

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»

М.М. ДОЛОВ, О.О. ГЕТОКОВ, Ш.Б. ХАШЕГУЛЬГОВ,
Ф. И. ЧАПАНОВА, М.Б. БАРКИНХОЕВ

ПРАКТИКУМ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОЕМОВ

*(практикум по дисциплинам:
учение о гидросфере, методы экологических исследований)*

Учебно-методическое пособие



Издательство ООО «КЕП»
Назрань
2022

УДК 556
ББК 26.222
П 69

Печатается по решению учебно-методического совета
ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет» (протокол № 5 от «26» января 2022 г.)

Авторы:

Долов М.М., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»

Гетоков О.О., доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»

Хашегульгов Ш.Б., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»

Чапанова Ф.И., ассистент, ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»

Баркинхоев М.Б., старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»

Рецензенты:

Кожоков М.К., доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой «Ветеринарная медицина», ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»

Паритов А.Ю., кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой биологии, геоэкологии и молекулярно-генетических основ живых систем института химии и биологии ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

П69 Практикум экологические исследования водоемов (практикум по дисциплинам: Учение о гидросфере, методы экологических исследований). Учебно-методическое пособие. / Долов М.М., Гетоков О.О., Хашегульгов Ш.Б. и др. – Назрань: ООО «КЕП», 2022. – 120 с.

ISBN 978-5-4482-0121-9

В практикуме представлены различные методические подходы для успешного выполнения лабораторно-практических занятий по дисциплинам: учение о гидросфере, методы экологических исследований студентами направления подготовки 05.03.06. – «Экология и природопользование».

Включены методы изучения пресноводных экосистем, физико-химические методы оценки водоемов, особенности проведения биологического мониторинга эвтрофикации пресноводных водоемов.

Приведены основные методы определения токсичности воды.

Практикум отвечает требованиям современных федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлениям подготовки 05.03.06. Экология и природопользование.

Учебное издание предназначено для студентов, магистров, аспирантов научных работников и преподавателей ВУЗов.

УДК 556
ББК 26.222

© М.М. Долов, О.О. Гетоков, Ш.Б. Хашегульгов,
Ф.И. Чапанова, М.Б. Баркинхоев, 2022 г.

ISBN 978-5-4482-0121-9

Введение

Вода - самое распространенное неорганическое соединение на нашей планете. Вода - основа всех жизненных процессов, единственный источник кислорода в главном движущем процессе на Земле - фотосинтезе. Вода присутствует во всей биосфере: не только в водоемах, но и в воздухе, и в почве, и во всех живых существах. Последние содержат до 80-90% воды в своей биомассе. Потери 10 - 20% воды живыми организмами приводят к их гибели.

В естественном состоянии вода никогда не свободна от примесей. В ней растворены различные газы и соли, находятся взвешенные твердые частички. В 1 литре пресной воды может содержаться до 1 грамма солей.

Большая часть воды сосредоточена в морях и океанах. На пресные воды приходится всего 2% . Большая часть пресных вод (85%) сосредоточена во льдах полярных зон и ледников. Возобновление пресных вод происходит в результате круговорота воды.

С появлением жизни на Земле круговорот воды стал относительно сложным, так как к простому явлению физического испарения (превращения воды в пар) добавились более сложные процессы, связанные с жизнедеятельностью живых организмов. К тому же роль человека по мере его развития становится все более значительной в этом круговороте и далеко не всегда сказывается благоприятно на состоянии воды. Все больше исследований направлено на поиски приемов предотвращения загрязнения и оценки качества воды. В данном пособии мы попытались предложить различные методы оценки качества воды.

1. Изучение пресноводных экосистем

Пресноводные водоемы имеют огромное значение для жизни человека, что объясняется рядом причин. Во-первых, пресноводные водоемы являются самым удобным и дешевым источником воды для бытовых и промышленных нужд. Во-вторых, они представляют собой самые удобные и дешевые системы по переработке отходов. В-третьих, это узкое место планетарного гидрологического цикла. Злоупотребляя использованием этого природного средства, человек породил массу экологических проблем, которые могут привести к тому, что вода станет основным лимитирующим фактором для него как биологического вида. Одной из таких проблем стал процесс антропогенной эвтрофикации пресноводных водоемов.

Эвтрофикацией называется процесс преобразования водной экосистемы в результате привнесения в водоем минеральных и органических веществ с водосбора в таких количествах, которые не могут быть усвоены биоценозом водоемов. Эвтрофикация как естественный процесс осуществляется на протяжении длительных отрезков времени, приводит к постепенному переходу водных экосистем из олиготрофного в эвтрофное или даже дистрофное состояние.

1. Олиготрофное состояние водной экосистемы характеризуется следующими чертами: высокая частота и прозрачность воды, бедность минеральными и органическими веществами, близкая к нейтральной реакция среды, минерализация сульфатная или гидрокарбонатная, наличие кислорода в придонном слое воды, высокое видовое разнообразие фитопланктона, небольшая его численность и продуктивность, часто доминируют зеленые водоросли, "цветение" фитопланктона наблюдается редко, животная продукция низкая.

2. Для эвтрофного состояния характерно: гораздо более низкая прозрачность воды, богатство минеральными и органическими веществами, щелочная реакция среды ($pH = 7,5 - 9,0$), минерализация гидрокарбонатная или карбонатная, содержание солей кальция и магния достигает 70 мг/л, органические вещества разлагаются до усваиваемых растениями нитратов и фосфатов, отсутствие кислорода в придонном слое воды в летнее время, низкое видовое разнообразие фитопланктона, его большая численность, высокая продуктивность, часто доминируют цианобактерии (синезеленые водоросли), "цветение" фитопланктона наблюдается часто, животная продукция высокая.

3. Дистрофное состояние характеризуется темноводностью, большим количеством в воде детрита, бедность солями кальция и магния (меньше 24 мг/л), минерализация

сульфатная, реакция среды кислая ($\text{pH} = 6 - 7$), высокое содержание биогенных элементов в трудно усваиваемой форме, дефицит кислорода, они бедны планктоном и высшей растительностью, скуден животный мир этих водоемов.

Процессам эвтрофикации мы обязаны наличию на Земле залежей угля, месторождений нефти, газа, горючих сланцев и многих других полезных ископаемых биогенного происхождения.

Однако в настоящее время во многих пресноводных экосистемах наблюдается очень быстрая эвтрофикация, обусловленная интенсивной хозяйственной деятельностью человека: внесением азотных удобрений на сельскохозяйственные угодья и частичное смывание их в водоемы, а также содержание фосфатов в сточных водах. В результате этого происходит нарушение круговорота азота и фосфора. Количество вещества, вовлекаемого в активную фазу цикла, начинает превышать то, которое соответствует саморегулирующимся возможностям экосистемы.

Работа № 1. Составление плана местности

Цель: научиться составлять план местности

Задачи:

- ознакомиться с правилами составления плана местности;
- составить план местности.

Оборудование: планшет (компас, прямоугольный кусок фанеры), линейка, карандаш и ластик, лист чертежной бумаги

Новые понятия: глазомерная съемка, визирование, план местности, масштаб, условные знаки, стороны горизонта.

Прежде чем оценить экологическое состояние участка парка, сквера, поймы реки необходимо составить его план. Если отсутствует карта, при работе в поле вычерчивается схема профиля в виде линии, отражающей рельеф местности с обозначением стрелкой направления сторон света. Для оформления крупномасштабных профилей на схеме наиболее приемлем масштаб 1:1000 или 1:5000 (в 1 см-10 или 50 м). Измерение производится шагами.

Глазомерная съёмка позволяет получить план маршрута или участка в принятых условных знаках. Направления на предметы при съёмке прочерчивают по линейке, а расстояния до них измеряются шагами и откладываются по соответствующим направлениям в заданном масштабе.

Ход работы:

Изготовление планшета. Возьмите прямоугольный кусок фанеры или картона 30х40 см; в верхнем углу прикрепить компас так, чтобы линия С-Ю была параллельна большей стороне. На планшет за уголки наклеить лист плотной чертёжной бумаги.

Измерение ширины шага. Отмерьте расстояние равное 50 метрам и подсчитайте количество шагов соответствующее этому расстоянию. Поделите 50 метров на количество шагов. Полученная величина соответствует длине вашего шага в метрах и соответствует делению линейного масштаба. В нижней части планшета начертите линейный масштаб в шагах.

В исходной точке сориентируйте планшет так, чтобы стрелка компаса С-Ю была параллельна большей стороне планшета, нанесите исходную точку.

4. Завизируйте на первый поворот своего пути, прочертите это направление на плане.

5. Завизируйте и прочертите направления на наблюдаемые предметы местности (дерево, куст, столбы ЛЭП и т.д.).

6. Идите к намеченным объектам, считая шаги.

7. Отложите пройденные расстояния по масштабу шагов, при помощи условных знаков обозначьте предметы местности.

8. В точке поворота сориентируйте планшет, завизируйте и прочертите направление на следующий поворот пути.

9. Все остальные действия выполняйте в том же порядке, как в исходной точке.

10. Оформите план маршрутной съёмки:

- Тщательно вычертите условные знаки.
- Укажите линию меридиана С-Ю; а также район съёмки, её масштаб.
- Проставьте дату и подписи исполнителей.
- Для большей наглядности план раскрасьте цветными карандашами: водные пространства - голубым; леса, кустарники - зелёным; памятники, здания - красным.

Контрольные вопросы:

1. Что такое план местности?
2. В каком масштабе удобно использовать глазомерную съёмку?
3. С какими масштабами вы знакомы?
4. Какой масштаб применяется при составлении плана местности?

Работа № 2. Визуальное исследование водоема

Цель: научиться определять основные параметры водоема

Задачи:

- сформулировать представление о характеристиках водоемов;
- научиться определять ширину и глубину водоема и составлять план местности.

Оборудование: рейка 150 см, сантиметровая лента.

Ход работы:

Подготовка. Перед непосредственным выполнением практических исследований необходимо собрать следующую информацию об изучаемом водоеме: название, географическое положение; физико-географические особенности района, в котором расположен водоем: рельеф, геологическое строение, климат, растительный покров. После проведения этой работы переходят к изучению основных параметров, характеризующих конкретный водоем.

1. Определение ширины водоема.

Первый способ. Ширину небольших водоемов измеряют с помощью шнура, натянутого с одного берега на другой

Второй способ. В основу первого способа положен принцип построения двух равных прямоугольных треугольников. Для этого на противоположном берегу водоема выбирают хорошо заметный объект и становятся против него. Повернувшись на 90 градусов, проходят определенное количество шагов /например 50/ вдоль берега. На этом месте устанавливают рейку не менее 150см. не меняя направление, от рейки отмеряют такое же количество шагов и, повернувшись на 90 градусов, т.е. спиной к водоему, отходят от берега, пока не достигнут точки, из которой отмеченный объект на противоположной стороне и рейка будут видны на одной прямой. Расстояние от берега до этой точки будет равно ширине водоема. Это расстояние можно измерить рулеткой.

Третий способ. В основу третьего способа положено построение двух подобных треугольников. Травинку или палочку длиной 10-12 см берут за середину и держат в вытянутой руке. На противоположном берегу выбирают два объекта таким образом, чтобы травинка как бы касалась концом этих объектов /смотреть одним глазом/. То место где вы находитесь в данный момент, будет исходной точкой. Сложите травинку пополам, возьмите за середину и, удерживая ее на вытянутой руке, отходите от берега до тех пор, пока промежуток между выбранными предметами не закроется сложенной травинкой. Эта точка будет конечной. Расстояние между исходной и конечной точкой будут соответствовать ширине

2. Определение глубины водоема.

При наличии слабого течения для измерения глубины используют шнур с тяжелым грузом. На шнур наносят разметку в сантиметрах. Груз, подвешенный на шнуре, через равные промежутки опускают на дно и фиксируют отметку на шнуре, на уровне которой находится вода.

При наличии сильного течения глубину реки измеряют шестом, который имеет разметку в сантиметрах. Измерение глубины реки принято осуществлять от левого берега к правому.

3. Определение количество воды в водоеме

Расчет этого показателя проводят посредством умножения длины, ширины и средней глубины исследуемого водоема. Количество воды выражают в м^3 .

4. Полученные данные отражают на плане местности

Контрольные вопросы:

1. Сравните ширину водоемов, полученную разными способами. В чем причина несовпадения результатов?
2. Какой из водоемов имеет наибольшую глубину и с чем это связано?
3. Какую информацию вы нашли в дополнительной литературе?
4. Какие показатели необходимо включить в исследование реки?

Работа № 3. Определение горизонтального профиля реки

Цель: научиться определять горизонтальный профиль реки

Задачи:

- ознакомиться с характеристикой водоема – профиль
- повторить правила измерения глубины реки

Оборудование: сантиметровая лента, лот

Новые понятия: профиль реки, створ, устье

Створ – условное поперечное сечение водоема или водотока, в котором проводится комплекс работ для получения данных о качестве воды.

Профиль реки - изображение вертикального разреза русла от истока до устья. По горизонтальной оси откладываются расстояния от истока по реке, по вертикальной оси (всегда в более крупном масштабе) - высоты уровня воды.

Устье - место впадения реки в водохранилище, озеро, море или другую реку.

Ход работы:

1. При небольшой ширине реки измерение глубины можно произвести с лодки, либо с места. Глубина замеряется лотом (верёвка, размеченная на сантиметры, на конце которой прикреплен груз).

2. Для составления профиля дна реки выбирают произвольный участок. На участке реки, глубину которого собираются измерить, от одного берега к другому натягивают размеченную через 1 метр верёвку и начинают проводить измерения, опуская в каждой точке лот.

3. На реках шириной до 10 метров промеры проводятся через 50 сантиметров, на более широких реках (до 50 м) через 1-2 метра. Результаты измерений записывают в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты измерений

Номер промера	Расстояние между промерами	Глубина	Примечание
Уровень левого берега		0,00м	
1	0,5м		
2	0,5м		
3	0,5м		
4	0,5м		
5	0,5м		
Уровень правого берега		0,00м	

4. На основании проведённых измерений определяют ширину реки, максимальную глубину, а также строят поперечный профиль реки в выбранном масштабе.

Пусковой створ Верхний створ Средний створ Нижний створ

Рис. 1 . Поперечный профиль реки

Контрольные вопросы:

1. Что такое профиль реки?
2. Измерение каких показателей необходимо для составления профиля реки ?
3. Дайте определение понятием створ, устье.

Работа № 4. Определение скорости течения воды

Цель: научиться определять скорость течения воды

Задачи:

- освоить 2 метода оценки скорости течения воды
- провести измерения скорости течения воды

Оборудование: L-образная трубка высотой 50 см, секундомер, поплавки (12 шт.), рулетка, вешки высотой 150 см (8 шт.).

Ход работы:

Вариант 1. Самым простым методом определения скорости течения воды служит измерение времени, необходимого какому-нибудь плавающему предмету для того, чтобы пройти определенное расстояние. Чтобы исключить влияние ветра, лучше использовать предмет, который большей своей частью погружен в воду.

Вариант 2. Поместить в поток воды L-образную трубку высотой 50 см, длиной 10 см и диаметром 2 см таким образом, чтобы ее короткий конец был обращен навстречу течению. Измерив высоту, на которую поднялась в длинном конце трубки, можно определить скорость течения, используя следующую формулу:

$$V = \sqrt{2hg}$$

v-скорость течения воды, см/с;

g-ускорение силы тяжести (981 см/с²);

h-высота столба воды, см.

Вариант 3. Определение скорости течения реки проводят с помощью поверхностных поплавков, которые представляют собой деревянные диски диаметром 10-12 см и толщиной 4-6 см.

– Перпендикулярно оси реки вешками (высота не менее 150 см) отмечают 4 створа вниз по течению. Каждый створ представляет собой 4 вешки, расположенные на одной прямой: 2 вешки на своем берегу и 2 вешки на противоположном. Первый створ называется пусковым, второй - верхним, третий - главным, четвертый - нижним.

– Через главный створ обязательно натягивает промерную веревку (с одного берега на другой) со свешивающимися над водой, хорошо заметными метками, которые указывают определенное расстояние от уреза воды. Расстояние между створами должно быть примерно равно ширине реки.

– Поплавок бросают в реку перед пусковым створом. Расстояние между пусковым и верхним створами служат для того, чтобы поплавок принял скорость течения реки.

– С помощью секундомера отмечают время прохождения поплавок от верхнего до главного створа и от главного до нижнего. Следующий поплавок пускают только тогда, когда предыдущий пройдет нижний створ. В процессе пуска поплавки равномерно распределяют по ширине русла реки в следующем порядке: у левого берега, между левым берегом и серединой, на середине реки, между серединой и правым берегом, у правого берега реки.

– Для вычисления скорости реки в конкретном месте расстояние между верхним и нижним створами делят на продолжительность хода поплавка.

– Средняя скорость реки равна среднему арифметическому скоростей движения всех поплавков.

Сравните полученные результаты.

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит скорость течения воды?
2. С какими характеристиками воды связана скорость течения?
3. Какие характеристики применяются для описания рек?
4. Что такое устье реки?

Работа № 5. Наблюдения за изменением уровня воды в реке

Цель: провести наблюдения за изменением уровня воды в реке

Задачи:

- выяснить причины изменения уровня воды в реке;
- закрепить приемы измерения глубины водоема;
- ознакомиться с новыми понятиями

Оборудование: рейка

Новые понятия: водомерный пост

Водомерный пост предназначен для мониторинга уровня воды в водохранилищах, водяных накопительных резервуарах, озёрах, реках, каналах, инженерно-геологических скважинах.

Уровень воды уменьшается при интенсивном испарении, которое в свою очередь зависит от температуры воздуха и воды. Сильно влияют на уровень воды ливневые или продолжительные тельные осадки, выпавшие в бассейне водоёма. Большое влияние на уровень воды в реке оказывает ветер. Если ветер направлен против течения, вода задерживается и может вызывать некоторый подъём уровня. Если направление ветра совпадает с течением, наоборот, уровень понижается.

Ход работы:

1. Необходимо организовать водомерный пост. Для этого устанавливается на реке свая, к ней крепится рейка, размеченная на сантиметры, так чтобы, 0 см - соответствовал дну реки.
2. Наблюдения за уровнем ведется 2 раза в сутки, например, в 7.00 и 19.00 и записываются результаты
3. Проанализировать полученные данные, выяснить причины изменения уровня воды.

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит изменение уровня воды в реке?
2. Что такое водомерный пост?
3. Какие показатели необходимо еще измерять для получения более полной характеристики водоема?
4. Почему измерения необходимо проводить хотя бы 2 раза в сутки?

Работа № 6. Определение расхода воды в реке

Цель: Научиться определять расход воды в реке в полевых условиях.

Задачи:

- ознакомиться с показателем характеристики водоема - расход воды в реке;
- научиться измерять расход воды в реке.

Оборудование: секундомер, шнур или шест для измерения глубины реки, поплавки (12 шт), рулетка, вешки высотой 150 см (8 шт).

Новые понятия: расход воды

Расход воды (в водотоке) – количество воды, протекающей через поперечное сечение водотока. Измеряется в расходных единицах ($\text{м}^3/\text{с}$). В общем случае, методология измерения расхода воды в реках и трубопроводах основана на упрощенной форме:

$$Q = A\bar{v}$$

Q – расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$)

A – площадь поперечного сечения водотока (трубы или части русла реки, заполненного водой) (м^2).

\bar{v} – средняя скорость потока ($\text{м}/\text{с}$).

Живое (поперечное) сечение реки (потока) - плоскость сечения потока, перпендикулярная направлению течения.

Ход работы:

1. Приблизительный расход воды в реке можно определить посредством умножения ширины реки на максимальную глубину и на скорость течения реки, с последующим делением полученного результата на

2. Для получения более точных результатов:

а. Рассчитайте площадь сечений реки, исходя из промеров глубин, береговые участки принимаются за треугольники, а остальные имеют вид трапеции. Используя соответствующие формулы, находят площадь каждого участка.

б. Сумма всех этих площадей равна площади сечения реки.

в. Величину расхода воды в реке за единицу времени получают в результате умножения площади сечения реки на среднюю скорость ($\text{м}^3/\text{с}$).

Контрольные вопросы:

1. Что такое расход воды?
2. Перечислите известные вам характеристики реки?
3. Что такое сечение реки?
4. Какая формула применяется для подсчета расхода воды?

2. Физико-химические методы оценки водоемов

Оценить качество питьевой воды необходимо везде - дома, в школе, на даче, в походе, в путешествиях. Это помогает предотвратить многие неприятности в жизни, связанные с кишечно-желудочными заболеваниями и инфекционными болезнями.

Экологический критерий чистой воды предусматривает значительные колебания ее физических свойств и химического состава, которые обусловлены географическими и геохимическими особенностями территории водосбора.

Качество воды можно очень быстро определить по ее физическим свойствам. Пригодная для питья вода прозрачна, прохладна, без запаха и вкуса. В тонком слое бесцветна, а в толстом слое имеет голубоватую окраску, не содержит вредных примесей.

К числу чистых относятся и воды болот, несмотря на их высокую цветность, и воды соленых озер с их высокой степенью минерализации. Эти воды чистые, потому что их свойства сформировались в результате многовековых природных процессов, а не под влиянием деятельности человека.

2.1. Правила взятия проб воды для исследований

Для взятия проб используют чистые бутылки, предварительно сполоснутые водой из исследуемого водоема. При этом пользуются специальным прибором (батометром) или бутылками с грузом, у которых пробка открывается веревкой на заданной глубине. Забор воды осуществляют на любой глубине, где предполагают проводить исследования. Бутылку, наполненную исследуемой водой, закрывают пробкой, нумеруют и прилагают к ней сопроводительный бланк, в котором указывают название водоема, его расположение, время взятия пробы, состояние погоды в этот момент. Для проведения бактериологического анализа пробы берут с глубины 15-20 см в объеме 250-500 мл. При взятии этих проб необходимо соблюдать особые правила:

- а) применять только стерильную посуду;
- б) горловину посуды закрывать ватой и обертывать бумагой;
- в) посуду вместе с грузом пастеризовать и завернуть в бумагу;
- г) при заборе воды ватную пробку вынимают, удерживая ее пальцами через бумагу, а перед закупориванием бутылки с водой ватную пробку обжигают.

В том случае, если анализ воды нельзя осуществить сразу на месте взятия проб, допускается их хранение и транспортировка при соблюдении следующих правил:

а) хранить и транспортировать пробы можно не более 8 часов при температуре воды 1-5° С;

б) при перевозке не опрокидывать пробы и не смачивать пробки;

в) бактериологический анализ проводят не позднее 2-х часов с момента взятия пробы.

На этикетке фиксируют название водоема, место, число и время взятия проб, погодные условия.

Работа № 7. Определение органолептических показателей качества воды

Цель: научиться характеризовать качество воды, взятой из различных источников

Задачи:

- сформировать представление об органолептических характеристиках воды;
- научиться определять прозрачность воды, используя шрифт Снеллина и диск Секки;
- научиться определять характер вкуса воды и давать оценку его интенсивности по пятибалльной таблице;
- научиться определять цвет воды визуальным и количественным способом;
- научиться определять запах воды и его интенсивность;
- научиться характеризовать качество воды.

Оборудование: пробы воды, стеклянные сосуды, предметное стекло, дистиллированная вода, спиртовка, цилиндрический сосуд с прозрачным дном и тубусом для выпуска воды, шрифт Снеллина №1, шнур, диск Секки.

Новые понятия: дистиллированная вода, шрифт Снеллина №1, диск Секки.

Органолептические наблюдения - это метод определения состояния водного объекта путем его непосредственного осмотра. При органолептических наблюдениях особое внимание обращают на явления, необычные для данного водоема или водотока и часто свидетельствующие о его загрязнении: гибель рыбы и других водных организмов, растений, выделение пузырьков газа из донных отложений, появление повышенной мутности, посторонних окрасок, запаха, цветения воды, нефтяной пленки и прочее.

Прозрачность воды - показатель, характеризующий способность воды пропускать световые лучи. На прозрачность влияют взвешенные в воде различные вещества (в том числе и фитопланктон), температура и цвет воды. Как правило, прозрачность воды уменьшается после дождя и в период паводка. Чем больше цвет приближается к голубому, тем прозрачнее вода, в воде с желтоватым оттенком прозрачность снижается (это

наблюдается в водоемах с гумусовыми водами). Прозрачность уменьшается и с увеличением температуры, поэтому зимой прозрачность выше, чем летом. Прозрачность воды выражается (в метрах или сантиметрах).

Запах. Вода пресных природных водоемов не имеет вкуса и запаха. Привкусы и запахи в воде могут появиться в результате развития некоторых водорослей, а также за счет разложения органического вещества. Источником запаха могут быть сточные воды. Воды с выраженным запахом является благоприятной средой для роста и развития специфических групп бактерий, но непригодна для большинства других микроорганизмов. Специфический запах болотной воды вызывается продуктами распада растительных остатков. Запах сероводорода говорит о наличии восстановительных процессов. Запах аммиака может характеризовать степень антропогенного загрязнения водоема.

Ход работы:

1. Возьмите пробы воды из водоемов
2. Определение прозрачности воды.

Вариант 1. Изучение прозрачности воды с помощью шрифта Снеллина

- Исследуемую воду взбалтывают и наливают в цилиндрический сосуд с прозрачным дном, который имеет тубус для выпуска воды.
- Сосуд с водой помещают на печатный шрифт Снеллина N 1 и смотрят сверху вниз через столб воды.
- С помощью тубуса осторожно выпускают воду до тех пор, пока не будет отчетливо различаться шрифт.

Определение прозрачности этим способом проводят быстро, пока не осели взвешенные частицы.

Вариант 2 (в полевых условиях). Определение прозрачности воды с помощью диска Секки.

Диск Секки представляет собой металлический диск диаметром 20 см, разделенный на 4 сектора, покрашенные в черный и белый цвет.

Шрифт Снеллина № 1
1,0
Научная санитарная оценка питьевой воды
и источников водоснабжения представляет собой одну
из самых сложных проблем санитарной экспертизы
5 4 1 7 8 3 0 9

- Диск опускают в воду с теневой стороны от лодки с помощью веревки, привязанной к центру диска и размеченной в сантиметрах.

Отмечают глубину, на которой нельзя уже более различить его контрастных секторов. Оценку прозрачности с использованием шрифта Снеллена дают в сантиметрах высоты водного столба.

Глубина, на которой нельзя различить контрастных секторов, является оценкой прозрачности и называется прозрачностью по диску Секки.

3. Определение цвета воды. Для качественной характеристики исследуемую воду налить в бесцветный цилиндр в количестве не менее 40 мл. Опустить в цилиндр с водой белую пластинку или лист белой бумаги. Цвет воды может быть: бурый, светло-коричневый, желтый, светло-желтый, зеленоватый, бесцветный.

4. Определение запаха воды и его интенсивности. При определении запаха воды оцениваются его качественные характеристики и интенсивность.

- Для качественной характеристики запаха исследуемую воду приливают в широкогорлую колбу в количестве 150-200 мл или до 2/3 объема колбы.

- Закрыв колбу часовым стеклом, нагревают воду до температуры 40-50 градусов.

- После этого снимают часовое стекло и с помощью обоняния определяют характер запаха: хлорный, гнилостный, затхлый, навозный, рыбный, сероводородный, землистый (запах влажной почвы), болотный (запах торфа), аптечный (запах йодоформа), естественный запах может быть: болотным, глинистым, древесным, плесневым, травянистым, сероводородным.

- В случае попадания в воду инородных веществ она может пахнуть бензином, мазутом, хлором, навозом и т.д.

- Оценку интенсивности запаха проводят качественной оценкой по пятибалльной шкале (таблица 2)

Таблица 2.

Оценка интенсивности запаха

Балл	Интенсивность	Описательное определение запаха
0	отсутствует	не ощущается
1	очень слабый	обычно не замечается, но обнаруживается привычным наблюдателем
2	слабый	обнаруживается, если обратить на него внимание исследователя
3	заметный	легко замечается и вызывает неодобрительные отзывы о воде
4	отчетливый	обращает на себя внимание и вызывает отказ от питья
5	очень сильный	делает воду совершенно не пригодной для питья

Питьевая вода не должна иметь запаха

5. Определение вкуса воды. Пробовать загрязненную природную воду (если она не родниковая) не рекомендуется. Если возникнут сомнения, то воду следует прокипятить в течение 5 минут, охладить до температуры 13 - 20 градусов и затем пробовать на вкус.

Вкус воды определяют при температуре 13-20 градусов. Для этого воду набирают в рот маленькими порциями, держат в нем несколько секунд и определяют вкус, не проглатывая ее. Характер вкуса определяется произвольно: соленая; горькая; кислая; с хлорным, металлическим или иным привкусом; безвкусная или с приятным для питья вкусом.

Оценка интенсивности вкуса дается по пятибалльной шкале (таблица 3).

Таблица 3.

Оценка интенсивности вкуса

Привкус	Балл
Отсутствует	0
Очень слабый	1
Слабый	2
Заметный	3
Отчетливый	4
Очень сильный	5

Питьевая вода должна быть безвкусной или приятной на вкус.

6. Определите наличия осадка. Определите, образуется ли осадок после суточного отстаивания воды в трехлитровом сосуде. Если осадок образуется, он может быть: хлопьевидным слизистым, хлопьевидным желтовато-коричневым, плотным белым (желтоватым), плотным бурым (коричневым), сероватым, в виде песка, глины или растительных остатков.

7. Определение наличия растворенных солей. Для этого подготовьте два чистых и обезжиренных предметных стекла. На одно нанесите несколько капель исследуемой воды, на другое - дистиллированной. Дистиллированная вода не содержит растворенных солей. Выпарите воду со стекол и сравните их. Белый налет указывает на наличие солей, чем он больше, тем больше солей было растворено в воде.

8. Полученные результаты занесите в таблицу 4.

9. Сделайте вывод о качестве исследуемой пробы воды

Контрольные вопросы:

1. Что такое органолептические показатели качества воды?
2. Какие показатели говорят о промышленном загрязнении воды?
3. Что относится к биологическому типу загрязнения?
4. Что такое дистиллированная вода?

Таблица 4.

Данные по исследованию пробы воды, взятой из городского водоема.

Характеристика воды	Результаты исследования пробы
Прозрачность	
Цвет	
Запах и его интенсивность	
Вкус	
Осадок	
Наличие солей	

Работа № 8. Описание водоема

Цель: научиться проводить описание водоема

Задачи:

- ознакомиться с характеристиками водоема;
- закрепить правила пользования определителями;
- научиться проводить предварительное описание водоема

Оборудование: термометр, пластиковая бутылка для отбора проб воды, бумажный фильтр, полевые атласы-определители (водной и околоводной растительности и животных), цилиндр высотой 50 см, пробирка, газетный текст (высота букв – 2 мм, толщина – 0,5 мм), белый лист бумаги, спиртовка.

Новые понятия: органолептический анализ

Органолептические наблюдения - это метод наблюдения состояния водного объекта путем его непосредственного осмотра. При органолептических наблюдениях особое внимание обращают на явления, необычные для данного водоема или водотока и часто свидетельствующие о его загрязнении: гибель рыбы и других водных организмов, растений, выделение пузырьков газа из донных отложений, появление повышенной мутности, посторонних окрасок, запаха, цветения воды, нефтяной пленки и пр.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с бланком - предварительного описания водоёма.
2. Используя его, проведите описание ближайшего к школе водоёма.
3. Занесите результаты обследования в протокол.
4. Ознакомьтесь с методиками органолептического анализа воды.
5. Согласно методикам проведите оценку качества воды.
6. Занесите результаты исследований в протокол обследования участка водоёма

7. Сделайте выводы о качестве воды и об экологическом состоянии водного объекта.

Бланк описания водоема

Дата _____

Название водоема по карте _____ местное _____

Район, округ _____

Ближайший постоянный ориентир _____

Характеристика поверхности водоема

Закоряжен, завален сучьями, упавшим древостоем, спадом листвы, полуразложившимися растительными остатками, захламлен бытовым мусором, металлоломом (нужное подчеркнуть или дописать).

Наличие островов, плотин, дамб, шлюзов, створов, причалов (нужное подчеркнуть).

Характеристика дна

Дно каменистое, каменисто-песчаное, песчаное, глинистое, глинисто-каменистое, заиленный песок, сильно заиленное топкое, ил чёрного цвета, коричневого цвета, светлый ил (нужное подчеркнуть и дописать) _____.

Наличие родников на дне и берегу: есть, нет, мало, много (нужное подчеркнуть).

Характеристика воды

Наличие следов нефтепродуктов: отдельные пятна, примазки на растениях, пятна на большей части поверхности, наличие пены, мусора (нужное подчеркнуть).

Вода прозрачная, мутная, слегка мутная, бесцветная (нужное подчеркнуть).

Прозрачность см.

Цвет серый, зеленоватый (нужное подчеркнуть)

Запах: землистый, гнилостный, торфяной, травянистый (нужное подчеркнуть).

Интенсивность запаха (в баллах): нет (0), очень слабая (1), слабая (2), заметная (3), отчётливая (4), очень сильная (5) (нужное подчеркнуть).

Характеристика берега и прибрежной зоны

Высота берега: высокий, низкий (нужное подчеркнуть).

Склон: обрыв, крутой, умеренной крутизны, пологий (нужное подчеркнуть).

Грунт берега: каменистый, песчаный, глинистый, подзолистый, торфяной, известняковый, топкий, заболоченный (нужное подчеркнуть).

Травяной покров: сплошной, редкий, не нарушен, нарушен эрозией, вытоптан скотом, с кострищами, колеями автотранспорта (нужное подчеркнуть).

Древесная растительность: редкая, сплошная, представлена преимущественно: ольхой серой, ивой, черёмухой, рябиной, берёзой (нужное подчеркнуть и дописать)

Прибрежно-водная растительность

Обильная, редкая, образует сплошные полосы, куртины, осоки, рогоз, камыш, тростник, стрелолист обыкновенный, частуха подорожниковая, хвощ, дербенник иволистный (нужное подчеркнуть и дописать) _____.

Водная растительность

Обильная, редкая, сплошная, сплавина (нитчатые водоросли (спирогира, зигнема), одноклеточные; водоросли зелёные, сине-зелёные), кувшинка, кубышка, водокрас, сусак зонтичный, элодея, ряска, многокоренник, рдесты (нужное подчеркнуть и дописать)

Животные живущие рядом с водой и в воде

Лягушки, пиявки, перловицы, водомерки, стрекозы (нужное подчеркнуть и дописать) рыба водится/не водится (нужное подчеркнуть), встречаются виды рыб:

Берег с которого производится наблюдение

Залушенная, облесенная, с редкой древесной растительностью (нужное подчеркнуть).

Характер угодий: лес, кустарник, луг, болото, пашня, пастбище (нужное подчеркнуть).

Хозяйственные объекты: жилая застройка, садово-огородные участки, промышленные предприятия, сельскохозяйственные предприятия и объекты (силосные ямы, склады удобрений) (нужное подчеркнуть и дописать).

Нарушения охранного режима и водоохранных зон

Нарушение дачных участков, строительство и реконструкция зданий, стоянки и мойка автотранспортных средств, применение и складирование химических средств, мусора, навоза (нужное подчеркнуть и дописать).

В пределах защитных полос

Распашка земель, применение удобрений, выпас скота (кроме водопоя), индивидуальное строительство, движение автотранспортных средств (нужное подчеркнуть и дописать)

Мероприятия по решению экологических проблем

Куда передана информация о нарушениях охранного режима рек?

Какие мероприятия по решению экологических проблем:

разработаны
осуществлены

Контрольные вопросы:

1. Что такое органолептический анализ?
2. Какие особенности необходимо учитывать при характеристике водоема?
3. Какие мероприятия можно провести школьникам для решения экологических проблем водоема?
4. Что такое защитные полосы?

Работа № 9. Определение температуры воды

Цель: Научиться определять температуру воды с использованием термометра.

Задачи:

- закрепить навыки пользования термометром;
- научиться проводить измерение температуры воды.

Оборудование: термометр с чашечкой, шнур.

Новые понятия: шкала Цельсия, шкала Фаренгейта, Шкала Кельвина

Температура воды определяет скорость химических и биологических процессов, происходящих в водоеме.

В Международной системе единиц (СИ) температура Цельсия выражается в градусах. На практике часто применяют градусы Цельсия из-за привязки к важным характеристикам воды - температуре таяния льда (0°C) и температуре кипения (100°C). Это удобно, так как большинство климатических процессов, процессов в живой природе и т. д., связаны с этим диапазоном.

Существуют также шкалы Фаренгейта и некоторые другие.

В Англии и, в особенности, в США используется шкала Фаренгейта. Ноль градусов Цельсия - это 32 градуса Фаренгейта, а градус Фаренгейта равен $5/9$ градуса Цельсия.

В настоящее время принято следующее определение шкалы Фаренгейта: это температурная шкала, 1 градус которой (1°F) равен $1/180$ разности температур кипения воды и таяния льда при атмосферном давлении, а точка таяния льда имеет температуру $+32^{\circ}\text{F}$. Температура по шкале Фаренгейта связана с температурой по шкале Цельсия ($t^{\circ}\text{C}$) соотношением $t^{\circ}\text{C} = 5/9 (t^{\circ}\text{F} - 32)$, $1^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C} + 32$. Предложена Г. Фаренгейтом в 1724.

Понятие абсолютной температуры было введено У. Томсоном (Кельвином), в связи с чем шкалу абсолютной температуры называют шкалой Кельвина или

термодинамической температурной шкалой. Единица абсолютной температуры - кельвин (К).

Абсолютная шкала температуры называется так, потому что мера основного состояния нижнего предела температуры - абсолютный ноль, то есть наиболее низкая возможная температура, при которой в принципе невозможно извлечь из вещества тепловую энергию.

Абсолютный ноль определён как 0 К, что равно - 273.15 °С (точно).

Шкала температур Кельвина, в которой начало отсчёта ведётся от абсолютного нуля.

Ход работы:

1. Температуру воды определяют с помощью термометров, резервуары которых помещены в чашечки, куда попадает вода. Эта чашечка исключает влияние колебаний температуры на различных уровнях водоисточника и температуры воздуха.

2. Термометр опускают на нужную глубину, держат там его 10-15 минут и после этого производят отсчет по шкале термометра. Температуру воды выражают в °С.

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит температура воды?
2. Почему в одном водоеме температура воды имеет разные значения?
3. Что служит причиной увеличения температуры в водоеме?
4. В каких еще шкалах можно измерять температуру?

Работа № 10. Определение pH воды

Цель: научиться характеризовать качество воды по показателям pH

Задачи:

- сформировать представление о pH воды;
- научить определять pH различными методами

Оборудование: универсальная индикаторная бумага или pH – метр, пробы воды

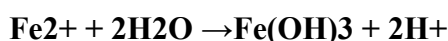
Новые понятия: pH

Содержание ионов водорода (вернее, гидроксония) в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов:



Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком: **pH** = –

Ig[H⁺]. Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества диоксида углерода, характерна щелочная реакция. Изменения pH тесно связаны с процессами фотосинтеза (из-за потребления CO₂ водной растительностью). Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в почвах. Гидролиз солей тяжелых металлов играет роль в тех случаях, когда в воду попадают значительные количества сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов:



pH воды – один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины pH зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон; pH воды также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ.

Оценка полученных результатов: Значение pH в речных водах обычно варьирует в пределах 6,5 - 8,5, в атмосферных осадках 4,6 - 6,1, в болотах 5,5 - 6,0, в морских водах 7,9 - 8,3. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина pH для большинства речных вод составляет 6,8 - 7,4, летом 7,4 - 8,2. pH природных вод определяется в некоторой степени геологией водосборного бассейна.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения величина pH не должна выходить за пределы интервала значений 6,5 - 8,5.

Желудочный сок pH=1

Раствор пищевой соды pH=9

Кока-кола pH=3

Хозяйственная сода pH=13

Молоко pH=6

Раствор сахара pH=7

Нашатырный спирт pH=11

Ход работы:

Первый способ. Опустите в исследуемую воду кусочек универсальной индикаторной бумаги, выдержите около 15 секунд и сравните ее цвет с цветной шкалой. Запишите полученное значение pH.

Второй способ. Ополосните зонд рН - метра дистиллированной водой, опустите его в пробу дистиллированной воды и снимите показания рН (этот метод более точен, но до начала эксперимента необходимо тщательно проверить рН- метр, используя готовые растворы с известным значением рН). Вновь ополосните зонд дистиллированной водой перед тем, как поместить его на хранение в буферный раствор.

1. Повторите опыт с пробами воды из различных источников
2. Проанализируйте полученные данные, пользуясь информацией приведенной выше

Контрольные вопросы:

1. Раскройте значение показателя рН?
2. На содержание каких веществ указывает рН меньше 7, больше 7?
3. Какой из водоемов имеет наибольшую величину рН и с чем это может быть связано?
4. Какой из водоемов имеет наименьшую величину рН и с чем это может быть связано?
5. Какую информацию вы нашли в дополнительной литературе, связанную с проведенными исследованиями?

Работа № 11. Определение цвета воды количественными методами

Цель: научиться определять цвет воды количественным способом.

Задачи:

- научиться определять цвет количественными методами;
- научиться готовить эталоны

Оборудование: прозрачные сосуды, дистиллированная вода, $K_2Cr_2O_7$, $CoSO_4$, H_2SO_4 (плотность 1,84).

Новые понятия: эталон, calorиметрические цилиндры

Эталон - средство измерений, служащее для хранения и передачи размера единицы физической величины другим средствам измерений.

Эталон - мерило, образец для подражания, сравнения.

Цветностью называют показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды. Определяется цветность путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами и выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Цветность природных вод может колебаться от единиц до тысяч градусов. Различают "истинный цвет"

обусловленный только растворенными веществами, и "кажущийся" цвет, вызванный присутствием в воде коллоидных и взвешенных частиц.

Цветность природных вод обусловлена в основном присутствием окрашенных органических веществ (главным образом соединений гуминовых и фульвовых кислот) и соединений трехвалентного железа и некоторых других металлов (в виде естественных примесей или продуктов коррозии). Сточные воды некоторых предприятий также могут создавать довольно интенсивную окраску воды.

Количество влияющих на цветность веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв и т.п. Так, наибольшую цветность имеют поверхностные воды рек и озер, расположенных в зонах торфяных болот и заболоченных лесов, наименьшую - в лесостепях и степных зонах. Зимой содержание органических веществ в природных водах минимальное, в то время как весной в период половодья и паводков, а также летом в период массового развития водорослей - "цветения"; воды - оно повышается. Подземные воды, как правило, имеют меньшую цветность, чем поверхностные.

Таким образом, высокая цветность является тревожным признаком, свидетельствующим о неблагополучии воды. При этом очень важно выяснить причину цветности, так как методы удаления, например, железа и органических соединений отличаются. Наличие же органики не только ухудшает органолептические свойства воды, приводит к возникновению посторонних запахов, но и вызывает резкое снижение концентрации растворенного в воде кислорода, что может быть критично для ряда процессов водоочистки. Некоторые в принципе безвредные органические соединения, вступая в химические реакции (например, с хлором), способны образовывать очень вредные и опасные для здоровья человека соединения.

Ход работы:

1. Приготовление эталонов.

Раствор № 1

В 100 мл дистиллированной воды отдельно растворяют 0,0875 г $K_2Cr_2O_7$ и 2 г $CoSO_4$, затем смешивают оба раствора и добавляют 1 мл химически чистой H_2SO_4 , плотностью 1,84. Объем полученного раствора доводят дистиллированной водой до 1 л. Этот раствор отвечает цветности 500 .

Раствор № 2

1 мл химически чистой серной кислоты плотностью 1,84 доводят дистиллированной водой до объема 1 л.

Для приготовления шкалы цветности растворы 1 и 2 смешивают в калориметрических цилиндрах в следующих соотношениях:

Р-р 1 (мл) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 10 12 14 16

Р-р 2 (мл) 100 99 98 97 96 95 94 92 90 88 86 84

Град. 0 5 10 15 20 25 30 40 50 60 70 80

цветн.

2. Количественную оценку цвета воды дают посредством сравнения исследуемой воды со шкалой стандартных растворов (эталонов) и выражают в градусах цветности.

Для определения цветности исследуемую воду в количестве 100 мл наливают в калориметрический цилиндр и, просматривая столб воды на белом фоне, отыскивают цилиндр в шкале, тождественный по окраске.

Примечание: Приготовленную шкалу хранят в темном месте не более 2-3-х месяцев, закрыв цилиндры пробками.

3. Сравнить результаты, полученные при качественном и количественном методах оценки цветности воды.

Контрольные вопросы:

1. Что значит эталон?
2. От чего зависит цвет воды?
3. Что служит причиной изменения цвета в водоеме?
4. Что такое калориметрические цилиндры?

Работа № 12. Определение окисляемости воды

Цель: Научиться давать количественную характеристику окисляемости воды пресноводного водоёма

Задачи:

- ознакомиться с характеристикой воды – окисляемостью;
- научиться количественно определять окисляемость воды.

Оборудование: пробы воды, оценочная таблица, 0,01Н раствор KMnO_4 , раствор H_2SO_4 (1:3).

Новые понятия: окисляемость воды

Окисляемость - это величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых (при определенных условиях) одним из сильных химических окислителей.

Выражается этот параметр в миллиграммах кислорода, пошедшего на окисление этих веществ, содержащихся в 1 дм³ воды.

Различают несколько видов окисляемости воды: перманганатную, бихроматную, иодатную, цериевую. Наиболее высокая степень окисления достигается бихроматным и иодатным методами. В практике водоочистки для природных малозагрязненных вод определяют перманганатную окисляемость, а в более загрязненных водах - как правило, бихроматную окисляемость (называемую также ХПК - химическое потребление кислорода).

Окисляемость является очень удобным комплексным параметром, позволяющим оценить общее загрязнение воды органическими веществами.

Органические вещества, находящиеся в воде весьма разнообразны по своей природе и химическим свойствам. Их состав формируется как под влиянием внутриводоемных биохимических процессов, так и за счет поступления поверхностных и подземных вод, атмосферных осадков, промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод.

Величина окисляемости природных вод может варьироваться в широких пределах от долей миллиграммов до десятков миллиграммов О₂ на литр воды. Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость (а значит и более "богаты" органикой) по сравнению с подземными. Так, горные реки и озера характеризуются окисляемостью 2 - 3 мг О₂/дм³, реки равнинные – 5 - 12 мг О₂/дм³, реки с болотным питанием - десятки миллиграммов на 1 дм³. Подземные же воды имеют в среднем окисляемость на уровне от сотых до десятых долей миллиграмма О₂/дм³ (исключения составляют воды в районах нефтегазовых месторождений, торфяников, в сильно заболоченных местностях).

Перманганатная окисляемость определяется по количеству кислорода, которое расходуется на окисление органических веществ в 1 л воды. Этот метод основан на способности марганцовокислого калия выделять в кислой среде атомарный кислород, окисляющий органические вещества.

Таблица 5.

Физико-географическая зональность природных вод

Окисляемость перманганатная	мг О ₂ /дм ³	Зона
Очень малая	0 - 2	Высокогорье
Малая	2 - 5	Горные районы
Средняя	5 - 10	Зоны широколиственных лесов, степи, полупустыни и пустыни, а также тундра
Повышенная	15 - 20	Северная и южная тайга

Ход работы:

1. Для определения этого показателя к 10 мл исследуемой воды прибавляет 0,5мл серной кислоты (1 : 3) и 1мл 0,01 Н раствора марганцовокислого калия.

2. Все перемешивается. При температуре воды +20°C и более градусов показания снимаются через 20 минут, если температура воды в пределах от 10 - 19 градусов - через 40 минут.

3. Оценка окисляемости осуществляется по окраске раствора (при наблюдении сбоку) в мг/л с помощью специальной таблицы 6:

Таблица 6.

Определение окисляемости по окраске воды

Окрашивание воды при наблюдении сбоку	Окисляемость (мг/л)
Ярко-малиново-розовое	1
Лилово-розовое	2
Слабо-лилово-розовое	4
Бледно-лилово-розовое (выше 20° С - розовое)	6
Бледно-розовое	8
Розово-желтое	12
Желтое	16 и выше

Для чистых подземных вод окисляемость составляет не более 2-4 мг/л, речных - 7 мг/л.

Контрольные вопросы:

1. Что значит окисляемость воды?
2. От чего зависит окисляемость воды?
3. Что служит причиной изменения окисляемости воды?
4. Что значит физико-географическая зональность природных вод?

Работа № 13. Определение биохимического потребления кислорода (БПК)

Цель: научиться давать количественную характеристику биохимическому потреблению кислорода воды пресноводного водоёма.

Задачи:

- ознакомиться с БПК - характеристикой воды;
- научиться определять БПК воды

Оборудование: пробы воды, оценочная таблица, 0,01М раствор KMnO_4 , раствор H_2SO_4 (1:3).

Новые понятия: БПК.

В природной воде водоемов всегда присутствуют органические вещества. Их концентрации могут быть иногда очень малы (например, в родниковых и талых водах). Природными источниками органических веществ являются разрушающиеся останки организмов растительного и животного происхождения, как живших в воде, так и попавших в водоем с листья, по воздуху, с берегов и т.п. Кроме природных, существуют также техногенные источники органических веществ: транспортные предприятия (нефтепродукты), целлюлозно-бумажные и лесоперерабатывающие комбинаты (лигнины), мясокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные и фекальные стоки и т.д. Органические загрязнения попадают в водоем разными путями, главным образом со сточными водами и дождевыми поверхностными смывами с почвы.

В естественных условиях находящиеся в воде органические вещества разрушаются бактериями, претерпевая аэробное биохимическое окисление с образованием двуокси углерода. При этом на окисление потребляется растворенный в воде кислород. В водоемах с большим содержанием органических веществ большая часть РК потребляется на биохимическое окисление, лишая таким образом кислорода другие организмы. При этом увеличивается и исчезают кислородолюбивые виды и появляются виды, терпимые к дефициту кислорода. Таким образом, в процессе биохимического окисления органических веществ в воде происходит уменьшение концентрации РК, и эта убыль косвенно является мерой содержания в воде органических веществ. Соответствующий показатель качества воды, характеризующий суммарное содержание в воде органических веществ, называется биохимическим потреблением кислорода (БПК).

Величина БПК оценивает скорость поглощения организмом кислорода, содержащегося в исследуемой воде. Величина БПК выражается в мг/л. (таблица 7)

Таблица 7.

Оценка степени загрязнения водоемов по показателям БПК

Степень загрязнения (классы водоёмов)	БПК ₅ (мг/л)
Очень чистые	0,5-1,0
Чистые	1,1-1,9
Умеренно загрязненные	2,0-2,9
Загрязненные	3,0-3,9
Грязные	4,0-10,0
Очень грязные	> 10,0

Ход работы:

1. Перед определением проба объемом 1 л выдерживается в темноте в течение 5 суток при температуре 20 градусов.
2. Для определения этого показателя к 10 мл исследуемой воды прибавляет 0,5мл серной кислоты (1: 3) и 1мл 0, 01Н раствора марганцовокислого калия.
3. Все перемешивается. При температуре воды +20°C и более градусов показания снимаются через 20 минут, если температура воды в пределах от 10 - 19 градусов - через 40 минут.
4. Оценка осуществляется по окраске раствора
5. Сравнить полученные результаты с табличными данными, сделать выводы

Контрольные вопросы:

1. Что такое БПК?
2. Для чего оценивают показатель БПК?
3. От чего зависит уровень БПК?
4. В каких реакциях по оценке качества воды еще используется серная кислота?

Работа № 14. Определение содержания в воде ионов хлора, свинца, кадмия, бария, меди и калия

Цель: провести количественную оценку качества воды водоемов на содержание ионов хлора, свинца, кадмия, бария, меди и калия.

Задачи:

- научиться пользоваться ионоселективными электродами;
- научиться проводить количественный анализ содержания ионов в воде.

Оборудование: ионоселективные электроды, пробы воды, водопроводная вода (контроль), хлорид натрия, нитрат натрия.

Новые понятия: ионоселективные электроды

Ионоселективным электродом называется индикаторный или измерительный электрод с относительно высокой специфичностью к отдельному иону или типу ионов.

Ионоселективные электроды имеют следующие достоинства: они не оказывают воздействия на исследуемый раствор; портативны; пригодны как для прямых определений, так и в качестве индикаторов в титрометрии.

Применение ион селективных электродов позволяет быстро проводить оценку содержания в воде ионов хлора, свинца, кадмия, бария, меди и калия.

Ход работы:

1. В химические стаканчики на 50 мл помещают по 1 мл 1М раствора нитрата натрия и по 10 мл исследуемых образцов воды.
2. Опускают в каждый стаканчик ион селективный электрод и электрод сравнения и определяют содержание ионов хлора, свинца, кадмия, бария, меди с помощью иономера Эксперт-001, тщательно промывая каждый раз после определения электроды дистиллированной водой.
3. Для определения содержания ионов калия в химические стаканчики на 50 мл помещают по 1 мл 0,1М раствора хлорида натрия и по 50 мл исследуемой пробы.
4. По результатам работы составляют таблицу 8:

Таблица 8.

Данные по оценке содержания ионов в воде

№ пробы	Место отбора проб	Содержание ионов, мг/л					
		Cl	Pb	Cd	Ba	Cu	K

Контрольные вопросы:

1. Для чего применяются ионоселективные электроды?
2. Почему необходимо изучать содержание ионов в воде?
3. Какие источники поступления в воду ионов калия, бария, кадмия, свинца, меди вы можете назвать?

Работа № 15. Определение содержания в воде солей железа

Цель: научиться давать количественную характеристику содержанию солей железа в воде пресноводного водоёма.

Задачи:

- познакомиться со значением железа для организмов;
- научиться определять содержание солей железа в воде

Оборудование: пробы воды, оценочные таблицы, 35% раствор перекиси водорода, раствор концентрированной соляной или серной кислоты, 25%-ный раствор роданистого аммония.

Новые понятия: ПДК

Предельно допустимая концентрация (ПДК) - утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив. Под ПДК понимается такая концентрация

химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

ПДК железа составляет $0,3 \text{ мг/дм}^3$ (лимитирующий показатель вредности органолептический). По постановлению органов санэпиднадзора для конкретной системы водоснабжения содержание железа может достигать до 1 мг/дм^3 .

Ход работы:

1. К 10 мл исследуемой воды добавляют последовательно 1- 2 капли 35%-ного раствора перекиси водорода, 1-2 капли концентрированной соляной или серной кислоты и 0,2 мл (4 - 5 капель) 25%-ного раствора роданистого аммония.

2. О содержании солей железа судят по интенсивности окрашивания раствора (таблица 9).

3. Оцените содержание ионов железа в воде с учетом имеющихся данных по ПДК.

Для открытых водоёмов ПДК – $0,5 \text{ мг/л}$, для вод подземных источников – $1,0 \text{ мг/л}$.

Таблица 9.

Определение содержания солей железа в воде

Окрашивание при наблюдении сбоку	Окрашивание при наблюдении сверху	Содержание солей железа мг/л
Отсутствует	Отсутствует	менее 0,05
Едва заметное желтовато-розовое	Чрезвычайно слабое желтовато-розовое	0,1
Очень слабое желтовато-розовое	Слабое желтовато-розовое	0,25
Слабое желтовато-розовое	Слабо желтовато-розовое	0,5
Слабое желтовато-розовое	Желтовато-розовое	1,0
Сильно желтовато-розовое	Желтовато-красное	2.5
Слабое желтовато-красное	Ярко-красное	5.0

Контрольные вопросы:

1. В составе каких соединений железо попадает в водоемы?
2. Чем опасен избыток железа, а чем недостаток в воде?
3. Какие соединения образует железо в воде?

Работа № 16. Качественное и количественное определения ионов хлора

Цель: научиться давать количественную и качественную характеристику содержанию хлоридов в воде пресноводного водоёма.

Задачи:

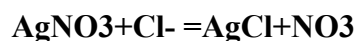
- научиться определять содержание ионов хлора качественно и количественно;
- сравнивать результаты полученные разными методами.

Оборудование: пробы воды, оценочные таблицы, 50% раствор азотной кислоты, раствор азотнокислого серебра, 10%-ный нейтральный раствор хромовокислого калия, спиртовка.

Новые понятия: опалесценция

Концентрация хлоридов в водоёмах - источниках водоснабжения допускается до 350 мг/л. Хлориды попадают в водоёмы со сбросами хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, а также при использовании в зимнее время антигололёдных составов. Содержание хлоридов в воде - важный показатель при оценке санитарного состояния водоёма.

Метод определения содержания хлоридов основан на осаждении хлорида серебра:

**Ход работы:**

1. Качественный метод. Для обнаружения хлоридов в пробирку с исследуемой водой добавляют 2 - 3 капли азотной кислоты и приливают азотнокислое серебро. На небольшое количество солей указывает появление легкой белой мути или опалесценция. При большой концентрации образуется белый творожистый осадок, не растворимый в азотной кислоте.

2. Количественный метод

Вариант 1.

В пробирку с исследуемой водой (5 мл) добавляют 3 капли 10% -ного раствора азотнокислого серебра.

Примерное содержание хлорид - ионов определяют по внешнему виду осадка:

- опалесцирующий (слабая муть) - содержание Cl^- 1-10 мг/л;
- сильная муть- содержание Cl^- 10-50мг/л;
- хлопья, осаждающиеся не сразу - содержание Cl^- 50-100мг/л;
- белый объемный осадок-содержание Cl^- более 100 мг/л

Вариант 2.

К 100 мл исследуемой воды добавляют 2 капли 10%-ного нейтрального раствора хромовокислого калия и титруют раствором азотнокислого серебра (титрованный раствор: 1 мл раствора азотнокислого серебра осаждает 1 мл хлора) до появления слабо-красноватой окраски.

4. Сделать выводы.

Контрольные вопросы:

1. Каковы характерные реакции на ионы хлора?
2. В составе каких соединений хлор попадает в водоемы?
3. Чем опасен избыток хлора в воде?

Работа № 17. Определение содержания сульфат - ионов в воде

Цель: научиться давать количественную и качественную характеристику содержанию сульфат - ионов в воде пресноводного водоёма

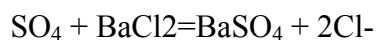
Задачи:

- научиться определять содержание сульфат – ионов;
- сравнивать полученные результаты с ПДК

Оборудование: гликолевый реагент, 5%-ный раствор хлористого бария, этиленгликоль, 96%-этанол, разбавленная соляная кислота, сульфат калия.

Новые понятия: суспензия, калибровочная кривая

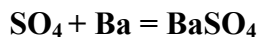
Метод основан на определении сульфат иона в виде BaSO₄ в солянокислой среде с помощью гликолевого реагента:



Гликоль, введенный в реакционную смесь при осаждении сульфата бария, стабилизирует образующуюся суспензию BaSO₄ и делает возможным турбидиметрическое определение сульфатов.

Ход работы:

Качественный анализ на SO₄: добавить к исследуемой вытяжке раствор хлорида бария - осадок белого цвета:

Количественный анализ**1. Приготовление реактивов**

Для получения гликолевого реагента смешивают в мерной колбе один объем 5% - ного водного раствора хлористого бария с тремя объемами этиленгликоля и тремя объемами 96%-ного этанола. Добавляют разбавленную соляную кислоту (1:1) до pH= 2,5-2,8 и оставляют раствор на 1-2 суток. Раствор устойчив в течении 3-6 месяцев.

2. Проведение анализа.

- К 5 мл воды добавляют 1-2 капли соляной кислоты (1:1), 5 мл гликолевого реагента и тщательно перемешивают.

- Через 30 минут измеряют оптическую плотность полученного раствора на фотоэлектрокалориметре или спектрофотометре в кюветах толщиной 20мм при $\lambda=364\text{нм}$.

- В качестве раствора сравнения используют исследуемую пробу с добавлением гликолевого реагента, приготовленного без хлорида бария. Содержание сульфатов находят по калибровочной кривой (в работе желательно готовой предварительно полученной калибровочной кривой)

3. Построение калибровочной кривой

В мерные колбы на 50 мл вносят 0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 1,0; 1,4; 2,0 мл стандартного раствора сульфата калия (0,5 мг в 1мл) и доводят объем раствора до метки дистиллированной водой. Полученные растворы соответствуют концентрациям сульфат - иона 0; 1; 2; 4; 6; 10; 14; 20 мг/л. Отмеривают по 5 мл из каждого раствора в мерные цилиндры на 10 мл и добавляют по 1-2 капли разбавленной соляной кислоты (1:1) и 5 мл гликолевого реагента, перемешивают и через 30 минут отмеряют оптическую плотность полученных растворов, по значениям которой строят калибровочный график. Оптимальные интервалы концентраций для турбидиметрического определения сульфат - иона находятся в интервале 2-25мг/л

Контрольные вопросы:

1. Каковы характерные реакции на сульфат-ионы?
2. В составе каких соединений сера попадает в водоемы?
3. Чем опасен избыток сульфат-ионов в воде?

Работа № 18. Определение содержания в воде соединений азота

Цель: научиться давать количественную характеристику содержанию соединений азота в воде пресноводного водоёма.

Задачи:

- научиться определять содержание в воде солей аммония и нитратов;
- освоить колориметрический метод определения нитратов с салициловым натрием

Оборудование: пробы воды, оценочные таблицы, 50% раствор сегнетовой соли, реактив Несслера, реактив Гисса, спиртовка.

Новые понятия: колориметрический метод

Содержание ионов аммония в природных водах варьирует в интервале от 10 до 200 мкг/дм³ в пересчете на азот. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах

ионов аммония связано главным образом с процессами деградации белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины под действием уреазы. Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий при использовании аммонийных удобрений, а также сточные воды пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности. В стоках промышленных предприятий содержится до 1 мг/дм³ аммония, в бытовых стоках – 2-7 мг/дм³; с хозяйственно-бытовыми сточными водами в канализационные системы ежедневно поступает до 10 г аммонийного азота на одного жителя.

Концентрация аммония в питьевой воде не должна превышать 2 мг/дм³ по азоту.

Нитраты - это соли азотной кислоты. В воде эти соли легко распадаются на ионы (заряженные частицы) и существуют в "свободной"; форме: в виде нитрат- ионов NO₃⁻. Заряд у нитрат - ионов отрицательный, поэтому они называются анионы (ионы с отрицательным зарядом).

Присутствие нитратных ионов в природных водах связано с:

- внутриводоемными процессами нитрификации аммонийных ионов в присутствии кислорода под действием нитрифицирующих бактерий;
- атмосферными осадками, которые поглощают образующиеся при атмосферных электрических разрядах оксиды азота (концентрация нитратов в атмосферных осадках достигает 0,9-1 мг/дм³);
- промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, особенно после биологической очистки, когда концентрация достигает 50 мг/дм³;

Стоком с сельскохозяйственных угодий и со сбросными водами с орошаемых полей, на которых применяются азотные удобрения.

Концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена значительным сезонным колебаниям: минимальная в вегетационный период, она увеличивается осенью и достигает максимума зимой, когда при минимальном потреблении азота происходит разложение органических веществ и переход азота из органических форм в минеральные. Амплитуда сезонных колебаний может служить одним из показателей эвтрофирования водного объекта.

Ход работы:

1. Определение солей аммония

К 10 мл исследуемой воды добавляют 0,2 - 0,3 мл (5 - 7 капель) 50 % раствора сегнетовой соли и приливают 0,2 мл. (5 капель) реактива Несслера (двойная соль йодистой ртути и йодистого калия, растворенная в едком калии).

Содержание солей аммония (аммиака) определяется по интенсивности окрашивания раствора в желтый цвет, при наблюдении сбоку и сверху (таблица 10).

Таблица 10.

Определение содержания сульфат - ионов в воде по интенсивности окрашивания

Окрашивание при наблюдении сбоку	Окрашивание при наблюдении сверху	Содержание аммиака мг/л
Отсутствует	Отсутствует	менее 0,05
Отсутствует	Чрезвычайно слаб.	0,1
Чрезвычайно слабое	Слабожелтоватое	0,2
Очень слабо желтоватое	Желтоватое	0,4
Слабо-желтоватое	Светло-желтое	0,8
Светло-желтоватое	Желтое	2,0
Желтое	Интенсивно-буровато-желтое	4,0
Мутновато-резко-желтое	Бурое, раствор мутный	8,0

Наличие солей аммония указывает на свежее загрязнение воды.

Сравнить полученные данные с предельно допустимой концентрацией (ПДК) составляет 0,1 мг/л.

2. Определение содержания нитритов

К 10 мл исследуемой воды приливает 0,3 мл (10 - 12 капель) реактива Гисса (смесь альфанафтамина с сульфаниловой кислотой, растворенная в уксусной кислоте)

Нагревают в течение 5 минут до температуры $+73^{\circ}$ - 80°C . Без нагревания результат получается спустя 20 минут, после прибавления реактива Гисса.

Оценку осуществляют по таблице 11:

Таблица 11.

Определение сульфат - ионов в воде по интенсивности окрашивания

Окрашивание при наблюдении сбоку	Окрашивание при наблюдении сверху	Содержание нитритов мг/л
Отсутствует	Отсутствует	менее 0,002
Отсутствует	Еле уловимое роз.	0,002
Отсутствует	Едва заметное роз.	0,004
Очень слаб. роз.	Слабо-розовое	0,02
Светло-розовое	Розовое	0,07
Сильно-розовое	Малиновое	0,2
Малиновое	Ярко малиновое	0,4

Сравните полученные значения с ПДК - 0,002 мг/л. Содержание в воде нитритов свидетельствует о давности загрязнения.

3. Определения нитратов с салициловокислым натрием колориметрическим методом.

Приготовление реактивов.

0,5%-ный раствор салициловокислого натрия: 0,5г салициловокислого натрия растворяют в мерной колбе в 100мл дистиллированной воды

10н. раствор едкого натра: растворить 400г. едкого натра в 1л. дистиллированной воды

Раствор виннокислого калия-натрия: 30г калия-натрия виннокислого растворяют в 70мл дистиллированной воды

Проведение анализа.

10 мл исследуемой воды помещают в фарфоровую чашку.

Прибавляют 1 мл раствора салициловокислого натрия и выпаривают досуха.

После охлаждения сухой остаток увлажняют 1 мл концентрированной серной кислоты, тщательно растирают его стеклянной палочкой и оставляют на 10 мин.

Затем добавляют 5-10 мл дистиллированной воды и количество переносят в мерную колбу вместимостью 50 мл.

Прибавляют 7 мл 10н. раствора едкого натра, доводят объем дистиллированной водой до метки и перемешивают.

В течении 10 мин после прибавления едкого натра окраска не изменяется.

Сравнение интенсивности окраски исследуемой пробы производят фотометрическим методом, измеряя оптическую плотность раствора (фиолетовый светофильтр).

Содержание нитратов определяют по калибровочному графику в мг/л.

Калибровочная кривая. В пробирки отбирают 0; 0,5; 1; 2; 4; 6; 10 мл рабочего стандартного раствора азотнокислого калия (в 1 мл-0,01мг азота) и доводят дистиллированной водой до 10 мл. полученные растворы соответствуют содержанию нитратного азота 0; 0,5; 1; 2; 4; 6; 10 мг/л. Растворы переносят в фарфоровые чашки, прибавляют по 1 мл раствора салициловокислого натрия и выпаривают на водяной бане досуха. Сухой осадок обрабатывают, как описано выше, и измеряют оптическую плотность стандартных растворов. Для построения калибровочного графика из полученных величин вычитают оптическую плотность нулевой пробы и результаты наносят на график

Контрольные вопросы:

1. Что такое ПДК?
2. Зачем необходимо оценивать содержание соединений азота в воде?
3. Каковы пути поступления нитратов в водоемы?
4. Каковы пути поступления аммония в водоемы?
5. Укажите ПДК для соединений азота?

Работа № 19. Определение содержания взвешенных частиц в воде

Цель: научиться определять содержание взвешенных частиц в воде

Задачи:

- ознакомиться с методами определения содержания взвешенных частиц в воде;
- провести оценку содержания взвешенных частиц в пробе воды.

Оборудование: сушильный шкаф, фильтровальная бумага, весы аналитические

Этот показатель качества воды определите путем пропускания определённого объёма воды через бумажный фильтр и последующего высушивания осадка на фильтре в сушильном шкафу до постоянной массы.

Ход работы:

Возьмите 500–1000 мл воды.

Фильтр перед работой высушите в сушильном шкафу и взвесьте на аналитических весах с точностью до 1 мг.

Воду взболтайте и пропустите ее через бумажный фильтр.

После фильтрования осадок с фильтром высушите до постоянной массы при 105°C, охладите в бюксе или в другой герметически закрывающейся посуде и взвесьте.

Содержание взвешенных веществ (мг/л) в испытуемой воде определяют по формуле:

$$(m_1 - m_2) \cdot 1000 / V,$$

m_1 – масса бумажного фильтра с осадком взвешенных частиц, мг;

m_2 - масса бумажного фильтра до опыта, мг;

V – объем воды для анализа, мл.

ПДК взвешенных частиц в водоемах составляет 10 мг/л.

Контрольные вопросы.

1. Какие взвешенные частицы встречаются в воде?
2. Почему на содержание взвешенных частиц установлены ПДК?
3. Что такое ПДК?

Работа № 20. Определение жесткости воды

Цель: научиться давать количественную характеристику различным показателям, характеризующим жесткость воды пресноводного водоёма.

Задачи:

- научиться определять жесткость воды;
- сравнивать данные с ПДК и делать обоснованные выводы

Оборудование: сосуд для сбора воды, аммиачно-буферный раствор, индикатор хромоген черный, 0,1Н раствор трилона Б, метилоранж, 0,1Н раствор соляной кислоты.

Новые понятия: комплексометрический метод, общая жесткость, постоянная жесткость, устранимая жесткость

Жесткость воды обусловлена наличием в ней солей кальция и магния. Различают три вида жесткости:

а) общая жесткость - жесткость сырой воды, обусловленная всеми соединениями кальция и магния:

б) постоянная жесткость - жесткость воды после одночасового кипячения, которая зависит от содержания различных солей, не дающих осадка при кипячении!

в) устранимая жесткость - жесткость воды, устранимая при кипячении, т.е. часть общей жесткости, которую можно вычислить по разности между величинами общей и постоянной жесткости.

Жесткая вода образует плотные слои накипи на внутренних стенках водонагревательных приборов, в ней плохо развариваются пищевые продукты, при стирке белья в жесткой воде расходуется много мыла.

Для смягчения воды могут быть использованы ионообменные смолы. При этом жесткая вода пропускается через специальные колонки. Ионы кальция и магния поглощаются ионообменной смолой, а вместо них из смолы выделяются ионы, не создающие жесткости (обычно ионы натрия)

Жесткость выражается в градусах (1 мг-экв./л жесткости равен 2,8 градуса). 1 мг-экв./л жесткости соответствует содержанию 28 мг/л оксида кальция или 20,16 мг/л оксида магния. Мягкая вода имеет жесткость до 10 градусов, вода средней жесткости - от 10 до 20 градусов, жесткая вода - 20 градусов и очень жесткая - 40 градусов.

Комплексометрическое титрование – метод, основанный на реакциях при котором титруемое вещество при взаимодействии с титрантом образует слабо диссоциирующий комплекс:



Ход работы:

1. Определение общей жесткости комплексометрическим методом.

К 100 мл профильтрованной воды добавляют 5 мл аммиачно-буферного раствора и 10 капель индикатора (хромоген черного).

Медленно титруют 0,1 Н раствором трилона Б. до перехода вишнево-красной окраски в синюю. В конце титрования трилон Б добавляют с интервалами 3-10 сек.

Количество мл трилона Б, пошедшего на титрование данного количества раствора, будет соответствовать количеству мг/экв. общей жесткости.

2. Определение устранимой жесткости:

К 100 мл исследуемой воды добавляют 2 капли метилоранжа.

Титруют 0.1 Н раствором соляной кислоты до перехода желтой окраски в слабо-розовую. Количество мл соляной кислоты, примененное в титровании соответствует количеству мг/экв жесткости.

3. В полевых условиях с помощью мыльного раствора можно дать приблизительную характеристику жесткости воды. Для этого в сосуд с исследуемой водой добавляют мыльный раствор, резко встряхивают несколько раз. Жёсткая вода мешает мылу проявлять свои моющие свойства. При смешивании мыла с мягкой водой оно легко растворяется с образованием мутного раствора со слоем пены на поверхности. Если же мыло добавить к жёсткой воде, ионы кальция, и магния вступают в реакцию с мылом, образуя нерастворимые соединения, которые выпадают в виде хлопьев или клейкого налета. Чем мягче вода, тем лучше происходит процесс пенообразования. В очень жесткой воде пене не образуется вообще.

4. Сформулировать выводы

Контрольные вопросы:

1. Что такое общая жесткость?
2. В каких единицах измеряется жесткость воды?
3. Объяснить изменение цвета раствора при титровании пробы воды раствором ЭДТА?
4. Какова оптимальная для здоровья человека жесткость питьевой воды?

Работа № 21. Определение электропроводности воды

Цель: научиться давать количественную характеристику электропроводности воды пресноводного водоёма.

Задачи:

- ознакомиться с понятием электропроводности воды и причинами ее изменения;
- научиться определять электропроводность пресноводного водоема

Оборудование: сосуд для сбора воды, источник электрического постоянного тока, измерительный прибор.

Новые понятия: электропроводность, электролиты

Электропроводность - это численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Природные воды представляют в основном растворы смесей сильных электролитов. Минеральную часть воды составляют ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Этими ионами и обуславливается электропроводность природных вод. Присутствие других ионов, например Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , NO_3^- , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- не сильно влияет на электропроводность, если эти ионы не содержатся в воде в значительных количествах (например, ниже выпусков производственных или хозяйственно-бытовых сточных вод).

Минерализация природных вод, определяющая их удельную электропроводность, изменяется в широких пределах. Большинство рек имеет минерализацию от нескольких десятков миллиграммов в литре до нескольких сотен. Их удельная электропроводность варьирует от 30 мкм/см до 1500 мкм/см. Минерализация подземных вод и соленых озер изменяется в интервале от 40-50 мг/дм³ до 650 г/кг (плотность в этом случае уже значительно отличается от единицы). Удельная электропроводность атмосферных осадков (с минерализацией от 3 до 60 мг/дм³) составляет величины 20-120 мкм/см.

Многие производства, сельское хозяйство, предприятия питьевого водо-снабжения предъявляют определенные требования к качеству вод, в частности к минерализации, так как воды, содержащие большое количество солей, отрицательно влияют на растительные и животные организмы, технологию производства и качество продукции, вызывают образование накипи на стенках котлов, коррозию, засоление почв (таблица 12).

Таблица 12.

Классификация природных вод по минерализации

Категория вод	Минерализация, г/см ³
Ультрапресные	< 0,2
Пресные	0,2 - 0,5
Воды с относительно повышенной минерализацией	0,5 - 1,0
Солоноватые	1,0 - 3,0
Соленые	3 - 10
Воды повышенной солености	10 - 35
Рассолы	> 35

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды, суммарная минерализация не должна превышать величины 1000 мг/дм³. По согласованию с органами Роспотребнадзора для водопровода, подающего воду без соответствующей обработки (например, из артезианских скважин) допускается увеличение минерализации до 1500 мг/дм³.

Нормируемые величины минерализации приблизительно соответствуют удельной электропроводности 2 мсм/см (1000 мг/дм⁵) и 3 мСм/см (1500 мг/дм³) в случае как хлоридной (в пересчете на NaCl), так и карбонатной (в пересчете на CaCO₃) минерализации.

Величина удельной электропроводности служит приблизительным показателем их суммарной концентрации электролитов, главным образом, неорганических, и используется в программах наблюдений за состоянием водной среды для оценки минерализации вод. Удельная электропроводность - удобный суммарный индикаторный показатель антропогенного воздействия.

Ход работы:

1. Поместить пробы воды в сосуды.
2. Пользуясь измерительным прибором оценить уровень электропроводности
3. Сделать выводы о качестве анализируемых вод

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит электропроводность воды?
2. С какими характеристиками воды, связан показатель ее электропроводности?
3. Какие соединения повышают электропроводность, а какие снижают?

Работа № 22. Определение содержания кислорода в пробе воды

Цель: научиться определять содержание кислорода в пробе воды

Задачи:

- ознакомиться с методом Винклера - определения содержания кислорода в воде;
- научиться проводить оценку содержания кислорода в воде.

Оборудование: 10 см³ щелочного раствора иодида (3,3 г КаОН; 2,0 г КС1 в 10 см³ дистиллированной воды), 10 см³ раствора хлорида марганца (4,0 г МпС12 в 10 см³ дистиллированной воды), 5 см³ концентрированной хлористоводородной кислоты, раствор крахмала, дистиллированная вода в бутылки, 0,01 М раствор тиосульфата натрия, 3х5 см³ пипетки с делениями, бюретка, белая кафельная плитка, 3 конические колбы, 250 см³ исследуемой воды в стеклянном сосуде с притертой пробкой.

Кислород является важным компонентом для жизнедеятельности живых организмов. Он определяет скорость разложения органического вещества. Концентрация кислорода в воде зависит от природных факторов: атмосферного давления, температуры воды, содержания растворимых солей, а также от интенсивности процессов разложения органического вещества. Снижение содержания растворенного кислорода указывает на резкое изменение

биологических процессов в водоеме, на загрязнение его интенсивно окисляющимися веществами. В рыбохозяйственных водоемах содержание кислорода в поверхностных слоях воды должно быть не меньше 0,2 ммоль/л, а Европейская комиссия по охране окружающей среды установила минимально допустимое содержание кислорода-4 мг/л.

Ход работы:

Осторожно, не расплескивая, наберите воду в бутылку и оставьте ее под водой, чтобы в нее не попадали пузырьки воздуха.

1. В пробу воды пипеткой добавьте 2 см³ хлорида марганца и 2 см³ щелочного раствора иодида; конец пипетки должен касаться дна бутылки. Более тяжелый раствор солей вытеснит из бутылки равное количество воды, находящейся в верхнем слое.

2. Добавьте 2 см³ концентрированной хлористоводородной кислоты и закройте бутылку так, чтобы в ней не было пузырьков воздуха. Хорошо потрясите бутылку для того, чтобы растворился осадок. В результате образуется раствор в избытке иодида калия. Теперь растворенный кислород зафиксирован и бутылку можно вынуть из воды.

3. Для исследования отлейте в коническую колбу 50 см³ воды. Из бюретки оттитруйте ее 0,01 М раствором тиосульфата натрия следующим образом:

а) постоянно встряхивая коническую колбу, доливайте в нее раствор тиосульфата до тех пор, пока желтый цвет не побледнеет;

б) добавьте 3 капли раствора крахмала и продолжайте титровать, постоянно встряхивая колбу, до тех пор, пока не исчезнет темно-синяя окраска крахмала. Запишите объем израсходованного тиосульфата натрия.

4. Дважды повторите операцию 4 с 50 см³ исследуемой воды и вычислите средний объем расходуемого тиосульфата (х).

5. При использовании этих растворов 1 см³ 0,01 М тиосульфата соответствует 0,056 см³ кислорода в условиях НТД (нормальная температура и давление).

6. Подсчитайте содержание кислорода в литре воды, используя следующую формулу:

$$\text{Содержание кислорода, см}^3/\text{л} = 0,056 \times 1000/50$$

при НТД

где х - объем тиосульфата, расходуемый на титрование 50 см³ воды.

7. Сделайте выводы

Контрольные вопросы:

1. Зачем необходимо определять содержание кислорода в воде?

2. Какие нормы существуют по содержанию кислорода в воде?

3. Каковы причины снижения уровня кислорода в водоеме?

3. Элементы биологического мониторинга эвтрофикации пресноводного водоёма

3.1. Понятие биоиндикации

Биоиндикация согласно определению Н.Ф. Реймерса (1990): “Биоиндикатор: группа особей одного вида или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей... Сообщество индикаторное – сообщество, по скорости развития, структуре и благополучию отдельных популяций микроорганизмов, грибов, растений и животных которого можно судить об общем состоянии среды, включая ее естественные и искусственные изменения”. Безусловно, объективные факты свидетельствуют о существовании тесного влияния факторов среды на биотические процессы экосистемы (плотность популяций, динамику видовой структуры, поведенческие особенности). Такие факторы среды, как свет, температура, водный режим, биогенные элементы (макро- и микроэлементы), соленость и другие имеют функциональную важность для организмов на всех основных этапах жизненного цикла. Однако можно использовать обратную закономерность и судить, например, по видовому составу организмов о типе физической среды. Поэтому “Биоиндикация – это определение биологически значимых нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ. В полной мере это относится ко всем видам антропогенных загрязнений” (Криволуцкий и др., 1988)

По мнению Богораду В.Б., Нехлюдовой А.С. Биоиндикация – оценка качества среды обитания и ее отдельных характеристик по некоторому индикаторному показателю биоты в природных условиях.

Система биоиндикации развивалась таким образом, что сначала было замечено появление или исчезновение определенных видов в конкретных условиях среды. То есть, в качестве индикатора условий использовалась система "вид-индикатор: есть - нет". Система развивалась по направлению расширения списка видов-индикаторов, которые позднее стали группироваться по наиболее ярко выраженным характеристикам условий. Количественные характеристики обилия видов включились в систему позднее сначала в балльной, а затем в долевой форме. Методы биоиндикации разрабатываются с начала 20 века и включают к настоящему моменту данные о почти 7000 видов-индикаторов по нескольким направлениям - местообитанию, температуре, подвижности водных масс и насыщенности их кислородом, солености, закислению, присутствию сероводорода, кальция, органическому загрязнению.

В качестве биоиндикаторов выступают отдельные таксоны, экологические группировки (например, в водной среде - фитопланктон, зоопланктон, бентос, перифитон), физиологически сходные организмы (например, имеющие одинаковый тип питания), размерные группы. Отклонение индикаторной биотической характеристики от некоторой заданной нормы свидетельствует о превышении уровней допустимого воздействия абиотических факторов. Распространенным способом биоиндикации является использование структурных показателей биоты - видового разнообразия, состава видов - доминантов, рангового распределения видов по численности и т.д.

Далеко не каждый биологический объект может быть использован в качестве индикатора внешнего воздействия. Для этого он должен удовлетворять определенным требованиям, основные из которых – высокая чувствительность при низкой индивидуальной изменчивости; генетическая однородность; наличие объектов, применяемых в целях биоиндикации, по возможности в большом количестве и с однородными свойствами; возможность существования в широком диапазоне экологических условий; легкость идентификации в природе; высокая продолжительность жизни; воспроизводимость результатов, полученных при использовании конкретной тест-системы; комплексность с точки зрения возможности регистрации разных по механизмам возникновения биологических эффектов (мутагенных, токсических, тератогенных) на одном тест-объекте; оперативность получения информации. Так, в водных экосистемах определяют показатели качества вод, используя для этого данные о составе и количестве видов-сапробионтов (индикаторов химических загрязнений), о структуре их специфических сообществ. В наземных экосистемах для биоиндикации часто используют данные исследования лишенофлоры, так как лишайники являются весьма чувствительными индикаторами практически любого загрязнения воздушной среды. Применяются также методы биоиндикации, основанные на исследовании морфологических, физиологических, иммунологических, биохимических и др. показателей отдельных организмов. Достаточно распространены способы биоиндикации по функциональным показателям отдельных компонентов биоты (изменение численности и биомассы, продуктивности отдельных компонентов биоценоза). К чувствительным биоиндикаторам относятся мхи, почвенные и водные микроорганизмы (водоросли, бактерии, микрогрибы). В роли биоиндикаторов могут быть использованы пыльца растений, хвоя сосны обыкновенной и др. Среди животных также выделяются группы организмов, положительно или отрицательно реагирующие на различные формы антропогенной трансформации среды (ракообразные, хирономиды, моллюски, личинки ручейников, поденок, веснянок и др.). Присутствие

толерантных индикаторных организмов в виде высокой плотности популяций или отсутствие чувствительных популяций может служить показателями загрязнений

Биоиндикация является важным этапом экологического контроля природной среды. По данным о состоянии биотического компонента экосистемы можно судить о предельно допустимых уровнях воздействия абиотических факторов окружающей среды.

В последние годы широкую популярность приобретает метод анализа флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков различных растительных и животных организмов как интегрального показателя экологического благополучия биоценоза. Метод рекомендуется Центром экологической политики России.

Биоиндикация с помощью растений

Индикатор (вид-индикатор) (лат. индикатор-указатель)- вид, указывающий на особенности условий среды данной местности или экосистемы. С помощью индикаторов различают близкие сообщества (индикатор сообщества), участки с различной степенью или качественным составом компонентов загрязнения почв, воздуха или воды (индикатор загрязнения) и территории с проявлениями некоторых полезных ископаемых. Отличают индикатор потенциальных достоинств биотопа – вид, который на начальных этапах сукцессии указывает на качество биотопа как места будущего развития сменяющего друг друга в ходе сукцессии закономерного ряда экосистем вплоть до климакса.

В свою очередь устойчивость экосистемы, рассматриваемая как соотношение между величиной стрессирующего воздействия и степенью полученного повреждения, должна определяться по состоянию видов - эдификаторов природного сообщества, от состояния которых зависит его дальнейшее существование. Для лесных экосистем такими объектами являются древесные растения, состояние которых достоверно оценивается с применением методов биоиндикации. Физические и химические методы оценки состояния окружающей среды, давая количественные и качественные характеристики факторов воздействия, об их действии на биологические объекты позволяют судить лишь косвенно. Биоиндикация как нельзя лучше выявляет состояние самих живых организмов. Причем изменения этого состояния регистрируются на самых ранних стадиях деградации, что дает человеку такой необходимый выигрыш во времени. В силу прикрепленного образа жизни растения особенно зависимы от состояния двух сред – наземно-воздушной и почвенной, в которых происходит их рост и развитие. Поэтому на жизнедеятельность растительного организма загрязнения атмосферы и почвы оказывают самое непосредственное влияние.

В результате различных видов человеческой деятельности в воздух выбрасывается более 200 различных компонентов. Это сернистый газ, оксиды азота, угарный газ, озон,

соединения фтора, углеводороды, фенолы, пары серной, сернистой, азотной и соляной кислот, а также твердые частицы сажи, золы, пыли, в свою очередь содержащие токсические оксиды свинца, селена, цинка. В промышленно развитых странах около 20% газовых выбросов приходится на промышленную деятельность (электроэнергетика, производство нефти, бумаги, химическая промышленность, черная и цветная металлургия), столько же - на отопительные системы, около 10% - на переработку и уничтожение отходов, и более чем на 50% атмосферное загрязнение обусловлено автотранспортом. Кроме прямого вредного воздействия газов на растения, которое проявляется непосредственно на листовом аппарате, имеет место косвенное влияние, осуществляющееся через почву. Оно приводит к гибели полезной микрофлоры, негативному изменению почвенного поглощающего комплекса, отравлению корневой системы, нарушению минерального питания.

В качестве организмов - индикаторов (биоиндикаторов) используют бактерии, водоросли, беспозвоночные (инфузории, ракообразные, моллюски).

Вода большинства рек и озер загрязнена целым «букетом» загрязняющих веществ (поллютантов). Любое производство (промышленность, сельское хозяйство), а также городская инфраструктура вносит свой вклад в загрязнение поверхностных вод. Список загрязняющих веществ, обнаруживаемых в наших реках и озерах, уже давно перевалил за сотню, что делает очень дорогим и невозможным проведение полного химического анализа воды на присутствие в водной среде всех типов загрязнителей. Некоторые водные организмы могут жить в чистой воде (раки, личинки поденок и веснянок), другие – не брезгают и «грязной лужей» (прудовики, личинки комаров, пиявки). Живая природа – самый точный индикатор состояния водной среды, с которым не сравнится ни один существующий прибор.

Работа № 23. Оценка состояния водного объекта по ряске

Цель: научиться давать оценку качества воды с помощью ряски

Задачи:

- сформировать представление о загрязненности стоячих водоемов, его причинах;
- освоить метод биоиндикации по ряске.

Оборудование: полиэтиленовые пакеты, белое блюдце, тонкий пинцет.

Новые понятия: биоиндикация, поллютанты

Биоиндикация - оценка состояния окружающей среды по реакциям живого организма

Поллютанты - загрязняющие вещества

Проверить качество воды близлежащего водоема не так уж и сложно. Весьма простым, быстрым и доступным является метод экспресс - оценки загрязнения воды с помощью ряски. Эта методика основывается на высокой чувствительности ряски к загрязнению водоема.

Род Ряска включает в себя около 9 видов рясок. Это водное, свободно плавающее, многолетнее травянистое растение. Ряска относится к плавающим пелагическим организмам, то есть тем, которые обитают в толще воды и на ее поверхности.

Ряску можно встретить повсюду: в лужах, мелких прудах, канавах, запрудах и других хорошо прогреваемых водоемах с пресной, стоячей или медленно текучей, богатой органическими веществами водой. Часто рясковые образуют большие скопления – сплавины, сплошь покрывающие поверхность стоячих неглубоких водоемов. Растение не погибает в течение 12, а иногда и 22 часов, находясь на открытом воздухе.

Тело ряски большинство ботаников рассматривают как особую структуру «листо-ветвь», которая не разделена на листья и стебель. Листецы (щитки) у рясковых одиночные или же соединены в небольшие группы, по 2 или более цепочки короткими или удлинненными ножками, образованными суженной частью листеца. Форма листецов рясок может быть округлой, эллиптической, продолговатой. Ряску применяют для очистки воды, так как листецы извлекают из нее и запасают азот, фосфор, калий, поглощают углекислый газ и обогащают воду кислородом. На присутствие загрязняющих веществ ряска реагирует изменением цвета листеца щитка и поэтому может использоваться как индикаторный организм.

Ряска бывает четырех видов:

1) многокоренник обыкновенный (несколько корней на материнском щитке или на крупных дочерних особях, а если корни не развиты, материнский щиток крупный, 5-10 мм);

2) ряска тройчатая (щиток вытянутый, на верхушке заостренный);

3) ряска горбатая (с нижней стороны отчетливо выражено вздутие);

4) ряска малая (с нижней стороны вздутия нет).

В наших водоемах чаще всего мы встречаемся с ряской малой. Ряска малая - это светло - зеленое маленькое растение, листецы овальной формы, от нижней поверхности каждого листеца отходит в воду корешок с утолщением на конце. Ширина листеца ряски малой 2-3 мм, но она имеет относительно длинные корни – до 10 см. Встречается в стоячих и медленно текучих водах. Этот вид используется в экспресс- оценке качества

воды водоема. Отдельные растения ряски представляют собой округлую пластинку-щиток размером 1-10 мм с дочерними щитками - «детками», прикрепленными по бокам материнского щитка. Вырастая, «детки» отделяются и превращаются во взрослые самостоятельные растения, благодаря чему ряски быстро заполняют поверхность водоема. Быстрый рост и размножение как раз и приводят к тому, что в них накапливаются разнообразные загрязняющие вещества.

Ход работы:

1. Выберите место отбора проб на берегу водоема.
 2. Выделите на поверхности воды участок площадью 0,5 м² и соберите на этом участке все плавающие растения.
 3. Разложите на блюде по видам.
 4. После разделения по видам в каждом виде нужно сосчитать количество отдельных растений ряски (особей). Это первое число, которое понадобится.
 5. Подсчитайте общее количество щитков (у одной особи может быть несколько щитков).
- Разделите это второе число на первое. первый показатель, нужный для определения чистоты воды: число щитков/число особей (отношение числа щитков к числу особей).
6. Сосчитайте количество щитков с повреждениями и рассчитайте процент щитков с повреждениями от общего числа щитков. Это - второй нужный показатель. Повреждениями на щитках являются черные и бурые пятна - некроз и пожелтения - хлороз.
 7. Полученные результаты занесите в таблицу 13.

По таблице «экспресс - оценки качества воды по ряске» определите класс качества воды в вашем водоеме (таблица 14).

В верхней строке найдите графу, которой соответствует ваш первый показатель (число щитков/число особей).

В столбце слева найдите графу, которая соответствует вашему проценту поврежденных щитков.

На пересечении вашего столбца и строчки в клетке будет стоять арабская цифра. Это и есть степень чистоты воды:

- 1 - очень чистая
- 2 - чистая
- 3 - умеренно загрязненная

4 - загрязненная

5 - грязная

- невозможные варианты

8. Для получения достоверного результата отберите аналогично еще две пробы и повторите определение качества воды.

9. Сделайте выводы

Таблица 13.

Экспресс – оценка качества воды по ряске (рабочая)

№ пробы	Количество особей	Количество щитков	Отношение количества щитков к числу особей	Количество поврежденных щитков	Процент от общего количества щитков	класс качества воды
1						
2						
3						

Таблица 14.

Экспресс - оценки качества воды по ряске

№ пробы	Количество особей	Количество щитков	Отношение количества щитков к числу особей	Количество поврежденных щитков	Процент от общего количества щитков	класс качества воды
1						
2						
3						

Контрольные вопросы:

1. Какие виды ряски встречаются в водоеме?
2. Отличаются ли по видовому составу ряски соседних водоемов?
3. Как вы оцениваете состояние ряски в водоемах?
4. Встречается ли хлороз на листьях ряски? Чем это вызвано?

3.2. Оценка состояния водной экосистемы с помощью видового состава крупных беспозвоночных животных

При отборе проб, необходимых для проведения подобного анализа, следует позаботиться о стандартизации всей процедуры и обеспечить достаточно

представительные выборки из каждого обследуемого местообитания. Поэтому перед проведением этих работ необходимо ознакомиться с соответствующей литературой.

**Работа № 24. Оценка состояния водной экосистемы с помощью
пятиуровневой шкалы степени загрязнения воды или индекса Ф. Вудевиса
("биотический индекс реки Трент")**

Цель: Научиться давать оценку состояния водной экосистемы с помощью пятиуровневой шкалы степени загрязнения воды или индекса Ф. Вудевиса ("биотический индекс реки Трент").

Задачи:

- ознакомиться с индексом Вудевиса;
- расширить знания о беспозвоночных водоема;
- закрепить правила взятия проб

Оборудование: сачок для сбора водных беспозвоночных, оценочные таблицы.

Новые понятия: индекс Вудевиса

Индекс Ф. Вудевиса ("биотический индекс реки Трент")

В зависимости от степени загрязнения водной среды значения индекса изменяются от 0 до 10 баллов. Максимальная величина индекса (10 баллов) соответствует отсутствию в воде загрязнения, 0 баллов - наибольшая степень загрязненности воды (таблица 15).

Ход работы:

1. Взять пробы животных из исследуемого водоема.
2. Рассортировать животных в пробе по группам, согласно приведенному ниже списку.
3. Затем подсчитать общее число групп животных в пробе. (Под термином "группы"; подразумевается уровень, до которого ведется определение).

Перечень групп:

Любой известный вид плоских червей (Plathelminthes)

Кольчатые черви (Annelida) за исключением рода Nais

Род Nais

Любой известный вид пиявок (Hirudinae)

Любой известный вид моллюсков (Mollusca)

Любой известный вид ракообразных (Asellus, креветки)

Любой известный вид веснянок (Plecoptera)

Таблица 15. Пятиуровневая шкала для оценки загрязнения вод по данным о присутствии или отсутствии индикаторных видов

Уровень загрязнения	Концентрация кислорода	Индикаторные организмы
А. Чистая вода	Высокая	Нимфы веснянок, поденок
Б. Низкий уровень загрязнения		Нимфы ручейников, пресноводные креветки.
В. Высокий уровень загрязнения		Водяной ослик, мотыль (личинки хирономид)
Г. Очень высокий уровень загрязнения	Низкая	Трубочник (черви тубифициды), "крыска" (личинка мухи-журчалки)
Д. Крайне высокий уровень загрязнения	Кислород отсутствует	Заметных признаков жизни нет

Любой известный вид поденок (Ephemeroptera), за исключением вида *Baetis rhodani* '

Поденка *Baetis rhodani*

Любое семейство ручейников (Trichoptera)

Любой вид сетчатокрылых (Neuroptera)

Личинки хирономид (Chironomidae) за исключением мотыля *Chironomus thummi*

Личинки *Chironomus thummi* (мотыль)

Семейство мошки (Simuliidae)

Личинки любых других видов двукрылых

Любые виды жуков и их личинки (Coleoptera)

Любые виды водяных клещей (Hydracarina)

4. Среди животных, присутствующих в пробе, выбрать вид, который соответствовал бы наибольшему значению ранга в таблице видов индикаторов. (Значение рангов уменьшается от 1 по 10) (таблица 15).

5. В соответствии с определенным рангом вида-индикатора и подсчитанным количеством групп животных в пробе, по таблице определить значение индекса Ф. Вудевиса. Ранг - строка таблицы, числа групп - столбец. В пересечении находят значение индекса (таблица 16)

6. Сделайте выводы о степени загрязненности водоема

Таблица 15.

Определение ранга вида-индикатора

Вид-индикатор	Встречаемость	Ранг
Нимфы веснянок (Plecoptera)	Более 1 вида Только 1 вид	1 2
Личинки поденок (Ephemeroptera) исключая Beetle rflodani.	Более 1 вида Только 1 вид	3 4
Личинки ручейников (Trichoptera). B. rhodani учитывать здесь!	Более 1 вида Только 1 вид	3 6
Gammarus	Все перечисленные виды отсутствуют	7
Присутствуют Asellus	То же	8
Присутствуют тубефициллы и (или) личинки мотелз	То же	9
Все перечисленное выше группы отсутствуют	Некоторые организмы, например, личинки Eristatis tenax, не требующие растворенного в воде кислорода, могут присутствовать	10

Таблица 16.

Определение значения индекса Ф. Вудевиса

Загрязнение воды	Ранг	Количество групп				
		0-2	2-5	6-10	11-15	16 и более
		Значение индекса				
Чистая вода	1	-	7	8	9	10
Загрязнение увеличивается	2	-	6	7	8	9
	3	-	6	7	8	9
	4	-	5	6	7	8
	5	-	5	6	7	8
	6	4	4	5	6	7
	7	3	4	5	6	7
	8	2	3	4	5	6
	9	1	2	3	4	-
Сильное загрязнение	10	0	1	2	-	-

Контрольные вопросы:

1. В чем суть определения индекса Вудевиса?
2. Какие группы организмов говорят о чистоте водоема?
3. В какой период необходимо брать пробы в водоеме и почему?

Работа № 25. Оценка состояния водной среды по видовому составу активного ила

Цель: Научиться давать оценку состояния водной среды по видовому составу организмов активного ила.

Задачи:

- ознакомиться с методом оценки качества воды по видовому составу активного ила;
- освоить метод и оценить качество воды;
- ознакомиться с новым понятием активный ил.

Оборудование: инструмент для сбора активного ила, оценочные рисунки, микроскоп.

Новые понятия: активный ил, зооглея, аэротенк, химическая и биологическая очистка воды

Одним из наиболее перспективных и не ограниченных природными условиями очистных сооружений является аэротенк. Это огромный бетонный резервуар, принимающий сточные воды на биологическую очистку с помощью активного ила. Сточная вода смешивается в аэротенке с активным илом и постоянно продувается снизу мощным потоком мельчайших пузырьков воздуха. Избыток кислорода и приток органических веществ со сточными водами позволяют бактериальному населению и микроскопическим животным бурно развиваться в активном иле. Бактерии склеиваются в хлопья или зооглеи, образующие огромную рабочую поверхность – около 1200 квадратных метров в одном кубическом метре ила, и выделяют ферменты, расщепляющие органические соединения до простых минеральных молекул. Происходит так называемая минерализация органики. Поглощая в избытке органические вещества, бактерии растут, делятся, и масса активного ила постоянно возрастает.

Благодаря тому, что бактерии склеены в хлопья, активный ил быстро оседает и отделяется от очищенной им воды.

На поверхности бактериальных хлопьев и между ними обитает бесчисленное множество микроскопических животных: инфузорий, амёб, жгутиконосцев, коловраток, червей и клещей. Вот они-то и есть те «живые приборы», по которым технологи определяют, хорошо ли идет биологическая очистка воды. Правда, их роль не сводится только к роли организмов-индикаторов. Они еще питаются бактериями и уничтожают старые неработоспособные клетки и те бактерии, которые отрываются от хлопьев, а,

следовательно, при отстаивании активного ила от чистой воды не оседают и загрязняют ее. Но эти организмы уже исполняют роль датчиков экологического равновесия в аэротенке.

Прежде всего, сам видовой состав может сказать многое о том, как чувствует себя активный ил. При хорошей очистке в активном иле в больших количествах встречаются брюхоресничные инфузории и прикрепленные формы - сувойки, напоминающие отдельные колокольчики, а иногда целые гроздья колокольчиков. В таком иле много коловраток и почти нет жгутиковых и амёб (рис. 2, а, б, в). Интересен также и морфологический показатель - строение зооглей. Бактерии объединяются в крупные хлопья с изрезанными краями, когда их рабочая поверхность максимальная.

При ухудшении очистки в активном иле появляются равноресничные инфузории, например всем известные туфельки. Прикрепленные организмы переходят в плавающее состояние. Сувойки отбрасывают ножку, на которой сидят, образуют дополнительный венчик ресничек и становятся «бродяжками», плавающими в толще воды. Коловраток по-прежнему много, но видовой состав их изменяется, появляются виды, способные переносить высыхание и впадать в анабиоз. Все организмы как бы ощущают приближающуюся катастрофу. Зато больше становится жгутиковых и амёб (рис. 2а).

Наконец, при плохой биологической очистке сильно развиваются жгутиконосцы и амёбы. Совсем мало становится инфузорий и коловраток. А бактериальные хлопья либо измельчаются, либо округляются (рис. 3).

Ход работы:

1. Взять пробы активного ила
2. Описать видовой состав активного ила
3. Оценить качество воды идущей на очистку

Контрольные вопросы:

1. Что такое активный ил?
2. На каких очистных сооружениях в вашем городе применяется эта система очистки?
3. Что более эффективно: использовать химическую или биологическую очистку воды?

Рис. 2. Микроорганизмы активного ила: а - при плохой работе аэротенка; б, в - при хорошей работе аэротенка; 1 - эвглифа (раковинная амeba); 2 - арцелла (раковинная амeba); 3 - инфузория туфелька; 4 - бодо (жгутиковое); 5 - амeba протей; 6 – нитчатые бактерии; 7 – сосущая инфузория; 8 - политома (жгутиковое); 9 - коловратка нотоммата; 10 - хлопья активного ила; 11 - амeba дисковидная, 12 - зооглея «оленьи рога»; 13 - аспидиска (брюхоресничная инфузория); 14 - коловратка филодина; 15 - солнечник; 16 - эуплотес (брюхоресничная инфузория); 17 - аэлозома (малоресничный червь); 18 - оперкулярия (колониальная инфузория); 19 - циклидиум (инфузория); 20 - сувойка; 21 - окситриха (брюхоресничная инфузория); 22 - коловратка моностила; 23 - стилонихия (инфузория); 24 - каршезиум (колониальная инфузория); 25 - коловратка катипна; 26 - эпистилис (колониальная инфузория); 27 - фабдоста (прикрепленная инфузория); 28 - амeba террикола.

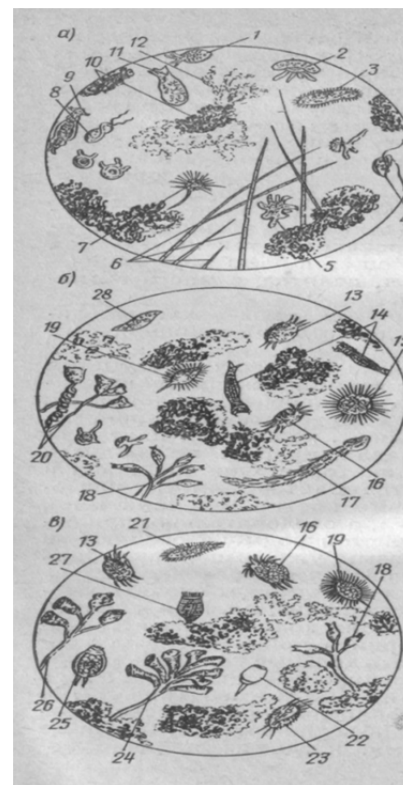
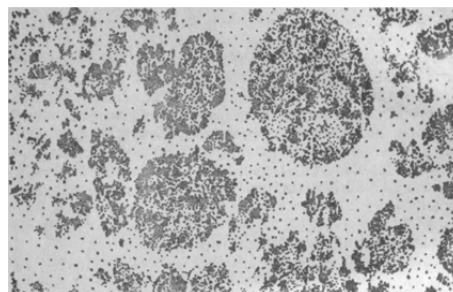


Рис. 3. Округлившиеся бактериальные хлопья



Работа № 26. Биоиндикация загрязнения водоема с помощью макрозообентоса (Индекс Майера)

Цель: Научиться давать оценку загрязнения пресноводного водоёма с использованием методики определения индекса Майера.

Задачи:

- освоить метод биоиндикации с помощью макрозообентоса;
- развить творческие и исследовательские умения и навыки, способности делать обоснованные выводы по результатам изучения материала.

Оборудование: сачок, банки с мелкими отверстиями, карточки-определители, чашку с белым дном, пинцет, лупа.

Новые понятия: биоиндикация, метод Майера, макрозообентос

Эта методика подходит для любых типов пресных водоемов. Метод основан на том, что различные группы водных беспозвоночных приурочены к водоемам с определенной степенью загрязненности.

Определение качества воды водоёма по методу Майера не требует определения живых организмов с точностью до вида. Достаточно только отметить наличие в водной среде живых организмов, представленных в таблице 17

Таблица 17.

Индекс Майера

Обитатели чистых вод	Обитатели водоёмов средней загрязнённости	Обитатели загрязненных водоёмов
1	2	3
Личинки веснянок Личинки подёнок Личинки ручейников Личинки вислокрылок Двустворчатые моллюски	Бокоплав Речной рак Личинки стрекоз Личинки комаров-долгоножек Моллюски-катушки Моллюски-живородки	Личинки комаров-звонцов Пиявки Водяной ослик Прудовики Личинки мошки Малощетинковые черви

Простота и универсальность метода Майера дают возможность быстро оценить состояние исследуемого водоема.

Конечно, точность приведенных методов невысока. Тем не менее, если проводить исследования качества воды регулярно в течение какого-то времени и сравнивать полученные результаты, то даже с использованием этих простых методов можно уловить, в какую сторону изменяется состояние водоема.

Ход работы:

1. Около берега водоема с помощью сачка или банки с мелкими отверстиями выловить беспозвоночных животных.
2. Выловленные организмы поместить в чашку с белым дном.
3. Осмотреть выловленных животных, сравнить с изображениями беспозвоночных животных на определительных карточках
4. Установить, присутствуют ли в «пробе» показательные для индикации организмы. Занести полученные данные в таблицу 18.
5. Количество обнаруженных групп организмов из первой колонки таблицы необходимо умножить на 3, количество найденных групп живых организмов из второй колонки необходимо умножить на 2, а количество групп организмов из третьей колонки таблицы нужно умножить на 1. Все получившиеся цифры складываются:

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

В итоге получается число, характеризующее степень загрязнённости водоёма. При значении суммы большей 22-ух водоём можно отнести к 1 классу качества (очень чистый водоём). Значение суммы от 17 до 22 позволяет отнести водоём ко 2 классу качества (чистый водоём), Сумма от 11 до 18 баллов свидетельствует о принадлежности водоёма к 3 классу качества (умеренно-загрязнённый водоём). Значения суммы меньше 11 характеризуют водоём, как грязный (4-7 классы качества).

Таблица 18.

Рабочая таблица определения индекса Майера






Обитатели чистых вод, X	Обитатели водоёмов средней загрязнённости, Y	Обитатели загрязнённых водоёмов, Z

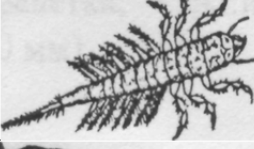

6. Сделать выводы

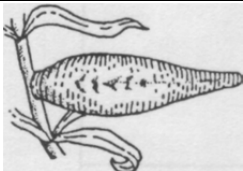
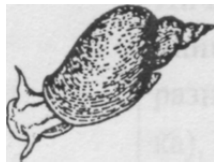





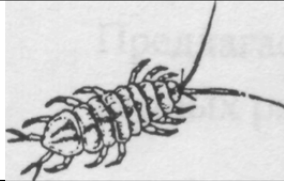
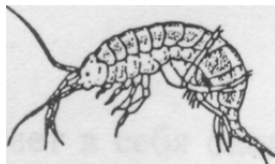

Контрольные вопросы:

1. Что такое макрозообентос?
2. Какие организмы относятся к макрозообентосу?
3. Какие виды были вами встречены при изучении водоемов?
4. Отличаются ли водоемы по составу макрозообентоса?

Приложение 1.

Обитатели пресных водоемов	
1. Личинка поденки плавающая (до 11 мм).	
2. Личинка поденки сжатая (до 7 мм). 3 хвостовых нити, 6 ног. Похожа на плавающую личинку, но часто зарывается в ил, покрыта грязью.	
3. Личинка поденки плоская (до 16 мм). Плоское тело с серповидной головой. 3 хвостовых нити, 6 ног. Чаще ползает, чем плавает.	
4. Личинка поденки норная (например, личинка белой поденки), до 40 мм. 3 хвостовых нити, 6 ног. Два ряда жабр вдоль длинного коричневого тела.	
5. Личинка равнокрылой стрекозы (до 30 мм). 3 плоских хвостовых нити. Тело обычно зеленого или коричневого цвета. При плавании тело двигается из стороны в сторону.	

6. Личинка разнокрылой стрекозы (до 70 мм). 6 ног, хвост разветвлен на 3 части, но не так явно, как у личинок поденки.	
7. Личинка веснянки (до 30 мм в длину). 6 ног, 2 длинных хвостовых нити. Ползает медленно. Жабры не обязательно выражены.	
8. Личинка ручейника в домике (до 55 мм в длину). Живет в переносном домике из растительных минеральных частиц, скрепленных выделениями прядильных желез.	
9. Личинка ручейника, без домика (до 26 мм). 6 ног, обычно темная голова и более светлое тело, 2 крючка на конце	
10. Личинка вислокрылки (до 40 мм). Длинные ряды жабр вдоль плотного коричневого тела. Один хвост.	
11. Личинка мошки речной (или одагмии пятнистой, до 15 мм). Передвигается, скручиваясь в петли и распрямляясь. Конец тела утолщенный. Часто прикреплена присоской к камням.	
12. Личинка долгоножки (до 30 мм). Серое червеобразное туловище, два крючка на хвосте.	
13. Личинка комара-звонца (до 20 мм длиной). Мотыль. Ярко-красный или зеленый червячок, плавает, складываясь восьмеркой и распрямляясь.	
14. Энхитрей беловатый (до 40 мм). Похож на дождевого червя. Тусклая розовато-коричневая окраска.	
15. Личинка мухи-журчалки, «крыска» (до 55 мм). Серое утолщенное тело и очень длинная дыхательная трубка на поверхности воды.	
16. Планария молочно-белая (плоский червь). Очень плоская, до 40 мм в длину, иногда с рожками или с точечными глазками. Скользит по камням.	

17. Пиявка обыкновенная (до 30 мм в длину). Сегментированное тело с присосками на концах. Плавает или передвигается, складываясь в петли и распрямляясь.	
18. Водные брюхоногие моллюски (до 50 мм в длину). Много типов со спиралевидными (улитки, прудовики) и катушечными (катушки) раковинами.	
19. Шаровка роговая (до 20 мм). Небольшая чашеобразная раковина. Вершина створок раковины сдвинута в сторону.	
20. Горошинка речная (до 15 мм). Сероватая раковина, скошенная на сторону (похожа на сердцевидку съедобную).	
21. Водяные жуки (различной величины, много видов – плавунцы, полоскуны, плавунчики, гребцы, водолюбы). Сложенные жесткие надкрылья образуют полосу вдоль спины. Ползают или плавают.	
22. Гребляк точечный (до 17 мм в длину). Крупные задние ноги похожи на весла. Быстро плавает в толще воды.	
23. Водомерка (до 18 мм в длину). Тело черное, скользит по поверхности воды.	
24. Водяной ослик (до 12 мм в длину). Темное плоское серовато-коричневое тело. Ползает среди растений по дну.	
25. Бокоплав (Пресноводная креветка, длиной до 20 мм). Плавает боком, очень быстро. Цвет – от серого до красноватого.	
26. Клещ географический (2-3 мм). Очень маленькое округлое тело. Похож на паука. Быстро плавает.	

4. Микробиологические методы определения токсичности воды

Биотестирование как метод оценки токсичности водной среды используется:

- при проведении токсикологической оценки промышленных, сточных бытовых, сельскохозяйственных, дренажных, загрязненных природных и пр. вод с целью выявления потенциальных источников загрязнения,
- в контроле аварийных сбросов высокотоксичных сточных вод,
- при проведении оценки степени токсичности сточных вод на разных стадиях формирования при проектировании локальных очистных сооружений,
- в контроле токсичности сточных вод, подаваемых на очистные сооружения биологического типа с целью предупреждения проникновения опасных веществ для биоценозов активного ила,
- при определении уровня безопасного разбавления сточных вод для гидробионтов с целью учета результатов биотестирования при корректировке и установлении предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водоемы со сточными водами,
- при проведении экологической экспертизы новых материалов, технологий очистки, проектов очистных сооружений и пр.

При комплексной оценке качества воды учитывается и ее токсичность. В настоящее время токсичность определяется с помощью простейших тестов, основанных на оценке выживаемости и характера поведения некоторых беспозвоночных животных в опытах продолжительностью не более четырех суток. Вода признается нетоксичной, если ни в одной из серий опытов не отмечено нарушения поведения тест-объектов или достоверных отклонений показателей смертности от контроля. Вода оценивается как остротоксичная, если гибель животных происходит в первые часы опыта и продолжается при разведениях свыше 1:10. В других случаях указывается, при каких разведениях и длительности опытов отмечаются токсические эффекты.

Работа № 27. Определение токсичности воды при помощи дафний

Цель: научиться определять токсичность воды при помощи дафний.

Задачи:

- ознакомиться с микробиологическим методом определения токсичности воды с помощью дафний;
- оценить токсичность водоема.

Новые понятия: тест-объект

Оборудование: фильтровальная бумага

Тест-объект (test organism) - организм, используемый при оценке токсичности химических веществ, природных и сточных вод, почв, донных отложений, кормов и др. Тест-объекты, по определению Л.П.Брагинского - "датчики"; сигнальной информации о токсичности среды и заменители сложных химических анализов, позволяющие оперативно констатировать факт токсичности (ядовитости, вредности) водной среды ("да"; или "нет";), независимо от того, обусловлена ли она наличием одного точно определяемого аналитически вещества или целого комплекса аналитически не определяемых веществ, какой обычно представляют собой сточные воды. Тест-объекты с известной степенью приближения дают количественную оценку уровня токсичности загрязнения водной среды - сточных, сбросных, циркуляционных и природных вод.

Объект исследования: Дафний можно поймать в самых различных водоемах (прудах, озерах и др.), но лучше купить их в зоомагазине. Дафнии позволяют определить токсичность как сточных, так и природных вод.

Проба воды оценивается как токсичная, если за 24 ч опыта в ней гибнет более 50 % дафний по сравнению с контрольной пробой воды. При меньшей смертности вода считается слаботоксичной. На основе систематического отбора дафний можно осуществлять экологический мониторинг.

Ход работы:

1. Воду для анализа на токсичность в объеме, не превышающем 1 л, взять из какого-либо источника не более, чем за 6 ч до начала опыта и хранить при температуре +4 °С.
2. Воду профильтровать через фильтровальную бумагу. В качестве контрольной воды, не содержащей токсичных веществ, можно использовать водопроводную воду с отстаиванием в течение 7 суток.
3. Возьмите три сосуда для анализируемой воды и три сосуда для контрольной пробы. Налейте в них по 100 мл исследуемой и контрольной воды.
4. В каждый сосуд поместите по 10 дафний, перенеся их стеклянной трубкой диаметром 6 – 7 мм.
5. Пронаблюдайте за жизнью дафний в первые часы, а затем – через 24, 48 и 96 ч. Дафний во время эксперимента не кормят. В ходе эксперимента ведется наблюдение за поведением особей и подсчет погибших дафний в тестовых и контрольных пробах. Выжившими считаются дафнии, которые свободно плавают в воде или всплывают со дна сосуда не позднее 15 с после его легкого покачивания.

6. Найдите среднее арифметическое число выживших дафний в контроле и опыте. Для расчета процента гибели дафний в опыте по отношению к контролю используйте формулу:

$$X_1 - X_2/X_2,$$

где X_1 - среднее арифметическое число выживших дафний в контроле; X_2 - среднее арифметическое число выживших дафний в опыте.

7. Сравните токсичность воды разных природных и искусственных источников своего района. Объясните причины повышенной токсичности.

Контрольные вопросы.

1. Что такое тест - объект?
2. Какие преимущества имеет дафния, как тест-объект?
3. Что такое микробиологические методы оценки качества воды?

Работа № 28. Биологическое тестирование воды с помощью проращивания семян

Цель: выявить из серии природных водоемов наиболее загрязненные, непригодные для использования в сельском хозяйстве.

Задачи:

- освоить метод биотестирования с помощью проращивания семян;
- закрепить правила отбора проб

Оборудование: семена ржи или пшеницы, чашки Петри, фильтровальная бумага

Оценить уровень загрязнения водоемов можно, используя тест на проращивание семян. Поскольку интенсивность прорастания будет определяться как наличием вредных примесей (тяжелых металлов и других токсических веществ), так и содержанием нужных для растений веществ (азота, фосфора, калия), то такое тестирование можно считать предварительным для выявления особенно загрязненных водоемов с целью последующего химического анализа.

Ход работы:

1. Отобрать образцы воды из разнообразных водоемов исследуемой территории.
2. В 6 чашек Петри с внутренних сторон помещают вырезанные по размеру чашки листы фильтровальной бумаги. Промаркировать
3. Смочить верхнюю и нижнюю фильтровальную бумагу водой из соответствующих водоемов водой.
4. Поместить в каждую чашку от 30-50 семян ржи или пшеницы.
5. Чашки плотно закрывают и оставляют на 4-7 дней при комнатной температуре.

6. Оценить % проросших семян в каждой чашке

Контрольные вопросы:

1. Какие элементы жизненно необходимы для развития растений?
2. Какие элементы являются наиболее частыми загрязнителями воды?
3. Что такое тест-объект?
4. Какой тест-объект используется в этой работе?

Работа № 29. Оценка состояния водной среды по поведению сувоек

Цель: научиться давать оценку состояния водной среды по поведению сувоек.

Задачи:

- ознакомиться с биологией и экологией сувоек;
- ознакомиться и освоить метод оценки состояния водной среды по поведению

сувоек

Оборудование: микроскоп, культура сувоек.

Нехватку кислорода в водной среде и наличие загрязнений можно определить по поведению сувоек. Обычно их устья раскрыты, видно, как работает ресничный аппарат и гонит в их клеточный рот бактерий, которыми они питаются. При нехватке кислорода устья сжимаются, и на тонкой ножке вместо колокольчика виден шарик. Появился кислород в среде – сувойка раскрывает свой ресничный аппарат и начинает им работать. Но если в очищаемую воду был произведен залповый выброс токсических веществ, то сувойки лучше и быстрее любого химического анализатора укажут на это: они не только сжимаются, но и сворачивают ножку в пружинку. Одновременно с этим уменьшается скорость движения инфузорий, а коловратки втягивают голову и ногу в тело. Опасность налицо.

Ход работы:

1. Взять пробы воды из водоемов района.
2. Добавить воду из водоемов в культуру сувоек.
3. Провести наблюдение за поведением сувоек.
4. Оценить качество воды.

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте сувоек, как тест - объект?
2. Почему сувойки быстро реагируют на изменение среды?
3. Что такое биотестирование?
4. Какой тест – объект используется в этом исследовании?

Работа № 30. Оценка состояния водоема с помощью инфузорий

Цель: оценить качество воды с помощью инфузорий

Задачи:

- ознакомиться с методикой биотестирования;
- освоить биотест с инфузориями.

Метод основан на изучение возрастания численности тест - объекта

Тест-объект – простейший организм инфузория. Этот организм является наиболее популярным и используемым в биотестировании.

Ход работы:

1. Внести культуру инфузорий в исследуемую пробу и эталон. Проба выполняется в трех повторностях.

Эталоном служит вода из экологически чистого водоема

2. Подсчитать количество инфузорий в каждой пробе. Исходное количество тест-объекта не менее 15 штук.

3. Провести подсчет инфузорий через 72 часа

4. Определить среднее число инфузорий:

$$n = n_1 + n_2 + n_3 / 3$$

n_1, n_2, n_3 - число инфузорий в 1,2,3 повторностях

5. Определить коэффициент токсичности:

$$K_{\text{токс}} = (n_{\text{исх}} * X_{\text{этал}}) / n_{\text{пол}}$$

$X_{\text{этал}}$ - увеличение числа инфузорий в эталонной пробе

$n_{\text{исх}}$ - начальное число инфузорий

$n_{\text{пол}}$ - конечное число инфузорий

$K_{\text{токс}}$ - коэффициент токсичности

5. Сделать выводы о состоянии водоема

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте инфузорий, как тест - объект?
2. Почему инфузории быстро реагируют на изменение среды?
3. Что такое биотестирование?
4. Какой тест – объект используется в этом исследовании?

4.1. Бактериальный анализ воды пресноводного водоёма

Наряду с химическими элементами в воде содержатся различные микроорганизмы и бактерии, поэтому, *бактериологический анализ воды* нужно считать неотъемлемой частью исследования воды. У многих возникает вопрос, откуда же берутся микроорганизмы и бактерии в воде?

В любой воде есть жизнь, представленная различными микроорганизмами и бактериями. Как показывает *микробиологический анализ воды*, наряду с безопасными организмами в воде могут содержаться и патогенные, способные оказать вред здоровью. Наличие микроорганизмов и бактерий в питьевой воде подземных источников водоснабжения (водопровод, скважина, колодец, родник) объясняется движением жидкости по трубам, ее контактом с воздухом и нарушением санитарного режима в местах водозабора.

Многочисленные исследования в области бактериологического анализа воды подтверждают то, что степень загрязненности воды микроорганизмами и бактериями зависит от происхождения и характера источника. Загрязненность поверхностных источников (водохранилище, река, озеро, море) зависит от сточных и дождевых вод, деятельности животных и человека.

Своевременно проведенный микробиологический анализ воды, включающий широкий перечень гидробиологических и микробиологических показателей, содержащий индикаторные микроорганизмы и прямое определение патогенных бактерий, вирусов, паразитарных простейших и гельминтов, позволит понять, какую воду мы пьем, и как она будет влиять на здоровье наше и наших близких.

Результаты проведенного бактериологического анализа воды могут служить основополагающей информацией при выборе системы очистки воды, которая позволит Вам и Вашей семье использовать воду требуемого качества, максимально повысив ее благотворное влияние на организм человека.

Микробиологический анализ воды проводят с целью определения содержания в воде бактерий, их видов и численности. В ходе анализа воды определяются значения следующих показателей:

- общее микробное число;
- общие колиформные бактерии;
- термотолерантные колиформные бактерии;

- фекальные стрептококки;
- колифаги;
- споры клостридий;
- цисты лямблий.

Работа № 31. Определение микробного числа воды

Цель: Научиться определять микробное число воды

Задачи:

- ознакомиться с показателем - микробное число воды;
- научиться готовить питательную среду (агар-агар) и проводить посев бактерий;
- освоить метод посева бактерий на питательную среду;
- сформулировать выводы по результатам анализа.

Оборудование: сосуд для сбора воды, чашки Петри, питательная среда (агар-агар).

Новые понятия: питательная среда, микробное число воды

Микробное число воды – общее число сапрофитных бактерий

Ход работы:

1. Приготовление питательной среды. Сухую смесь выдержать 15 минут в воде, затем стерилизуют 15 минут при 121°C . В процессе перемешивания среда растворяется и перемешивается

2. Пробы, взятые в условиях стерильности, взбалтывают и делают посевы небольшим количеством воды (0,1 - 1,0 мл) в чашки Петри, куда добавляют расплавленную питательную среду (13 мл агара).

3. Пронумерованные чашки с застывшей питательной средой ставят вверх дном в термостат при температуре $+37^{\circ}\text{C}$.

4. Через 24 часа с помощью лупы и специального разграфленного стекла подсчитывают число выросших колоний. Результаты выражаются числом колоний микробов в 1 мл воды.

5. Оценить полученные результаты: ПДК - не более 100 колоний в 1 мл.

Контрольные вопросы:

1. Что такое микробное число воды?
2. Почему колонии отличаются по цвету?
3. В каких пробах микробное число наибольшее и почему?

В процессе выполнения данной работы учащиеся:

Работа № 32 . Определение коли - индекса и коли – титра

Цель: научиться определять показатели фекального загрязнения (коли- индекса и коли- титра)

Задачи:

- ознакомиться с показателем коли-индекса и коли-титра
- научиться готовить питательную среду (агар-агар) и проводить посев бактерий;
- освоить метод посева бактерий на питательную среду;
- сформулировать выводы по результатам анализа.

Оборудование: сосуд для сбора воды, чашки Петри, питательная среда (агар-агар).

Новые понятия: питательная среда, коли- индекс и коли- титр

Коли-индекс - количество кишечных палочек в 1 л воды. Коли-титр - наименьший объем воды, в котором можно обнаружить одну кишечную палочку.

Ход работы:

1. Приготовить питательную среду Эндо.
2. Для определения коли-индекса используют метод мембранных фильтров. С помощью специального насоса исследуемую воду прокачивают через стерильный мембранный фильтр № 3.
3. Фильтр накладывают на среду Эндо, разлитую в чашки Петри
4. Посевы помещают в термостат при температуре +37°C.
5. Через 18-24 часа на белой поверхности фильтра образуются ярко-красные с бронзовым блеском колонии.
6. Подсчитывают колонии бактерий, а затем пересчитывают на 1 л.
7. Для вычисления коли- титра 1000 нужно разделить на число, выражающее коли- индекс.
8. Оцените полученные результаты. ПДК: коли- индекс - на более 3, коли- титр - не более 300 мл.

Контрольные вопросы:

1. Что такое бактериологический анализ воды?
2. Что такое коли-титр, коли-индекс?
3. Где находят применения данные показатели?

Работа № 33. Метод оценки состояния водоема в проекте RiverWatch

Цель: научиться давать оценку качества воды с помощью методики River Watch

Задачи:

- освоить метод биоиндикации по проекту River Watch;
- оценить качество воды с помощью методики River Watch;
- развить творческие и исследовательские умения и навыки, способности делать обоснованные выводы по результатам изучения материала.

Оборудование: сачок для сбора водных беспозвоночных, оценочные таблицы.

Новые понятия: биоиндикация, макрозообентос

Биоиндикация - оценка состояния окружающей среды по реакциям живого организма.

Зообентос – (от греч. *zoon* - животное и *benthos* - глубина), донная фауна, животный бентос, совокупность животных, обитающих на дне водоемов.

Метод также основан на различной чувствительности организмов к качеству воды. В этом методе вода в зависимости от качества делится на 5 категорий: отличное, хорошее, нормальное, плохое, очень плохое. Метод очень прост и вполне применим в Центральном регионе России, но точность его невысокая.

Ход работы:

1. Около берега водоема с помощью сачка или банки с мелкими отверстиями выловить беспозвоночных животных.
2. Выловленные организмы поместить в чашку с белым дном.
3. Выловленных животных, сравнить с изображениями беспозвоночных животных на определительных карточках
4. Установить, присутствуют ли в «пробе» показательные для индикации организмы.
5. Оцените состояние водоема (таблица 19)

Примечание:

В работе достаточно использовать карточки с изображением беспозвоночных животных.

Определения состояния пресного водоема в проекте *RiverWatch*

Качество воды	Организмы
Отличное	Личинка поденки плоская, личинка поденки норная, личинка веснянки, личинка ручейника в домике, личинка разнокрылой стрекозы, бокоплав (пресноводная креветка), личинка поденки плавающая, гребляк точечный, личинка вислоккрылки, водные брюхоногие моллюски
Хорошее	Личинка ручейника в домике, личинка разнокрылой стрекозы, бокоплав (пресноводная креветка), личинка поденки плавающая, водяной ослик, гребляк точечный, личинка вислоккрылки, водные брюхоногие моллюски, личинка комара-звонца, энхитрей беловатый, личинка мухи-журчалки («крыска»)
Нормальное	Личинка поденки плавающая, водяной ослик, гребляк точечный, личинка вислоккрылки, водные брюхоногие моллюски, личинка комара-звонца, энхитрей беловатый, личинка мухи-журчалки («крыска»)
Плохое	Личинка комара-звонца, энхитрей беловатый, личинка мухи-журчалки («крыска»)
Очень плохое	Нет живых организмов

В работе достаточно использовать карточки с изображением беспозвоночных животных.

Контрольные вопросы:

1. Какие группы организмов используются для оценки качества водоема в проекте River Watch?
2. Какие организмы относятся к макрозообентосу?
3. Какие виды были вами встречены при изучении водоемов?
4. Отличаются ли водоемы по составу макрозообентоса?

4.2. Санитарный анализ воды по показателю сапробности

Показатель сапробности (органического загрязнения) входит в комплекс гидробиологических показателей для определения качества воды, санитарного состояния водных экологических систем и их изменения в результате загрязнения. Этот комплекс, кроме сапробности, включает показатели биоразнообразия, микробиологического состава,

продуктивности и токсичности. Сапробность позволяет судить о степени загрязнения вод органическими отбросами, поступающими с канализационными и сточными водами. Она определяется методом биоиндикации – по наличию водных организмов, способных развиваться при определенном содержании в воде органических веществ и продуктов их распада. Экологические группы представлены в таблице 20.

Работа № 34. Определение сапробности водоема по популяциям пресноводных моллюсков

Цель: определить сапробность водоема по популяциям пресноводных моллюсков.

Задачи:

- освоить метод оценки загрязнения водоема по популяциям пресноводных моллюсков;
- оценить уровень загрязнения водоема по популяциям моллюсков;
- ознакомиться с новыми понятиями: сапробность.

Таблица 20 .

Экологические группы водных организмов

Экологическая группа организмов	Наиболее благоприятные условия проживания
1. Полисапробы (серные бактерии, бесцветные жгутиковые, низшие грибы, инфузории)	Наиболее загрязненные водоемы, содержащие большое количество легко разлагающихся органических веществ и продуктов их распада. В таких водоемах преобладают гнилостные процессы, содержание кислорода в воде ничтожно. Число бактерий измеряется многими сотнями тысяч и миллионами в 1 мл
2. а-мезосапробы (бактерии, низшие грибы, сине-зеленые и диатомовые водоросли, простейшие)	Водоемы, близкие по степени загрязнения к водам полисапробной зоны. Органические вещества состоят из продуктов глубокого распада белковых веществ. Гнилостные процессы протекают в сильно/ степени, восстановительные процессы преобладают над окислительными. Количество бактерий в 1 мл воды исчисляется сотнями тысяч
3. р-мезосапробы (сине-зеленые, диатомовые и зеленые водоросли, инфузории, коловратки, ракообразные, рыбы)	Водоемы среднего загрязнения, в которых содержание органических веществ невелико, и их распад доходит до полной минерализации. Окислительные процессы преобладают, и вода уже не загнивает. Способность водоемов к самоочищению довольно значительна. Число бактерий в 1 мл воды измеряется десятками тысяч

4. Олигосапробы (флора и фауна весьма разнообразны: преобладают зеленые водоросли, диатомовые, перидинеи, коловратки, губки, ракообразные, рыбы)	Практически чистые, пригодные для водоснабжения водоемы, не загрязняемые сточными водами. Процесс минерализации органических веществ в водах олигосапробной зоны полностью закончился. Содержание бактерий не превышает 1000 в 1 мл воды
--	--

Оборудование: сачок

Новые понятия: сапробность

Пресноводные моллюски очень чувствительны к содержанию в воде органических веществ и кислорода, поэтому полисапробов среди моллюсков нет. В менее сапробных водоемах (α , β - мезосапробных и олигосапробных) они наряду с микроорганизмами и высшими водорослями играют основную роль в самоочистительной способности водных экосистем (рис. 4)

Ход работы:

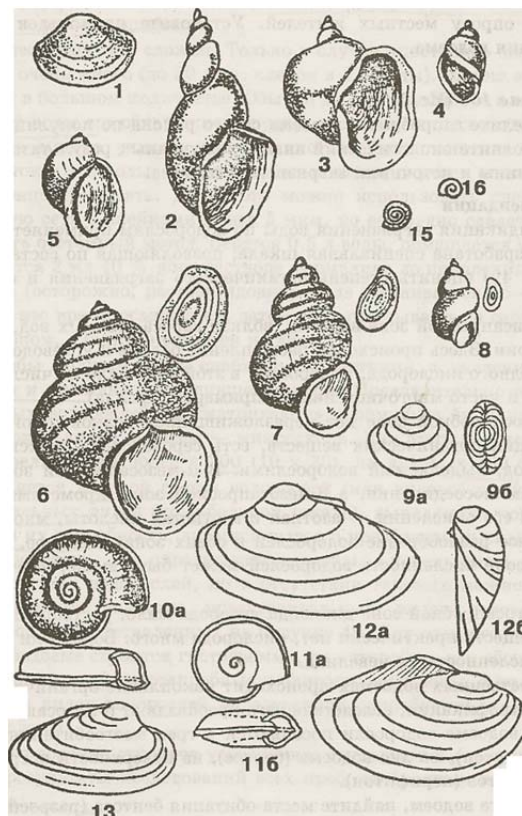
1. С помощью водного сачка проведите отлов моллюсков, обитающих в водоеме.
2. Выполните экологический анализ полученных результатов и установите причины и источники загрязнения.
3. Всех выловленных моллюсков идентифицируйте по видам и верните обратно в воду.
4. После идентификации моллюсков определите сапробность.
5. Охарактеризуйте экологическую обстановку в водоеме с помощью таблицы.
6. Установите источники и причины загрязнений

Контрольные вопросы:

1. Что такое сапробность?
2. На какие группы делятся водоемы по показателям сапробности?
3. Перечислите особенности внешнего строения моллюсков, которые используются в их определении.
4. Какие причины влияют на загрязнения водоемов?

Рис. 4. Пресноводные моллюски – биоиндикаторы чистоты водоемов

1. Роговая шаровка.
2. Прудовик обыкновенный.
3. Прудовик ушковый.
4. Физа ключевая.
5. Прудовик яйцевидный.
6. Лужанка настоящая.
7. Лужанка полосатая.
8. Битиния щупальцевая.
- 9 а, б. Горошина.
- 10 а, б. Катушка обыкновенная.
- 11 а, б. Катушка килевая.
- 12 а, б. Перловица вздутая.
13. Перловица живописцев.
14. Беззубка утиная.
15. Катушка завитая. 16. Катушка гладкая.



Работа №35. Определение сапробности водоема по популяции водорослей.

Цель: Определить сапробность водоема по популяции водорослей.

Задачи:

- освоить метод оценки сапробности водоема по популяции водорослей;
- провести оценку степени сапробности водоема;
- закрепить умения пользоваться определителями;
- ознакомить с новыми понятиями в экологии.

Оборудование: пипетка или стеклянная трубочка, определители водорослей, 40%-ный раствор формалина, бинокляр, микроскоп.

Новые понятия: сапробность водоема, полисапробная зона, а-мезосапробная зона, р-мезосапробная зона, олигосапробная зона, эвтрофикация, перифитон, планктон, фитопланктон, бентос, гистограмма

Биоиндикация загрязнения воды по водорослям применяется с начала XX в. Разработана специальная шкала, позволяющая по составу водорослей (рис.5) оценить степень органического загрязнения и сапробность водоема.

В полисапробной зоне водоема, вблизи сброса сточных вод, преобладают бактерии. Здесь происходит расщепление белков и углеводов в отсутствии свободного

кислорода. Водорослей в этой зоне мало по числу видов, но они есть, и часто многочисленны (например, хлорелла).

В мезосапробной зоне нет неразложившихся белков, происходит минерализация органических веществ, есть сероводород, диоксид углерода и кислород, выделяемый водорослями. В а-мезосапробной зоне есть аммиак и аминокислоты, в р-мезосапробной зоне, кроме аммиака, есть продукты его окисления – азотная и азотистая кислоты, много кислорода. Видовое разнообразие водорослей в обеих зонах большое, в а-мезосапробной зоне численность водорослей может быть выше, чем в р-мезосапробной.

В олигосапробной зоне диоксида углерода мало, растворенных органических веществ практически нет, кислорода много. Водоросли разнообразны, но численность их невелика.

В естественных водоемах происходит накопление органического вещества - эвтрофикация, вследствие чего преобладают р-мезосапробные водоросли. В водоеме водоросли поселяются в трех местообитаниях: в толще воды (планктон), на дне водоема (бентос), на поверхности погруженных в воду предметов (перифитон). Распределение водорослей по группам представлено на рисунке 5.

Ход работы:

1. Осмотрите водоем, найдите места обитания бентоса (разросшихся водорослей – тины, хлопьев или отдельных нитей), соберите их в банку. Если бентос не замечен, но дно покрыто илом, то с помощью пипетки или стеклянной трубочки втяните небольшое количество ила и поместите его в баночку.

2. Проверьте водоем на наличие хлопьев, плывущих по поверхности воды (это кусочки бентоса, поднятые со дна водоема выделенным водорослями кислородом).

3. Обследуйте водоем на наличие перифитона. Перифитон может быть представлен либо крупными обрастаниями водорослей – до 0,5 м длиной, либо микроскопическим налетом, который можно соскоблить ножом. При наличии в воде высших растений можно сделать «выжимку» из листьев, на которых всегда есть водоросли-эпифиты.

4. Проведите сбор фитопланктона. В случае «цветения» воды, когда водорослей очень много (до 30 млн. клеток в 1 л воды), можно видеть фитопланктон в большом количестве. Обычно же при просмотре в микроскоп свежевзятой воды его обнаружить трудно, т. к. теоретически одну клетку в препарате можно увидеть при количестве фитопланктона не менее 25000 клеток в 1 л воды. Поэтому в большинстве случаев планктон приходится концентрировать.

Вариант 1. Материал пропускается через специальную планктонную сеть с ячейками менее 5 мкм, но ее трудно сделать.

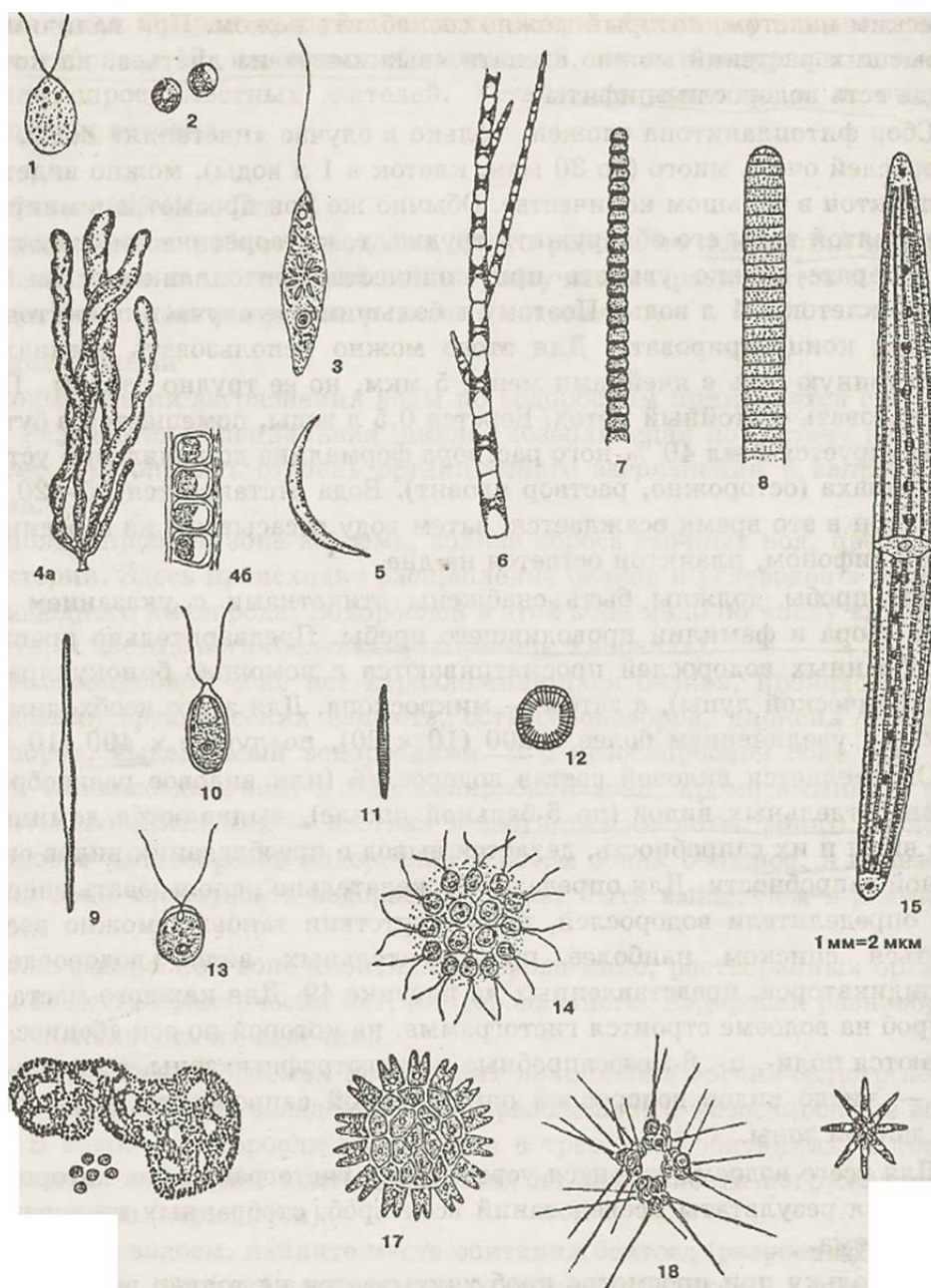


Рис 5. Водоросли – биоиндикаторы чистоты водоемов: *полисапробы*: 1 - политома, 2 - хлорелла, 3 - эвглена зеленая; *а - мезосапробы*: 4а,б - энтеро-морфа (кишечница), 5 - монарафидиум, 6 - стигеоклониум тонкий, 7 - осциллятория короткая, 8 - осциллятория выдающаяся, 9 - нитцшия игловидная, 10 - хламидомонас, 11 - нитцшия пленочная, 12 - циклотелла менегини, 13 - хламидолунас атактогамный, 14 - го-ниум пекторальный, 15 - кластериум игольчатый; (*β - мезосапробы*: 16а,б - микроцистис синева-зеленый, 17 - педиаструм, 18 - микратиниум, 19 --актинаструм)

Вариант 2. Отстойный метод.

а. Возьмите 0,5 л воды, поместите в бутылку и зафиксируйте 2 мл 40 % - ного раствора формалина до появления устойчивого запаха (осторожно, раствор ядовит!).

б. Вода отстаивается 15–20 дней, планктон в это время осаждается

в. Воду отсосать из середины бутылки сифоном, планктон остается на дне.

5. Пробы снабдите этикетками с указанием даты, места сбора и фамилии проводившего пробы.

6. Предварительно препараты из собранных водорослей просмотрите с помощью бинокля (стереоскопической лупы), а затем – микроскопа. Для этого необходим микроскоп с увеличением более $\times 200$ (10 \times 20), но лучше $\times 400$ (10 \times 40).

7. Определите видовой состав водорослей (или видовое разнообразие), обилие отдельных видов (по 5-бальной шкале), выявите доминирующие виды и их сапробность.

8. Сделайте вывод о преобладании видов определенной сапробности. Для определения желательно использовать специальные определители водорослей, но в отсутствии таковых можно воспользоваться списком наиболее представительных видов водорослей биодиагностов, представленных на рисунке 6.

9. Для каждого места отбора проб на водоеме строится гистограмма, на которой по оси абсцисс показываются поли-, а-, р-мезосапробные и олиготрофные зоны, а по оси ординат - число видов водорослей определенной сапробности, характерных для данной зоны.

10. Для всего водоема построить усредненную гистограмму, на которой суммируются результаты исследований всех проб, отобранных из разных точек водоема.

11. Определить относительный показатель сапробности, умножая обилие видов определенной сапробности на показатель сапробности, приняв олиго = 1, (3 = 2, а = 3, поли = 4)

12. Сравните по показателю и усредненным гистограммам разные водоемы и оцените относительную чистоту воды.

13. Выполните экологический анализ полученных результатов и установите причины и источники загрязнения водоема.

Контрольные вопросы:

1. Объясните понятие сапробность водоема.

2. На какие группы по показателю сапробности делят водоросли.

3. Что значит перифитон, бентос, планктон.

4. Какие трудности возникают при изучении фитопланктона?

Работа № 36. Гидрометеорологические явления

Цель: научиться проводить наблюдения за сезонными изменениями в природе

Задачи:

- ознакомиться с понятием «фенология»;
- провести наблюдения за изменением состояния водоема;
- сравнить полученные данные с годовым ходом температур

Новые понятия: фенология

Фенология - система знаний о сезонных явлениях природы, сроках их наступления и причинах, определяющих эти сроки. Ф. регистрирует и изучает сезонные явления мира растений и животных, а также даты установления и схода снежного покрова, первых и последних заморозков, ледостава и размерзания водоёмов и т.п.

Гидрометеорология - наука о гидросфере и атмосфере Земли.

Ход работы:

В течение года производятся наблюдения за изменением состояния прудов. Данные заносятся в таблицу 21.

Таблица 21. Гидрометеорологические явления

Гидрометеорологические явления	
На прудах появились промоины	
Сход снега	
Пруды очистились ото льда	
Первый туман	
Последний снегопад	
Весенне-летние заморозки	
Первый иней	
Первый заморозок	
Первый снег	
Образование снежного покрова	
Образование льда на поверхности прудов	
Замерзание прудов	

2. Сравните полученные данные с изменениями температуры в вашем районе.

3. Сделайте выводы

Контрольные вопросы:

1. Что такое гидрометеорология?
2. Зачем проводятся наблюдения за сезонными изменениями в природе?
3. Как животные и растения приспособляются к сезонным изменениям в природе?

5. Интегральные методики оценки водоемов по комплексу гидрохимических показателей

В оценке загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям имеющиеся комплексные оценки подразделяются на три группы:

1. Коэффициенты загрязненности воды:

- коэффициент комплексности загрязненности воды;
- показатели относительной продолжительности и относительных объемов загрязненного и чистого стока;

- коэффициент загрязненности воды и т.д.

Коэффициенты – наиболее абстрактные показатели, чаще всего учитывающие наибольшее число элементов сложного объекта.

2. Индексы загрязненности воды:

- общесанитарный индекс качества;
- комбинаторный индекс загрязненности и т.д.

Индексы загрязненности воды являются наиболее информативными.

В соответствии с ГОСТ 17.1.1.01 – 77 «Индекс качества воды – это обобщенная числовая оценка качества воды по совокупности основных показателей и видам водопользования».

И хотя никакое единственное число не может передать всей информации о сложном объекте, индексы можно использовать в тех случаях, когда описание и оценка всей ситуации слишком длительны, дороги или неудобны для использования при наблюдении за динамикой качества воды при оценке эффективности работы очистных сооружений; при прогнозировании качества воды и разработки природоохранных мероприятий.

3. Классификации качества воды:

- ориентировочная классификация качества воды водоемов;
- классификация качества воды водотоков по значениям комбинаторного индекса загрязненности.

При систематизации качества природных вод возникает необходимость разработки различных классификаций загрязненности или качества вод. Чаще всего производят сопоставление рассчитанных определенным образом концентраций в соответствии с нормативами, установленными для каждого класса качества. Как правило, классификация включает 5-6 классов качества.

Имеющиеся методы комплексной оценки загрязненности различаются по целям использования, принципам разработки, критериям оценки, объёму и характеру имеющейся

информации, способу формализации данных. В настоящее время нет единого общепринятого метода, поэтому должен применяться тот, который:

- лучше других соответствует целям и задачам исследований;
- лучше других обеспечен необходимой информацией;
- дает наиболее адекватную оценку.

Работа № 37. Интегральная оценка качества воды

Цель: научиться давать интегральную оценку качества воды.

Задачи:

- ознакомиться с понятием интегральной оценки качества воды;
- научиться давать интегральную оценку качества воды.

Оборудование: оценочные таблицы.

Новые понятия: интегральная оценка качества воды

Для оценки качества воды используется комбинаторный индекс загрязненности, учитывающий не только кратность превышения ПДК, но и повторяемость случаев превышения ПДК как меру устойчивости загрязненности.

Повторяемость случаев превышения ПДК рассчитывают по формуле:

$$H_i = \frac{N_{\text{пдк}}}{N_i} \times 100\%,$$

где H_i - повторяемость случаев превышения ПДК по i -тому ингредиенту;

$N_{\text{пдк}}$ - число результатов анализа, в которых содержание i -того ингредиента превышает ПДК;

N_i - общее число результатов анализа по i -тому ингредиенту.

На основании расчетной величины повторяемости можно охарактеризовать загрязненность водного объекта (таблица 22).

Таблица 22.

Характеристика загрязненности воды водного объекта по признаку повторяемости

Повторяемость, %	Характеристика загрязненности воды водного объекта по признаку повторяемости	Частные оценочные баллы	
		Выраженные условно	Абсолютные значения
$(0; 10)^*$	Единичная	a	1
$[10; 30)$	Неустойчивая	b	2
$[30; 50)$	Устойчивая	c	3
$[50; 100]$	Характерная	d	4

* Круглая скобка означает «диапазон до этой величины, не включая её».

Квадратная скобка означает включение величины в указанный диапазон.

Вторая ступень классификации основана на установлении уровня загрязненности, в качестве меры которой используется показатель кратности превышения ПДК:

$$K_i = C_i / \text{ПДК}_i$$

K_i - показатель кратности превышения ПДК;

C_i - концентрация i -того ингредиента в воде водного объекта, мг/л.

Кратность превышения ПДК, в свою очередь, также будет характеризовать уровень загрязненности.

При сочетании первой и второй ступеней классификации воды по каждому из учитываемых ингредиентов получают обобщенные характеристики загрязненности, условно соответствующие мере их влияния на качество воды за определенный временной промежуток (таблицы 23,24).

Определение совместного влияния вышеуказанных факторов осуществляется в заключительной, третьей ступени классификации. Определяют так называемый комбинаторный индекс загрязненности (КИЗ):

$$\text{КИЗ} = \sum S_i$$

КИЗ справедлив только при усилении эффекта воздействия при одновременном воздействии нескольких токсичных веществ.

В некоторых комбинациях загрязняющих веществ может сложиться ситуация, когда вода очень сильно загрязнена одним или несколькими веществами, но имеет удовлетворительные характеристики по всем остальным показателям. Для устранения сглаживающего влияния низких величин в градации качества вводится коэффициент запаса k . При сравнительном анализе качества поверхностных вод предложено использовать также удельный показатель – величину удельного комбинаторного индекса загрязненности. УКИЗ представляет собой долю индекса КИЗ, приходящуюся на один учитываемый ингредиент.

$$\text{УКИЗВ} = \sum S_i / n.$$

Ход работы:

1. Определите комбинаторный индекс загрязненности
2. Определите показатель кратности превышения ПДК.
3. Определите комбинаторный индекс загрязненности
4. Сделайте выводы

Контрольные вопросы:

1. Что такое интегральная оценка качества воды?
2. Какие показатели используются для интегральной оценки качества воды?
3. Что такое ПДК?
4. Зачем в формуле стоит знак процента?

Таблица 23.

Характеристика загрязненности воды водного объекта по признаку кратности превышения ПДК

Кратность превышения нормативов	Характеристика уровня загрязненности	Частные оценочные баллы	
		Выраженные условно	Абсолютные значения
(0; 2)	Низкий	a_1	1
[2; 10)	Средний	b_1	2
[10; 50)	Высокий	c_1	3
[50; 100]	Очень высокий	d_1	4

Таблица 24.

Комплексная характеристика загрязненности воды водного объекта

Комплексная характеристика состояния загрязненности воды водотока	Обобщенные оценочные баллы, S_i		Характеристика качества воды водотока
	Выраженные условно	Абсолютные значения	
Единичная загрязненность низкого уровня	$a \cdot a_1$	1	Слабо загрязненная
Единичная загрязненность среднего уровня	$a \cdot b_1$	2	Загрязненная
Единичная загрязненность высокого уровня	$a \cdot c_1$	3	Грязная
Единичная загрязненность очень высокого уровня	$a \cdot d_1$	4	Грязная
Неустойчивая загрязненность низкого уровня	$b \cdot a_1$	2	Загрязненная
Неустойчивая загрязненность среднего уровня	$b \cdot b_1$	4	Грязная
Неустойчивая загрязненность высокого уровня	$b \cdot c_1$	6	Очень грязная
Неустойчивая загрязненность очень высокого уровня	$b \cdot d_1$	8	Очень грязная
Устойчивая загрязненность низкого уровня	$c \cdot a_1$	3	Грязная
Устойчивая загрязненность среднего уровня	$c \cdot b_1$	6	Очень грязная
Устойчивая загрязненность высокого уровня	$c \cdot c_1$	9	Очень грязная
Устойчивая загрязненность очень высокого уровня	$c \cdot d_1$	12	Недопустимо грязная
Характерная загрязненность низкого уровня	$d \cdot a_1$	4	Грязная

Характерная загрязненность среднего уровня	$d \cdot b_1$	8	Очень грязная
Характерная загрязненность высокого уровня	$d \cdot c_1$	12	Недопустимо грязная
Характерная загрязненность очень высокого уровня	$d \cdot d_1$	16	Недопустимо грязная

Работа № 38 Оценка качества воды

Цель: научиться рассчитывать индекс загрязнения воды

Задачи:

- ознакомиться с понятием интегральной оценки качества воды;
- научиться давать интегральную оценку качества воды.

Новые понятия: индекс загрязнения воды

Существует несколько способов оценки качества воды в зависимости от вида водопользования: оценка состояния поверхностных вод, гигиеническая классификация поверхностных водных объектов культурно-бытового назначения по степени загрязнения, гигиеническая классификация подземных вод по степени влияния техногенного фактора и правила таксации вод для установления их рыбохозяйственной ценности.

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) применяется для оценки состояния поверхностных водных объектов в системе Росгидромета. Оценка базируется на анализе нормированных к ПДК значений содержания загрязняющих веществ в воде. При расчете индекса используется шесть компонентов загрязнителей. В качестве обязательных показателей рассматриваются биохимическое потребление кислорода за 5 сут (БПК₅) и содержание растворенного кислорода. Кроме этих двух показателей в расчет включаются четыре загрязняющих вещества с максимальными значениями нормированных показателей.

Расчет по БПК₅ и растворенному кислороду проводится на основе специальных норм, которые применяются в зависимости от значений биохимического потребления кислорода или содержания растворенного кислорода в воде.

Нормы по БПК₅ следующие:

норма 1	норма 2	норма 3
более 15 мгО ₂ /л	3-15 мгО ₂ /л	не более 3 мгО ₂ /л

При расчете нормированной величины значение БПК делится на соответствующую норму.

Нормы содержания растворенного кислорода следующие:

норма 6	норма 12	норма 20	норма 30	норма 40	норма 50	норма 60
более 6 мг/л	6-5 мг/л	5-4 мг/л	4-3 мг/л	3-2 мг/л	2-1 мг/л	1-0 мг/л

При расчете нормированной величины норма делится на содержание кислорода.

Вычисление ИЗВ проводится по соотношению:

$$\text{ИЗВ} = \sum_{i=0}^n \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right) / 6$$

где C_i – фактическая концентрация i -го вещества (для БПК₅ и растворенного кислорода в формулу вводятся нормированные величины, полученные приведенными выше способами).

Необходимо иметь в виду, что ПДК загрязняющего вещества, применяемая в расчете, зависит от назначения водоема (рыбохозяйственного назначения или для нужд населения). В результате вычисления по формуле средней нормированной величины по шести компонентам получаем индекс загрязнения воды (ИЗВ), который в зависимости от численного значения соответствует одному из семи классов загрязнения воды (табл.25.).

Таблица 25.

Классификация загрязненных пресных и морских вод по ИЗВ

Класс загрязнения	Характеристика загрязнения	Значение ИЗВ	
		Пресные воды	Морские воды
I	Очень чистая вода	< 0,3	< 0,25
II	Чистая вода	0,3-1,0	0,25-0,74
III	Умеренно загрязненная вода	1,0-2,5	0,75-1,24
IV	Загрязненная вода	2,5-4,0	1,25-1,74
V	Грязная вода	4,0-6,0	1,75-3,0
VI	Очень грязная вода	6,0-10,0	3,1-6,0
VII	Чрезвычайно грязная вода	> 10,0	> 6,0

Недостатки использования ИЗВ определяются зависимостью его величины от перечня изученных компонентов-загрязнителей вод.

Пример. В результате физико-химического анализа природной воды из природного водоема культурно-бытового назначения получены следующие данные: нефтепродукты 0,05 мг/л; БПК₅ – 1,08 мг/л; растворенный кислород – 7,52 мг/л; натрий – 99,13 мг/л; железо (общ.) – 0,2 мг/л; марганец – 0,07 мг/л; нитриты – 0,1 мг/л; нитраты 3,55 мг/л. Дать характеристику загрязнения воды.

Решение. Определим нормированные к ПДК значения содержания загрязняющих веществ в воде водоема из соотношения $C_i/\text{ПДК}_i$.

Нефтепродукты $0,05/0,1 = 0,5$

Натрий $99,13/200 = 0,49$

Железо (общ.) $0,2/0,3 = 0,66$

Марганец $0,07/0,1 = 0,7$

Нитриты $0,1/3,3 = 0,03$

Нитраты $3,55/45 = 0,08$

Для расчета ИЗВ берем четыре компонента с максимальными нормированными значениями: марганец, железо (общ.), нефтепродукты, натрий.

БПК₅ – 1,08 мг/л, следовательно норма по БПК₅ – 3.

Нормированная величина БПК $1,08/3 = 0,36$.

Содержание растворенного кислорода 7,52 мг/л, следовательно, ему соответствует норма 6. Нормированная величина растворенного кислорода $6/7,52 = 0,798$.

Рассчитаем индекс загрязнения воды:

$$\text{ИЗВ} = (0,36 + 0,798 + 0,7 + 0,66 + 0,5 + 0,49) / 6 = 0,58.$$

Значение ИЗВ лежит в интервале 0,3-1,0 (по табл.25), следовательно, вода в водоеме характеризуется как чистая, класс загрязнения II.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Химический анализ воды из водоема хозяйственно-питьевого назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	9,8
2	Нефтепродукты	0,09
3	БПК ₅	2,5
4	Растворенный кислород	8,7
5	Медь	0,002
6	Цинк	0,05
7	Свинец	0,0005
8	Хлориды	113,68
9	Сульфаты	188,16

Дать характеристику загрязнения воды.

2. Химический анализ воды из водоема хозяйственно-питьевого назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	11,3
2	Нефтепродукты	0,03
3	БПК ₅	3,1
4	Растворенный кислород	3,6
5	Молибден	0,0025
6	Хром	0,003
7	Железо (общ.)	0,16
8	Азот аммиака	0,27

Дать характеристику загрязнения воды.

3. Химический анализ воды из водоема рыбохозяйственного назначения (I категории) показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	16
2	Нефтепродукты	0,04
3	БПК ₅	1,22
4	Растворенный кислород	9,48
5	СПАВ	0,015
6	Азот аммонийный	0,12
7	Железо (общ.)	0,1
8	Медь	0,002
9	Цинк	0,004
10	Хлориды	109,54

Дать характеристику загрязнения воды.

4. Химический анализ воды из водоема культурно-бытового назначения показал следующее

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	26,5
2	БПК ₅	1,72
3	Растворенный кислород	11,4
4	СПАВ	0,012
5	Натрий	141,2
6	Хлориды	136,77
7	Сульфаты	307,2

Дать характеристику загрязнения воды.

5. Химический анализ воды из водоема хозяйственно-питьевого назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	12
2	Фенолы	0,0006
3	БПК ₅	1,94
4	Растворенный кислород	12,6
5	Натрий	126,6
6	Азот аммонийный	0,54
7	Железо (общ.)	0,11
8	Мышьяк	0,006
9	Кадмий	0,0008
10	Никель	0,005

Дать характеристику загрязнения воды.

6. Химический анализ воды из водоема рыбохозяйственного назначения (II категории) показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	8,0
2	Нефтепродукты	0,02

3	БПК5	1,48
4	Растворенный кислород	9,22
5	СПАВ	0,001
6	Азот аммонийный	0,23
7	Нитриты	0,062
8	Хлориды	107,7
9	Сульфаты	211,4

Дать характеристику загрязнения воды.

7. Химический анализ воды из водоема хозяйственно-питьевого назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	19,5
2	БПК5	2,18
3	Растворенный кислород	13,0
4	Натрий	236,44
5	Медь	0,003
6	Цинк	0,01
7	Свинец	0,0005
8	Марганец	0,024
9	Нитриты	0,12
10	Нитраты	9,46

Дать характеристику загрязнения воды.

8. Химический анализ воды из водоема культурно-бытового назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	4
2	Нефтепродукты	0,02
3	Фенолы	0,003
4	БПК5	0,82
5	Растворенный кислород	6,26
6	СПАВ	0,05
7	Железо (общ.)	0,7
8	Мышьяк	0,003
9	Кадмий	0,001
10	Никель	0,02
11	Хром	0,3

Дать характеристику загрязнения воды.

9. Химический анализ воды из водоема хозяйственно-питьевого назначения показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	11,5
2	Нефтепродукты	0,08
3	БПК5	1,68
4	Растворенный кислород	15,1
5	Железо (общ.)	0,1
6	Марганец	0,06

7	Хлориды	121,5
8	Сульфаты	216
9	Нитраты	4,24

Дать характеристику загрязнения воды.

10. Химический анализ воды из водоема рыбохозяйственного назначения (I категории) показал следующее:

№	Наименование показателей	Значение показателей, мг/л
1	Взвешенные вещества	6,05
2	Фенолы	0,003
3	БПК ₅	1,34
4	Растворенный кислород	8,53
5	СПАВ	0,015
6	Азот аммонийный	0,173
7	Нитриты	0,062
8	Нитраты	2,78
9	Медь	0,002
10	Цинк	0,005

Дать характеристику загрязнения воды.

Работа № 39 Нормирование качества природных водных объектов

Цель: изучить критерии допустимого воздействия на водные объекты при выпуске сточных вод

Задачи:

- ознакомиться с общими требованиями к составу и свойствам воды в водоемах после выпуска в них сточных вод;
- научиться сопоставлять ЛПВ и ПДК.

Новые понятия: Лимитирующий признак вредности (ЛПВ)

Условия выпуска сточных вод в водоемы определяются Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Согласно этим правилам для веществ, загрязняющих водные объекты, установлено раздельное нормирование в зависимости от категории водопользования. Существует два основных типа водопользования:

1) для нужд населения (I категория – хозяйственно-питьевых нужд, пищевой промышленности и II категория – для коммунально-бытовых целей, т.е. плавание, занятие спортом и т.п.);

2) для рыбохозяйственных нужд (I категория – для обеспечения сохранения и воспроизводства особо ценных пород рыб, чувствительных к содержанию кислорода в воде и II категория – для других видов рыб и водных промысловых организмов).

Общие требования к составу и свойствам воды в водоемах после выпуска в них сточных вод, подвергшихся необходимой очистке, приводятся в табл. 26.

Предельно допустимая концентрация того или иного вещества в водоеме устанавливается по тому признаку вредного действия (влияние на здоровье населения, на органолептическое или общесанитарное состояние водоема), который характеризуется меньшей пороговой концентрацией.

Таблица 26.

Допустимые изменения состава воды в водоемах после выпуска в них сточных вод

Показатели воды после выпуска в них сточных вод		Требования к составу воды в водоеме			
		Хозяйственно- питьевого и культурно- бытового назначения		Рыбохозяйственного назначения	
		Категории		Категории	
		I	II	I	II
Взвешенные вещества, мг/л		Допускается увеличение не более, чем на 0,25 0,75 0,25 0,75			
Растворенный мг/л	кислород,	≥ 4		≥6	
БПК* , мг/л		Не должно превышать 3 6 3 6			

*БПК - биохимическое потребление кислорода. Служит количественным показателем загрязненности воды органическими веществами, которые способны к биохимическому окислению в присутствии растворенного кислорода. БПК не эквивалентна общей концентрации органического вещества в воде. Такой концентрации эквивалентна химическая потребность воды в кислороде (ХПК) и только в том случае, если данное вещество может окисляться бихроматом. БПК составляет лишь часть ХПК: для одних веществ, большую, для других - меньшую. Для веществ, не способных к биохимическому окислению (биохимически жестких), БПК вообще равна нулю при достаточной большой ХПК.

Таблица 27.

Предельно допустимые концентрации вредных химических веществ в воде водных объектов, используемых для нужд населения

Наименование ингредиента	ЛПВ	ПДК, мг/л	Класс опасности
Нефтепродукты (нефть многосернистая)	Органолептический	0,1	4
Железо (Fe^{2+})	----"----	0,3	3
Медь (Cu^{2+})	----"----	1,0	3
Марганец (Mn^{2+})	----"----	0,1	3

СПАВ (алкилсульфонаты)	----"----	0,5	3
Хром (Cr^{3+})	Санитарно- токсикологический	0,5	3
Фенол	Органолептический	0,001	
Кобальт (Co^{2+})	Санитарно- токсикологический	0,1	2
Никель (Ni^{2+})	----"----	0,02	2
Метанол	----"----	3,0	2
Азот нитратов (NO_3)	----"----	45	3
Свинец (Pb^{2+})	----"----	0,01	2
Формальдегид	----"----	0,05	2
Азот аммиака	Органолептический	1,5	4
Цинк (Zn^{2+})	Общесанитарный	1,0	3
Молибден	Санитарно- токсикологический	0,25	2
Мышьяк	----"----	0,01	1
Натрий	----"----	200	2
Азот нитритов (NO_2)	----"----	3,3	2
Пероксид водорода	----"----	0,1	2
Ртуть	----"----	0,0005	1
Кадмий	----"----	0,001	2
Сульфаты	Органолептический	500	4
Хлориды	----"----	350	4

Таблица 28.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей

Наименование ингредиента	ЛПВ	ПДК, мг/л
Азот аммиака	Токсикологический	0,05
Азот нитритов	----"----	0,08
Кобальт (Co^{2+})	----"----	0,01
Медь (Cu^{2+})	----"----	0,001
Железо (общее)	----"----	0,1
Никель (Ni^{2+})	----"----	0,01
Цинк (Zn^{2+})	----"----	0,01
Марганец	----"----	0,01
Метанол	----"----	0,1
Свинец	----"----	0,1
Формальдегид	----"----	0,1
СПАВ (алкилсульфонаты)	----"----	0,5
Сульфаты	----"----	100
Хром (III)	----"----	0,07
Азот нитратов	Санитарно- токсикологический	40
Хлориды	Санитарно- токсикологический	300
Нефтепродукты	Рыбохозяйственный	0,05

Научно обоснован принцип гигиенического нормирования при одновременном присутствии в воде нескольких вредных веществ. Вещества одного ЛПВ проявляют аддитивное действие. Это означает, что общее воздействие двух или нескольких веществ одного ЛПВ (содержащихся в предельно допустимой концентрации каждое) будет таким же, как если бы какое-нибудь из них, присутствуя в воде в единственном числе, содержалось в двух или нескольких ПДК.

Для веществ одного ЛПВ, относящихся к 1 и 2 классам опасности при хозяйственно-питьевом и коммунально-бытовом водопользовании, сумма отношений концентраций ($C_1, C_2 \dots C_n$) каждого из веществ в контрольном створе к соответствующим ПДК не должна превышать единицы. Для всех нормированных веществ при рыбохозяйственном водопользовании при поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности и с учетом примесей, поступающих в водный объект от вышерасположенных источников, сумма отношений концентраций ($C_1, C_2 \dots C_n$) каждого из веществ в контрольном створе к соответствующим ПДК не должна превышать единицы, т. е.:

Выше перечисленные состав и свойства воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования должны соответствовать нормативным требованиям в створе, расположенном на водотоках в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания организованного отдыха, территория населенного пункта и т. д.). Состав и свойства воды рыбохозяйственных водоемов должны удовлетворять рыбохозяйственным требованиям в створе, определяемом в каждом конкретном случае органами рыбоохраны, но не далее, чем в 500 м от места выпуска сточных вод.

Пример. В воде водного объекта рыбохозяйственного назначения обнаружены нефтепродукты в концентрации 0,125 мг/л и СПАВ в количестве 0,215 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

Решение. Из табл. 28. очевидно, что нефтепродукты и СПАВ не относятся к одному ЛПВ. ПДК (нефт.) = 0,05 мг/л, ПДК (СПАВ) = 0,5 мг/л. При поступлении в водоем загрязняющих веществ, не относящихся к одному ЛПВ, отношение концентраций каждого из веществ в расчетном створе к соответствующим ПДК не должно превышать единицы, т.е. $C(\text{нефт.})/\text{ПДК}(\text{нефт.}) \leq 1$ и $C(\text{СПАВ})/\text{ПДК}(\text{СПАВ}) \leq 1$.

Проверим, выполняется ли это условие: $C(\text{нефт.})/\text{ПДК}(\text{нефт.}) = 0,125/0,05 = 2,5$.
 $C(\text{СПАВ})/\text{ПДК}(\text{СПАВ}) = 0,215/0,5 = 0,43$.

Следовательно, такое содержание примесей нефтепродуктов с точки зрения санитарно-гигиенических требований недопустимо, а содержание примесей СПАВ – допустимо.

Задачи для самостоятельного решения

1. В воде водного объекта, используемого для рыбохозяйственных целей, обнаружены цинк в концентрации 0,007 мг/л и азот аммиака в концентрации 0,0012 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

2. В воде водного объекта хозяйственно-питьевого назначения обнаружены азот нитритов в концентрации 1,5 мг/л и СПАВ в количестве 0,5 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

3. В воде водного объекта хозяйственно-питьевого назначения обнаружены железо в концентрации 0,15 мг/л и медь в концентрации 0,65 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

4. В воде водного объекта, используемого для рыбохозяйственных целей, обнаружены азот нитритов в концентрации 0,007 мг/л и азот аммиака в концентрации 0,0025 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

5. В водоем сбрасываются сточные воды, содержащие СПАВ и медь с одинаковой концентрацией. Каким будет соотношение концентраций этих веществ в створе полного смешения?

6. В воде водного объекта, используемого для рыбохозяйственных целей, обнаружены марганец в концентрации 0,005 мг/л и железо в концентрации 0,045 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

7. В воде водного объекта хозяйственно-питьевого назначения обнаружены железо в концентрации 0,2 мг/л и медь в концентрации 0,75 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

8. В воде водного объекта, используемого для рыбохозяйственных целей, обнаружены формальдегид в концентрации 0,047 мг/л и метанол в концентрации 0,025 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

9. В воде водного объекта хозяйственно-питьевого назначения обнаружены железо в концентрации 0,07 мг/л, марганец в концентрации 0,04 мг/л и медь в

концентрации 0,75 мг/л. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

10. ПДК нефтепродуктов для водоемов хозяйственно-питьевого назначения составляет 0,1 мг/л, при какой концентрации нефтепродуктов в водном объекте уровень экологического риска для здоровья людей будет минимальный: 1) 1,0 мг/л; 2) 10,0 мг/л; 3) 0,1 мг/л; 4) 0,05 мг/л; 5) 0,01 мг/л?

Работа № 40 Комплексная оценка степени загрязнённости воды по удельному комбинаторному индексу загрязнённости воды

Цель: научиться пользоваться методикой интегральной оценки качества водного объекта по УКИЗВ.

Задачи:

- предварительная оценка степени загрязнённости воды водных объектов;
- анализ полученных характеристик, полученных при использовании данного метода.

Новые понятия: КПЗ – критический показатель загрязненности

В последнее десятилетие в системе Росгидромета и других службах широкое практическое применение получил удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды (УКИЗВ). Последний представляет собой комплексный относительный показатель степени загрязнённости поверхностных вод. Он условно оценивает долю загрязняющего эффекта, вносимую в среднем одним из показателей качества воды, в общую загрязнённость воды, обусловленную одновременно присутствием ряда загрязняющих веществ. Данный метод комплексной оценки позволяет однозначно оценить загрязнённость воды одновременно по широкому перечню ингредиентов и показателей качества воды, классифицировать воду по степени загрязнённости.

В расчете УКИЗВ используют только нормируемые ингредиенты и показатели состава и свойств воды водного объекта. В качестве норматива используют ПДК вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоёмов, а также водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Пример расчета

Исходная информация. По результатам химического анализа воды реки *Р* в створе *А* за 2018 г. необходимо дать комплексную оценку степени ее загрязненности. Для этого составляют выборочную таблицу исходных данных, в которую заносят результаты анализа за весь рассматриваемый период (таблица 29). Выборку делают только по тем

ингредиентам, которые должны учитываться в комплексной оценке. В данном случае $N_A = 16$.

1. *Предварительная оценка степени загрязнённости воды водных объектов с помощью коэффициента комплексности загрязнённости воды.* Коэффициент комплексности загрязнённости воды K рассчитывается по результатам химического анализа каждой пробы воды. Полученный при этом вариационный ряд значений K характеризует исследуемый период наблюдений за состоянием загрязнённости воды водного объекта в конкретном пункте.

Для каждого результата анализа (для каждой пробы воды) определяют число ингредиентов из суммы всех учитываемых, по которым есть данные. В 2018 г. в пробах воды за 14 января было определено содержание 16 веществ, за 12 августа – 15 веществ, за 18 ноября – 13 веществ и т. д. Опытным путем установлено, что для сопоставимости результатов анализа различие по количеству учитываемых при расчете K ингредиентов не должно превышать 30 %. В нашем примере разность между количеством учитываемых и определенных ингредиентов во всех пробах воды не превышает 30 %, что позволяет перейти непосредственно к расчету коэффициента комплексности K .

Расчёт значения коэффициента комплексности загрязнённости воды K проводится сначала для каждого результата анализа по формуле

$$K_{fj} = (N'_{fj} / N_{fj}) \cdot 100 \%,$$

где K_{fj} – коэффициент загрязнённости воды в f -м результате анализа для j -го створа; N'_{fj} – количество нормируемых ингредиентов и показателей качества воды, содержание или значение которых превышает соответствующие им ПДК в f -м результате анализа для j -го створа; N_{fj} – общее количество нормируемых ингредиентов и показателей качества воды, определённых в f -м результате анализа для j -го створа.

В нашем примере, в результате химического анализа, сделанного 14 января, определено 16 ингредиентов ($N_{f1} = 16$). По 10-ти из них наблюдались превышения ПДК ($N'_{f1} = 10$). Следовательно, $K_{f1} = 10/16 \cdot 100 \% = 62,5 \%$.

В результате химического анализа, проведенного 13 февраля, 11 марта, 15 апреля, $N_{f1} = 16$, $N'_{f1} = 10$ и аналогично $K_{f1} = 62,5 \%$.

В результате химического анализа проб воды от 12 мая определены 15 ингредиентов ($N_{f1} = 15$). По 8 из них наблюдались превышения ПДК ($N'_{f1} = 8$). Тогда $K_{f1} = 8/15 \cdot 100 \% = 53,3 \%$.

Таблица 29.

Гидрохимическая информация о загрязненности воды реки *P* в створе *A* за 2018 г.

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³																Общее количество нормируемых ингредиентов, по которым имеются данные (N_{ff})	Количество ингредиентов, содержание которых выше ПДК (N_{ff})	Коэффициент комплексности загрязненности воды, K_{ff} %
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3} ⁻	N _{NO2} ⁻	N _{NH4} ⁺	Фенолы	Нефтепродукты	СПАВ	Медь	Цинк	Хром	Никель	Свинец			
14.I	3,22	8,05	74,0	74,9	0,16	0,32	0,300	10,0	0,010	0,90	0,25	0,040	0,034	0,000	0,012	0,001	16	10	62,5
13.II	2,64	9,43	80,3	91,3	0,18	0,36	0,310	8,00	0,009	0,80	0,26	0,044	0,024	0,000	0,017	0,001	16	10	62,5
11.III	3,47	8,56	87,5	96,3	0,24	0,40	0,370	8,50	0,009	0,95	0,29	0,025	0,025	0,000	0,015	0,001	16	10	62,5
15.IV	3,26	8,91	30,1	52,3	0,45	0,30	0,320	8,00	0,009	0,88	0,12	0,017	0,017	0,000	0,016	0,001	16	10	62,5
12.V	3,57	7,71	78,3	-	0,10	0,16	0,380	9,00	0,009	0,85	0,14	0,014	0,015	0,000	0,009	0,001	15	8	53,3
09.VI	5,24	8,44	53,7	96,9	0,27	0,24	0,160	8,00	0,008	0,80	0,14	0,018	0,009	0,000	0,012	0,001	16	9	56,2
13.VII	4,66	7,26	55,2	96,3	0,34	0,71	0,690	8,50	0,008	0,85	0,18	0,012	0,019	0,001	0,016	0,001	16	10	62,5
12.VIII	-	7,71	56,1	98,8	0,13	0,09	0,019	8,50	0,008	0,90	0,17	0,038	0,002	0,000	0,016	0,001	15	7	46,7
10.IX	7,69	10,3	65,1	95,1	0,10	0,42	0,060	9,20	0,008	0,85	0,12	0,023	0,030	0,000	0,011	0,001-	16	9	56,2
14.X	1,90	8,96	77,5	129	0,20	-	0,660	9,20	0,008	0,85	0,21	0,029	0,017	0,000	0,023	0,001	14	9	64,3
18.XI	2,09	7,40	66,0	-	0,30	-	0,160	9,20	0,007	0,90	0,21	0,008	-	0,000	0,015	0,001	13	9	69,2
16.XII	1,10	11,6	67,8	-	0,28	0,13	0,180	9,00	0,007	0,97	0,21	0,009	0,012	0,001	0,015		15	9	60,0

Таблица 30.

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды реки *P* в створе *A* за 2018 г.

Ингредиенты и показатели загрязненности	n_i	n'_i	$\alpha_i = n'_i / n_i \cdot 100\%$	$S\alpha_i$	$\Sigma \beta_i = \Sigma C_i / \text{ПДК}_i$	$\beta'_i = \Sigma \beta_i / n'_i$	$S\beta_i$	$S_i = S\alpha_i \cdot S\beta_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
O ₂	12	-	-	-	-	-	-	-
БПК ₅	11	9	81,8	4,0	1,6 + 1,3 + 1,7 + 1,6 + 1,8 + 2,6 + 2,3 + 3,8 + 1,0 = 17,7	1,97	1,97	7,88
Cl ⁻	12	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ²⁻	9	-	-	-	-	-	-	-
Fe _{общ}	12	10	83,3	4,0	1,6 + 1,8 + 2,4 + 4,5 + 2,7 + 3,4 + 1,3 + 2,0 + 3,0 + 2,8 = 25,5	2,55	2,07	8,28
N _{NO3-}	10	-	-	-	-	-	-	-
N _{NO2-}	12	11	91,7	4,0	15,0 + 15,5 + 18,5 + 16,0 + 19,0 + 8,0 + 34,5 + 3,0 + 33,0 + 8,0 + 9,0 = 180	16,3	3,16	12,6
Фенолы	12	12	100	4,0	10 + 9 + 9 + 9 + 9 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 7 + 7 = 100	8,33	2,79	11,2
Нефтепродукты	12	12	100	4,0	18 + 16 + 19 + 17,6 + 17 + 16 + 17 + 18 + 17 + 17 + 18 + 19,4 = 210	17,5	3,19	12,8
N _{NH4+}	12	12	100	4,0	25,6 + 20,5 + 21,8 + 20,5 + 23,1 + 20,5 + 21,8 + 21,8 + 23,6 + 23,6 + 23,6 = 270	22,5	3,31	13,2
СПАВ	12	12	100	4,0	2,5 + 2,6 + 2,9 + 1,2 + 1,4 + 1,4 + 1,8 + 1,7 + 1,2 + 2,1 + 2,1 + 2,1 = 23,0	1,92	1,92	7,68
Медь	12	12	100	4,0	40 + 44 + 25 + 17 + 14 + 18 + 12 + 38 + 23 + 29 + 8 + 9 = 277	23,1	3,33	13,3
Цинк	11	9	81,8	4,0	3,4 + 2,4 + 2,5 + 1,7 + 1,5 + 1,9 + 3,0 + 1,7 + 1,2 = 19,3	2,14	2,02	8,08
Хром	12	-	-	-	-	-	-	-
Никель	12	11	91,7	4,0	1,2 + 1,7 + 1,5 + 1,6 + 1,2 + 1,6 + 1,6 + 1,1 + 2,3 + 1,5 + 1,5 = 16,8	1,53	1,53	6,12
Свинец	11	-	-	-	-	-	-	-

Аналогично проводят расчет по результатам анализа за все остальные даты отбора проб воды. В итоге для 2018 г. получают вариационный ряд значений K : 62,5; 62,5; 62,5; 62,5; 53,3; 56,2; 62,5; 46,7; 56,2; 64,3; 69,2; 60 %. Ранжированный ряд при этом выглядит следующим образом: 46,7; 53,3; 56,2; 56,2; 60,0; 62,5; 62,5; 62,5; 62,5; 62,5; 64,3; 69,2 %.

Для полученного ряда определяют следующие статистические показатели: $K_{min} = 46,7$ %; $K_{max} = 69,2$ %; $R_K = 22,5$ %; $K_{cp} = 59,9$ %.

Полученные расчётные характеристики позволяют сделать следующие выводы.

Вода реки P в створе A обладала в течение всего анализируемого периода высокой комплексностью загрязнённости. Большое число определенных ингредиентов являлось загрязняющими. Как правило, это были легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), аммонийный и нитритный азот, нефтепродукты, фенолы, СПАВ, соединения железа, меди, цинка, никеля. Химический состав воды подвержен существенным изменениям в течение года – размах варьирования коэффициента комплексности (R_K) составил 22,5 %. Анализ загрязнённости воды с помощью K показал, что для оценки степени загрязнённости воды реки в этом створе целесообразно использовать комплексный метод ($K \geq 10$), учитывающий одновременно всю совокупность загрязняющих воду веществ.

2. *Пример расчета комбинаторного индекса загрязнённости воды.* Наблюдения за химическим составом воды реки P в створе A проводили в 2018 г. по 16 ингредиентам (см. табл. 29). Предварительным обследованием была выявлена высокая комплексность загрязнённости воды ($K_{cp} = 59,9$ %). Необходимо дать комплексную оценку качества воды реки P в створе A за 2018 г.

По каждому ингредиенту проводят следующие вычисления.

В графу 2 таблицы 29 заносят данные по числу определений. По растворенному в воде кислороду их 12, по БПК₅ воды – 11 и т. д.

В графу 3 таблицы 29 помещают данные по числу определений, превышающих ПДК. По растворенному в воде кислороду превышений ПДК нет, по БПК₅ воды – 9 и т.д.

На основании данных второй и третьей граф определяется повторяемость случаев превышения ПДК: $\alpha_{O_2} = 0$ %; $\alpha_{БПК_5} = 9/11 \cdot 100$ % = 81,8 % и т.д.

Результаты помещают в графу 4. По значениям повторяемости на основании табл. 31 определяют частный оценочный балл S_{ai} : $S_{aБПК_5} = 4,0$; $S_{aфен} = 4,0$ и т.д.

Рассчитывают кратность превышения ПДК в тех результатах анализа, где оно имеет место (графа 6). Затем определяют среднее значение кратности превышения ПДК только по тем пробам, где есть нарушение нормативов (графа 7). Например:

$$\beta_{\text{БПК}_5} = (1,6 + 1,3 + 1,7 + 1,6 + 1,8 + 2,6 + 2,3 + 3,8 + 1,0) / 9 = 1,97 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3;$$

$$\beta_{\text{NO}_2} = (15,0 + 15,5 + 18,5 + 16,0 + 19,0 + 8,0 + 34,5 + 3,0 + 33,0 + 8,0 + 9,0) / 11 = 16,3 \text{ мг N}/\text{дм}^3.$$

Таблица 31.

Классификация водных объектов по повторяемости случаев загрязнённости

Повторяемость, %	Характеристика загрязнённости воды	Частный оценочный балл по повторяемости S_{ai}	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1% повторяемости
$[1^2; 10)^1$	единичная	[1; 2)	0,11
[10; 30)	неустойчивая	[2; 3)	0,05
[30; 50)	характерная	[3; 4)	0,05
[50; 100)	характерная	4	-
<p>Примечания</p> <p>1. Здесь и далее интервалы обозначают следующим образом: число слева – начало интервала; число справа – конец интервала; круглая скобка показывает, что стоящее при ней значение в интервал не входит; квадратная скобка – значение входит.</p> <p>2. При значениях повторяемости меньше единицы принимаем $S_{ai} = 0$</p>			

По значениям средней кратности превышения ПДК на основании табл. 32 определяют частный оценочный балл, который помещают в графу 8: $S_{\text{БПК}_5} = 1,97$; $S_{\beta_{\text{NO}_2}} = 3,16$ и т.д. Определение S_{β_i} , как и определение S_{ai} , проводят с учетом линейной интерполяции. Например: $\beta_{\text{NO}_2} = 16,3$. Согласно табл. 32, соответствующий этому значению балл находится между тремя и четырьмя. Доля частного оценочного балла, приходящаяся на единицу β_i , в этих пределах составляет 0,025. Чтобы получить значение балла по β_{NO_2} необходимо к трём прибавить число, полученное в результате действия

$$6,3 \cdot 0,025 = 0,16, \text{ тогда } S_{\beta_{\text{NO}_2}} = 3 + 0,16 = 3,16.$$

Таблица 32.

Классификация воды водных объектов по кратности превышения ПДК

Кратность превышения ПДК	Характеристика уровня загрязнённости воды	Частный оценочный балл по кратности превышения ПДК S_{β_i}	Доля оценочного балла, приходящаяся на единицу кратности превышения ПДК
(1; 2)	низкий	[1; 2)	1,00
[2; 10)	средний	[2; 3)	0,125
[10; 50)	высокий	[3; 4)	0,025
[50; ∞)	экстремально высокий	4	0,025
<p>Примечание</p> <p>Для растворённого в воде кислорода используют следующие условные градации кратности уровня загрязнённости: (1; 1,5] – низкий; (1,5; 2] – средний; (2; 3] – высокий; (3; ∞] – экстремально высокий. Если концентрация растворённого кислорода в воде равна 0, для расчёта условно принимаем её равной 0,01 мг/дм³.</p>			

Далее определяют обобщённые оценочные баллы по каждому ингредиенту (графа 9). Например:

$$S_{\text{БПК5}} = S_{\alpha\text{БПК5}} \cdot S_{\beta\text{БПК5}} = 4 \cdot 1,97 = 7,88;$$

$$S_{\text{NO}_2} = S_{\alpha\text{NO}_2} \cdot S_{\beta\text{NO}_2} = 4 \cdot 3,16 = 12,6 \text{ и т.д.}$$

Значения обобщённого оценочного балла помещают в графу 9 таблицы 31.

Значения комбинаторного индекса загрязнённости воды S_A в створе A определяют как сумму обобщённых оценочных баллов ($S_A = \sum S_i$) по каждому ингредиенту:

$$S_A = 7,88 + 8,28 + 12,6 + 11,2 + 12,8 + 13,2 + 7,68 + 13,3 + 8,08 + 6,12 = 101,1.$$

Вычисляют удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды S'_A :

$$S'_A = S_A / N_A = 101,1 / 16 = 6,32$$

По значениям обобщённых оценочных баллов и условию $S_i \geq 9$ находят число критического показателя загрязнённости F (КПЗ) воды: $F = 5$ (нитритный азот, фенолы, нефтепродукты, аммонийный азот, соединения меди).

Вычисляют коэффициент запаса k (k рассчитывается только при $F \leq 5$):

$$k = 1 - 0,1 \cdot 5 = 0,5.$$

По значению УКИЗВ (6,32) и числу КПЗ (5) согласно таблице 33 определяют класс загрязнённости воды. Для этого в графе, соответствующей значению КПЗ 5, находим градацию значений УКИЗВ, в которую входит его значение 6,32, и соответствующие им класс (5-й) и качественную характеристику – «экстремально грязная».

Таблица 33.

Классификация качества воды водотоков по значению удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды

Класс	Характеристика состояния загрязнённости воды	Удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды					
		без учёта КПЗ	в зависимости от числа учитываемых КПЗ				
			1 ($k=0,9$)	2 ($k=0,8$)	3 ($k=0,7$)	4 ($k=0,6$)	5 ($k=0,5$)
1-й	условно чистая	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2-й	слабозагрязнённая	(1; 2]	(0,9; 1,8]	(0,8; 1,6]	(0,7; 1,4]	(0,6; 1,2]	(0,5; 1,0]
3-й	загрязнённая	(2; 4]	(1,8; 3,6]	(1,6; 3,2]	(1,4; 2,8]	(1,2; 2,4]	(1,0; 2,0]
разряд “а”	загрязнённая	(2; 3]	(1,8; 2,7]	(1,6; 2,4]	(1,4; 2,1]	(1,2; 1,8]	(1,0; 1,5]
разряд “б”	очень загрязнённая	(3; 4]	(2,7; 3,6]	(2,4; 3,2]	(2,1; 2,8]	(1,8; 2,4]	(1,5; 2,0]
4-й	грязная	(4; 11]	(3,6; 9,9]	(3,2; 8,8]	(2,8; 7,7]	(2,4; 6,6]	(2,0; 5,5]
разряд “а”	грязная	(4; 6]	(3,6; 5,4]	(3,2; 4,8]	(2,8; 4,2]	(2,4; 3,6]	(2,0; 3,0]
разряд “б”	грязная	(6; 8]	(5,4; 7,2]	(4,8; 6,4]	(4,2; 5,6]	(3,6; 4,8]	(3,0; 4,0]
разряд “в”	очень грязная	(8; 10]	(7,2; 9,0]	(6,4; 8,0]	(5,6; 7,0]	(4,8; 6,0]	(4,0; 5,0]
разряд “г”	очень грязная	(8; 11]	(9,0; 9,9]	(8,0; 8,8]	(7,0; 7,7]	(6,0; 6,6]	(5,0; 5,5]
5-й	экстремально грязная	(11; ∞]	(9,9; ∞]	(8,8; ∞]	(7,7; ∞]	(6,6; ∞]	(5,5; ∞]

Пример краткой интерпретации полученных комплексных показателей

1. Превышение ПДК в воде реки *P* в створе *A* наблюдалось по 10 ингредиентам химического состава воды из 16 определяемых показателей. Значение коэффициента комплексности загрязнённости воды по отдельным результатам анализа колебалось от 46,7 до 69,2 %, в среднем составляя 59,9%, что свидетельствовало о высокой комплексности загрязнения воды реки *P* в створе *A* в течение всего года.

2. Для всех загрязняющих ингредиентов (табл. 31) в течение года характерна устойчивая загрязненность, что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости ($S_{\alpha} = 4$). Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды по всем рассматриваемым ингредиентам определяется как «характерная». Уровень загрязненности воды этими ингредиентами различен. По биохимическому потреблению кислорода, СПАВ, соединениям никеля наблюдался низкий уровень загрязненности воды. Значения частных оценочных баллов для этих ингредиентов не превышали 2,00: 1,97; 1,92; 1,53 соответственно. По фенолам, соединениям железа, цинка имел место средний уровень загрязнённости. Частные оценочные баллы для них составляли соответственно 2,79; 2,07 и 2,02. Для нитритного и аммонийного азота, соединений меди и нефтепродуктов характерен высокий уровень загрязненности. Частные оценочные баллы по этим ингредиентам составляли соответственно 3,16; 3,31; 3,33 и 3,19.

3. Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят соединения меди, аммонийный и нитритный азот, нефтепродукты и фенолы. Общие оценочные баллы этих ингредиентов составляют 13,3; 13,2; 12,6; 12,8 и 11,2 соответственно, что относит их к критическим показателям загрязнённости воды этого водного объекта, на которые нужно обратить особое внимание при планировании и осуществлении водоохранных мероприятий.

4. Таким образом, степень загрязненности воды реки *P* в створе *A* в течение 2018 г. характеризовалась как экстремально высокая, что обусловлено нарушением существующих нормативов по девяти ингредиентам. Из числа последних особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом пять показателей химического состава воды: соединения меди, аммонийный и нитритный азот, нефтепродукты и фенолы. По каждому из них в 2018 г. наблюдалась характерная загрязненность высокого уровня.

Таблица - Критерии оценки поверхностных вод

№№ п/п	Ингредиенты и показатели	Лимитирующий признак вредности	Предельно допустимая концентрация, мг/л
1	Растворённый кислород	общие требования	в зимний (подлёдный) период должно быть не менее 4,0, в летний (открытый) не менее 5,0
2	БПК _{полное}	общие требования	3,0
3	БПК ₅	общие требования	2,0
4	Аммоний солевой (NH_4^+)	токсикологический	0,5 (0,39 N)
5	Нитрат-ион (NO_3^-)	санитарно-токсикол-кий	40,0 (9,1 N)
6	Нитрит-ион (NO_2^-)	токсикологический	0,08 (0,02 N)
7	Нефть и нефтепродукты	рыбохозяйственный	0,05
8	Фенолы	рыбохозяйственный	0,001
9	СПАВ анионактивные	токсикологический	0,1
10	Железо (Fe^{3+})	органолептический	0,5
11	Медь (Cu^{2+})	токсикологический	0,001
12	Цинк (Zn^{2+})	токсикологический	0,01
13	Хром (Cr^{3+})	органолептический	0,5
14	Хром (Cr^{6+})	санитарно-токсикол-кий	0,001
15	Никель (Ni^{2+})	токсикологический	0,01
16	Кобальт (Co^{2+})	токсикологический	0,01
17	Свинец (Pb^{2+})	санитарно-токсикол-кий	0,03
18	Мышьяк (As^{3+})	токсикологический	0,05
19	Ртуть (Hg^{2+})	санитарно-токсикол-кий	0,0005
20	Кадмий (Cd^{2+})	токсикологический	0,005
21	Марганец (Mn^{2+})	токсикологический	0,01
22	Фтор (F^-)	санитарно-токсикол-кий	1,5
23	Цианиды (CN^-)	токсикологический	0,05
24	Сульфиды (S^{2-})	общесанитарный	отсутствие
25	Роданиды (CNS^-)	санитарно-токсикол-кий	0,1
26	ДДТ, ДДЗ, ГХЦГ, фосфорорганические пестициды	токсикологический	отсутствие
27	Метилмеркаптан	органолептический	0,0002
28	Бензол	токсикологический	0,5
29	Фурфурол	органолептический	1,0
30	Метанол	санитарно-токсикол-кий	0,1
31	Формальдегид	санитарно-токсикол-кий	0,01
32	Ксантогенат бутиловый	органолептический	0,001
33	Дитиофосфат крезилловый	органолептический	0,001
34	Калий (катион) (K^+)	санитарно-токсикол-кий	50,0
35	Кальций (катион) (Ca^{2+})	санитарно-токсикол-кий	180,0
36	Магний (катион) (Mg^{2+})	санитарно-токсикол-кий	40,0
37	Натрий (катион) (Na^+)	санитарно-токсикол-кий	120,0
38	Сульфаты (анион) (SO_4^{2-})	санитарно-токсикол-кий	100,0
39	Хлориды (анион) (Cl^-)	санитарно-токсикол-кий	300,0
40	Минерализация	общие требования	1000,0
41	Фосфаты (анион) (PO_4^{3-})	общие требования	3,5

Варианты заданий к практической работе № 40

Комплексная оценка степени загрязнённости воды по удельному комбинаторному индексу загрязнённости воды

Вариант 1

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³															
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	НП	СПАВ	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
14.I	3,00	5,04	94,0	235,5	0,16	0,21	0,320	9,00	0,000	0,85	0,32	-	0,021	0,001	0,016	0,042
13.II	1,94	7,43	90,5	214,3	0,21	0,17	-	8,50	0,001	0,70	0,34	0,001	0,022	0,001	0,015	0,031
11.III	2,47	8,56	97,4	252,1	0,39	0,42	0,380	8,00	0,001	0,85	0,35	0,001	0,035	0,000	0,017	0,054
15.IV	2,27	7,91	40,8	158,6	0,17	0,45	0,330	9,00	0,001	0,98	0,21	0,001	0,027	0,000	0,019	0,043
12.V	2,56	-	88,2	-	0,15	0,46	0,390	10,0	0,001	0,95	0,11	-	0,005	0,000	0,010	0,062
09.VI	3,32	7,44	63,4	135,6	0,24	0,40	-	8,40	0,000	0,70	0,12	0,001	0,009	0,001	0,018	0,031
13.VII	5,65	-	65,7	125,4	0,10	0,21	0,550	8,50	0,000	0,75	0,11	0,001	0,029	0,001	0,020	0,038
12.VIII	5,30	5,01	66,6	135,8	0,19	0,26	0,025	9,50	0,001	0,85	0,19	0,000	0,002	0,000	0,014	0,029
10.IX	6,70	10,3	75,5	-	0,20	0,68	0,120	9,20	0,001	0,85	0,11	0,000	0,021	0,000	0,012	0,024
14.X	3,90	8,96	87,3	158,4	0,47	0,12	0,640	9,20	0,001	0,95	0,20	0,001	0,008	0,000	0,019	0,022
18.XI	1,11	6,40	76,9	225,3	0,32	0,33	0,230	9,40	0,000	0,80	0,22	0,000	0,012	0,001	0,021	0,021
16.XII	1,50	5,06	77,4	287,6	0,30	0,39	0,210	9,50	0,001	0,87	0,19	0,001	0,015	0,001	0,019	0,021

Вариант 2

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³															
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	НП	СПАВ	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
14.I	4,05	3,25	270	201,0	0,60	0,21	0,100	0,45	0,000	0,00	0,10	0,001	0,068	0,008	0,010	0,007
13.II	2,32	6,12	390	222,3	0,80	0,45	0,110	0,56	0,001	0,00	0,10	0,001	0,240	0,005	0,010	0,001
11.III	3,15	8,12	380	156,4	0,40	0,41	0,100	0,24	0,001	0,05	0,09	0,001	0,250	0,001	0,009	0,001
15.IV	2,25	-	300	-	0,50	0,08	0,060	0,27	0,000	0,05	0,08	0,001	-	0,009	0,008	0,001
12.V	2,30	7,217	280	150,7	1,00	0,09	0,020	0,27	0,000	0,05	0,07	0,001	0,150	0,010	0,008	0,008
09.VI	3,20	,06	370	195,6	0,90	10,5	0,020	-	0,000	0,05	0,02	-	0,090	0,054	0,004	0,001
13.VII	6,45	3,12	355	196,1	2,50	11,3	0,010	0,57	0,001	0,05	0,04	0,001	0,190	0,012	0,005	0,001
12.VIII	6,10	4,17	256	198,4	1,23	0,10	0,010	0,59	0,001	0,05	0,06	0,020	0,020	0,016	0,004	0,001
10.IX	5,10	6,23	350	-	0,60	1,42	0,060	0,98	0,001	0,05	0,02	0,003	0,029	0,004	0,007	0,005
14.X	4,50	9,54	270	187,9	0,70	0,23	0,120	0,75	0,001	0,05	0,10	0,009	0,047	0,010	0,006	0,001
18.XI	2,10	8,98	380	298,1	0,60	0,28	0,210	0,28	0,000	0,00	0,10	0,001	0,078	0,007	0,008	0,001
16.XII	2,20	10,2	350	301,3	0,48	0,23	0,220	0,47	0,000	0,00	0,10	0,002	0,056	0,006	0,009	0,006

Вариант 3

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³															
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	НП	СПАВ	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
14.I	1,20	9,25	74,0	84,5	0,94	32,0	0,250	0,45	0,020	0,15	0,12	0,001	0,024	0,005	0,010	0,055
13.II	1,54	9,42	80,3	95,2	0,24	22,0	0,310	0,56	0,015	0,25	0,14	0,001	0,034	0,006	0,010	0,065
11.III	0,56	9,54	87,5	90,6	0,55	12,0	0,370	0,24	0,020	0,15	0,15	0,001	0,028	0,004	0,010	0,060
15.IV	0,58	9,90	30,1	75,8	0,66	13,0	0,320	0,27	0,008	0,18	0,11	0,001	0,017	0,005	0,010	0,082
12.V	0,97	9,70	78,3	85,5	-	16,0	0,380	0,27	0,007	0,15	0,11	0,001	0,015	0,001	-	0,095
09.VI	0,54	10,5	53,7	86,7	0,55	24,0	0,160	-	0,007	0,40	0,12	0,001	-	0,001	0,010	0,045
13.VII	0,75	8,27	55,2	94,6	0,22	17,1	-	0,57	0,019	0,30	0,04	0,001	0,029	0,009	-	0,025
12.VIII	0,75	8,73	56,1	-	-	19,2	0,019	0,59	0,014	0,40	0,06	0,001	0,002	0,007	0,010	0,020
10.IX	0,65	10,1	65,1	88,5	0,73	14,2	0,060	0,98	0,013	0,15	0,02	0,001	0,021	0,008	0,010	0,057
14.X	0,50	9,90	77,5	96,2	0,99	10,5	-	0,75	0,014	0,40	0,10	0,001	0,008	0,010	0,010	0,058
18.XI	0,60	8,45	66,0	99,3	0,40	16,2	0,160	0,28	0,018	0,25	0,10	0,001	0,012	0,020	0,010	0,095
16.XII	1,80	10,0	67,8	88,9	0,67	13,0	0,180	0,47	0,012	0,30	0,10	0,001	0,015	0,015	0,010	0,065

Вариант 4

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³															
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	НП	СПАВ	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
14.I	2,90	6,05	356	214,4	0,05	0,51	0,300	8,20	0,006	0,75	0,25	0,023	0,002	0,002	0,092	0,1230
13.II	2,94	7,47	297	211,6	0,03	0,75	0,310	8,30	0,001	0,80	0,26	0,024	0,004	0,001	0,087	,231
11.III	1,76	6,58	474	156,8	0,09	0,21	0,370	9,50	0,001	0,75	0,29	0,022	0,005	0,001	0,045	0,098
15.IV	-	9,97	451	142,1	0,08	0,28	0,850	9,20	0,005	0,85	0,12	0,021	0,007	0,002	0,076	0,210
12.V	1,77	8,79	323	-	0,05	0,39	0,019	9,20	0,004	0,85	0,14	0,044	0,005	0,001	0,019	0,068
09.VI	1,84	9,45	441	196,7	0,07	0,59	0,060	9,40	0,003	0,95	0,14	0,021	0,009	0,001	0,062	0,085
13.VII	-	8,27	463	157,2	0,04	0,34	0,079	8,50	0,001	0,85	0,18	0,028	0,009	0,001	0,036	0,095
12.VIII	1,95	8,78	312	208,4	0,03	0,90	0,160	9,20	0,001	0,90	-	0,043	0,002	0,000	0,046	0,432
10.IX	1,85	9,39	-	-	0,08	0,78	0,180	9,20	0,001	0,85	0,12	0,019	0,009	0,000	0,051	0,213
14.X	1,90	9,92	345	129,4	0,08	0,53	0,660	9,20	0,003	0,85	0,21	0,018	0,007	0,001	0,043	0,085
18.XI	1,90	8,43	465	245,4	0,04	0,18	0,160	9,00	0,000	0,90	0,21	0,019	0,008	0,001	0,065	0,085
16.XII	2,30	10,7	445	178,3	0,08	0,13	0,180	8,23	0,004	0,97	0,21	0,009	0,002	0,001	0,025	0,123

Вариант 5

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³															
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	НП	СПАВ	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
14.I	5,31	3,06	65,2	157,2	0,01	16,0	0,012	0,22	0,001	0,05	0,09	0,001	0,044	0,009	-	0,031
13.II	4,85	4,23	56,1	208,4	0,02	24,0	0,012	0,21	0,001	0,05	0,08	0,001	0,054	0,008	-	0,041
11.III	6,53	7,56	65,1	185,5	0,02	-	0,011	0,25	0,001	0,05	0,05	0,001	0,035	0,009	0,010	0,021
15.IV	0,15	6,51	77,5	129,4	0,04	19,2	0,011	0,26	0,000	0,05	0,02	0,001	0,027	0,007	0,010	0,051
12.V	5,55	6,71	86,5	245,4	0,06	14,2	0,012	0,28	0,000	0,00	0,10	-	0,025	0,005	0,010	-
09.VI	5,32	7,44	67,87	174,9	0,08	10,5	-	0,32	0,000	0,000	-	-	0,019	0,004	0,010	0,061
13.VII	6,64	5,26	4,0	191,3	0,07	12,3	0,015	0,12	0,001	,00	0,04	0,001	0,029	0,001	0,010	0,021
12.VIII	7,23	4,71	80,3	196,3	0,09	14,2	0,013	0,25	0,001	0,00	0,02	0,001	0,022	0,002	0,010	0,011
10.IX	8,05	5,31	87,5	152,3	0,05	23,3	0,014	0,12	0,001	0,05	0,01	0,001	0,040	0,001	0,010	0,011
14.X	3,12	6,96	30,1	256,3	0,06	12,9	0,003	0,23	0,001	0,05	0,10	0,001	0,027	0,001	0,010	0,051
18.XI	2,16	6,40	78,3	196,9	0,07	9,80	0,020	0,25	0,000	0,05	0,03	0,001	0,032	0,002	0,010	0,091
16.XII	2,50	9,62	53,7	156,3	0,09	8,,70	0,015	0,36	0,000	0,05	-	0,001	0,022	0,002	0,010	0,041

Вариант 6

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³															
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	НП	СПАВ	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
14.I	2,52	8,12	86,5	152,5	0,04	0,68	0,370	8,50	0,010	0,85	0,14	0,001	-	0,001	0,016	0,001
13.II	3,32	9,02	67,87	150,7	0,03	0,12	0,320	9,20	0,009	0,90	0,18	0,001	0,034	0,001	0,016	0,001
11.III	5,65	7,21	4,0	195,6	0,08	-	0,380	9,20	0,009	0,85	0,17	0,001	0,024	0,000	0,011	0,001
15.IV	5,30	-	80,3	196,1	0,08	0,39	0,160	9,20	0,009	-	0,12	0,001	0,025	0,000	0,023	0,001
12.V	6,70	6,123	87,5	-	0,04	0,21	-	9,00	0,009	0,80	0,21	0,001	0,017	0,000	0,015	-
09.VI	3,00	,25	74,0	86,7	0,08	0,17	0,019	8,23	0,008	-	0,25	0,001	0,015	0,001	0,0150	0,001
13.VII	3,90	3,12	80,3	94,6	0,05	0,42	0,060	8,20	0,008	0,85	0,26	-	0,009	0,001	,012	0,001
12.VIII	2,27	4,17	87,5	87,4	0,03	0,45	0,012	8,30	0,008	0,85	0,29	0,001	0,019	0,000	0,017	0,001
10.IX	1,94	6,23	30,1	88,5	0,09	0,46	0,015	9,50	0,013	0,95	0,12	0,001	0,002	0,009	0,015	0,001
14.X	2,47	8,98	78,3	96,2	0,08	0,40	0,013	9,20	0,014	0,85	0,14	0,001	0,030	0,008	0,016	0,001
18.XI	1,11	9,54	83,4	174,9	0,05	0,21	0,014	9,20	0,018	0,90	0,21	0,001	0,017	0,009	0,009	0,001
16.XII	1,50	10,2	95,2	191,3	0,07	0,26	-	9,40	0,012	0,97	0,21	0,001	0,012	0,007	0,012	0,001

Вариант 7

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³															
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	НП	СПАВ	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
14.I	3,32	9,02	55,2	156,8	0,06	0,39	0,330	0,24	0,007	0,85	0,03	0,002	0,009	0,000	0,008	0,210
13.II	5,65	7,217	56,1	142,1	0,08	0,21	0,390	0,27	0,007	0,90	0,04	0,002	0,034	0,001	-	0,068
11.III	5,30	,06	65,1	201,2	0,07	0,17	0,170	0,27	0,019	0,85	0,02	0,001	0,019	0,001	0,005	0,085
15.IV	6,70	3,12	77,5	196,7	0,09	0,42	0,550	0,36	0,014	0,85	0,01	0,001	0,002	0,000	0,004	0,095
12.V	3,90	4,17	66,0	157,2	0,05	0,45	0,025	0,57	0,013	0,90	0,10	0,001	0,030	0,000	-	0,432
09.VI	1,11	3,25	74,0	208,4	0,06	0,68	0,320	0,59	0,020	0,75	0,03	0,001	0,017	0,000	0,006	0,2130
13.VII	1,50	6,12	80,3	185,5	0,01	0,12	0,330	0,45	0,015	0,80	0,06	0,001	0,024	0,001	0,008	,123
12.VIII	3,00	8,12	87,5	214,4	0,02	0,33	0,380	0,56	0,020	0,75	0,09	0,001	0,025	0,001	0,010	-
10.IX	1,94	6,23	30,1	211,6	0,02	0,46	0,120	0,98	0,008	0,85	-	0,001	-	0,000	0,010	0,098
14.X	2,47	9,54	78,3	129,4	0,04	0,40	0,640	0,75	0,014	0,85	0,05	0,001	0,015	0,000	0,009	0,085
18.XI	2,27	8,98	53,7	245,4	0,07	0,21	0,230	0,28	0,018	0,95	0,02	0,001	0,009	0,001	0,008	0,085
16.XII	2,57	10,2	67,8	178,3	0,09	0,26	-	0,47	0,012	0,97	0,10	0,001	0,012	0,001	0,009	0,123

Вариант 8

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³															
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	НП	СПАВ	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
14.I	1,85	8,91	323	245,4	0,08	11,3	0,250	9,20	0,000	0,85	0,17	0,023	0,170	0,005	0,019	0,089
13.II	2,80	7,71	441	174,9	0,04	0,10	0,310	9,40	0,001	0,80	0,12	0,024	0,150	0,001	0,062	0,061
11.III	1,85	8,44	463	191,3	0,03	0,21	0,370	8,50	0,001	0,85	0,21	0,022	0,090	-	0,036	0,021
15.IV	0,90	7,26	312	196,3	0,08	0,45	0,320	9,20	0,001	0,90	0,25	0,021	0,190	0,009	0,046	0,011
12.V	1,85	7,71	413	152,3	0,08	0,41	0,380	9,20	0,001	0,85	0,26	0,044	0,020	0,007	0,051	-
09.VI	1,90	10,3	356	157,2	0,04	0,08	0,160	9,20	0,000	0,85	0,29	0,021	0,029	-	0,092	0,051
13.VII	1,80	5,14	297	208,4	0,05	0,09	0,230	9,00	0,000	0,90	0,12	0,032	0,068	0,005	0,087	-
12.VIII	1,95	9,43	474	185,5	0,03	10,5	0,019	8,23	0,001	0,80	0,14	0,032	0,240	0,006	0,045	0,041
10.IX	1,88	8,56	451	129,4	0,09	1,42	0,060	8,20	0,001	0,95	0,18	0,037	0,250	0,004	0,076	0,031
14.X	1,85	8,96	345	256,3	0,08	0,23	0,125	8,30	0,001	0,88	0,14	0,035	0,047	0,010	0,043	0,041
18.XI	0,90	7,40	465	196,9	0,05	0,28	0,160	9,50	0,000	0,90	0,21	0,011	0,078	0,020	0,065	0,021
16.XII	1,97	11,6	235	156,3	0,07	0,23	0,180	9,20	0,000	0,97	0,21	0,011	0,056	0,015	0,025	0,051

Вариант 9

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³															
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	НП	СПАВ	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
14.I	2,53	7,89	53,7	125,3	0,09	0,26	0,040	9,00	0,002	0,05	0,25	0,038	0,010	0,001	0,023	0,035
13.II	2,65	7,98	55,2	152,3	0,08	0,24	0,025	8,00	0,001	0,05	0,23	0,040	0,08	0,002	0,012	0,065
11.III	3,15	8,05	56,1	142,3	0,10	0,52	0,036	8,50	0,001	0,05	0,32	0,044	0,09	0,001	0,014	0,025
15.IV	4,21	8,25	65,1	158,6	0,10	0,39	-	8,50	0,001	0,15	0,12	0,025	0,05	0,001	0,015	0,042
12.V	-	8,65	-	129,5	0,10	0,85	0,085	-	0,001	0,05	0,15	0,017	0,06	0,001	0,025	0,057
09.VI	3,56	9,89	66,0	175,3	0,09	0,78	0,041	9,20	0,001	0,05	0,28	0,014	0,02	0,001	0,032	0,056
13.VII	2,98	9,89	67,87	145,3	-	0,45	0,023	10,0	0,001	0,05	0,56	0,018	0,02	0,001	0,042	0,038
12.VIII	4,56	8,85	4,0	125,6	0,05	0,46	0,025	8,00	0,001	0,05	0,54	0,012	0,03	0,001	0,012	-
10.IX	4,89	8,85	80,3	124,5	0,05	0,52	0,028	-	0,002	0,10	0,21	0,023	0,05	0,002	0,025	0,087
14.X	4,98	6,78	87,5	110,3	0,06	0,32	0,042	8,00	0,001	0,05	0,25	0,029	0,06	0,001	0,024	0,057
18.XI	5,23	7,98	30,1	182,4	0,04	0,98	0,041	9,20	0,001	0,05	0,31	0,008	0,08	0,001	0,031	0,065
16.XII	3,25	9,89	78,3	178,5	0,05	0,75	0,012	9,00	0,002	0,05	0,24	0,009	0,05	0,000	0,012	0,054

Вариант 10

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава и свойств воды, мг/дм ³															
	БПК ₅	O ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	НП	СПАВ	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ⁶⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
14.I	3,20	10,5	474	245,4	0,04	0,17	0,380	9,20	0,007	0,85	0,02	0,001	0,019	0,005	0,032	-
13.II	4,05	9,25	451	174,9	-	0,42	0,160	9,20	0,007	0,85	0,10	0,001	0,002	0,006	0,042	0,085
11.III	2,32	9,42	323	191,3	0,05	0,45	0,230	10,0	0,019	0,95	0,03	0,000	0,030	0,004	0,012	0,095
15.IV	3,15	9,54	441	196,3	0,03	0,39	0,019	8,00	0,014	0,75	0,04	0,001	0,017	0,010	0,025	-
12.V	2,25	9,90	463	152,3	-	0,21	0,060	8,50	0,020	0,80	0,02	0,001	0,024	0,020	0,023	0,213
09.VI	2,30	9,70	356	256,3	0,08	0,68	-	9,00	0,015	0,75	0,09	0,001	0,025	0,015	0,012	0,1230
13.VII	6,45	8,27	297	157,2	0,04	0,12	0,310	8,00	0,020	0,85	0,08	0,001	-	0,001	0,014	,231
12.VIII	6,10	8,73	312	208,4	0,03	0,33	0,370	8,50	0,008	0,90	0,05	0,001	0,034	0,001	0,015	-
10.IX	5,10	10,1	413	185,5	0,08	0,46	0,320	8,50	0,013	0,85	0,01	0,001	0,017	0,009	0,025	0,210
14.X	4,50	9,90	345	129,4	0,08	0,40	0,125	8,00	0,014	0,85	0,10	0,001	0,015	0,007	-	-
18.XI	2,10	8,45	465	196,9	0,05	0,21	0,160	9,20	0,018	0,90	0,03	0,001	0,009	0,008	0,031	0,085
16.XII	2,20	10,0	445	156,3	0,07	0,26	0,180	9,00	0,012	0,97	0,05	0,001	0,012	0,002	0,012	0,123

Словарь терминов

Абсорбция - (лат. абсорпцио - поглощение) -1) поглощение вещества или энергии всей массой (объемом) поглощающего тела; 2) поглощение одного вещества другим с равномерным распределением поглощенного вещества по всему объему поглотителя.

Автотрофы (греч. autos - сам, trophe - питание) - организмы, использующие в качестве источника углерода углекислый газ, то есть организмы, способные создавать органические вещества из неорганических - углекислого газа, воды, минеральных солей (растения и некоторые бактерии). Организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических с использованием энергии Солнца (фототрофы) или химических связей (хемотрофы).

Адсорбция (лат. ад - на, у; сорбере - поглощать) - поглощение вещества из газа или раствора поверхностью другого вещества (тела), происходящее под влиянием молекулярных сил.

Активный ил - слой песка или мелких частиц пластика, в котором имеется большое количество микроорганизмов. Используется для биологической очистки загрязненных вод.

Аммиак - промежуточный продукт производства химической промышленности, из которого производятся азотные минеральные удобрения, азотная кислота, синтетические волокна. При попадании в окружающую среду аммиак является опасным загрязнителем атмосферы и воды.

Анаэробы облигатные - организмы, неспособные жить в кислородной среде (некоторые бактерии).

Анаэробы факультативные - организмы, способные жить как в присутствии кислорода, так и без него (некоторые бактерии и грибы).

Антропогенная нагрузка - комплексный показатель, отражающий интенсивность влияния человека на экосистемы. Антропогенная нагрузка включает использование ресурсов популяций видов, входящих в экосистемы (охота, рыбная ловля, заготовка лекарственных растений, рубка деревьев), выпас скота, рекреационное воздействие, загрязнение (сброс в водоемы промышленных, бытовых и сельскохозяйственных стоков, выпадение из атмосферы взвешенных твердых веществ или кислотных дождей) и др. Если антропогенная нагрузка изменяется год от года, то она может быть причиной флуктуаций экосистем, если действует на экосистемы постоянно – то причиной экологической сукцессии. При рациональном природопользовании.

Аэробы - организмы, способные жить только в кислородной среде (животные, растения, некоторые бактерии и грибы).

Бентос - организмы, живущие на дне и в грунте (прикрепленные водоросли и высшие растения, ракообразные, моллюски, морские звезды и др.). Выделяют фитобентос и зообентос. См. Планктон.

Биогенные элементы - химические элементы или простые соединения, являющиеся продуктами жизнедеятельности организмов или входящие в их состав и играющие важную роль в жизнедеятельности организмов.

Биоиндикация (греч. биос - жизнь, нелат. индикатор - указатель) - комплекс специфических реакций живого организма или его элемента (группы клеток, ткани, органа) на внешние воздействия; в том числе химические - определение наличия того или иного химического элемента или соединения в окружающей среде; - обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ.

Биологические индикаторы (греч. биос - жизнь, лат. индикатор - указатель) - биологические объекты, на основании которых оцениваются условия среды. 1) группа особей одного вида или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей; 2) вид или сообщество, которые указывают на характерные особенности среды.

Биологические загрязнения - попадание в окружающую среду (воду, атмосферу, почву) или продукты питания микроорганизмов, вызывающих болезни человека или с/х животных.

Биологический азот - азот, усвоенный из атмосферы микроорганизмами-азотфиксаторами.

Биологическое потребление кислорода (БПК) - наряду с химическим потреблением кислорода (ХПК) представляет собой надежный оценочный параметр, характеризующий степень загрязнения природных и сточных вод. БПК устанавливается путем измерения расхода растворенного в воде кислорода присутствующими в ней микроорганизмами; обычно его относят к периоду в пять дней (БПК-5).

Буферные растворы (смеси) - растворы (смеси), способные поддерживать постоянство значения pH (или другой характеристики), например, окислительно-восстановительного потенциала) при изменении состава раствора.

Вода очищенная - вода, доведенная до содержания в ней количества примесей, не превышающего естественного фона или допустимой величины.

Вода питьевая - вода, в которой показатели бактериальных, органолептических свойств и степени токсичности химических веществ находятся в пределах норм питьевого водоснабжения.

Вода условно чистая: 1) вода, незагрязненная выше установленного предела или в которой с добавлением чистой воды концентрация загрязнителей доведена до разрешаемого законодательством уровня; 2) сточные воды, спуск которых без очистки в данный водный объект не приводит к нарушению норм качества воды в местах водопользования.

Вода чистая - вода, не содержащая загрязнений. С санитарной точки зрения вода чистая - не вызывающая у человека ухудшения здоровья.

Выброс предельно допустимый (ПДВ) - научно-технический норматив, устанавливаемый из условия, чтобы содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха от источника или их совокупности не превышало нормативов качества воздуха для населения, животного и растительного мира (т.е. предельно допустимой концентрации - ПДК). Единица измерения - г/с, т/год (объем (количество) загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельными источниками за единицу времени).

Гетеротрофы (греч. heteros - другой, trophe - питание) - организмы, использующие для питания органическое вещество растительного и животного происхождения (живое или мертвое). Гетеротрофы – это консументы и редуценты экосистем (животные, бактерии, грибы). Живут за счет автотрофов.

Гидрохимический мониторинг - система наблюдений за показателями качества воды, позволяющая по результатам исследований за продолжительный период (год и более) прогнозировать состояние водоема с учетом сезонных и суточных факторов, факторов загрязнения и др. факторов.

Гуминовые кислоты - сложная смесь органических соединений, образующихся при разложении отмерших растений и их гумификации (т.е. биохимических превращений органических остатков в гумус при участии микроорганизмов, влаги и воды). К гуминовым кислотам относятся гумусовые и гумитомелановые кислоты, фульвокислоты и др.

Деградация среды - 1) совместное ухудшение природных условий и социальной среды жизни (например, в некоторых городах); 2) ухудшение состояния или разрушение окружающей природной или антропогенной среды. Деградация среды неминуемо приводит к деградации ее живых компонентов.

Диоксид углерода - продукт окисления соединений, содержащих углерод, образуется при дыхании организмов и при сжигании топлива.

Жесткость воды - содержание в ней растворенных солей щелочноземельных металлов - кальция, магния и др. Измеряется суммой миллиграмм-эквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в 1 л воды. Различают общую жесткость воды (общее количество содержащихся в воде кальция и магния), устранимую и постоянную. В зависимости от общей жесткости воды различают: очень мягкую (до 1,5 мг-экв), мягкую (1,5-3 мг-экв.), умеренно жесткую (3-6 мг-экв.), жесткую (7-9 мг-экв.), очень жесткую (свыше 9 мг-экв.) воду.

Загрязнение - привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых вредных несвойственных ей химических, физических, биологических, информационных агентов. Загрязнение может возникать в результате естественных причин (природных) или под влиянием деятельности человека (антропогенное загрязнение). Загрязнение - один из наиболее труднопреодолимых препятствий на пути развития цивилизации и научно – технический революции. Борьба с загрязнением является одним из важных элементов модели общества устойчивого развития.

Загрязнение воды - попадание в наземные и подземные воды загрязняющих веществ. Возможно промышленное и с/х загрязнение воды, половина количества потребляемой воды превращается в сточные воды, которые либо вообще не очищаются, либо очищаются крайне недостаточно. Согласно рекомендациям ВОЗ воду следует считать загрязненной, если в результате изменения ее состава или состояния вода становится менее пригодной для любых видов водопользования, в то время как в природном состоянии она соответствовала предъявляемым требованиям. Определение касается физических, химических и биологических свойств, а также наличия в воде посторонних жидких, газообразных, твердых и растворимых веществ.

Замор - массовая гибель живых организмов в результате снижения содержания в воде кислорода. Обычно замор бывает в весенний период в озерах, где накоплено много органического вещества.

Индикатор («указатель») - химическое вещество, изменяющее свою окраску или образующее осадок при изменении концентрации какого-либо компонента в растворе. Различают индикаторы кислотноосновные (например фенолфталеин и метилоранж при определении pH растворов), адсорбционные (хромат калия при определении хлоридов аргентометрическим методом), окислительно-восстановительные (дифениламин при определении нитратов), комплексометрические (хром темно-синий при определении общей жесткости) и др.

Коли-индекс - 1. Число кишечных палочек группы колиформ в миллилитре воды, используется как показатель присутствия организмов, способных вызывать заболевания человека. 2.(от греч . kolon - толстая кишка), количество кишечных палочек

(колибактерий) в 1 л (для твердых тел в 1 кг) исследуемого материала - воды, почвы и др.; показатель их фекального загрязнения.

Концентрация предельно допустимая (ПДК)- количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства. В последние время при определении ПДК учитывается не только степень влияния загрязнителей на здоровье человека, но и воздействие этих загрязнителей на диких животных, растения, грибы, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

Лимитирующий (ограничивающий) фактор - экологический фактор, количественное значение которого выходит за пределы выносливости вида. Он в большей степени, чем другие, влияет на продуктивность организма и всей экосистемы и в первую очередь ответственен за ограничение роста и (или) размножение организма или популяции. В небольших озерах лимитирующим фактором является количество кислорода в воде во второй половине зимы, при его недостатке происходит массовая гибель рыбы. Лимитирующим фактором может быть содержание в почвенном растворе (или в водоеме) токсичных солей.

Лимитирующий признак вредности - признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде.

Минерализация - 1) превращение органических остатков в неорганические вещества: процесс распада органических соединений до углекислоты, воды и простых солей, происходящий с участием или без участия редуцентов; 2) концентрация солей в водах;

Мутность воды - содержание взвешенных веществ в единице объема смеси воды и этих веществ, выражаемое в весовых единицах (г/м³ , мг/л) или единицах объема. Мутность воды, как правило, возрастает в водоемах по мере приближения к берегу (зависит от волн, размывающих берег), в водотоках - от поверхности к их дну (увеличивается течением, размывающим донные осадки).

Нитраты - соли азотной кислоты. Нитраты входят в состав удобрений, применяются в качестве консервирующих добавок к продуктам питания. При использовании высоких доз удобрений нитраты вымываются из почвы и повышается их концентрация в питьевой воде.

Общее железо - показатель качества воды, представляющий собой суммарную массовую концентрацию растворенных в воде соединений железа (II) и железа (III) в различных формах.

Общий фосфор - показатель качества воды, представляющий собой суммарную массовую концентрацию фосфора в воде во всех его возможных формах, т.е.

ортофосфатов, полифосфатов, гидроизолирующихся и минерализуемых эфиров, фосфорной кислоты и т.п. Общий фосфор может определяться как в растворенной, так и в твердой фазе воды. Окисляемость, окисляемость бихроматная, окисляемость перманганатная - см. Химическое потребление кислорода (ХПК).

Органолептические методы анализа - методы, основанные на использовании собственных органов чувств оператора - вкусовых ощущений, визуального (зрительного) восприятия, обоняния

Органолептические свойства воды (греч. лептикос - склонный принимать) - воспринимаемая рецепторами человека совокупность показателей качества воды - запах, привкус, окраска, мутность, наличие пленок, пены на поверхности.

Очистка воды - устранение посторонних примесей из вод (включая живые организмы) с помощью механических, физико-химических (хлорирование, озонирование и т. п.) и биологических методов.

Реагент - в аналитической химии - соединение, вступающее с определяемым соединением в химико-аналитическую реакцию, сопровождающуюся аналитическим эффектом (например, изменением окраски).

Селективность (избирательность) метода анализа - способность метода корректно определять целевой компонент воды в присутствии других компонентов.

Сигнальные средства контроля воды - средства анализа, позволяющие получить первичную (предварительную) информацию об уровне загрязненности воды. Сигнальные средства используются, как правило, для выявления опасных загрязнений, оповещения населения и специалистов об опасных ситуациях, а также для получения ориентировочных данных о концентрациях загрязнителей, необходимых для последующего точного анализа. Такие средства являются обычно экспрессными и относительно дешевыми.

Сорбция - процесс поглощения вещества из смеси объемом (абсорбция) или поверхностью (адсорбция) другого вещества за счет химических, физическо-химических или иных взаимодействий.

Сумма металлов – показатель качества воды, характеризующий суммарную эквивалентную или массовую концентрацию тяжелых металлов. В качестве таких металлов при построении градуировочной характеристики принято использовать цинк, медь и свинец в соотношении 3:1:1.

СПАВ – синтетические поверхностно – активные вещества.

Сточные воды - «побочный продукт» промышленного или сельскохозяйственного производства, когда использованная в нем вода возвращается в окружающую среду в загрязненном виде. Значительное количество сточных вод образуется в коммунальном городском хозяйстве. Для уменьшения пагубного влияния

сточных вод на окружающую среду строятся очистные сооружения и разрабатываются специальные технологии производств с оборотным водоснабжением, что уменьшает как водозабор из рек, так и количество сточных вод.

Титриметрические методы анализа - методы, основанные на определении концентраций растворенных в воде веществ путем измерения объемов, реагирующих с определяемым компонентом растворов, имеющих точно известную концентрацию.

Токсичность – свойство веществ оказывать неблагоприятное (токсическое) воздействие на организм, имеющее количественные характеристики - ПДК, летальная доза и др.

Тяжелые металлы – металлы, имеющие плотность не менее 4,5 г/см³. К тяжелым металлам относятся железо, хром, цинк, свинец, ртуть, марганец, мышьяк (полуметалл) и многие другие. Различают тяжелые металлы – микроэлементы, необходимые организму в малых количествах, и токсиканты, оказывающие токсический эффект даже в малых количествах.

Фенол – простейший ароматический спирт, твердое вещество, представляющее собой бесцветные, розовеющие на воздухе кристаллы. Фенол – промежуточный продукт при производстве многих химических веществ (пестицидов, пластиков, растворителей и др.).

Химическое потребление кислорода (ХПК) – характеризует количество кислорода, израсходованное на окисление загрязняющих воду веществ. Этот показатель охватывает все вещества, реагирующие с бихроматом калия. Наряду с другими показателями служит для расчета производительности водоочистных установок или количества хлора, необходимого для дезинфекции питьевой воды.

Эвтрофикация водоемов - экологическая сукцессия водной экосистемы, вызванная повышением концентрации в воде элементов питания. Причиной эвтрофикации является массовое развитие сине-зеленых водорослей, при разложении биомассы которых расходуется кислород, растворенный в воде, и выделяются в воду токсичные вещества. Это резко обедняет видовой состав экосистемы, гибнут почти все виды рыб, исчезают виды растений, приспособленные к жизни в условиях чистой воды (сальвиния, гречишка земноводная), массово разрастаются ряски и роголистник. Для предотвращения эвтрофикации водоемов необходимо устранить условия, при которых в водоемы смываются удобрения с полей и сбрасываются животноводческие, промышленные бытовые стоки, богатые питательными веществами.

Эталонный раствор - искусственно приготовленный раствор компонента в воде, предназначенный для воспроизведения состава воды (концентрации компонента) либо ее свойств (мутности, цветности и др.).

Список использованной литературы

1. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателями: метод. указания. - СПб.: Гидрометеиздат, 2004. - 50 с.
2. СанПин 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
3. Аргунова М.В., Моргун Д.В., Плюснина Т.А., Речкалова Н.И. Экологический мониторинг. Методические рекомендации для учителей к курсу «Экология Москвы и устойчивое развитие». - М.: Центр «Школьная книга», 2008-144с.
4. Борздыко Е.В., Анищенко Л.Н. Методы биологического контроля: биоиндикация и биотестирование: Учебно-методическое пособие. Брянск: Изд-во ООО «Наяда», 2008.-70с.
5. Буйолов Ю.А. Физико-химические методы изучения качества природных вод: Методическое пособие. - М., Экосистема, 1997.
6. Гайворонская Н.М, Бахвалов С.А.,Статис Е.В., Черемных Е.Г. Применение биотестирования для оценки состояния водных объектов/Актуальные проблемы экологии и природопользования. Вып.6, Ч.4.: Сб.науч. трудов.-М.: РУДН,2004-428с.
7. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Е. А. Заика и др. – СПб.: Эколайн, 2000. - 127 с.
8. Голубкина Н.А. Лабораторный практикум по экологии. 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ,2009-64с.
9. Горощенко В.П. и др. Основы природоведения. Учебное пособие для учащ. пед. училищ для специальности № 2001. М.: «Просвещение», 1976.-239с.
10. Грин И., Стаут У., Тейлор Д. Биология: в 3-х т. Т.2./Под.ред. Р.Сопера.-М.: Мир,1993.-325с.
11. Гусева Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы/ Молчанова Я.П., Заика Е.А., Лебединская Л.А., Бабкина Э.И., Винниченко В.Н., Сурнин В.А., Иванов С.Г.-М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева , 2005.-176с.
12. Денисов В. В., Курбатова А. С., Денисова И. Аю, Бондаренко В. Л., Грачев В. А., Гутенев В. В., Нагнибеда Б. А. / Под ред. проф. В. В. Денисова. - М.: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2008. - 832 с. (Серия «Учебный курс»).

13. Долов М.М., Хабжоков А.Б., Гетоков О.О., Казанчев С.Ч., Хашегульгов Ш.Б., Исмаилов А.А. Эколого-биологические особенности ручьевого форели при выращивании в заводских условиях / Рабоводство и рыбное хозяйство 2019, №10(165). - С.66-73.
14. Дружинин С.В. Исследование воды и водоемов в условиях школы-М.: Чистые пруды, 2008,-32с. - (Библиотечка «Первого сентября», серия «Биология». Вып.20).
15. Золотов Г.В., Панюков В.В. Мониторинг антропогенной эвтрофикации пресноводных водоемов. Методические рекомендации к практическим занятиям по экологии. Рязоблкомприрода, РИРО, Рязань, 1994.-20с.
16. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 39 с.
17. Методы биоиндикации и биотестирования природных вод / под ред. В. А. Брызгалю, Т. А. Хоружей. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - Вып. 2. - 276 с.
18. Никаноров,А.М. Гидрохимия : учеб. для вузов по спец. «Гидрология суши», СПб. : Гидрометеиздат, 2001. - 444 с.
19. Никаноров, А. М. Научные основы мониторинга качества вод / А. М. Никаноров. - СПб. : Гидрометеиздат, 2005. - 576 с.
20. Нормативные материалы по контролю качества воды: сб. материалов. - М., 1992. – С. 2-43.
21. Палкина Т.А. Эколого-геоботанические методы полевой практики/ Современная экология-наука XXI века: материалы международной научно-практической конференции (17-18 октября 2008г.)/ отв. Ред. Иванов Е.С.-т.2. Рязань: РГУ, 2009-108с.
22. Хабжоков А.Б., Казанчев С.Ч., Гетоков О.О., Казанчева Л.А., Федюк В.В., Ужахов М.И. Экологические и гидробиологические показатели процесса минерализации продуктов жизнедеятельности прудовых рыб/Рыбное хозяйство, 2019. - №4.- С.28-32.
23. Хабжоков А.Б., Казанчев С.Ч., Гетоков О.О., Федюк В.В., Юсупова Л.У. Экологические параметры аутбридинга при внутривидовых скрещиваниях карпа/ Юг России: экология, развитие. 2019.-Т.14.-№4.- С.25-34.
24. Хабжоков А.Б., Долов М.М., Гетоков О.О.,Казанчев С.Ч. Кушчетеров А.В. Биологические особенности интегрированного выращивания молоди лососевых рыб на рыбзаводах в бассейне реки Терек/ Вестник рыбохозяйственной науки 2019, Т.6. - №2(22).- С.45.
25. Хабжоков А.Б., Долов М.М., Гетоков О.О., Казанчев С.Ч. Кушчетеров А.В. Об интегрированном выращивании молоди лососевых рыб на рыбзаводах в бассейне реки Терек/ Вестник рыбохозяйственной науки 2019,Т.6. - №3(23). - С.53-60.

26. Петин А.Н. П 29 Анализ и оценка качества поверхностных вод: учеб. пособие / А.Н. Петин, М.Г. Лебедева, О.В. Крымская. - Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. - 252 с.
27. Петунин О.В. Изучение экологии в школе. Программы элективных курсов, конспекты занятий, лабораторный практикум, задания и упражнения. Ярославль: Академия развития; Владимир: ВКТ, 2008.-192с.-117-119.
28. Романов С.А. Основные направления экологических исследований и использование их результатов в преподавании школьного курса географии/ Современная экология- наука XXI века: материалы международной научно-практической конференции (17-18 октября 2008г.)/ отв. Ред. Иванов Е.С.-т.2. Рязань: РГУ, 2009-108с.
29. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 318 с. 43.
30. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А. Д. Семенова. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 541 с.
31. Рямова А.М., Золотов Г.В., Панюков В.В. Проведение школьных экологических исследований: Методич. реком./ Ряз. обл. ин-т развития образования.- Рязань, 1997-33с.
32. Сайфуллина З.Г., Мингажева А.М. Словарь экологических терминов: методическое пособие / - Уфа: ГБУ ДО РДЭБЦ, 2017. - 134 с.
33. Справочник по гидрохимии / под ред. А. М. Никанорова. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 392 с.
34. Федорос Е.И., Нечаева Г.А. Экология в экспериментах: учебное пособие для учащихся 10-11 классов общеобразовательных учреждений. - М.: Вентана- Граф, 2007. - 384с.
35. Чертопруд М.В. Мониторинг загрязнения водоемов по составу макро-зообентоса. / Методическое пособие. -М.: Ассоциация по химическому образованию, 1999. - 16 с.
36. Ягодин Г.А., Аргунова М.В., Плюснина Т.А., Моргун Д.В. Преподавание курса «Экология Москвы и устойчивое развитие» в 2008/09 учебном году-М.: МИОО, 2008.- 176с.

Оглавление

Введение	2
1. Изучение пресноводных экосистем	4
Работа № 1. Составление плана местности	5
Работа № 2. Визуальное исследование водоема.	7
Работа № 3. Определение горизонтального профиля реки	8
Работа № 4. Определение скорости течения воды	10
Работа № 5. Наблюдения за изменением уровня воды в реке	11
Работа № 6. Определение расхода воды в реке	12
2. Физико-химические методы оценки водоемов	14
2.1. Правила взятия проб воды для исследований	14
Работа № 7. Определение органолептических показателей качества воды	15
Работа № 8. Описание водоема	19
Работа № 9. Определение температуры воды	22
Работа № 10. Определение pH воды	23
Работа № 11. Определение цвета воды количественными методами	25
Работа № 12. Определение окисляемости воды	27
Работа № 13. Определение биохимического потребления кислорода (БПК)	29
Работа № 14. Определение содержания в воде ионов хлора, свинца, кадмия, бария, меди и калия	31
Работа № 15. Определение содержания в воде солей железа	32
Работа № 16. Качественное и количественное определения ионов хлора	33
Работа № 17. Определение содержания сульфат - ионов в воде	35
Работа № 18. Определение содержания в воде соединений азота	36
Работа № 19. Определение содержания взвешенных частиц в воде	40
Работа № 20. Определение жесткости воды	40
Работа № 21. Определение электропроводности воды	42
Работа № 22. Определение содержания кислорода в пробе воды	44
3. Элементы биологического мониторинга эвтрофикации пресноводного водоёма	46
3.1. Понятие биоиндикации	46
Работа № 23. Оценка состояния водного объекта по ряске	49
3.2. Оценка состояния водной экосистемы с помощью видового состава крупных беспозвоночных животных	52

Работа № 24. Оценка состояния водной экосистемы с помощью пятиуровневой шкалы степени загрязнения воды или индекса Ф. Вудевиса ("биотический индекс реки Трент").....	53
Работа № 25. Оценка состояния водной среды по видовому составу активного ила	56
Работа № 26. Биоиндикация загрязнения водоема с помощью макрозообентоса (Индекс Майера)	58
4. Микробиологические методы определения токсичности воды	63
Работа № 27. Определение токсичности воды при помощи дафний.....	63
Работа № 28. Биологическое тестирование воды с помощью проращивания семян	65
Работа № 29. Оценка состояния водной среды по поведению сувоек	66
Работа № 30. Оценка состояния водоема с помощью инфузорий	67
4.1. Бактериальный анализ воды пресноводного водоёма.....	68
Работа № 31. Определение микробного числа воды	69
Работа № 32 . Определение коли - индекса и коли – титра	70
Работа № 33. Метод оценки состояния водоема в проекте RiverWatch	71
4.2. Санитарный анализ воды по показателю сапробности	72
Работа № 34. Определение сапробности водоема по популяциям пресноводных моллюсков.	73
Работа №35. Определение сапробности водоема по популяции водорослей.	75
Работа № 36. Гидрометеорологические явления	79
5. Интегральные методики оценки водоемов по комплексу гидрохимических показателей	80
Работа № 37. Интегральная оценка качества воды.....	81
Работа № 38. Оценка качества воды	84
Работа № 40. Комплексная оценка степени загрязнённости воды по удельному комбинаторному индексу загрязнённости воды	94
Словарь терминов.....	108
Список использованной литературы.....	115

Учебное издание

**ДОЛОВ М.М., ГЕТОКОВ О.О., ХАШЕГУЛЬГОВ Ш.Б.,
ЧАПАНОВА Ф. И., БАРКИНХОЕВ М.Б.**

ПРАКТИКУМ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОЕМОВ

*(практикум по дисциплинам:
учение о гидросфере, методы экологических исследований)*

Учебно-методическое пособие

Сдано в набор 28.01.2022.
Подписано в печать 29.01.2022.
Формат 30х42/2. Бумага офсетная – 65 г/м².
Гарнитура «Times». Печать трафаретная.
Усл.печ. 15 л. Тираж 500 экз.

Издательство ООО «КЕП»
386120, Республика Ингушетия,
с. Кантышево, ул. Джабагиева, 97

Отпечатано в типографии ООО «КЕП»
386102, Республика Ингушетия,
г. Назрань, ул.Чеченская, 5.
E-mail: pilgrim-K@list.ru