

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

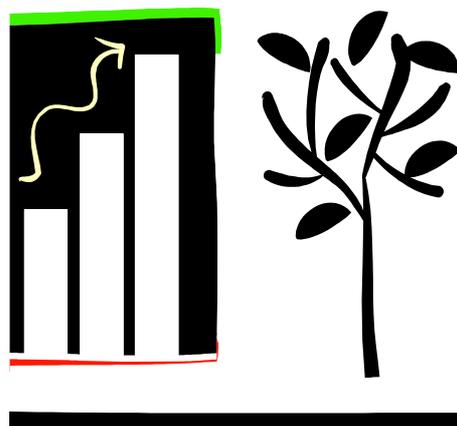
**Учреждение образования
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра инженерной экологии и химии

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным занятиям
по дисциплине**

«ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ»

**для студентов специальности 70 04 03
дневного и заочного обучения**



Брест 2002

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Основы экологии» студентами факультета водоснабжения и гидромелиорации. В них изложен практический материал, который позволяет студентам оценивать химическую и бактериологическую обстановку в почве и в водных объектах и использовать приобретенные знания в процессе проектирования водохозяйственных сооружений.

Составители: *П.П. Строкач*, зав. кафедрой инженерной экологии и химии, профессор, к.т.н.;
Н.П. Яловая, старший преподаватель кафедры инженерной экологии и химии.

Рецензент: *А.А. Волчек*, зам. директора отдела проблем Полесья НАН РБ, к.т.н.

© УО «Брестский государственный
технический университет» 2002

ВВЕДЕНИЕ

Современное экологическое состояние окружающей природной среды во многом не удовлетворяет требованиям человека и производства. Все ее составляющие загрязнены и требуют активного вмешательства человека, чтобы привести их к существующим природным стандартам. В связи с этим требуется не только глубокое теоретическое понимание происходящих в природной среде процессов, но умение своевременно предпринимать практические решения в улучшении экологической обстановки.

Предлагаемые студентам к выполнению лабораторные работы содержат практический материал, который позволяет оценивать влияние экологических факторов на биотические сообщества и их устойчивость, пригодность водных объектов к использованию для хозяйственно-питьевых, промышленных и культурно-бытовых целей, выявлять источники поступления загрязняющих веществ в окружающую водную среду и почву, методом лишеноиндикации вести наблюдения состояния воздушной среды.

Знания, полученные студентами в процессе выполнения лабораторного практикума по основам экологии, помогут будущим специалистам в области водоснабжения и водоотведения использовать материалы исследований в производственной и научной деятельности при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов водного хозяйства.

1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

1.1. АНАЛИЗ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Цель работы: описать и проанализировать состояние абиотических факторов окружающей среды, воздействующих на наземные экосистемы

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Существование живого организма или группы организмов зависит от комплекса определенных условий, или *экологических факторов среды*.

Экологический фактор - это движущая сила какого-либо процесса, любой элемент окружающей среды, способный оказать прямое или косвенное воздействие на живой организм хотя бы на одном из этапов его индивидуального развития, или любое условие среды, на которое организм отвечает приспособленческими реакциями.

Экологические факторы различаются происхождением, качеством, количеством, временем действия, режимом. Они подразделяются на *абиотические, биотические и антропогенные факторы*.

Абиотические экологические факторы - это компоненты и явления неживой, неорганической природы, так называемые силы и явления природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы.

Абиотические факторы подразделяются на: *климатические*, или *атмосферные* (свет и лучистая солнечная энергия, температура, влажность воздуха, осадки, снежный покров, атмосферное давление, газовый состав и движение воздуха (ветер), атмосферное электричество и др.); *почвенно-грунтовые (эдафические)*; *орографические (геоморфологические)* и *гидрологические*.

Абиотические факторы в значительной мере определяют состав, свойство и качество биосферы.

Климатические факторы оказывают на организмы как непосредственное, так и косвенное влияние. Известно, что от климатических условий зависит развитие растительности. Вместе с тем местные условия оказывают существенное влияние на климат. В частности, это относится к растительным сообществам, которые сильно трансформируют климат. Так, под пологом леса возникает особый микроклимат, резко отличающийся от микроклимата соседних открытых пространств.

Свет также считается наиболее важным физическим фактором, так как от него зависит процесс фотосинтеза земных растений и создание

растительной биомассы, от использования которой зависит жизнь на Земле.

В жизни всех животных и растений большую роль играет фотопериодизм, то есть воздействие света на группы организмов в зависимости от определенной продолжительности дня и ночи. По этому признаку животных, например, разделяют на дневных и ночных. Многие явления в сезонной жизни растений, динамика их роста и развития зависят от фотопериодических реакций. Изменения режима освещенности в течение суток оказывают влияние на жизнедеятельность растений и, в первую очередь, на интенсивность процесса фотосинтеза, который прекращается в темное время суток.

Между различными видами животных, растений и окружающей средой существуют сложные термические отношения. Последние обусловлены тем, что между температурой внешней среды и потребностями животных и растений в тепле существует определенное равновесие. При нарушении этого равновесия животные или растения могут погибнуть.

Важнейшими **гидрологическими факторами** существования растений и животных являются физические и химические свойства воды. Для нормального образа жизни живых организмов необходимо, чтобы постоянно поддерживался баланс между потреблением воды и ее испарением. Отдельные виды животных и растений характеризуются различными потребностями во влаге и в связи с этим предпочитают соответствующие местообитания.

Почвенно-грунтовые (эдафические) факторы по сравнению с другими факторами являются своеобразными и изменчивыми в пространстве. Своеобразие этих факторов состоит в том, что, во-первых, они не только воздействуют на организмы, но и принадлежат к средообразующим факторам, поскольку почва является также средой обитания для многих видов микроорганизмов, животных и растений. Во-вторых, почва представляет собой результат взаимодействия между горной породой, климатом и органическим миром (главным образом, микроорганизмами). В настоящее время на процесс почвообразования значительное влияние оказывает человек. В-третьих, почва является биокосным телом, поскольку она образуется в результате взаимодействия абиотических факторов (горной породы, климата) с биотическими факторами (растения, их остатки и микроорганизмы). Количество микроорганизмов в почве весьма велико. Так, например, в 1 г плодородной возделанной почвы содержится около 2 млрд. бактерий.

Орографический (геоморфологический) фактор - комплексный экологический фактор. От характера рельефа зависят степень увлажнения почвы и воздуха, температура поверхности, особенности освещения и др.

Большое значение имеет ориентировка склонов по отношению к сторонам света и, следовательно, к Солнцу, называемая экспозицией

склонов. От экспозиции зависит распределение и характер биогеоценозов. Так, например, склоны, обращенные к северу, - обычно холоднее и лучше увлажнены, почва на них более мощная, а склоны, обращенные на юг, - более сухие и теплые и характеризуются менее мощным почвенным покровом.

В современных условиях действие факторов окружающей среды часто определяется не природной обстановкой, а теми изменениями, которые внесены в нее человеком. Вся разнообразная деятельность человека, которая приводит к изменению природы как среды обитания всех живых организмов или непосредственно сказывается на их жизни, называется **антропогенными** (от греч. «anthropos» - человек и «genes» - происхождение) **факторами**. Причем деятельность человека может оказывать на природу прямое и косвенное воздействие. К прямому воздействию относятся истребление, размножение и расселение человеком как отдельных видов животных и растений, так и целых биоценозов. Косвенное воздействие осуществляется путем изменения среды обитания организмов, например, изменения климата, режима рек, распашка земель и т. д.

В настоящее время влияние человека на природу в значительной степени утратило локальный характер и имеет глобальное распространение. К сожалению, это влияние чаще всего имеет негативное значение и отрицательно сказывается на развитии животного и растительного мира, чистоте атмосферного воздуха и качестве природных вод и т.д.

Непосредственное влияние на живые организмы, а также на характер их отношений друг с другом оказывает вся совокупность экологических факторов среды: биотических, абиотических и антропогенных. Число всевозможных экологических факторов потенциально является неограниченным.

В данной лабораторной работе предлагается проанализировать состояние абиотических экологических факторов с помощью микроклиматических наблюдений и исследований состава и свойств почвы, т.е. климатические и эдафические факторы среды.

1.1.1. Изучение климатических факторов (микроклиматические наблюдения)

ХОД РАБОТЫ

Оборудование, материалы: *максимальный и минимальный термометры; термометр-пращ; совок; термометр-щуп; гигрограф или психрометр; компас; анемометр; фотометр; лопата; дозиметр-радиометр бытовой (ИРД-02Б1); стеклянная посуда и др.*

Микроклиматические наблюдения проводятся в следующем порядке. С учетом конкретных условий задается маршрут и точки наблюдений

на нем. В тетради дается подробное описание точек наблюдений. Протяженность маршрута - в пределах 300 м. Количество точек не менее трех.

В каждой точке необходимо определить температуру и влажность воздуха на высоте 20 и 150 см, направление и скорость ветра, температуру почвы на глубине 5 и 15 см, облачность, интенсивность света, уровень радиационного фона и радиационной безопасности.

Определение температуры и влажности воздуха

Минимальный и максимальный термометры устанавливаются горизонтально на месте, защищенном от прямого действия солнца, на опоре высотой 20 см. В момент наблюдения производится встряхивание максимального термометра, а затем он закрепляется на опоре не менее чем на 20 мин.

Минимальный термометр устанавливается резервуаром кверху, штифтик приводится в соприкосновение с поверхностью спирта в трубке, и в таком положении термометр закрепляется на опоре на то же время, что и максимальный.

В каждом периоде наблюдения по максимальному термометру отмечаются и записываются не только наибольшая температура, но и показания после встряхивания, которые близки к показанию сухого термометра-психрометра и фиксируют температуру воздуха на высоте 20 см.

Для определения температуры воздуха на высоте 150 см удобнее пользоваться термометром-пращем, который берется за привязанный к нему шнурок и быстро вращается над головой в течение одной минуты, после чего снимаются показания. При этом мениск столбика ртути в термометре должен находиться на уровне глаз.

Влажность воздуха определяется с помощью гигрометра, или психрометра Августа.

Определение температуры почвы

При определении температуры почвы термометр-щуп опускается на глубину 5, а затем 15 см. Фиксирование показаний производится не менее чем через 6 мин после каждого погружения.

Для измерения температуры поверхности почвы обычный ртутный термометр кладется на поверхность почвы так, чтобы резервуар с ртутью был наполовину погружен в землю.

Определение направления и скорости ветра

Средняя скорость ветра измеряется ручным чашечным анемометром Фусса. Прибор имеет 3 шкалы. Перед его включением снимаются показания вначале со шкалы, показывающей тысячи оборотов, затем -

сотни, затем показания большой стрелки (десятки, единицы). Во всех случаях берется меньшая из двух цифр, между которыми стоит стрелка. Прибор закрепляется на шесте или поднимается на вытянутой руке, при этом предварительно записываются показания стрелок. Через 5-10 мин прибор включается, и снова снимаются показания. Разница между ними указывает число оборотов за данный промежуток времени. Минуты переводятся в секунды, и таким образом вычисляется число оборотов в секунду.

Для определения скорости ветра можно также пользоваться шкалой Бофорта (табл. 1).

Направление ветра определяется с помощью выпела, или флажка, и компаса. Название ветра дается по названию той стороны горизонта, откуда он дует, и измеряется в румбах. Румб – одна из шестнадцати равных частей, на которые делится окружность горизонта. Установив по компасу сторону света, нетрудно определить и румбы направления ветра, которые записываются согласно принятым обозначениям: северный (С); южный (Ю); восточный (В); западный (З); северо-восточный (С-В); северо-западный (С-З); юго-восточный (Ю-В); юго-западный (Ю-З).

Таблица 1. Шкала Бофорта

Баллы	Сила ветра	Признаки для оценки силы ветра	Скорость ветра, м/с
0	Штиль	Листья на деревьях не колеблются, дым из труб поднимается вертикально, огонь от спички отклоняется	0
1	Тихий	Дым несколько отклоняется, но ветер не ощущается	1-2
2	Легкий	Листья на деревьях колыхаются, чувствуется ветер	2-3
3	Слабый	Качаются мелкие ветки, заметное ощущение ветра	3-5
4	Умеренный	Качаются ветки средней величины, поднимается пыль	5-7
5	Свежий	Качаются тонкие стволы деревьев и толстые ветки, образуется рябь на воде	8-10
6	Сильный	Качаются толстые стволы деревьев	10-12
7	Крепкий	Качаются большие деревья, идти против ветра трудно	12-15
8	Очень крепкий	Ветер ломает ветки и сучья	15-18
9	Шторм	Ветер ломает легкие постройки, валит заборы	18-22
10	Сильный	Деревья вырывает с корнем, сносит	22-25

	шторм	более прочные постройки	
11	Жестокий шторм	Ветер производит большие разрушения, валит телеграфные столбы, вагоны и т.п.	25-29
12	Ураган	Разрушает дома, каменные стены	Более 30

Определение облачности

Определение облачности производится визуально по 10-балльной системе. Если небо безоблачное или на нем имеется одно или несколько небольших облаков, занимающих менее одной десятой части всего небосвода, то облачность считается равной 0 баллов. При облачности, равной 10 баллам, все небо закрыто облаками. Если облаками покрыто 1/10, 2/10, или 3/10 частей небосвода, то облачность считается равной соответственно 1, 2, или 3 баллам.

Определение интенсивности света и уровня радиационного фона*

Для измерения освещенности применяются фотометры. По отклонению стрелки гальванометра определяется освещенность в люксах. Можно пользоваться фотоэкспонетрами.

Для измерения уровня радиационного фона и радиоактивной загрязненности используются дозиметры-радиометры ("Белла", "ЭКО", ИРД-02Б1 и др.). Обычно указанные приборы имеют два режима работы:

1) оценка радиационного фона по величине мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (мкЗв/ч), а также загрязненности по гамма-излучению проб воды, почвы, пищи, продуктов растениеводства, животноводства и т.д.;

*** Единицы измерения радиоактивности**

Активность радионуклида (A) - уменьшение числа ядер радионуклида за определенный интервал времени:

$$[A] = 1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ расп./с} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$

Поглощенная доза излучения (D) составляет энергию ионизирующего излучения, переданную определенной массе облучаемого вещества:

$$[D] = 1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад.}$$

Эквивалентная доза облучения (H) равна произведению поглощенной дозы на средний коэффициент качества ионизирующего излучения (K), учитывающий биологическое действие различных излучений на биологическую ткань:

$$[H] = 1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр.}$$

Экспозиционная доза (X) является мерой ионизирующего действия излучения, единицей которой является 1 Ки/кг или 1 Р:

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Ки/кг} = 0,88 \text{ рад.}$$

Мощность дозы (экспозиционной, поглощенной или эквивалентной) - это отношение приращения дозы за определенный интервал времени к величине этого временного интервала:

$$1 \text{ Зв/с} = 100 \text{ Р/с} = 100 \text{ бэр/с.}$$

2) оценка степени загрязненности бета-, гамма - излучающими радионуклидами поверхностей и проб почвы, пищи и др. (частиц/мин·см² или кБк /кг).

Предельно допустимая доза облучения составляет 5 мЗв /год.

Определение уровня радиационной безопасности

Определение уровня радиационной безопасности проводится на примере использования дозиметра-радиометра бытового (ИРД-02Б1):

1. Установить переключатель режима работы в положение «мкЗв/ч».

2. Включить прибор, для чего установить переключатель «выкл.- вкл.» в положение «вкл.». Примерно через 60 с после включения прибор готов к работе.

3. Поместить прибор в то место, где определяется мощность эквивалентной дозы гамма-излучения. Через 25-30 с на цифровом табло высветится значение, которое соответствует мощности дозы гамма-излучения в данном месте, выраженной в микрозивертах в час (мкЗв/ч).

4. Для более точной оценки необходимо брать среднее из 3-5 последовательных показаний.

Показание на цифровом табло прибора 0,14 означает, что мощность дозы составляет 0,14 мкЗв/ч или 14 мкР/ч (1 Зв = 100 Р).

Через 25-30 с после начала работы прибора необходимо снять три последовательных показания и найти среднее значение. Результаты оформить в виде табл. 2.

Таблица 2. Определение уровня радиации

№ опыта	Показания прибора			Среднее значение мощности дозы	
	1-е	2-е	3-е	мкЗв/ч	мкР/ч
1					
2					
3					

Оформление результатов микроклиматических наблюдений

Данные всех микроклиматических наблюдений фиксируются в тетради, а затем обрабатываются и оформляются в виде табл. 3.

Таблица 3. Результаты обработки микроклиматических наблюдений

№ п/п	Дата и время наблюдения	Температура воздуха на высоте, °С		Температура воздуха, °С		Влажность воздуха на высоте, %		Направление ветра	Скорость ветра, м/с	Температура почвы на глубине, °С		Температура поверхности почвы, °С	Облачность, баллы	Освещенность, лк/м
		20 см	150 см	max	min	20 см	150 см			5 см	15 см			
1														
2														
3														

Задание

Проанализируйте климатические факторы разных точек маршрута на основании полученных экспериментальных данных (табл.3).

1.1.2. изучение эдафических факторов

ХОД РАБОТЫ

Оборудование, реактивы: лабораторный ионометр, или рН-метр; весы лабораторные; линейка; совок; лопата; стеклянная посуда; бумажные фильтры и др.; 5 или 10%-ная соляная кислота HCl; раствор хлорида бария BaCl₂.

При изучении экологии животных и растений, их вертикального и горизонтального распределения в биогеоценозе, а также приуроченности к различным биотопам необходимо различать физические и химические свойства почвы, а также ее механический состав.

Проводя исследования, прежде всего, следует выяснить, свойства каких горизонтов почвы экосистемы (табл. 4) имеют первостепенное значение для живых организмов:

Таблица 4. Профиль подзола

Горизонт	Подгоризонт	Внешний вид	
А	L	Подстилка (1-5), рыхлая, пористая	
	F	Темно-коричневый слой, активные редуценты	
	H	Черный гумусовый слой	
	A	Темный серо-коричневый слой	Слой выщелачивания
Ea	Пепельно-серый слой		
В	Bh	Слой с большим содержанием гумуса, рыхлый	
	Btr	Железистый слой, твердый, темного оранжево-коричневого цвета	
	Bs	Слой плотного песка оранжевого цвета с большим содержанием железа и биогенных элементов	
C		Материнская порода. Глубина залегания горизонта С различна (обычно 80-120 см)	

Основная масса корней растений и животные почвы сосредоточены на глубине залегания подгоризонтов *A* и *Ea*, или *слоя выщелачивания*.

Во время проведения исследований измеряется толщина слоя каждого обнаруженного горизонта и подгоризонта, и изучаются их физико-химические свойства.

Определение физических свойств почвы

Влажность почвы обуславливает наличие дождевых червей, глубину залегания личинок насекомых, их окукливание. Определяется прямыми наблюдениями по шкале Раменского:

Балл 1: почва сухая, не холодит руки, почти не светлеет. Песок сыпучий, глина сбита в крепкие комки.

Балл 2: почва свежая, слегка холодит руки, очень слабо светлеет при высыхании. Прижатая к почве фильтровальная бумага увлажняется.

Балл 3: почва влажная, заметно холодит руки, высыхая значительно светлеет и увлажняет придавленную к ней фильтровальную бумагу. Песок легко формируется, глина и суглинок скатываются, при высыхании трескаются.

Балл 4: почва сырая, при высыхании сильно светлеет. На ощупь холодная. Приложенная обыкновенная бумага промокает.

Балл 5: почва мокрая, блестит, лоснится от покрывающей ее пленки воды, обнаруживается текучесть, не скатывается.

Плотность (твердость) почвы имеет большое значение для продвижения в ней организмов. Определяется по следующим признакам:

1) *очень твердая почва* представляет собой компактную массу, почти неподдающуюся копанию лопатой;

2) *почва средней твердости* (лопата входит в нее с некоторым усилием, в несколько приемов, но все же значительно легче, чем в первом случае, из ямы почва достается целыми пластами);

3) *рыхлая почва* (лопата входит сразу на весь штык, и при выбрасывании из ямы почва легко рассыпается).

Пластичность (скатываемость) почвы имеет значение для живых организмов при прокладывании и заделке нор. Она определяется на ощупь следующим образом: кусочек почвы сильно увлажняют (почти до состояния текучести, размазываемости), затем между ладонями раскатывают в наиболее тонкую "колбаску". Легкие почвы скатываются только в виде шарика. Чем тяжелее почва, тем легче она скатывается.

Механический состав почвы определяет ее термический режим. Глинистые и суглинистые почвы характеризуются большой теплоемкостью, что влияет, в свою очередь, на влажность.

В лабораторных исследованиях выделяют следующие механические

различия почв:

1) *глинистые*: почвенная масса с большим трудом растирается на ладони, в сухом состоянии твердая, во влажном – вязкая, пластичная и при скатывании образует тонкую длинную «колбаску», которая при сгибании в кольцо не разрывается; след от ножа дает узкую, мелкую и блестящую черту;

2) *суглинистые*: почва растирается без труда, хорошо видны песчинки, в сухом виде довольно плотная, во влажном – пластична, но «колбаска» при сгибании в кольцо разваливается; бороздка от ножа получается матовая и широкая;

3) *супесчаные*: почва растирается без труда, преобладают песчаные частицы, ссыхается в непрочные комки, по ходу движения ножа ощущается характерный хруст, края бороздки крошатся, в «колбаски» не скатывается;

4) *песчаные*: почва состоит исключительно из песчинок, в сухом состоянии сыпуча, во влажном – текучая масса.

Определение химических свойств почвы

От химических свойств почвы часто зависит распределение почвенной фауны и характер растительности. Во время проведения исследований определяются: *реакция почвы; наличие карбонатов; наличие сульфатов.*

1. **Реакция почвы (рН).** Для проведения химического анализа почвенной пробы необходимо приготовить почвенную вытяжку с извлеченными водорастворимыми солями:

- 50 г пробы почвы, пропустив через сито, помещают в коническую колбу;
- приливают 100 мл дистиллированной воды;
- колбу закрывают пробкой и встряхивают 3 мин.;
- раствор фильтруют через складчатый фильтр;
- полученную почвенную вытяжку используют для химического анализа.

Определение реакции почвы проводится с помощью *лабораторного ионометра, или рН-метра*. Настройку рН-метра проводят по стандартным буферным растворам. Перед каждым определением рН электроды промывают дистиллированной водой, высушивают фильтровальной бумагой, затем погружают в исследуемый фильтрат. Определение рН каждой пробы проводят 2 раза.

2. **Наличие карбонатов.** Определение карбонатов проводится 5 или 10%-ным раствором соляной кислоты *HCl*:

- несколько капель *HCl* капают на каждую исследуемую пробу почвы;
- отмечают реакцию и ее интенсивность: *бурное вскипание, вскипание или вспучивание.*

3. **Наличие сульфатов.** Определение сульфатов основано на осаждении сульфат-ионов SO_4^{2-} в кислой среде хлоридом бария $BaCl_2$:

- 50 г почвенной пробы помещают в складчатый фильтр;
- фильтруют разведенной соляной кислотой HCl ;
- на полученную вытяжку воздействуют несколькими каплями раствора хлорида бария $BaCl_2$.

Наличие сульфатов подтверждается выпадением осадка белого цвета.

Оформление результатов исследований

Данные о составе и свойствах почвы суммируются в виде табл. 5.

Таблица 5. Характеристика эдафических факторов наземных экосистем

№ п/п	Состав и свойства почвы	Горизонты и подгоризонты почвы*								
		А				В				С
		L	F	H	A	Ea	Bh	Btr	Bs	
1	Толщина слоя, см									
2	Влажность, балл									
3	Плотность (тв., ср.тв., рыхл.)									
4	Пластичность									
5	Механический состав (гл., сугл., супесч., песч.)									
6	рН почвы									
7	Наличие карбонатов**									
8	Наличие сульфатов**									

Задание

Сделайте краткий анализ полученных данных, с помощью которого должен быть выявлен характер взаимосвязи свойств почвы с микрокли-

* Физико-химические свойства изучаются на почвенных пробах обнаруженных горизонтов и подгоризонтов.

** Наличие или отсутствие карбонатов (сульфатов) следует отметить соответственно знаком «+» или «-».

матом, рельефом, растительностью и факторами антропогенного влияния.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите экологические факторы среды.
2. Дайте характеристику абиотических экологических факторов и их классификацию.
3. Какие экологические факторы относятся к антропогенным?
4. Как проводятся климатические наблюдения?
5. Каковы роль и значение эдафических экологических факторов в жизни организмов?

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисова С.И. Полевая практика по экологии: Учеб. Пособие. – Мн.: Універсітэцкае, 1999. – 120 с.
2. Кормилицын В.И., Цицкишвили М.С., Яламов Ю.И. Основы экологии. – М.: МПУ, 1997. 368 с.
3. Челноков А.А., Ющенко П.Ф. Основы промышленной экологии: Учеб. Пособие. – Мн.: Выш. шк., 2001. – 343 с.
4. Яловая Н.П., Строкач П.П. Экология и гидрохимия. Словарь – справочник: Справ. пособие. – Брест: БГТУ, 2002. – 244 с.: ил.

1.2. АНАЛИЗ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Цель работы: *изучить причины появления в воде загрязняющих веществ, методы контроля содержания их в воде и оценить пригодность источника для хозяйственно-питьевого водоснабжения на основе данных о качестве воды.*

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Гидросфера - прерывистая водная оболочка Земли, расположенная между атмосферой и земной корой и представляющая собой совокупность океанов, морей и водных объектов суши (реки, озера, водохранилища, болота, подземные воды), включая скопления воды в твердой фазе (снежный покров, ледники). Мировой океан занимает 71% поверхности Земли, его средняя глубина 3704 м, наибольшая - 11034 м, масса воды $1,5 \cdot 10^{18}$ т. Гидросфера служит естественным аккумулятором большинства загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу или литосферу. Это связано с большой растворяющей способностью воды, с круговоротом воды в природе, а также с тем, что водоемы являются конечным пунктом на пути движения различных сточных вод.

Присутствие загрязняющих веществ в водной среде оказывает влияние на жизнедеятельность отдельных живых организмов и на функционирование всей водной системы.

Природная вода является неоднородной средой. В ней присутствуют вещества в твердом, газообразном и истинно растворенном состоянии, множество микроорганизмов, находящихся в равновесии с окружающей средой.

Воздействие загрязнителей на природные водоемы различно. Тепловое загрязнение вызывает интенсификацию процессов жизнедеятельности водных организмов, что нарушает равновесие экосистемы. Минеральные соли опасны для одноклеточных организмов, обменивающихся с внешней средой осмотическим путем. Взвешенные вещества уменьшают прозрачность воды, снижают фотосинтез водных растений и аэрацию водной среды, способствуют заилению дна в зонах с малой скоростью течения, оказывают неблагоприятное воздействие на жизнедеятельность водных организмов-биофильтров. На взвешенных частицах могут сорбироваться различные загрязняющие вещества; оседая на дно, они могут стать источником вторичного загрязнения воды.

Загрязнение вод тяжелыми металлами не только оказывает экологический вред, но и наносит значительный экономический ущерб. Источниками загрязнения воды тяжелыми металлами служат гальванические цехи, предприятия горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии. При загрязнении воды нефтепродуктами на поверхно-

сти образуется пленка, препятствующая газообмену воды с атмосферой. В ней, а также в эмульсии тяжелых фракций накапливаются другие загрязнители, кроме того, сами нефтепродукты аккумулируются в водных организмах. Основными источниками загрязнения вод нефтепродуктами являются водный транспорт и поверхностный сток с городских территорий. Загрязнение водной среды биогенными элементами ведет к *эвтрофированию водоемов*¹.

Органические вещества-красители, фенолы, ПАВ, диоксины, пестициды и др. создают опасность возникновения токсикологической ситуации в водоеме. Особенно токсичными и устойчивыми в окружающей среде являются диоксины. Это две группы хлорсодержащих органических соединений относящихся к дибензодиоксинам и дибензофуранам. Один из них - 2,3,7,8-тетрахлордибензодиоксин (2,3,7,8 - ТХДД) является очень токсичным соединением. Токсическое действие различных диоксинов проявляется одинаково, но отличается по интенсивности. Диоксины накапливаются в окружающей среде, и концентрация их растет.

Изучение загрязнения воды имеет свои особенности. Как и при определении атмосферных загрязнений приходится определять малые количества веществ непостоянного состава в присутствии других загрязнителей. Отличие в том, что в незагрязненной воде постоянно содержатся органические и неорганические вещества сложного строения, кроме того, в воде протекают химические и фотохимические процессы, приводящие к изменению состава химических веществ. В химических превращениях большое участие принимают биологические объекты животного и растительного происхождения. Поэтому содержание кислорода является одним из важнейших показателей состояния водной системы.

Особое значение для правильной оценки загрязнения воды, и в том числе для отбора проб, имеет распределение веществ, которое зависит от многих локальных условий: скорости и характера движения воды, осадков, физико-химических свойств загрязняющих веществ, их устойчивости в воде и т. д. Обычно устанавливается динамическое равновесие между ними. Если условно рассеять водную массу вертикальной плоскостью, можно выделить места различной реакционной способности: поверхностную пленку, основную водную массу и донный осадок.

Донный осадок и поверхностная пленка являются зонами концентрирования загрязняющих веществ. На дно оседают нерастворимые в воде соединения, а осадок является хорошим сорбентом для многих веществ.

В воду могут попадать неразлагаемые загрязняющие вещества. Но они способны реагировать с другими химическими соединениями, обра-

¹ **Эвтрофирование водоемов** – чрезмерное обогащение водной среды питательными веществами (биогенными элементами и органическими веществами), способствующими усиленному развитию растительных и животных организмов.

зую устойчивые конечные продукты, которые накапливаются в биологических объектах (планктоне, рыбах и т. д.) и через пищевую цепь попадают в организм человека.

При выборе места отбора пробы воды учитываются все обстоятельства, которые могут оказать влияние на состав взятой пробы.

Различают две основные пробы: *разовую* и *среднюю*. **Разовую пробу** получают путем отбора требуемого объема воды за один раз. **Средняя проба** получается смешением равных объемов проб, отобранных через равные промежутки времени. Средняя проба тем точнее, чем меньше интервалы между отдельно взятыми составляющими ее пробами.

В зависимости от цели исследований *отбор проб* может быть *разовым и регулярным (серийным)*. **Разовый отбор проб** используется, когда:

- 1) измеряемые параметры подвержены большим изменениям во времени или (и) по глубине и акватории водоема;
- 2) известны закономерности изменений определяемых параметров;
- 3) требуются лишь самые общие представления о качестве воды в водоеме;
- 4) требуется периодическое определение возможных изменений состава вод в ранее хорошо изученных водоемах.

Регулярный (серийный) отбор проб – такой отбор проб, при котором каждая проба отбирается в определенной временной и (или) пространственной взаимосвязи с другими. Он дает наиболее определенную и надежную информацию о качестве вод.

При контроле качества вод поверхностных водоемов место отбора пробы выбирают в соответствии с целями анализа и на основании исследования местности. Чтобы исключить влияние случайных факторов местного характера, особенно внимательно надо обследовать притоки реки и источники загрязнения бассейна водоема, находящиеся выше места взятия пробы. За исключением наблюдений в специальных целях, не следует брать пробы воды на химический анализ в следующих пунктах:

- 1) подверженных непосредственному влиянию вод притоков;
- 2) вблизи вывода сточных вод или если берега загрязняются отбросами;
- 3) в участках слабого водообмена.

В поверхностных водоемах, в тех случаях, когда целью исследования не является поверхностный или придонный слой, пробу отбирают на глубине 20-30 см от поверхности и на таком расстоянии от дна, какое допускает аппаратура для отбора пробы. Пробы отбирают или смешанные по длине, или в ряде точек в поперечном сечении.

Пробу воды на анализ отбирают в чистую посуду, предварительно 2-3 раза сполоснув ее исследуемой водой. С открытых водоемов пробы отбирают в фарватере реки с глубины 50 см. Бутыль с грузом опускают

на глубину, после чего пробку открывают с помощью прикрепленного к ней держателя. Лучше для этой цели использовать специальные приборы - батометры, которые позволяют применять посуду разной формы и емкости. Батометр состоит из зажима, плотно обхватывающего посуду, и приспособления для открывания пробки на нужной глубине.

При длительном стоянии пробы могут произойти существенные изменения в составе воды, поэтому, если нельзя начать анализ воды сразу после отбора или через 12 часов после отбора, ее консервируют для стабилизации химического состава. Универсального консервирующего средства не существует.

Для определения качества воды выделяется 4 группы показателей: *группа 1* - показатели, характеризующие органолептические свойства воды;

группа 2 - показатели, характеризующие химический состав воды;

группа 3 - показатели, характеризующие эпидемиологическую безопасность воды;

группа 4 - показатели, характеризующие радиологический состав воды.

В данной лабораторной работе предлагается более подробно рассмотреть показатели группы 1,2 и 3.

ХОД РАБОТЫ

1.2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Органолептические свойства нормируются по интенсивности их восприятия человеком. Это – температура, прозрачность, мутность, цветность, запах, вкус и привкус, примеси (пленка, водные организмы).

Определение температуры воды

Оборудование, *ртутный термометр для измерения температуры воды со материалами:* *стоградусной шкалой и ценой деления 0,1°C; пробы воды.*

Температура воды является важнейшей характеристикой, в значительной мере определяющей скорость, а иногда и направление изменений ее качества. От температуры воды зависят протекающие в водоеме физические, химические, биологические и биохимические процессы.

Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более, чем на 3°C по сравнению со среднемесячной температурой за последние 10 лет.

Измерение температуры воды производят во время или сразу после *отбора пробы*. Для этого обычно используют комбинированные ртутные термометры с ценой деления 0,1°С.

Определение прозрачности воды

Оборудование, *стеклянный цилиндр с внутренним диаметром 2,5 см, высотой 50 см и плоским дном; шрифт (высота букв составляет 2 мм, а толщина линий букв - 0,5 мм); линейка; пробы воды.*

Прозрачность (или светопропускание) воды обусловлена ее цветом и мутностью, т.е. содержанием в ней различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ.

Степень прозрачности воды выражается высотой столба жидкости в см, через который отчетливо виден специальный шрифт. Воду в зависимости от степени прозрачности подразделяют на: *прозрачную; слегка мутную; мутную; сильно мутную.*

Прозрачностью не менее 30 см должны обладать воды, подаваемые для питьевого водоснабжения без осветления. Речные воды, кроме горных, могут иметь прозрачность 25 см. Уменьшение прозрачности природных вод свидетельствует об их загрязнении.

Исследуемую воду наливают в цилиндр, под дно которого подкладывают шрифт. Воду наливают до тех пор, пока сверху через слой воды можно будет отчетливо прочесть подложенный шрифт. Высоту столба воды в цилиндре измеряют линейкой. Определение производят при хорошем дневном рассеянном освещении на расстоянии 1 м от светонесущей стены. Измерения повторяют несколько раз (не менее 3-4-х), и за окончательный результат принимают среднее значение единичных измерений.

Определение осадка в воде

Оборудование, *стеклянный цилиндр; пробы воды.*
материалы:

Взболтанную в бутылке воду наливают в цилиндр слоем примерно 30 см и оставляют в покое на 1 час, если вода отобрана из открытого водоема, или на 1 сутки, если вода взята из подземных источников. *Осадок* оценивают *количественно* (нет, незначительный, заметный, большой) и *качественно* (песчаный, глинистый, илистый, кристаллический, хлопьевидный). Отмечают также цвет осадка. Большой осадок свидетельствует о загрязнении воды.

Определение цветности воды

Оборудование, *фотоколориметр; цилиндр на 100 мл; мерные колбы на 1 л;*

**реактивы,
материалы:**

дистиллированная вода; стандартный раствор №1 (0,0875 г бихромата калия, 2 г сульфата кобальта и 1 мл серной кислоты с плотностью 1,84 г/мл растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до 1 л. Раствор соответствует цветности 500 град.); раствор №2 (1 мл конц. H₂SO₄ доводят дистиллированной водой до 1 л); пробы воды.

Цветность - природное свойство воды, обусловленное наличием гуминовых веществ, которые придают ей окраску от желтоватого до коричневого цвета. Гуминовые вещества образуются при разрушении органических соединений в почве, вымываются из нее и поступают в открытые водоемы. Поэтому цветность свойственна воде открытых водоемов и резко увеличивается в паводковый период. Цветность воды определяется в градусах. Вода, имеющая цветность 20 град., считается бесцветной. Вода, не подвергающаяся перед подачей потребителю обесцвечиванию, должна иметь цветность не выше 20 град. При цветности выше 35 град. водопотребление ограничивают.

Цветность определяется визуальным и фотоколориметрическим методами. Для визуального определения в колориметрический цилиндр наливают 100 мл профильтрованной исследуемой воды и, просматривая окраску контрольных растворов сверху вниз, находят цилиндр, окраска жидкости в котором совпадает с окраской воды в цилиндре с исследуемой водой.

Более точное определение цветности производится на фотоэлектроколориметре. Для этого строят градуированный график по хромово-кобальтовой шкале цветности. Растворы с различной цветностью фотометрируют в кювете на 5 см в синей части спектра относительно профильтрованной дистиллированной воды.

Для приготовления шкалы цветности приготавливают растворы №1 и №2 и смешивают их в цилиндрах в следующих соотношениях (табл.6.):

Таблица 6. Хромово-кобальтовая шкала цветности

Раствор №1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16
Раствор №2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	84
Градусы цветности, град.	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70

Определение запаха воды

Оборудование, водяная баня; термометр для измерения температуры воды;
материалы: колбы конические; пробирки; пробы воды.

Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в нее:

- в результате процессов жизнедеятельности водных организмов;

- при биохимическом разложении органических веществ;
- при химическом взаимодействии компонентов, содержащихся в водоеме;
- со сточными водами предприятий химической, металлургической, нефтеперерабатывающей, машиностроительной, и др.;
- при обработке питьевой воды.

Вид, интенсивность и устойчивость запаха могут быть различны и зависят от состава обуславливающих его веществ, температуры, активной реакции среды (рН), степени загрязненности и др. Чистые природные воды запахов не имеют.

Выделяют следующие основные виды запаха (табл. 7):

Таблица 7. Виды запаха

Классификация запахов	Сокращение	Примеры или возможные источники
Ароматный или пряный	A	<i>Камфара, гвоздика, лаванда</i>
Огуречный	Ae	<i>Свежий огурец</i>
Бальзамический (цветочный)	B	
Сладковатый	Bs	
Химический	C	<i>Промышленные сточные воды или химическая обработка</i>
Хлорный	Co	<i>Свободный хлор</i>
Углеводородный	Ch	<i>Стоки нефтеочистительных заводов</i>
Лекарственный	Cm	<i>Фенол, йодоформ</i>
Сернистый	Cs	<i>Сероводород</i>
Навозный	Dp	<i>Сточные воды животноводства</i>
Гнилостный	Dz	<i>Застоявшиеся сточные воды</i>

Запах оценивается в баллах. Водой, не имеющей запаха, считается такая вода, запах которой не превышает 2 баллов. Наличие запаха в воде в значительной мере ухудшает органолептические свойства, делая ее непригодной для питья. Для определения интенсивности запаха обычно пользуются системой баллов, предложенной в табл. 8.

Определение запаха производят вскоре после отбора пробы. Пробы не фильтруют и не консервируют.

Метод основан на определении вида и интенсивности запаха при температурах 20 и 60°С.

Определение запаха необходимо производить в помещении, изолированном от проникновения посторонних запахов. Обязательно следует указывать температуру окружающего воздуха. Для исключения субъективной ошибки целесообразно сотрудничество нескольких лиц.

В коническую колбу при 20°С приливают исследуемую пробу воды и сразу закрывают ее пробкой. Для определения используют 100-250 мл пробы. Содержимое несколько раз встряхивают. Затем колбу открывают и немедленно органолептически определяют характер запаха и его интенсивность.

В другую колбу также приливают исследуемую пробу объемом 100-250 мл, и горлышко закрывают стеклом. Колбу подогревают на водяной бане до 60°С, перемешивают содержимое осторожным встряхиванием, открывают колбу и немедленно органолептически устанавливают характер и интенсивность запаха.

Таблица 8. Интенсивность запаха воды

Интенсивность запаха, балл	Характеристика	Проявление запаха
0	Никакого запаха	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабый	Запах, не замечаемый потребителем, но определяемый потребителем в исследованиях
2	Слабый	Запах, обнаруживаемый потребителем
3	Заметный	Запах, легко обнаруживаемый (вода неприятна для питья)
4	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание, заставляющий воздержаться от питья и делающий воду непригодной для питья
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду совершенно непригодной

Определение вкусов и привкусов воды

Оборудование, *термометр для измерения температуры воды; колбы конические; пробирки; пробы воды.*

Вкусы и привкусы определяются в баллах. Водой без привкусов называется такая вода, привкусы которой не превышают 2 баллов.

Определение ведется с заведомо безопасной водой при 20°С. Воду набирают в рот малыми порциями, не проглатывая. Отмечают наличие *вкуса (солёный, горький, кислый, сладкий)* или *привкуса (щелочной, железистый, металлический, вяжущий и т. д.)* и их интенсивность в баллах по шкале, аналогичной определению интенсивности запаха (см табл. 8).

При интенсивности вкусов и привкусов выше 2 баллов ограничивается водопотребление, т.к. сильные вкусы и привкусы могут быть показателями загрязнения воды загрязненными сточными водами или

свидетельствуют о наличии биологически активных веществ, выделяемых сине-зелеными водорослями.

1.2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ

Природный состав воды характеризуется следующими показателями: сухой остаток, общая жесткость, водородный показатель pH, общая щелочность, содержание катионов и анионов: Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} . Показателем присутствия химических веществ, поступающих в водоисточник со сточными водами, является содержание в воде *Al, Be, Mn, Cu*, полифосфатов *Pb, Zn, Ag, V*, радия-226, стронция-90, As и др. Железо содержится в чистых природных водах, но поступает оно также в водоемы и со сточными водами.

Определение состава и свойств воды

по водородному показателю (pH)

Оборудование, лабораторный ионметр, или pH-метр; термометр ртутный
материалы: со стоградусной шкалой; стеклянные стаканы вместимостью 50 мл; бумажные фильтры; пробы воды.

Водородный показатель, или активная реакция среды (pH), характеризует активность или концентрацию ионов водорода в растворах и представляет собой отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов:

$$pH = -\lg[H^+].$$

Согласно классической теории электролитической диссоциации, произведение концентрации водородных и гидроксильных ионов при определенной температуре представляет постоянную величину - константу диссоциации:

$$[H^+] \times [OH^-] = K_w \text{ (при температуре } 20^\circ\text{C } K_w \text{ равна } 10^{-14}\text{)}.$$

Нейтральность воды и водных растворов характеризуется равенством концентраций водородных и гидроксильных ионов, следовательно,

- при $[H^+] > 10^{-7}$, $[OH^-] < 10^{-7}$ растворы имеют кислую реакцию;
- при $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ - нейтральную реакцию;
- при $[H^+] < 10^{-7}$, $[OH^-] > 10^{-7}$ - щелочную реакцию.

В соответствии с этим в кислых растворах $pH < 7$, в нейтральных - $pH = 7$, в щелочных - $pH > 7$.

Водородный показатель играет важную роль в определении качества воды. В речных пресных водах его значение обычно колеблется от 6,5 до 8,5; в атмосферных осадках - от 4,6 до 6,1; в болотных водах - от 5,5 до 6,0; в воде океана от 7,9 до 8,3; в шахтных и рудных водах иногда достигает 1,0; а в воде содовых озер и термальных источников - 10,0. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям - зи-

мой водородный показатель для большинства речных вод составляет 6,8-7,4, летом - 7,4-8,2.

Концентрация ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, протекающих в природных водах. От водородного показателя зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, степень агрессивности воды по отношению к металлам и бетону и др. На его величину влияют: повышенная концентрация в воде гуминовых кислот (например, в водах болотного характера, подверженных гидролизу солей), «цветение» водоемов, загрязнение их стоками промышленных предприятий и другие факторы.

Постоянство рН, от которого зависит протекание в воде различных биологических и физико-химических процессов, поддерживается в природных водах гидрокарбонатной буферной системой, состоящей из растворенной в воде угольной кислоты H_2CO_3 , гидрокарбонатных HCO_3^- и карбонатных CO_3^{2-} ионов.

Для определения рН воды применяются специальные реактивы – индикаторы, а также приборы - рН-метры со стеклянными электродами. С помощью универсальной индикаторной бумаги можно определить рН с точностью до 0,2-0,3 единиц рН. Измерение рН цветных растворов и суспензий индикаторным способом невозможно.

Электрометрический (потенциометрический) метод определения рН воды отличается большой точностью (до 0,02) и позволяет проводить исследование практически в любой воде независимо от ее окраски, мутности, солевого состава.

Метод основан на измерении разности потенциалов, возникающих на границах между внешней поверхностью стеклянной мембраны электрода и исследуемым раствором, с одной стороны, и внутренней поверхностью мембраны и стандартным раствором – с другой. Внутренний стандартный раствор стеклянного электрода имеет постоянную концентрацию ионов водорода, поэтому потенциал на внутренней поверхности мембраны не меняется. Измеряемая разность потенциалов определяется потенциалом, возникающим на границе внешней поверхности электрода и исследуемого раствора. Пределы линейной зависимости потенциала электрода от рН обусловлены свойствами стеклянного электрода. Стеклянный электрод применяют для измерения рН от 1 до 12,7.

Для измерения рН можно пользоваться потенциометрами (рН-метрами) различных марок. Стеклянные электроды этих приборов калибруются по буферным растворам.

Соединения железа, сероводорода, мышьяка, свободный хлор, взвешенные вещества и коллоиды на измерение концентрации ионов водорода в природных водах не влияют. Результат определения рН зависит от температуры воды.

ХОД РАБОТЫ

Перед измерением водородного показателя рН прибор проверяют по стандартным буферным растворам. Электроды промывают дистиллированной, затем исследуемой водой, после чего погружают в тщательно перемешанную исследуемую воду.

Величину потенциала стеклянного электрода отсчитывают в единицах рН, округляя до 0,05-0,1.

Для каждой пробы определение рН проводят 2 раза.

Определение состава и свойств воды по общей, карбонатной и гидрокарбонатной щелочности

Оборудование, колба коническая емкостью 250 мл (2 шт.), пипетка емкостью 100 мл, капельница (2 шт.), бюретка на 100 мл, пробы воды;
материалы: HCl, 0,1 н. раствор; метиловый оранжевый, 0,03%-ный раствор; фенолфталеин, 0,1 %-ный раствор.

Щелочность воды обусловлена наличием в ней гидроксильных ионов OH^- , а также анионов HCO_3^- , CO_3^{2-} , HS^- , $HSiO_3^-$, SiO_3^{2-} , HPO_4^{2-} и других, представляющих соли слабой кислоты и сильного основания.

Щелочность большинства природных вод зависит в основном от содержания солей угольной кислоты (гидрокарбонатов и карбонатов). Поэтому различают обычно лишь гидрокарбонатную и карбонатную щелочность. Некоторые приемы обработки воды при рН выше 8,4 приводят к появлению гидратной щелочности.

ХОД РАБОТЫ

Определение общей щелочности производится титрованием и основано на реакции образования нейтральных солей при титровании воды соляной кислотой. Общая щелочность воды обусловлена присутствием ионов OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} .

К 100 мл исследуемой воды, отмеренной пипеткой в коническую колбу на 250 мл, добавляют 2-3 капли раствора фенолфталеина. Если появится розовая окраска, воду титруют 0,1н. раствором соляной кислоты до обесцвечивания. Затем в ту же пробу добавляют 2-3 капли раствора метилового оранжевого и продолжают титрование 0,1н. раствором соляной кислоты до перехода окраски из желтой в розовую. Записывают объем 0,1н. раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование с фенолфталеином, и общий объем 0,1 н. раствора соляной кислоты, израсходованный на все титрование.

Общую щелочность $Щ_{ОБЩ}$ (мг-экв/дм³) воды вычисляют по формуле:

$$\text{Щ}_{\text{ОБЩ}} = \frac{V_1 \cdot N \cdot 1000}{V_2},$$

где V_1 - общий объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование взятого объема исследуемой воды, мл; N - нормальность раствора соляной кислоты; V_2 - объем воды, взятой для исследования, мл.

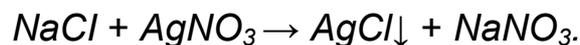
Для каждой пробы определение общей щелочности проводят 2 раза.

Определение состава и свойств воды по содержанию хлоридов

Оборудование, конические колбы (250 мл); пипетки (10 мл); цилиндры мерные (100 мл); бюретки для титрования; дистиллированная вода;
реактивы, 0,01 н раствор AgNO_3 (растворяют 1,6987 г AgNO_3 в 1 л дистиллированной воды); 0,01 н раствор NaCl (готовится из фиксанала); 5 %-ный раствор K_2CrO_4 ; пробы воды.
материалы:

Высокая растворимость хлоридов объясняет широкое распространение их во всех природных водах. В проточных водоемах содержание хлоридов обычно невелико (20-30 мг/дм³). Незагрязненные грунтовые воды в местах с несолончаковой почвой обычно содержат до 30-50 мг/дм³ хлоридов. В водах, фильтрующихся через солончаковую почву, в 1 дм³ могут содержаться сотни и даже тысячи миллиграммов хлоридов. Вода, содержащая хлориды в концентрации более 350 мг/дм³, имеет солоноватый привкус, а при концентрации хлоридов 500-1000 мг/дм³ неблагоприятно влияет на желудочную секрецию. Повышенное содержание хлоридов является показателем загрязнения подземных и поверхностных водных источников и сточных вод. Определение хлоридов ведется по методу Мора.

Принцип метода Мора основан на осаждении хлоридов азотно-кислым серебром AgNO_3 в присутствии хромата калия K_2CrO_4 . При наличии в растворе хлоридов AgNO_3 связывается с ними, а затем образует хромат серебра оранжево-красного цвета:



ХОД РАБОТЫ

Вначале устанавливают титр AgNO_3 . Для этого в коническую колбу вместимостью 250 мл вносят 10 мл раствора NaCl и 90 мл дистиллированной воды, прибавляют 5 капель K_2CrO_4 . Содержимое колбы титруют

раствором $AgNO_3$ до перехода лимонно-желтой окраски мутного раствора в оранжево-красную, не исчезающую в течение 15-20 с.

Поправочный коэффициент к титру $AgNO_3$ рассчитывают по результатам трех титрований:

$$K = \frac{30}{\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3},$$

где: Π_1, Π_2, Π_3 - объем $AgNO_3$ использованный на каждое из трех титрований, мл.

При содержании хлоридов менее 250 мг/дм^3 берут 100 мл фильтрованной испытуемой воды. При большем содержании хлоридов берут 10-50 мл. Испытуемую воду наливают в две конические колбы, доводят до 100 мл дистиллированной водой, прибавляют 5 капель раствора K_2CrO_4 . Раствор в одной колбе титруют $AgNO_3$, а вторая колба используется для контроля.

Содержание хлоридов в воде рассчитывается по формуле:

$$X = \frac{\Pi \cdot K \cdot 0,355 \cdot 1000}{V},$$

где: X - содержание хлоридов, мг/дм^3 ; Π - количество раствора $AgNO_3$, истраченное на титрование, мл; K - поправочный коэффициент к титру; 0,355 - эквивалентное количество хлора, соответствующее 1 мл 0,01 н раствора $AgNO_3$, мг; V - объем исследуемой пробы, мл (дм^3).

Для каждой пробы определение хлоридов проводят 2 раза.

Определение состава и свойств воды по общей жесткости

Оборудование, бюретка (1 шт.); пипетки: 15 мл (1 шт.), 100 мл (1 шт.); колба коническая 250 мл (1 шт.); капельница (1 шт.); мерный цилиндр 100 мл (1 шт.); **реактивы,** раствор трилона Б $\approx 0,05 \text{ н}$; раствор $MgSO_4$ 0,05 н; аммиачный буферный раствор ($NH_4OH + NH_4Cl$); индикатор хромоген черный; **материалы:** пробы исследуемой воды.

Жесткость воды - это ее природное свойство, обусловленное содержанием в ней ионов кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} .

Различают *общую, карбонатную и некарбонатную жесткость воды.*

Общая жесткость (J_0) – это сумма карбонатной и некарбонатной жесткости воды.

Карбонатная жесткость (J_K) – это жесткость воды, обусловленная присутствием в ней гидрокарбонатов и карбонатов кальция ($Ca(HCO_3)_2, CaCO_3$) и магния ($Mg(HCO_3)_2, MgCO_3$).

Часто карбонатную жесткость называют *временной*, т.к. из воды при кипячении легко удаляются труднорастворимые карбонат кальция $CaCO_3$ и гидроксид магния $Mg(OH)_2$ (последний образуется при подщелачивании воды, содержащей карбонат магния).

Некарбонатная жесткость ($J_{НК}$) характеризуется присутствием в воде хлоридов, сульфатов и др. некарбонатных солей кальция и магния ($CaCl_2$, $MgCl_2$, $CaSO_4$, $CaSiO_3$, $MgSO_4$, $MgSiO_3$ и др.).

Некарбонатную жесткость иногда называют *постоянной*, т.к. даже при кипячении обуславливающие ее некарбонатные соли кальция и магния имеют высокую растворимость и из воды не удаляются.

Зная общую и карбонатную жесткости, некарбонатную жесткость рассчитывают по формуле:

$$J_{НК} = J_0 - J_к.$$

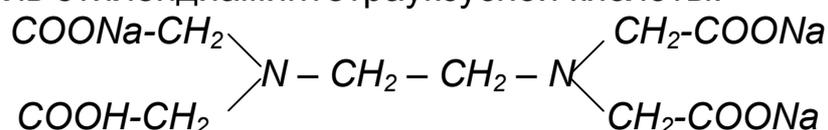
Воду с общей жесткостью до 3,5 мг-экв/дм³ называют *мягкой*, от 3,5 до 7 мг-экв/дм³ - *средней жесткости*, от 7 до 10 мг-экв/дм³ - *жесткой*, свыше 10 мг-экв/дм³ - *очень жесткой*.

Вода с жесткостью свыше 10 мг-экв/дм³ часто имеет неприятный вкус. Резкий переход при пользовании от мягкой к жесткой воде, а иногда и наоборот, может вызвать у людей диспепсические явления.

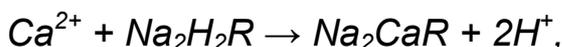
Состояние больных почечно-каменной болезнью ухудшается при пользовании очень жесткой водой. Жесткие воды способствуют появлению дерматитов. При повышенном поступлении в организм кальция с питьевой водой на фоне йодной недостаточности чаще возникает зубная болезнь. Для питьевых целей предпочитают воду средней жесткости, для хозяйственных и промышленных целей - мягкую воду.

Исходя из этого, общая жесткость для воды, не подвергающейся специальной обработке, установлена на уровне 7 мг-экв/дм³.

Для определения общей жесткости пользуются трилометрическим методом. Основным рабочим раствором является трилон Б - двунариевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты:



Определение суммарного содержания ионов кальция и магния основано на способности трилона Б образовывать с этими ионами прочные комплексные соединения в щелочной среде, замещая свободные ионы водорода на катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} :



где R - радикал этилендиаминтетрауксусной кислоты. В качестве индикатора используется хромоген черный, дающий с Mg^{2+} соединение вино-красного цвета, при исчезновении Mg^{2+} он приобретает голубую окраску. Реакция идет при $pH \approx 10$, что достигается добавлением в пробу аммиачного буферного раствора ($NH_4OH + NH_4Cl$). В первую очередь связываются ионы кальция, а затем магния.

Определению мешают ионы меди ($>0,002$ мг/дм³), марганца ($>0,05$ мг/дм³), железа ($>1,0$ мг/дм³), алюминия ($>2,0$ мг/дм³).

Ход работы

1. **Определение нормальности трилона Б** производится по стандартному 0,05 н раствору $MgSO_4$.

В коническую колбу отмеряют пипеткой 15 мл 0,05 н раствор $MgSO_4$, добавляют 85 мл дистиллированной воды (до 100 мл мерным цилиндром), приливают 5 мл аммиачного буферного раствора и 5 капель индикатора хромогена черного, после чего проводят медленное титрование при интенсивном взбалтывании раствором трилона Б ($\approx 0,05$ н).

Пробу титруют до появления голубой окраски от одной прилитой капли трилона Б, что свидетельствует об исчезновении ионов Mg^{2+} .

Дальнейшее прибавление трилона Б не изменяет голубой окраски раствора, поэтому следует внимательно следить за постепенным изменением окраски от винно-красной через переходные окраски (фиолетовую, грязно-синюю) до голубой.

Титрование проводится дважды. Поправочный коэффициент к нормальности трилона Б рассчитывают по формуле:

$$K = \frac{n_{мл}(MgSO_4)}{n_{мл}(трилона Б)}$$

2. **Определение общей жесткости пробы.**

В коническую колбу отмеряют 100 мл испытуемой воды, добавляют 5 мл аммиачного буферного раствора, индикатор (в том же количестве, что и при определении поправочного коэффициента), и медленно при интенсивном помешивании титруют раствором трилона Б до переходной окраски. Определение повторяют и берут средний результат.

Вычисление общей жесткости (J_0) в мг-экв/дм³ производят по формуле:

$$J_0 = \frac{n \cdot N \cdot K \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2}, мл$$

где: n - количество трилона Б, израсходованное на титрование, мл; N - нормальность трилона Б; K - поправочный коэффициент к нормальности трилона Б; V_1 - объем раствора трилона Б на титрование пробы воды, мл; V_2 - объем пробы, мл.

Мутные воды предварительно отфильтровывают, кислые – нейтрализуют щелочью.

1.2.3. **Определение показателей, характеризующих эпидемиологическую безопасность воды**

Показатели, характеризующие эпидемиологическую безопасность воды, делятся на две подгруппы:

1 подгруппа - *санитарно-микробиологические показатели*,

2 подгруппа - *санитарно-химические показатели*.

К первой подгруппе относятся: *микробное число, коли-индекс, коли-титр, наличие патогенных бактерий и вирусов*.

Микробное число - это общее число колоний, вырастающих в течение 24 часов при температуре 37°C при посеве 1 см³ исследуемой воды на 1,5%-ный мясо-пептонный агар.

Коли-индекс показывает количество кишечных палочек (коли) в 1 мл воды.

Коли-титр - это наименьшее количество воды, в котором обнаруживается хотя бы одна кишечная палочка. Многолетний опыт показал, что вода безопасна в эпидемиологическом отношении, если ее коли-индекс не выше 3.

Санитарно-микробиологические показатели являются основными показателями эпидемиологической безопасности воды. *Санитарно-химические показатели* относятся к косвенным показателям. Эти показатели характеризуют наличие органических веществ или продуктов их распада (*перманганатная и бихроматная окисляемость, биохимическое потребление кислорода, наличие в воде азотсодержащих веществ*). Для их определения применяют различные химические методы.

Перманганатная и бихроматная окисляемость показывают количество кислорода в окислителях (кислых растворах перманганата или бихромата калия), затраченное на окисление растворенного органического вещества.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) - количество растворенного кислорода, потребляемого на окисление органического вещества под действием микроорганизмов за определенный промежуток времени.

Наличие в воде азотсодержащих веществ: в природных водах суши соединения азота встречаются как в минеральных, так и в органических формах. К минеральным формам относятся ионы аммония NH_4^+ , нитриты NO_2^- ; нитраты NO_3^- . Органические формы представлены низкомолекулярными соединениями (аминокислоты, амины, мочевины и др.). Концентрация азота в поверхностных водах суши колеблется от сотен микрограммов до единиц миллиграммов в дм³.

Соли аммония, азотистой и азотной кислоты, хлориды могут находиться в воде водоемов как продукты разложения органических остатков, фекалий и мочи. С ними могут поступать в водоем возбудители инфекционных заболеваний, поэтому эти вещества являются косвенными показателями эпидемиологической опасности воды. По количеству азотсодержащих соединений и по их соотношению судят о наличии загрязнения, его давности или постоянстве поступления загрязнений в водоем. Так, наличие в воде только солей аммония при соответствующих бактериологических данных является показателем свежего органического загрязнения водоисточника; присутствие в воде солей азотистой и азотной

кислоты при отсутствии или следах солей аммония - показатель заканчивающегося самоочищения воды; наличие в воде всей триады азотсодержащих веществ - показатель постоянного загрязнения водоема органическими веществами.

Но необходимо учитывать и возможность природного содержания этих соединений в воде или попадания их с растительными остатками. В этом случае большое значение имеют динамические наблюдения за составом воды. О степени органического загрязнения воды можно судить по величине окисляемости воды. Высокая окисляемость или резкие колебания ее (вне сезона) могут указывать на постоянное поступление органических антропогенных загрязнений в водоем.

Оформление результатов исследований

Данные всех проведенных исследований по определению показателей качества исследуемых проб воды заносят в табл. 9:

Таблица 9. Характеристика абиотических факторов водной среды

№ п/п	Абиотический фактор	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3	Проба № 4	Проба № 5
1	Температура, °С					
2	Прозрачность, см					
3	Осадок: количеств. оценка качествен. оценка					
4	Цветность, град.					
5	Запах, балл					
6	Интенсивность запаха, балл					
7	Вкус					
8	Интенсивность вкуса, балл					
9	Привкус					
10	Интенсивность привкуса, балл					
11	рН воды, мг-экв/дм ³					
12	Общая щелочность, мг-экв/дм ³					
13	Хлориды, мг/дм ³					
14	Общая жесткость, мг-экв/дм ³					

ЗАДАНИЕ

Определите качество исследуемых проб воды по показателям групп А и Б. Оцените пригодность источников для хозяйственно-питьевого водоснабжения, используя данные проведенных исследова-

ний проб воды (табл. 9). Укажите причины появления в воде загрязняющих веществ и методы контроля содержания их в воде.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как происходит загрязнение гидросферы?
2. Каковы особенности изучения абиотических факторов водных экосистем?
3. Как ведется отбор проб воды? Перечислите виды проб воды.
4. Назовите группы показателей определения качества воды. По каким показателям и свойством определяется качество воды?
5. Назовите органолептические свойства воды и особенности их определения.
6. Назовите химические показатели качества воды, и особенности их определения.
7. Назовите показатели, характеризующие эпидемиологическую безопасность воды, и особенности их определения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисова С.И. Полевая практика по экологии: Учеб. пособие. – Мн.: Універсітэцкае, 1999. – 120 с.
2. Строкач П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод: Учеб. пособие. – Мн.: Выш. школа, 1980. – 320 с.: ил.
3. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гумманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.: ил.
4. Яловая Н.П., Строкач П.П. Экология и гидрохимия. Словарь – справочник: Справ. пособие. – Брест: БГТУ, 2002. – 244 с.: ил.

1.3. ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БИОТЫ

Цель работы: установить порог повреждения живых клеток от экстремальных температур, изучить действие солей тяжелых металлов на животные и растительные белки, выявить разницу их устойчивости.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Жизнь на Земле сформировалась под действием условий среды. Последняя представляет собой совокупность энергии, материальных тел, явлений, которые находятся во взаимодействии (прямом и косвенном). Понятие это очень обширное: от космических воздействий Вселенной на Солнечную систему, влияния Солнца, как основного источника энергии, на земные процессы до непосредственных воздействий окружающей среды (в том числе и человека) на отдельную особь, популяцию, сообщество. В понятие условий среды входят компоненты, не влияющие или мало влияющие на жизнедеятельность организмов (инертные газы атмосферы, абиогенные элементы земной коры) и те, которые существенно влияют на жизнедеятельность биоты. Их называют *экологическими факторами* (свет, температура, вода, движения воздуха и его состав, свойства почв, засоление, радиоактивность и др.). Экологические факторы действуют совместно, хотя в ряде случаев один фактор преобладает над другими и является определяющим в ответных реакциях живых организмов (например, температура в арктической и субарктической зонах или пустынях).

Все экологические факторы воспринимаются разными видами организмов по-разному. Однако все действия проходят через клетки и их компоненты, межклеточные и тканевые взаимодействия выражаются в определенных реакциях изменения метаболизма, функций и, в конце концов, морфологических изменений организмов и их сообществ. Большую роль в восприятии экологических факторов играют мембраны клеток, цитоплазма и различные органеллы.

Действия стрессовых экологических факторов выражаются в изменении или нарушении структур клеток, тканей и физиологических функций всего организма, популяций, сообществ. Эти изменения определяются как силой и характером действия самого фактора, так и устойчивостью организма.

В данной лабораторной работе предлагается провести исследования по действию экологических факторов на клетку и организм: абиотических (высокие температуры) и антропогенных (солей тяжелых металлов). Влияние факторов выражается в изменении проницаемости покровных тканей листа (при проникновении кислоты, при действии высо-

ких температур), изменении в компонентах клетки (плазмолиз, разрушение хлорофилла, его *феофитинизация*¹, коагуляция белка), а также в нарушении жизнедеятельности отдельных органов растений (листья, побеги).

При использовании в работах солей тяжелых металлов применяют их концентрации, которые редко встречаются в природе, однако при лабораторных экспериментах увеличение концентрации в несколько раз (иногда в 10) общепринято, иначе эффект получается нечеткий.

1.3.1. Определение устойчивости растений к высоким температурам

Оборудование, водяная баня; термометр; пинцет; чашки Петри (5 шт.); стакан с водой; тонкая проволока; карандаш по стеклу; 0,2 н раствор соляной кислоты HCl; свежие листья древесных растений.
реактивы,
материалы:

Температура один из основных экологических факторов на Земле. Она меняется в широком диапазоне в зависимости от природных зон и конкретных условий (вулканическая деятельность, горячие источники, выброс тепла энергетическими установками и др.). Разные типы растений по-разному относятся к этому фактору. Так, *C₄-растения*² выдерживают более высокие температуры, чем *C₃-растения*³. В пределах последней группы также имеются большие различия.

Работа проводится с группой древесных или комнатных растений различных видов, встречающихся в озеленительных посадках данной местности или помещениях. Это дает возможность построить ряд растительных видов по степени устойчивости к высоким температурам, выявить наиболее устойчивые из них, что очень важно для создания озеленительных зон предприятий, уличных посадок в районах с жарким ле-

¹ **Феофитинизация** – смена окраски с зеленой на бурую. Феофитин-окисленная форма хлорофилла образуется при действии кислот (например, кислых дождей). При этом в молекуле хлорофилла магний заменяется на водород, что ведет к смене окраски и потере оптических свойств.

² **C₄-растения** – растительные организмы, у которых продуктами фиксации углекислого газа CO₂ являются четырехуглеродистые органические кислоты и аминокислоты. Это преимущественно тропические растения: кукуруза, сорго, сахарный тростник и др., и ряд злаковых растений умеренных широт. Такие растения отличаются очень высокой интенсивностью фотосинтеза, устойчивы к высоким температурам (оптимум температуры +35-+45°С, максимум – +45-+60°С), эффективно используют воду, хорошо переносят стрессовые ситуации – засуху, засоление и др., отличаются повышенной интенсивностью всех физиологических процессов, что определяет их очень высокую биологическую и хозяйственную продуктивность.

³ **C₃-растения** – большинство растений Земли, осуществляющие C₃ – путь фиксации CO₂ в процессе фотосинтеза, в результате чего образуются трехуглеродистые соединения (глюкоза и др.). Это преимущественно растения умеренных широт, оптимум температуры которых +20-+25°С, а максимум +35-+45°С.

том или озеленения помещений. В связи с этим студентам дается задание принести по 5-6 свежих листьев от различных древесных пород или комнатных растений, обернув концы черешков в мокрую вату, фольгу, а все листья поместив в целлофан (комнатные растения используются в крайнем случае).

Принцип метода предложен Ф.Ф. Майковым и основан на установлении порога повреждения живых клеток от экстремальных температур. Если подвергнуть листья действию высокой температуры, а затем погрузить в слабый раствор соляной кислоты, то поврежденные и мертвые клетки побуреют вследствие свободного проникновения в них кислоты, которая вызовет превращение хлорофилла в феофитин (бурого цвета), тогда как неповрежденные клетки останутся зелеными. У растений, имеющих кислый клеточный сок, феофитинизация может произойти и без обработки соляной кислотой, т.к. при нарушении полупроницаемости тонопласта органические кислоты проникают из клеточного сока в цитоплазму и вытесняют магний из молекулы хлорофилла.

Данную работу лучше проводить в первую половину вегетации, когда не наблюдается естественного разрушения хлорофилла у древесных пород.

В период вынужденного покоя (февраль - апрель) листья можно получить путем прогрева веток в теплой воде и дальнейшего распускания листьев в воде комнатной температуры. Можно также использовать набор листьев разных видов комнатных растений.

Ход работы

Перед занятием нагревают водяную баню до 40°C. В начале занятия погружают в нее пучок из листьев исследуемых растений (по 5-6 листьев каждого исследуемого объекта), скрепив черешки провололочкой. Выдерживают листья в воде в течение 30 мин., поддерживая температуру на уровне 40°C. Затем берут первую пробу: отрывают по одному листу каждого вида растений и помещают в чашку Петри с холодной водой. После охлаждения листья берут пинцетом, переносят их в чашку с соляной кислотой HCl и оставляют на 30 мин.

Одновременно температуру в водяной бане поднимают до 50°C и через 10 мин. после этого извлекают из нее еще по одному листу, повторив операцию и перенеся охлажденные в воде листья в новую чашку Петри с HCl .

Так постепенно доводят температуру до 80°C, беря пробы через каждые 10 мин. при повышении температуры на 10°C.

Через 20 мин после погружения листьев в HCl определяют степень повреждения по количеству бурых пятен.

Оформление результатов исследований

Результаты исследований по разным древесным, или комнатным, растениям записывают в табл. 10, обозначив отсутствие побурения знаком «-», слабое побурение – «+», побурение более 50% площади листа – «++» и сплошное побурение – «+++».

Таблица 10. Влияние температуры на устойчивость растений

№ п/п	Название объекта	Степень повреждения листьев				
		40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
1						
2						
3						

ЗАДАНИЕ

Постройте ряд термостойкости древесных, или комнатных, растений по степени убывания. Сделайте соответствующие выводы об устойчивости разных видов растений к высоким температурам, как одному из абиотических экологических факторов.

1.3.2. Влияние солей тяжелых металлов на коагуляцию растительных и животных белков

Оборудование, реактивы, материалы: пробирки - 16 шт.; пузырьки из-под пенициллина - 8 шт., стаканчик - 1 шт.; пипетка на 1 мл - 1шт.; пипетка аптечная - 2 шт.; стеклограф; фильтровальная бумага; 5%-ный раствор $CuSO_4$; 5%-ный раствор $Pb(NO_3)_2$; дистиллированная вода; животный белок (куриного яйца); растительный белок (зернового гороха).

Данная лабораторная работа наглядно показывает действие солей биогенных и небιοгенных тяжелых металлов на животные и растительные белки, выявляет разницу в реакции тех и других. Белки с тяжелыми металлами образуют комплексы, нерастворимые в воде, т.е. подвергаются коагуляции¹

ХОД РАБОТЫ

¹ **Коагуляция** – процесс укрупнения коллоидной и некоторых более грубых дисперсных систем, вызванный нарушением их устойчивого состояния. В процессе коагулирования коллоидные частицы слипаются, увеличиваются до таких размеров, что теряют коллоидные свойства и выпадают в виде осадка или превращаются в студенистые гели.

Для проведения исследований приготавливают растворы животного и растительного белков:

➤ *раствор животного белка*: у куриного яйца отделяют белок в мерный стаканчик, размешивают его стеклянной палочкой в дистиллированной воде в соотношении 1:10; затем профильтровывают;

➤ *раствор растительного белка*: зерновой вызревший горох перемалывают в муку в кофемолке, разводят в соотношении: 10 г гороховой муки на 50 мл 10%-ного раствора $NaCl$ или KCl ; затем профильтровывают.

В пузырьках от пенициллина готовят серию растворов сульфата меди $CuSO_4$ и нитрата свинца $Pb(NO_3)_2$ из исходных 5%-ных растворов: 2,5%; 1,25%; 0,62%.

В 8 пробирок пипеткой вносят по 1 мл животного белка, а в другие 8 - по 1 мл растительного белка (все пробирки помечают стеклографом соответствующими номерами).

В каждую пробирку добавляют по 2 капли одного из указанных растворов испытуемых солей: $CuSO_4$ - 5%; 2,5%; 1,25%; 0,62% и $Pb(NO_3)_2$ - 5%; 2,5%; 1,25%; 0,62%.

Характер коагуляции рассматривают на темном фоне (кусочек черной бумаги, доска и др.).

Оформление результатов исследований

Проведенные исследования оформляют в виде табл. 11:

Таблица 11. Характер коагуляции белков

Название соли	Концентрация раствора соли			
	5%	2,5%	1,25%	0,62%
<i>а). Действие солей на животный белок</i>				
$CuSO_4$				
$Pb(NO_3)_2$				
<i>б). Действие солей на растительный белок</i>				
$CuSO_4$				
$Pb(NO_3)_2$				

ЗАДАНИЕ

Определите концентрацию раствора соли, при которой происходит коагуляция белка (при разном виде солей и при разном типе белков).

В выводе отразите ответы на следующие вопросы:

1. На какой из видов белков (животный или растительный) сильнее

всего действует:

- а) $CuSO_4$;
- б) $Pb(NO_3)_2$?

2. Какая соль (свинца или меди) сильнее действует:

- а) на животный белок;
- б) на растительный белок? Почему?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под терминами «среда» и «условия среды»?
2. Как проявляют себя живые организмы под воздействием экологических факторов?
3. Охарактеризуйте C_3 - и C_4 -растения.
4. Для чего выявляются термоустойчивые виды растительных организмов?
5. Дайте объяснение понятию «коагуляция».

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гумманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.: ил.
2. Яловая Н.П., Строкач П.П. Экология и гидрохимия. Словарь-справочник: Справ. пособие. – Брест: БГТУ, 2002. – 244 с.: ил.

1.4. Биоиндикация загрязнений экологических систем

Цель работы: ознакомиться с методом лишеноиндикации загрязнений, оценить комплексное воздействие промышленных выбросов в обследуемом районе по наличию, обилию и разнообразию видов лишайников.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Биоиндикация – это метод обнаружения и оценки воздействия абиотических и биотических факторов на живые организмы при помощи биологических систем.

Живые организмы в той или иной степени реагируют на изменения окружающей среды. В ряде случаев это нельзя выявить физическими или химическими методами, т.к. разрешающие возможности приборов или химических анализов ограничены. Этими методами может быть обнаружен, например, эффект биологического накопления отдельных токсических веществ в организмах растений и животных. Чувствительные же организмы-биоиндикаторы реагируют не только на малые дозы экологического фактора, но и дают адекватную реакцию на воздействие комплекса факторов, выявляя *синергизм*¹, *эмерджентность*², *ингибирование*³.

Выделяют два основных метода биоиндикации: пассивный и активный. С помощью пассивного метода исследуют видимые или незаметные повреждения и отклонения от нормы, являющиеся признаками неблагоприятного воздействия. Активный мониторинг используют для обнаружения ответной реакции наиболее чувствительных к данному фактору организмов (биотестирование). Это может быть как один фактор (сернистый газ), или как многокомпонентная смесь (выхлопные газы автотранспорта).

Биоиндикация может проводиться на уровне макромолекул, клетки, организма, популяции, сообщества и экосистемы.

Существует биоиндикация специфическая (реакция только на один фактор) и неспецифическая (одна и та же реакция на многие факторы).

¹ **Синергизм** – совместное действие, или суммирование составляющих целого.

² **Эмерджентность** – наличие у системного целого особых новых свойств, не присущих его частям (целое больше суммы его частей). Например, водород и кислород, соединяясь в определенном соотношении, образуют воду, жидкость, не похожую на свойства исходных газов. Т.е. части интегрируются, обуславливая появление уникальных свойств. Принцип эмерджентности учитывается при проведении экологической экспертизы и экологическом прогнозировании.

³ **Ингибирование** – торможение или замедление жизненных процессов (роста, метаболизма).

Чувствительными биоиндикаторами могут служить как отдельные процессы в клетке и организме, так и морфологические изменения.

В порядке возрастания *толерантности*¹ к загрязнениям растительные организмы располагаются следующим образом: грибы, лишайники, хвойные, травянистые растения, листопадные деревья. Среди сельскохозяйственных культур наиболее чувствительны салат, люцерна, злаковые, крестоцветные, а к нечувствительным видам относят кукурузу, виноград, розоцветные, подорожник. Указанные градации не являются одинаковыми для всех видов загрязнителей среды, т.к. их воздействие разное и выявление специфических биоиндикаторов на тот или иной фактор придает самому методу новый научный аспект, который дает возможность сделать его более точным и информативным.

Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха

Информативными основными биоиндикаторами состояния воздушной среды и ее изменения являются низшие растения: мхи и лишайники, которые накапливают в своем слоевище (таллومه) многие загрязнители (серу, фтор, радиоактивные вещества, тяжелые металлы). Лишайники очень нетребовательны к факторам внешней среды, они поселяются на голых скалах, бедной почве, стволах деревьев, мертвой древесине, однако для своего нормального функционирования они нуждаются в чистом воздухе. Особенно чувствительны они к сернистому газу. Малейшее загрязнение атмосферы, не влияющее на большинство растений, вызывает массовую гибель чувствительных видов лишайников. Они исчезают, как только концентрация сернистого газа достигнет 35 млрд^{-1} (среднее его содержание в атмосфере крупных городов свыше 100 млрд^{-1}). Не удивительно поэтому, что большинство лишайников уже исчезло из центральных зон городов. На них также избирательно действуют вещества, увеличивающие кислотность среды (O_2 , O_3 , H_2 , HCl , NO_2). Для лишайников сравнительно безвредны тяжелые металлы (Pb , Zn , Cu), накапливающиеся в слоевище в значительных количествах, а также естественные и искусственные радиоактивные изотопы. Лишайники используются для *биоиндикации*² изменения антропогенного загрязнения среды в пространстве и *биомониторинга*³ изменений антропогенного загрязнения среды во времени. С помощью лишайников можно оценить комплексное действие промышленных выбросов в обследуемом районе.

Научное направление биомониторинга за состоянием воздушной среды при помощи лишайников называется **лихеноиндикацией**.

Лишайники – это симбиоз водоросли и гриба. Они чувствительны

¹ **Толерантность** – устойчивость организма к действию экологического фактора.

² **Биоиндикация** – использование особо чувствительных организмов для обнаружения загрязнителей или других агентов в окружающей среде.

³ **Биомониторинг** – слежение за качеством всех слагаемых окружающей среды и состоянием биологических объектов.

к загрязнению среды в силу следующих причин:

1. У лишайников отсутствует непроницаемая кутикула, благодаря чему обмен газов происходит свободно через всю поверхность;

2. Большинство токсических газов концентрируются в дождевой воде, а лишайники впитывают воду всем слоевищем, в отличие от цветковых растений, которые поглощают воду преимущественно корнями;

3. Большинство цветковых растений в наших широтах активно только летом, когда уровень загрязнения сернистым газом намного ниже (вследствие уменьшения сжигания угля в топках - основного источника сернистого газа), в то время как лишайники обладают способностью к росту и при температурах ниже 0°C.

В отличие от цветковых растений лишайники способны избавляться от пораженных токсическими веществами частей своего таллома каждый год. В городах с загрязненной атмосферой они редки, главный враг лишайников в городах - сернистый газ. Установлено, что чем выше уровень загрязнения природной среды сернистым газом, тем больше серы накапливается в слоевище лишайников, причем живое слоевище аккумулирует серу из среды интенсивнее, чем мертвое. Особенно удобны лишайники в качестве биоиндикаторов небольшого загрязнения окружающей среды. Наиболее чувствительным симбионтом в талломе лишайников является водоросль.

В мире насчитывается около 26 тысяч видов лишайников. Они различаются по зонам произрастания (тундра, лесная зона и т.д.), видам субстрата (камни, скалы, стволы и ветви деревьев, почва). У лишайников, растущих на деревьях, видовой состав различается в зависимости от активной реакции среды (рН) коры. Лишайники исчезают в первую очередь с деревьев, имеющих кислую кору (береза, хвойные), затем с деревьев с нейтральной корой (дуб, клен) и позже всего - с деревьев, имеющих слабощелочную кору (вяз мелколистный, акация желтая). В лишайниковых типах леса доминируют кустистые лишайники (*Кладония*, *Цетрария*), длинными бородами с ветвей деревьев свисает *Уснея*, которая является наиболее чувствительным видом и растет в лесах только с чистой атмосферой.

Среди жизненных форм лишайников различают:

1. **Накипные** (слоевище имеет вид корочек) - например, *Бацидиум фисция*;

2. **Листоватые** (слоевище имеет вид пластинок) - например, *Пармелия*, *Степная золотянка*, *Гипогимния*;

3. **Кустистые** (слоевище имеет вид кустиков или свисающих «бород», иногда до 1-2 м длиной) - например, *Уснея*, *Бриория*, *Клафония*, *Цетрария*.

Наиболее чувствительны к загрязнению воздушной среды кустистые и листоватые лишайники (исчезают полностью), наименее - накипные.

Лишайники (особенно *Бриория*, *Пармелия*, *Уснея*) являются пищей

ряда животных (косуль, оленей), а *Кладония* - основная пища северного оленя. Разрушение и исчезновение лишайникового покрова в связи с загрязнением территории под влиянием промышленности и транспорта нарушает основные пищевые цепи и приводит к исчезновению ряда животных (особенно оленей).

Ход работы

Оборудование, гербарий видового разнообразия лишайников; линейка (100 см).
материалы:

В данной лабораторной работе предлагается провести биоиндикацию территории с помощью лишайников с целью сбора информации о загрязненности атмосферного воздуха сернистым газом.

Трансекту длиной в 2-3 км размещают перпендикулярно насыщенной автотранспортом дороге, примыкающей к лесному массиву, состоящему из небольшого разнообразия древесных видов (например, сосна с примесью березы или дубовое насаждение с примесью клена).

Трансекта разбивается на ряд участков:

- 1) возле дороги;
- 2) в 100 м;
- 3) в 300 м;
- 4) в 500 м;
- 5) в 1000 м;
- 6) 2000-3000 м от дороги.

Каждый участок разбивается на квадраты определенного размера 20х20м, 50х50м или 100х100м (в зависимости от разреженности насаждения).

На каждом квадрате учитывают следующие параметры:

- 1) общее число видов лишайников;
- 2) степень покрытия слоевищами лишайников каждого дерева;
- 3) частота (встречаемость) каждого вида;
- 4) обилие каждого вида.

Картирование лишайников по мелким квадратам дает возможность оценить состояние воздуха и указать местоположение источников выбросов. При этом используются как количественные показатели (процент покрытия слоевищами каждого вида или избранных видов поверхности ствола, размеры слоевищ, доля поврежденных слоевищ и т.п.), так и качественные критерии (наличие или отсутствие определенных видов лишайников, изменение их состава, группировок и т.п.). Для оценки степени покрытия выбирают не наклоненные отдельно стоящие деревья, у которых на высоте 30-150 см проводится учет лишайников по наиболее заросшей ими части коры. Сравнимые результаты могут быть получены, если при выборе деревьев ориен-

тируются на разные виды, а затем рассчитывают среднюю степень покрытия для каждого квадрата съемки.

Частота встречаемости лишайников и степень покрытия или субстрата оценивают следующим образом (табл.12):

Таблица 12. Градации частоты встречаемости и степени покрытия

Оценка	Частота встречаемости	СТЕПЕНЬ ПОКРЫТИЯ	
1	Очень редкая	Очень низкая	
2	Редкая	Низкая	
3	Небольшая	Средняя	
4	Большая	Большая	
5	Очень высокая	Очень большая (встречается на большинстве деревьев)	

Лихеноиндикацию можно проводить *методом активного мониторинга*. Суть его заключается в том, что действие загрязнителей определяется по характеру реакции трансплантированных из "чистых" местобитаний слоевищ лишайников. Для этой цели лучше всего использовать деревянные дощечки с круглыми углублениями, в которые стальным стержнем закрепляют лишайники. После этого готовая конструкция выставляется в исследуемой местности с соблюдением как можно больше одинаковых условий (экспозиция, высота и т.п.). При необходимости фрагменты лишайника оценивают как по внешним повреждениям (изменение окраски, обесцвечивание лопастей и др.), так и по физиолого-биохимическим показателям.

Оформление результатов наблюдений и исследований

Результаты наблюдений и исследований заносят в табл. 13:

Таблица 13. Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации

Описание площадки обследуемого квадрата	№ дерева, покрытого слоевищами лишайников	Площадь покрытия слоевищами лишайников на высоте 30-150 см, %	Наличие (+) или отсутствие (-) лишайников		
			кустистые	листоватые	накипные

ЗАДАНИЕ

С помощью метода лишеноиндикации оцените состояние атмосферного воздуха в исследуемом районе. Разбив обследуемую трансекту на квадраты, проведите анализ территории, учитывая следующие параметры: 1) общее число видов лишайников; 2) степень покрытия слоевищами лишайников каждого дерева; 3) частота (встречаемость) каждого вида; 4) обилие каждого вида.

Сделайте вывод об общем загрязнении атмосферного воздуха и о его загрязненности сернистым газом (табл. 14 и 15).

Таблица 14. Лихеноиндикация степени загрязнения воздуха

Зона	Загрязнение	Наличие (+) или отсутствие (-) лишайников		
		кустистые	листоватые	накипные
1	Нет	+	+	+
2	Слабое	-	+	-
3	Среднее	-	-	+
4	Сильное (лишайниковая пустыня)	-	-	-

Таблица 15. Влияние загрязнения среды на встречаемость лишайников

Зона загрязнения	Оценка встречаемости лишайников	Загрязнение воздуха сернистым газом, мг/м ³	Оценка загрязнения
1	Лишайники на деревьях и камнях отсутствуют	Больше 0,3 - 0,5	Сильное загрязнение
2	Лишайники также отсутствуют на стволах деревьев и камнях. На северной стороне деревьев и в затененных местах встречается зеленоватый налет водоросли <i>Плеврококкус</i>	Около 0,3	Довольно сильное
3	Появление на стволах и у основания деревьев серо-зеленоватых твердых накипных лишайников <i>Леканоры</i> , <i>Фисции</i>	От 0,05 до 0,2	Среднее
4	Развитие накипных лишайников – <i>Леканоры</i> и др., водорос-	Не превышает	Небольшое

	ли <i>Плеврококкуса</i> , появление листоватых лишайников (<i>Пармелия</i>)	0,05	
5	Появление кустистых лишайников (<i>Эвернии</i> , <i>Уснеи</i>)	Малое содержание	Воздух очень чистый

Лихеноиндикация не дает точных количественных сведений об уровне загрязнения воздуха. Следует учитывать, что ряд видов гибнет уже при малых концентрациях загрязнителя, часто не достигающих установленных санитарных норм. Исчезновение лишайников - это сигнал о надвигающейся опасности для окружающей среды.

Контрольные вопросы

1. Что такое биоиндикация и лихеноиндикация?
2. Назовите жизненные формы лишайников.
3. Как проводится активный мониторинг в лихеноиндикации?
4. Как определяется загрязнение воздуха с помощью лихеноиндикации?

Литература

1. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем /Под ред. Р. Шуберта. – М., 1998.
2. Денисова С.И. Полевая практика по экологии: Учеб. Пособие. – Мн.: Універсітэцкае, 1999. – 120 с.
3. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Высш. Шк., 1975.
4. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гумманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.: ил.
5. Яловая Н.П., Строкач П.П. Экология и гидрохимия. Словарь-справочник: Справ. пособие. – Брест: БГТУ, 2002. – 244 с.: ил.

1.5. Качественное распознавание минеральных удобрений, как возможных загрязнителей почв и сельхозпродукции

Цель работы: научиться проводить качественное распознавание минеральных удобрений, как возможных загрязнителей педосферы¹ и сельхозпродукции.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Неправильное и избыточное внесение минеральных удобрений, способы их хранения являются причиной загрязнения почв и сельхозпродукции. Водорастворимые формы азотных удобрений стекают в пруды, реки, ручьи, достигают грунтовых вод, вызывая повышенное содержание в них нитратов, что неблагоприятно сказывается на здоровье человека.

Очень часто удобрения вносят в почву неочищенными, что является причиной загрязнения почв радиоактивными (например, изотопами калия при использовании калийных удобрений), а также токсичными веществами. Различные формы суперфосфатов, обладая кислой реакцией, способствуют подкислению почвы, что нежелательно для районов, где рН почвы понижена. Избыточное количество фосфорных удобрений, смываемых в стоячие и медленно текущие воды, вызывает развитие большого количества водорослей и другой растительности, что ухудшает кислородный режим водоемов и способствует их зарастанию.

В ряде случаев удобрения перевозятся без надлежащей упаковки, хранятся без укрытий на окраинах полей, где они слеживаются, загрязняются и становятся по внешнему виду весьма схожими между собой. В связи этим современный эколог должен уметь распознавать удобрения по внешнему виду и простым качественным реакциям.

Наиболее распространенные удобрения

Азотные удобрения

Чаще всего применяется *аммиачная селитра* – NH_4NO_3 и *мочевина* NH_2CONH_2 . Употребляется также *сульфат аммония* – NH_4SO_4 . В защищенном грунте применяется *нитрат кальция* - $Ca(NO_3)_2$ и *нитрат калия* – KNO_3 .

¹ **Педосфера** - самостоятельная земная оболочка - почвенный покров, или по В.И. Вернадскому, кора выветривания – часть биосферы. Пограничное образование между аэриобиосферой, террабиосферой и литобиосферой, формируется и зависит от состояния среды всех трех подсфер, поэтому оказывается наиболее уязвимой и ранимой при нарушении любой из них.

Фосфорные удобрения

Наиболее распространен простой гранулированный суперфосфат - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ и двойной гранулированный суперфосфат - $\text{Ca}_2(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$. Употребляется также фосфоритная мука – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Калийные удобрения

Применяется, в основном, хлористый калий - KCl , азотнокислый калий – KNO_3 или сульфат калия - K_2SO_4 . Меньше употребляются двойные удобрения: *сильвинит* – $\text{KCl}\cdot\text{NaCl}$ и *калимаг* – $\text{K}_2\text{SO}_4\cdot 2\text{MgSO}_4$.

Известковые удобрения

К ним относятся известковые материалы, содержащие не менее 50% CaCO_3 . Это - известковая мука из туфа, доломитовая мука, мел, известь озерная и др. Действие их заключается в нейтрализации почвенной кислотности, улучшении условий для жизнедеятельности микроорганизмов и физических свойств почвы.

Ход работы

Оборудование, реактивы, материалы: пробирки (12 шт.); штативы для пробирок; небольшие ступки с пестиками; капельницы или индивидуальные пипетки для каждого реактива; щипцы муфельные; пинцеты длинные; электроплитка; газовая горелка или спиртовка; кусочки древесного угля; индикаторная бумага; дистиллированная вода; 8-10%-ная щелочь KOH или NaOH ; 5%-ный раствор хлористого бария; концентрированная соляная кислота; 2%-ная соляная кислота; уксусная кислота (ледяная, разбавленная в 10 раз); 1-2%-ный раствор азотнокислого серебра; раствор йода в йодистом калии (20 г KI растворяют в 20 мл дистиллированной воды, добавляют 6,35 г кристаллического йода. Раствор переносят в мерную колбу на 50 мл, доводят до метки); несколько видов наиболее распространенных удобрений (без подписей).

Работу начинают с определения внешних признаков удобрений: консистенции, цвета, запаха. Затем выясняют растворимость и проводят соответствующие качественные реакции с каждым определяемым удобрением.

Внешние признаки

Консистенция. Удобрение может быть кристаллическим (мелко- и крупно-), аморфным, а также в виде гранул. К кристаллическим удобрениям относятся все азотные (за исключением цианамиды кальция) и все калийные, к аморфным - все фосфорные и известковые. Фосфорные удобрения часто гранулируются (суперфосфаты).

Цвет удобрения устанавливается путем тщательного осмотра.

Признак может несколько изменяться при транспортировке, при загрязнении пылью, а также в зависимости от технологии производства. Очищенные удобрения имеют характерный цвет.

Запах. Почти все удобрения имеют запах, но часто не стойкий, лишь цианамид кальция пахнет керосином.

Растворимость в воде

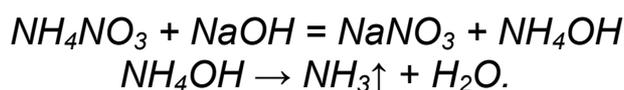
Помещают в пробирку 1-2 г удобрения, добавляют 15-20 мл дистиллированной воды и хорошо взбалтывают. Наблюдают следующие градации: а) *полностью растворимо*; б) *заметно растворимо* (растворяется не менее половины взятого удобрения); в) *слабо растворимо* (растворяется менее половины взятого удобрения); г) *нерастворимо*. Если при взбалтывании образовалась обильная муть, заполнившая пробирку, то удобрение слабо растворимо.

К полностью растворимым и заметно растворимым относятся все азотные удобрения, а также калийные. К нерастворимым или слабо растворимым - все фосфорные и известковые.

Если удобрение растворилось полностью, то раствор разливают в пробирки и выявляют в нем наличие того или иного катиона или аниона, определяют ряд дополнительных показателей, а затем отыскивают название удобрения по схеме.

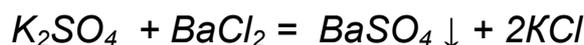
Реакция со щелочью

В раствор удобрения приливают несколько капель 8-10%-ного раствора щелочи (*KOH* или *NaOH*). В присутствии аммиака при взбалтывании ощущается его выделение по специфическому запаху:



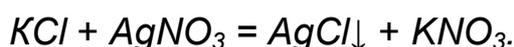
Реакция с хлористым барием

В пробирку с раствором удобрения прибавляют несколько капель 5%-ного раствора хлористого бария *BaCl₂*. При наличии в удобрении иона *SO₄²⁻* выпадает творожистый белый осадок *BaSO₄*, нерастворимый в уксусной кислоте. Убедиться в нерастворимости осадка, добавив кислоту.

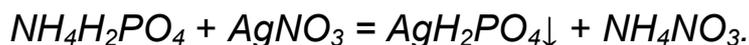


Реакция с азотнокислым серебром

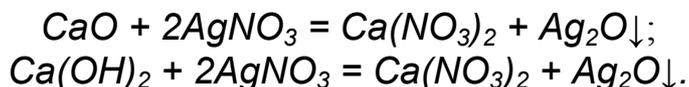
К водному раствору удобрения прибавляют 2-3 капли 1-2%-ного раствора *AgNO₃* и содержимое пробирки встряхивают. Реакция служит для обнаружения хлора (белый дымчатый осадок *AgCl*, нерастворимый в уксусной кислоте).



Фосфорные удобрения образуют с $AgNO_3$ желтоватый осадок, растворимый в уксусной кислоте.



Реакция с $AgNO_3$ также используется для анализа известковых удобрений. Так, с негашеной и гашеной известью азотнокислое серебро дает бурый осадок закиси серебра, который растворим в уксусной кислоте.



Проба на раскаленном угле

Угольки размером с орех нагревают на электроплитке, затем берут щипцами или пинцетом, раскаляют в пламени спиртовки докрасна. На уголек насыпают щепотку удобрения, предварительно растертого в ступке и помещенного в узенькую ложечку из фольги. Наблюдают за быстротой сгорания, появлением дыма, цветом пламени, запахом. Аммиачные удобрения распознают по запаху аммиака, нитратные соединения дают вспышку, калийные потрескивают.

Если удобрение вспыхивает - это селитра. По цвету пламени различают следующие селитры:

натриевая - сгорает желто-оранжевым пламенем,

калийная - фиолетовым,

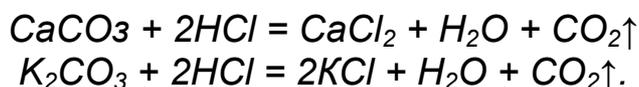
аммиачная - дает бесцветное пламя, а иногда плавится, кипит с выделением аммиака.

Азотные удобрения, содержащие амидную (NH_2) и аммонийную (NH_4) группы, на раскаленном угле сгорают с выделением белого дыма и запаха аммиака. Кристаллики калийных удобрений на раскаленном угле не вспыхивают, а только слегка потрескивают и «подпрыгивают». Следует заметить, что если уголек плохо раскален (не докрасна), а кристаллики крупные, они могут лежать на угле без всяких изменений.

Фосфорные, известковые удобрения, гипс не изменяются на раскаленном угле.

Реакция с кислотой

В пробирку или фарфоровую чашку помещают немного сухого удобрения и капают на удобрение 2-10%-ный раствор соляной или уксусной кислоты. Если удобрение вскипает от выделяющегося углекислого газа, то оно представляет собой карбонат или содержит значительную примесь карбоната. К таким удобрениям относятся известковые материалы, зола и др.

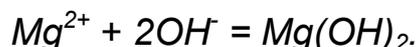


Реакция водной вытяжки

5 г удобрения помещают в коническую колбу, добавляют 50 мл дистиллированной воды и хорошо взбалтывают. Раствор фильтруют через бумажный фильтр. В пробирку с полученной водной вытяжкой из удобрений помещают полоску индикаторной бумаги (определение pH вытяжки можно также провести на лабораторном ионметре, или pH-метре). Суперфосфат имеет кислую реакцию за счет гипса. Другие удобрения имеют щелочную реакцию (цианомид кальция, томасшлак, известковые удобрения), у третьих - реакция нейтральная.

Определение магния в удобрениях

Данное определение проводят с помощью раствора йода в йодистом калии KI . Ионы магния с гидроксильным ионом воды образуют малорастворимую гидроокись магния:



Гидроокись магния с йодом дает красно-бурю окраску. Так определяют калийные и известковые, содержащие магний удобрения.

Определение калийных удобрений, содержащих магний

В фарфоровую чашку помещают 1-2 капли йода и 1-2 капли щелочи KOH или $NaOH$ (появляется бледно-желтая окраска), приливают 1-2 капли раствора удобрения. Если в удобрении содержится магний, то окраска становится красно-бурой.

Определение известковых удобрений, содержащих магний

В пробирку с 2-3 г удобрения приливают 2-3 мл уксусной кислоты, взбалтывают и дают отстояться. Затем анализ проводят так же, как описано выше. Содержащие магний известняки окрашивают раствор в красно-бурый цвет, а не содержащие магния дают желтую окраску раствора.

Оформление результатов исследований

Полученные результаты определений записывают в табл.16:

Таблица 16. Запись наблюдений

№ п / п	Внешние признаки			Растворимость в воде	Реакция со щелочью	Реакция с $BaCl_2$	Реакция с $AgNO_3$	Реакция на угле	Реакция с кислотой	pH водной вытяжки	Наличие Mg^{2+}
	Консистенция	Цвет	Запах								
1											
2											
3											
4											

ЗАДАНИЕ

Пользуясь приведенной ниже схемой определения, определите название предложенных удобрений. Сделайте соответствующие выводы.

Схема определения удобрений по качественным реакциям

1. Удобрение растворимо в воде _____ 2
Удобрение в воде растворимо незначительно или почти нерастворимо _____ 7

2. На угле вспыхивает _____ 3
На угле не вспыхивает _____ 4

3. Не дает запаха аммиака ни на угле, ни со щелочью. Сгорает желто-оранжевым пламенем; бесцветные, прозрачные кристаллы с сероватым или желтоватым оттенком, горько-соленые на вкус: **натриевая селитра** – NaNO_3 .

Сгорает фиолетовым пламенем, белые кристаллы с желтовато-сероватым оттенком: **калиевая селитра** – KNO_3 .

Дает запах аммиака не только на угле, но и со щелочью. С BaCl_2 осадка не дает, но может дать муть. Белые или желтоватые гранулы размером 1-3 мм или плоские чешуйки: **аммиачная селитра** – NH_4NO_3 .

4. На угле дает запах аммиака, а со щелочью не дает. Белые гранулы размером от 1 до 5 мм или мелкокристаллический порошок: **мочевина** – NH_2CONH_2 .

Дает запах аммиака и на угле, и со щелочью. На угле плавится с выделением белого дыма _____ 5

Ни на угле, ни со щелочью не дает запаха аммиака. Крупинки (кристаллики) не сгорают, а только потрескивают или «подпрыгивают» _____ 6

5. С AgNO_3 дает обильный створоживающийся осадок, белый, нерастворимый в уксусной кислоте; с BaCl_2 дает слабую муть. Мелкокристаллический продукт или гранулы белого или желтоватого цвета: **хлористый аммоний** – NH_4Cl .

С AgNO_3 дает слабую муть, а с BaCl_2 - обильный белый осадок, нерастворимый в кислотах. Кристаллическое вещество белого, серого или иного цвета, кроме желтого: **сульфат аммония** – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Кристаллическая соль желтого цвета: **сульфат аммония-натрия** – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$.

С AgNO_3 дает муть желтой окраски, растворимую в уксусной кислоте. Гранулированный продукт или порошок светло-серого, серого цвета, с добавкой меди - голубого, реакция водной вытяжки кислая: **аммофос** – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Гранулы темно-серого или светло-серого цвета, реакция вы-

тяжки нейтральная: **диаммофос** – $(NH_4)_2PO_4$.

6. С $BaCl_2$ образует белый осадок, нерастворимый в уксусной кислоте, с $AgNO_3$ - слабую муть и осадка не дает. Мелкокристаллический порошок белого цвета, иногда с желтоватым оттенком, с йодом дает светло-желтую окраску: **сульфат калия** – K_2SO_4 .

Дает обильный осадок как с $BaCl_2$, так и с $AgNO_3$. Крупные кристаллы розовато-бурого цвета или кристаллический порошок серого цвета, раствор горько-соленого вкуса: **калинит** – $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$; светло-серые мелкие кристаллы, серые гранулы неправильной формы или сильно пылящий порошок с сероватым и розовым оттенком, с йодом дает красно-бурую окраску: **калимагнезия (шенит)** – $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ или **калийно-магниевый концентрат (калимаг)** – $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$.

С $AgNO_3$ дает обильный створоживающийся осадок, нерастворимый в уксусной кислоте, с $BaCl_2$ дает слабую муть. Мелкокристаллическое вещество белого цвета с сероватым оттенком и примесью розовых кристаллов: **калий хлористый марки «К»** – KCl «К»; крупнозернистые естественные кристаллы от молочно-белого до красно-бурого цвета: **калий хлористый марки «Ф»** – KCl «Ф»:

- естественные кристаллы от красного до бурого цвета - KCl **крупнозернистый из калийных руд**;
- мелкокристаллический порошок коричневого цвета - KCl **из нефелинового сырья**;
- мелкокристаллический продукт, естественные кристаллы от молочного до красно-бурого цвета или спрессованные гранулы неправильной формы от белого до красно-бурого цвета - KCl **из сильвинита**;
- мелкие розовые кристаллы смешанные с крупными синими или серый кристаллический порошок с включением розовых кристаллов: **калийная соль** – $KCl + KCl \cdot NaCl$.

7. С уксусной кислотой дает сильное вскипание _____ 8

С уксусной кислотой не дает вскипания или вскипает едва заметно _____ 9

8. Порошок белого, серого или бурого цвета - **известковое удобрение**:

- в реакциях с йодом уксуснокислого раствора удобрения появляется светло-желтая окраска: **мел, известняковая мука** – $CaCO_3$.
- окраска с йодом - красно-бурая: **доломитовая мука** – $CaCO_3 \cdot MgCO_3$.

Тонкий пылеватый порошок черно-синего цвета. Часто имеет запах керосина. Красная лакмусовая бумажка, опущенная в водный раствор удобрения, синее: **цианамид кальция** – $CaCN_2$.

Темно-серый тяжелый порошок. Водный раствор имеет щелочную среду. При взаимодействии с кислотой выделяется сероводород:

томасшлак – $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$.

9. Водный раствор удобрения дает пожелтение или осадок с AgNO_3

10

Нет пожелтения раствора или осадка с AgNO_3 _____ 11

10. Порошок или гранулы от светло- до темно-серого цвета. Синяя лакмусовая бумажка краснеет при соприкосновении с водным раствором удобрения: **суперфосфат простой или двойной** – $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Гранулы или порошок светло- или темно-серого цвета, реакция водного раствора нейтральная или слабокислая, при добавлении 2-3 капель реактива Несслера появляется интенсивное бурое окрашивание: **аммонизированный суперфосфат**.

Гранулы голубого или светло-голубого цвета: **суперфосфат борный**.

Порошок тонкий, пылящий, сероватого цвета, реакция водного раствора нейтральная: **преципитат** – CaHPO_4 .

Порошок тонкий, пылящий, сероватого цвета, реакция нейтральная, с AgNO_3 четкое пожелтение осадка удобрения: **обесфторенный фосфат**.

11. Темный, тяжелый порошок, реакция среды нейтральная: **фосфатшлак**.

Тонкий, сильно пылящий порошок темно-серого цвета с бурым оттенком: **фосфоритная мука** – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Характерные черты некоторых удобрений

(приводятся для проверки правильности определения по вышеприведенной схеме)

Суперфосфат имеет характерный запах, сероватый цвет и кислую реакцию.

Калийная соль отличается от других удобрений по розово-красным кристаллам. Иногда могут быть примеси синих кристаллов. Белые кристаллы говорят о наличии в примеси натриевых солей.

Характерные реакции для некоторых удобрений

Для **селитр натриевой и калийной** единственной реакцией, различающей их между собой и от всех других удобрений, будет вспышка и цвет пламени на раскаленном угле.

Сульфат аммония отличается от похожего на него нитрата аммония реакцией с хлористым барием. От сульфата калия сульфат аммония легко отличить по реакции со щелочью.

Отличительные реакции для некоторых **азотных удобрений**:

для **сульфата аммония** $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - реакция с BaCl_2 ;

для **хлористого аммония** NH_4Cl - реакция с AgNO_3 – образование

белого хлопьевидного осадка;

реакция на раскаленном угле: *натриевая селитра* NaNO_3 - вспышка желтого цвета, *калиевая селитра* KNO_3 - фиолетового цвета, *аммиачная селитра* NH_4NO_3 - белого цвета.

Отличие аммиачной селитры от *мочевины*: первая на раскаленном угле дымит и вспыхивает, а вторая плавится и не вспыхивает. Мочевина между пальцами мылится, ее кристаллы помельче.

На аммоний применяется реактив Несслера, а на нитраты - дифениламин (на ион NO_3^-): раствором удобрения смачивают стенки белой фарфоровой чашки; остатки раствора из чашки выливают, а на смоченную поверхность капают 1-2 капли дифениламина. Синее окрашивание указывает на присутствие иона NO_3^- .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как загрязняется педосфера и сельхозпродукция удобрениями?
2. Приведите примеры наиболее распространенных удобрений (азотных, фосфорных, калийных и известковых).
3. Приведите наиболее характерные черты и реакции для некоторых удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гумманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.: ил.
2. Яловая Н.П., Строкач П.П. Экология и гидрохимия. Словарь-справочник: Справ. пособие. – Брест: БГТУ, 2002. – 244 с.: ил.

2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Перед началом занятий в лаборатории студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности и ознакомиться с расположением в помещении средств тушения пожара (огнетушитель, песок, асбестовое или шерстяное одеяло), распределительного электрощита, мест включения вентилятора вытяжного шкафа, освещения, лабораторной аптечки и средств индивидуальной защиты (защитные очки, перчатки, прорезиненный фартук и т.п.).

2.1. Общие требования безопасности

Основными опасными и вредными производственными факторами, действующими на работающих в химических лабораториях, являются огнеопасные и легковоспламеняющиеся вещества, кислоты и щелочи, стеклянная посуда, опасность поражения электрическим током и др. Поэтому к работе в химических лабораториях допускаются студенты только после прохождения инструктажа на рабочем месте по технике безопасности с подписью в журнале. Все работы в лабораториях выполняются в халатах, не допускается пребывание студентов в лаборатории в верхней одежде. В лабораториях должна соблюдаться чистота на рабочих столах, вытяжных шкафах и других рабочих местах, вокруг работающего не должно быть ничего лишнего. Не допускается загромождение столов ненужными в данный момент для работы приборами и посудой, химическими реактивами.

Все лаборатории и лабораторные работы должны быть обеспечены инструкциями по технике безопасности, оформленными в соответствии с действующими требованиями.

При выполнении всех работ необходимо соблюдать максимальную осторожность, помня, что неаккуратность, невнимательность, недостаточное знание лабораторной работы могут повлечь за собой несчастные случаи.

При работе со стеклянной посудой и приборами из стекла для предохранения рук от порезов при резке, ломке стекла необходимо пользоваться полотенцем, при механической и термической обработке изделий из стекла - защитными очками или предохранительными защитными щитками.

При выполнении работ, связанных с нагреванием или прокаливанием веществ, которые могут разбрызгиваться, необходимо также пользоваться этими же защитными средствами.

Хранение в лаборатории огнеопасных жидкостей допускается только в металлических ящиках и в количествах, не превышающих

дневную норму, и лишь в прочной посуде. Все пролитое, разбитое или рассыпанное на столах, мебели или на полу необходимо тотчас же убрать. Нельзя оставлять на хранение вещества в посуде без этикеток или надписей. В лабораториях нельзя пробовать никакие химические вещества на вкус, нюхать их нужно с осторожностью, не вдыхая полной грудью, а направляя к себе пары или газы движением руки.

В лаборатории запрещается хранить и принимать пищу. Нельзя использовать лабораторную посуду для личного пользования.

2.2. Требования безопасности перед началом работы

Перед началом работы следует убедиться в исправности оборудования, наличии необходимой посуды и химических реактивов, проинструктировать студентов по безопасным приемам проведения каждой лабораторной работы.

2.3. Требования безопасности при выполнении работ

При выполнении лабораторных работ следует соблюдать общие правила безопасности:

- при взбалтывании растворов в колбах, цилиндрах или пробирках необходимо закрывать их пробками, запрещается закрывать отверстие пальцем;
- при нагревании не следует ставить стеклянную посуду непосредственно на огонь;
- нагревание надо вести на асбестовых сетках, песчаных, водяных банях или закрытых керамических нагревателях;
- под электроплитки следует подкладывать куски асбеста во избежание прогорания столов;
- необходимо следить, чтобы вытяжные шкафы находились в полной исправности;
- использование вытяжных шкафов с разбитыми стеклами запрещается. Все работы, связанные с выделением газов или паров, следует проводить в вытяжных шкафах. Створки вытяжных шкафов должны быть закрытыми. При необходимости во время работы эти створки можно приподнимать, но не более чем на 20-30 см;
- работа с легколетучими жидкостями без включения вентиляции запрещается;
- категорически запрещается слив горючих и токсичных веществ в раковину;
- концентрированные кислоты должны храниться в лаборатории в толстостенной стеклянной посуде, вместимостью не более 2-х литров на стеклянных или фарфоровых поддонах в вытяжном шкафу;

- проводить работы с концентрированными кислотами и щелочами без защитных приспособлений (очки, перчатки) запрещается;
- при разбавлении серной кислоты водой ее следует медленно приливать в воду;
- запрещается пользоваться надбитой или надтреснутой стеклянной посудой;
- все изолированные токоведущие части электроустановок, находящиеся на доступной высоте, должны быть защищены от возможного прикосновения к ним;
- все металлические части установок должны быть заземлены, без надежного заземления работа на электроустановках запрещается;
- шнуры, провода, вилки, предназначенные для включения электроприборов, должны быть всегда исправными и изолированными.

2.4. Требования безопасности в аварийных ситуациях

При возникновении пожаров надо немедленно выключить все электроустановки, вентиляцию, после чего использовать все имеющиеся средства пожаротушения, а при необходимости по тел. 01 вызвать пожарную службу.

2.5. Требования безопасности по окончании работы

По окончании работы необходимо:

- остатки или отходы химических веществ перед сливом в канализацию нейтрализовать;
- тщательно проверить свое рабочее место, убрать его, поставить по местам хранения химические реактивы, выключить все газовые, электрические и другие приборы, проверить, закрыты ли водопроводные краны;
- выключить вентиляцию.

Перед уходом из лаборатории выключить освещение и общий рубильник электрического тока.

Учебное издание

Составители: **СТРОКАЧ** Петр Павлович
ЯЛОВАЯ Наталья Петровна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным занятиям по дисциплине
«ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ»
для студентов специальности 70 04 03
дневного и заочного обучения

Ответственный за выпуск Н.П. Яловая
Редактор Т.В. Строкач

Подписано к печати 26.08.02 г. Формат 60×84/16. Бумага “Чайка”.
Усл.п.л. 3,5. Уч.изд.л. 3,75. Тираж 100 экз. Заказ № 670
Отпечатано на ризографе Учреждения образования “Брестский
государственный технический университет”.
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.