха (устои старого ЖД моста, слив автомоечной станции, место впадения в Теплые озера), температура вода при отборе пробы- 16,4°С

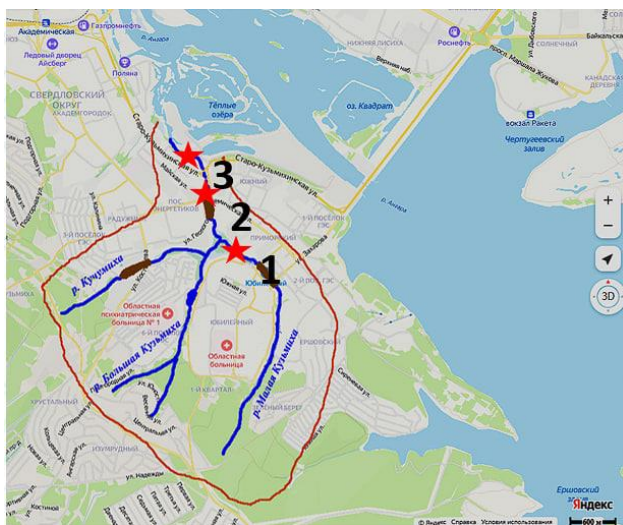


Рис.6. Схема точек отбора проб в сентябре 2023 года



Рис. а

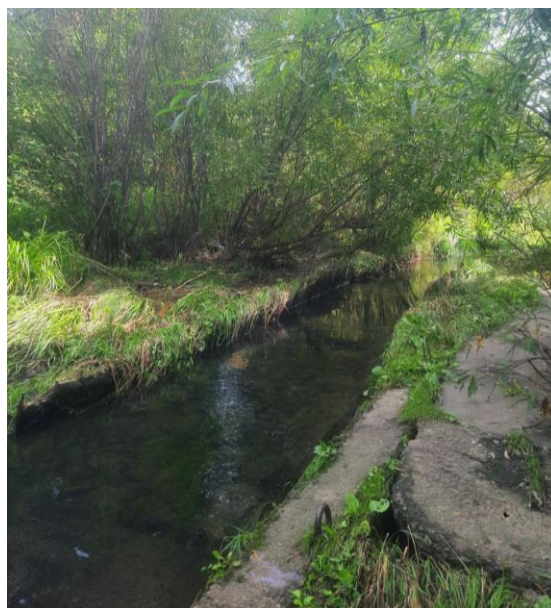


Рис. б

Рис.7. Отбор проб (а-точка 3, б-точка 2)

### **Определение общих (обобщенных) колиформных бактерий (ОКБ) и *E. coli* методом мембранной фильтрации**

**ОКБ** относятся к индикаторной группе бактерий, которая указывает на фекальное загрязнение воды и возможность присутствия возбудителей водоассоциированных бактериальных кишечных инфекций.

Предварительно готовят: среда Эндо разлитая по чашкам, среда Гисса с лактозой в пробирках по 5 мл, лактозный бульон с борной кислотой по 5 мл, фильтры, фильтровальную установку, пинцет, дозатор механический, наконечники, зубочистки, оксидазный тест, КОН (гидроксид калия), предметное стекло, петля бактериологическая, набор для окраски по Граму, термостаты на  $37\pm 1^\circ\text{C}$  и  $44\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

На поверхность среды Эндо помещали по три фильтра (по количеству проб) пинцетом, предварительно прокалив его над пламенем спиртовки. Чашки с фильтрами помещали в термостаты на  $37\pm 1^\circ\text{C}$  на 24ч.

Определение проводится по схеме, составленной по **МУК 4.2.1884-04 Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов**

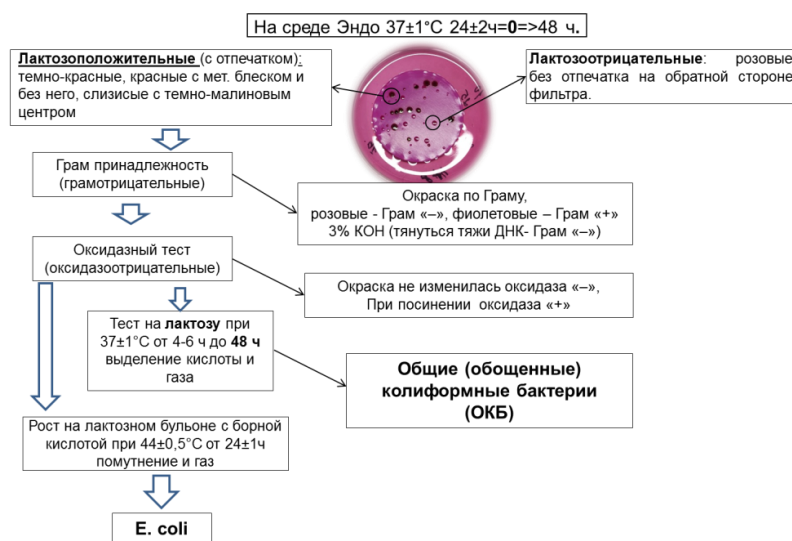
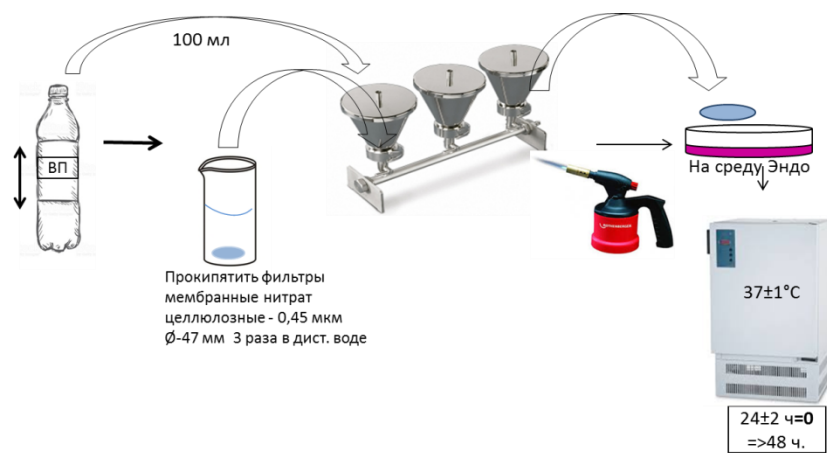


Рис. 8. Схема определения ОКБ и *E. coli*.

Фильтровали по 25 мл каждой пробы. Все исследуемые колонии оксидазаотрицательные, грамотрицательные, результат теста на среде Гисса с лактозой выявил выделение кислоты и газа, таким образом, являясь лактозоположительными. Следовательно, исследуемые колонии отнесли к ОКБ.



Рис. 9. Определение ОКБ

Таблица – 1. Численность ОКБ (КОЕ/100мл) в поверхностных водах р. Кузьмиха

Наименование места отбора	Численность ОКБ, КОЕ/100мл
норма ОКБ (СанПиН 1.2.3685-21 поверхностные воды)	Не более 500
1 точка	296
2 точка	344
3 точка	1456



Рис. 10. Численность ОКБ, КОЕ/100мл; 1,2,3 - точки отбора

Вывод: превышение нормативов ОКБ в точке 3 в **2,9 раз**. В остальных точках превышения норм выявлено не было.

Так как рост на лактозном бульоне с борной кислотой показал выделения газа и помутнение при культивировании на  $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , можно сделать вывод, что колонии относятся к *E.coli* (кишечная палочка).

*E. coli* - это подвижная бактерия, обитающая в кишечнике человека и некоторых животных, патогенные формы которой, попадая в водоемы, приводят к бактериальному загрязнению воды.

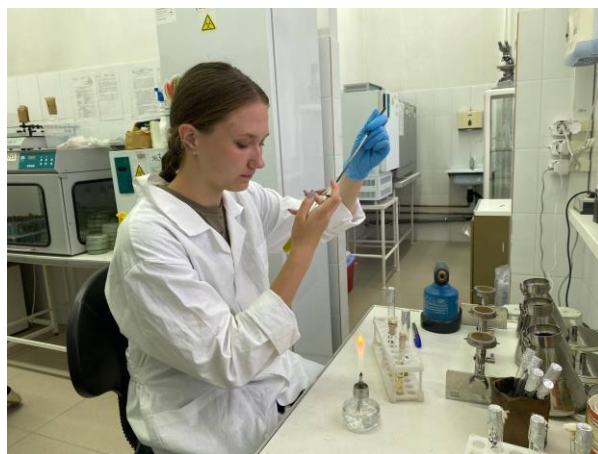


Рис.11. Определение численности *E.coli*

Таблица – 2. Численность *E. coli* (КОЕ/100мл) в поверхностных водах р. Кузьмиха

Наименование места отбора	Численность <i>E. coli</i> , КОЕ/100 мл
норма <i>E. Coli</i> (СанПиН 1.2.3685-21 поверхностные воды)	Не более 100
1 точка	296
2 точка	344
3 точка	1456

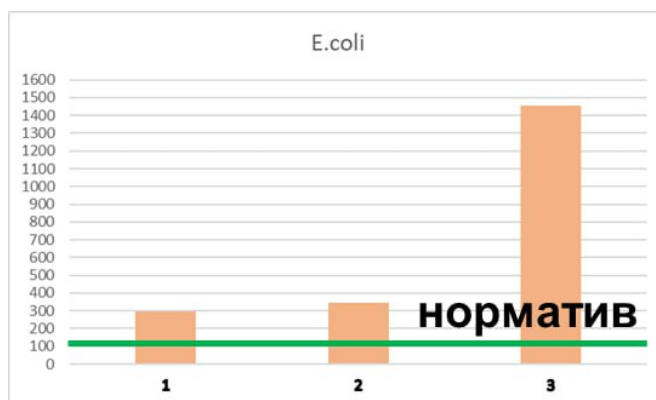


Рис. 12. Численность *E.coli* КОЕ/100мл; 1,2,3 - точки отбора

Вывод: превышение норм отмечено во всех анализируемых пробах

Точка 1- в **2,96 раз** больше нормы

Точка 2 – в **3,44 раз** больше нормы

Точка 3- в **14,56 раз** больше нормы

## Определения энтерококков методом мембранной фильтрации

Энтерококки представляют собой бактерии семейства Enterococcaceae и относятся к санитарно-показательным микроорганизмам.

Предварительно готовят: среда энтерококкагар в чашкам, среда с желчь-эскулин-азидным агаром в чашках, фильтры, фильтровальную установку, пинцет, дозатор механический, наконечники, перекись водорода, предметное стекло, петля бактериологическая, набор для окраски по Граму, термостаты на  $37\pm 1^\circ\text{C}$  и  $44\pm 1^\circ\text{C}$

Определение проводится по схеме, составленной по МУК 4.2.1884-04 Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных

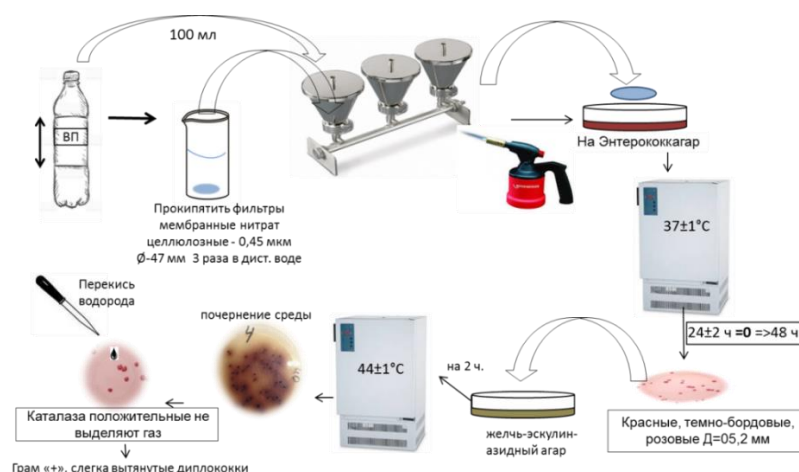


Рис. 13. Схема определения энтерококков.

Колонии были подсчитаны, получены следующие результаты

Таблица - 3 Численность энтерококков (КОЕ/100мл) в поверхностных водах р. Кузьмиха

Наименование места отбора	Численность энтерококков, КОЕ/100 мл
норма энтерококков (СанПиН 1.2.3685-21 поверхностные воды)	Не более 10
Точка 1	240
Точка 2	180
Точка 3	752





Рис. 14. Численность энтерококков, КОЕ/100 мл, 1,2,3 - точки отбора

**Вывод:** превышение норм отмечено во всех анализируемых пробах

Точка 1- в **24 раз** больше нормы

Точка 2 – в **18 раз** больше нормы

Точка 3- в **75,2 раза** больше нормы

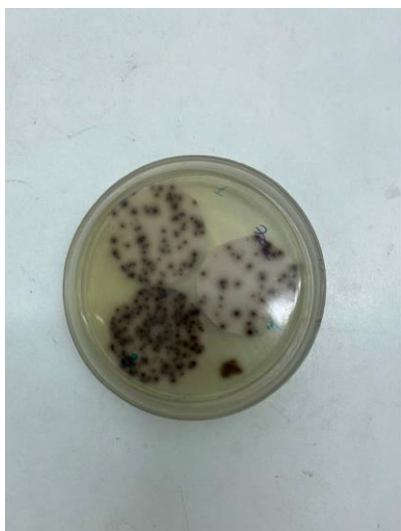


Рис.15. Определение численности энтерококков

## **Определение общего числа микроорганизмов (ОМЧ) методом прямого посева**

Для определения использован **МУК 4.2.1884-04 прил. 1, п.1.2**

ОМЧ в воде определяли путем прямого посева по 0,1 мл проб воды на мясо-пептонный агар в стерильные чашки Петри в двух повторностях, из которых одну помещали в термостаты при 22°C на 72 часа (для учета сапрофитных микроорганизмов) и одну 37°C на 24 ч (для учета патогенных микроорганизмов).

К общему числу микроорганизмов (ОМЧ) относят мезофильные аэробы и факультативные анаэробы (МАФАМ), способные образовывать на питательном агаре колонии, видимые при увеличении в 2 раза при температуре 37 °С в течение 24 ч (ОМЧ 37 °С) и при температуре 22 °С в течение 72 ч (ОМЧ 22 °С)

Определено:

- число колоний, вырастающих при температуре 37 °С в течение 24 ч.
- число колоний, вырастающих при температуре 22 °С в течение 72 ч.

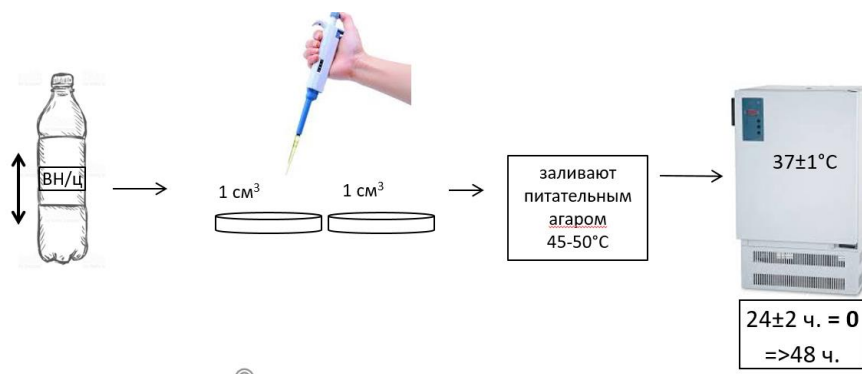
ОМЧ при температуре инкубации 37 °С - индикаторная группа микроорганизмов, в числе которых определяют в большей мере аллохтонную микрофлору, внесенную в водоем в результате антропогенного загрязнения, в т.ч. фекального.

ОМЧ при температуре инкубации 20-22 °С - индикаторная группа микроорганизмов, в числе которых, помимо аллохтонной, определяют водную микрофлору данного водоема (автохтонную).

При температуре 22 °С, как правило, вырастает больше сапрофитных микроорганизмов, чем при температуре 37°C. Соотношение численности этих групп микроорганизмов позволяет судить об интенсивности процесса самоочищения, активными участниками которого они являются. Эта разница более выражена при завершении **процесса самоочищения** (коэффициент соотношения **ОМЧ 22 °С: ОМЧ 37 °С равен четырем и выше**). В местах загрязнения хозяйственно-бытовыми сточными водами численные значения

обеих групп близки. Показатель позволяет получать дополнительную информацию о санитарном состоянии водоемов, источниках загрязнения, процессах самоочищения.

**Определение проводится по схеме, составленной по МУК 4.2.1884-04 Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных**

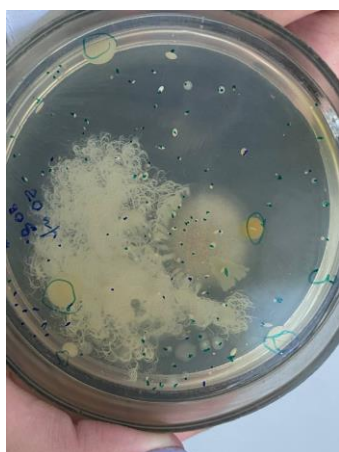


*Рис.16. Определение численности ОМЧ*

Результаты отображены в таблице 4.

Таблица - 4 Численность ОМЧ (КОЕ/мл) в поверхностных водах р. Кузьмиха

Наименование места отбора	Численность ОМЧ 37°C, КОЕ/1 мл	Численность ОМЧ 22°C, КОЕ/1 мл	Норматив согласно МУК 4.2.1884-04 прил. 1, п.1.2 не менее 4
Точка 1	270	791	2,9
Точка 2	180	918	5,1
Точка 3	940	1118	1,2



*Рис.17. Определение ОМЧ на среде МПА*

**Таким образом,**

**В точке 1** *E.coli* превышает норматив почти в 3 раза, энтерококки в 24 раза. Коэффициент самоочищения 2,9 - система данного участка водоема не справляется с поступающими стоками.

**В точке 2** *E.coli* превышает норматив почти в 3,5 раза, энтерококки в 18 раз. Система справляется с поступающими стоками, так как коэффициент самоочищения в этой точке составляет 5,1.

**В точке 3** ОКБ превышает норматив в 2,9 раз, *E.coli* в 14,6 раз, энтерококки в 75,2 раза. Система не справляется с поступающими стоками, так как коэффициент самоочищения в этой точке был минимальным и составляет 1,2.

Повышенное содержание данных показателей вероятнее всего можно объяснить присутствием сточных вод (например, с территории автомоек и АЗС, выгребные ямы садоводств), а также неисправностью канализационной системы, которая вызывает фекальное загрязнение воды. В точке 3 (устои старого ЖД моста, слив автомоечной станции, место впадения в Теплые озера) вода застойная, а также является более освещенной, по сравнению с другими точками, а повышение температуры загрязненной воды способствует сохранению санитарно-показательных бактерий.



*Рис.20. «Источник» антропогенного загрязнения реки Кузьмиха*

Учитывая численность сапрофитных микроорганизмов, можно сделать вывод, что река относится к **мезосапробной зоне**.

### 3.2. Анализ зообентосных проб

Обитатели водной среды - гидробионты, населяют практически всю гидросферу от её поверхности до максимальных глубин. Значительная часть гидробионтов обитает на дне или на другом субстрате - растениях, подводных сооружениях, днищах судов и т.п. Этих гидробионтов называют бентосом. Бентос делится на две большие группы - зообентос и фитобентос. Зообентосные организмы являются наиболее многочисленной группой гидробионтов, имеющей огромное экологическое и хозяйственное значение. Они потребляют формирующееся в водоёмах и приносимое извне органическое вещество, осуществляют самоочищение водоёмов и водотоков, составляют основу питания большинства видов рыб.

Река Кузьмиха подвергается антропогенному воздействию (например, сточные воды садоводств), которое может влиять на организмы, обитающих в воде, и менять в первую очередь видовое разнообразие локальных биотопов.

Отбор проб проводился в сентябре 2023 года в трех точках реки Кузьмиха:

- 1) участок реки за автозаправочной станцией «БРК»
- 2) участок реки за ТРЦ «БУМ»
- 3) место впадения в Теплые озера

Температура воды при отборе проб была следующая: точка 1- 12,3 °С; точка 2- 14,5°С; точка 3- 16,4°С. Пробы отбирали гидробиологическим сачком, взмучивая грунт, и собирая качественные пробы. Живые пробы разбирали под стереомикроскопом в лабораторных условиях. Все найденные организмы были зафиксированы 96% этанолом для дальнейшего определения систематических групп.



Рис. а



Рис. б

Рис.21. а- осмотр проб под стереомикроскопом, б-полевые исследования, точка 2

### 3.2.1. Качественный анализ проб зообентоса:

При проведении таксономической идентификации был использован Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Том 1. Зоопланктон (Алексеев, 2010). Качественный состав исследованных нами проб зообентоса в разных участках р. Кузьмиха представлен в Таблице 1. В пробах были обнаружены ветвистоусые ракообразные (*Cladocera*), веслоногие ракообразные (*Sopropoda*), ракушковые ракообразных (*Ostracoda*), планария и коловратки. Всего было зафиксировано 11 родов зообентосных организмов. Наибольшим таксономическим разнообразием характеризовались веслоногие рачки (*Sopropoda*), представленные 5 родами. Повсеместно встречались циклопы *Eucyclops* sp., в двух из трех проб встречались ракушковые ракообразные и космополитический вид *Cladocera Chydorus sphaericus*. Остальные организмы были обнаружены лишь только в одной пробе.

Таблица 5- Состав зообентоса разных участков р. Кузьмиха в августе 2023

года

Систематическая группа	1 точка (за автозаправочной станцией «БРК»)	2 точка (перед ТРЦ БУМ)	3 точка (место впадения в Теплые озера)
<i>Подкласс Copepoda</i>			
<i>Acanthocyclops vernalis</i>	+	-	-
<i>Eucyclops</i> sp.	+	+	+
<i>Megacyclops viridis</i>	-	-	+
Копеподиты Cyclopoidea	+	-	-
Науплиусы Copepoda	-	-	+
отряд Harpacticoida	-	+	-
Отряд Cladocera			
<i>Simoncephalus</i> sp.	-	-	+
<i>Chydorus sphaericus</i>	-	+	+
отряд планарии Tricladida	+	-	-
<i>Tun Oligostraca</i>			
класс Ostracoda	+	+	-
<i>Tun Rotifera</i>			
<i>Keratella quadrata</i>	-	-	+
<b>Всего</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

### 3.2.2. Оценка видового разнообразия

Первым этапом был определен  $\alpha$ -состав, который характеризует разнообразие внутри одного местообитания, а в нашем случае одной пробы. Оценку  $\alpha$ -состава проводили подсчетом числа идентифицированных видов. Установлено, что видовое разнообразие зообентоса отличалось по участкам реки: в месте впадения в Теплые озера отмечено шесть видов, за автозаправочной станцией «БРК» - пять, а за перед ТРЦ БУМ - только четыре. Более высокое  $\alpha$ -разнообразие в месте впадения в Теплые озера вероятнее всего можно объяснить тем, что вода там застойная, а также имеет хорошую

прогреваемость, что способствует большему видовому разнообразию организмов зообентоса.

Оценка  $\beta$ -разнообразия проводится путем измерения динамики видового разнообразия вдоль среднего градиента или путем сравнения видового состава различных сообществ. Чем меньше общих видов в сообществах или в разных точках градиента, тем выше бета-разнообразие.

Для оценки бета-разнообразия используют показатели на основе данных по присутствию и отсутствию видов.

Были выбраны следующие показатели: индекс Жаккара в модификации Серенсена, индекс Жаккара, коэффициент Серенсена-Чекановского

Индекс Жаккара в модификации Серенсена:

Индекс высчитывается по формуле:

$$I_S = \frac{2c}{a+b} \times 100\% \quad (1)$$

где  $a$  – число видов в первом сообществе;

$b$  – число видов во втором сообществе;

$c$  – число общих видов.

Получены следующие результаты:

$K_{1,2}=44\%$  (сходство точки 1 и 2)

$K_{2,3}=40\%$  (сходство точки 2 и 3)

$K_{1,3}=18,18\%$  (сходство точки 1 и 3)

Индекс Жаккара:

Индекс высчитывается по формуле:

$$I_J = \frac{c}{a+b-c} \times 100\% \quad (2)$$

где  $a$  – число видов в первом сообществе;

$b$  – число видов во втором сообществе;

$c$  – число общих видов.

Получены следующие результаты:

$K_{1,2}=28,57\%$

$K_{2,3}=25\%$



$$K_{1,3}=10\%$$

Коэффициент Серенсена-Чекановского:

Коэффициент высчитывается по формуле:

$$K_{sc} = \frac{2a}{((a+b)+(a+c))} \times 100\% \quad (3)$$

где а – число видов в первом сообществе;

в – число видов во втором сообществе;

с – число общих видов.

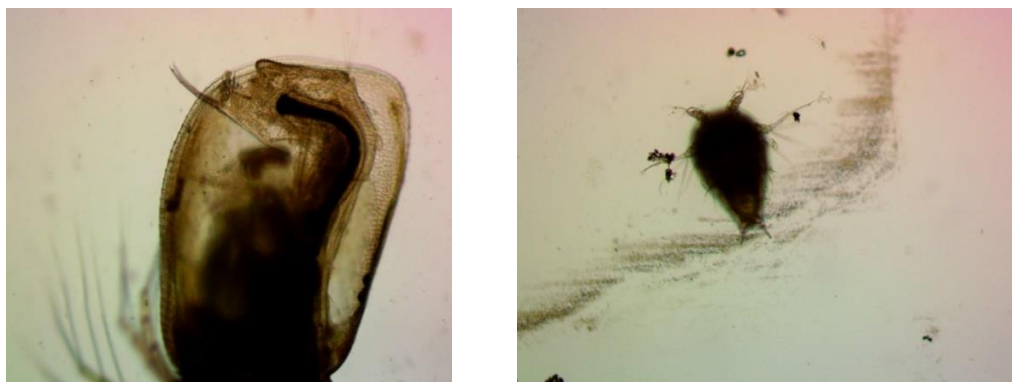
Получены следующие результаты:

$K_{1,2}=30,8\%$ - умеренное сходство

$K_{2,3}=22,2\%$ - низкое сходство

$K_{1,3}=15,38\%$ - низкое сходство

После подсчета данных индексов сделан следующий **вывод**: несмотря на то, что разные индексы имеют разные значения, все три точки имеют низкое видовое сходство, соответственно водоем характеризуется значительно высоким разнообразием, что может быть вызвано, как абиотическими (разная гидрология, субстрат, температура), так и антропогенными факторами, а также отличается доминированием веслоногих ракообразных.



*Рис.22. Гидробионты, населяющие реку Кузьмиха*

#### 4. Социальная значимость

Проблема малых рек является невероятно актуальной в настоящее время. Организации по экологическому надзору анализируют состояние более крупных рек, оставляя без внимания малые реки, которые являются важной частью экосистемы, поэтому нами было решено проводить общественно-экологический мониторинг. Полученные в ходе исследовательской деятельности готовятся к передаче в Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. В дальнейшем планируется не только научная деятельность, но и в ближайших планах разработка проекта по организации пространства для отдыха.

Немаловажно то, что данная водная река является основным объектом для работы молодежного водного сообщества Иркутской области, тем самым освещая тему проблемы малых рек и повышая экологическое просвещение населения.



*Рис. 23. Участники МВС Иркутской области на общегородском субботнике. (сентябрь, 2023 год). Река Кузьмиха*

#### 5. Выводы

Малым рекам принадлежит исключительно важная роль в биосфере. Они в силу своей природной уязвимости в первую очередь реагируют на хозяйственную деятельность человека - на вырубку лесов, распашку, осушение, орошение, они обладают более низкой способностью к самоочищению, быстрее загрязняются. Проблема чистой воды - одна из острых в мире. Необходимо беречь и охранять водные ресурсы.

По результатам проведенных лабораторных исследований можно предположить, что:

1. В воде реки превышение большинства санитарно-микробиологических показателей различно в разных участках реки (наиболее загрязнённый участок в месте впадения реки в Теплые озера, а менее загрязненный - в районе ТЦ «БУМ»)
2. Учитывая численность сапрофитных микроорганизмов, река относится к мезосапробной зоне (средняя степень загрязнения)
3. Водоем характеризуется значительно высоким разнообразием, что может быть вызвано, как абиотическими (разная гидрология, субстрат, температура), так и антропогенными факторами
4. Река находится в опасном положении, но остается «живой»
5. Вода реки использоваться только в рекреационных и технических целях.

## **6. Заключение**

Хозяйственная деятельность человека влияет на экологическое состояние рек, от состояния реки Кузьмиха зависят процессы, которые происходят в прибрежных акваториях Теплых озер и реки Ангара. И пока еще размеры загрязнения не приобрели необратимый характер необходимо оказать посильную помощь в спасении реки. Мы надеемся, что жители нашего микрорайона активно примут участие в экологических акциях по очистке берегов реки от мусора. Защита водных ресурсов от загрязнения – одна из наиболее важных проблем, требующая безотлагательного решения.

## **7. Рекомендации**

1. Продолжить комплексное исследование состояния реки и прибрежной территории с привлечением ученых экологов, биологов, географов,

- архитекторов, историков и других специалистов для составления экологического паспорта реки.
2. Продолжить реализацию комплекса мероприятий по оздоровлению реки и благоустройству прибрежной зоны с участием коллектива школы, землепользователей и партнеров (укрепление склонов через посадку зеленых насаждений, проведение экологических субботников, организацию профилактических мероприятий).
  3. Провести экологический мониторинг водоема методом биоиндикации и биотестирования для учета изменения среды под действием антропогенного фактора.
  4. Провести биохимический анализ почвы берегов реки для выяснения влияния различных видов антропогенного воздействия на естественный гидрохимический режим реки
  5. Провести анализ воды в устье реки для оценки антропогенного воздействия и определения уровня загрязнения воды в Ангаре.
  6. Продолжить работу по экологическому просвещению жителей района (создание фильма о реке Б. Кузьмиха, установка информационных аншлагов

Данный проект выполнен при поддержке проекта Фонда президентских грантов № 23-1-000946 «Научный потенциал Сибири».

## 8. Литература

1. Атлас развития Иркутска. - Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2011. - 131 с.
2. Большаков А.Г Принципы организации прибрежных территорий как экологического каркаса территорий //Известия ИГУ. Сер. Биология. Экология. Том 4, №2 (10), 2011. – С.5-11.
3. Водный кодекс РФ / Кодексы и законы РФ
4. МУК 4.2.1884-04 Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов
5. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Том 1. Зоопланктон (Алексеев, 2010)
6. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»