

**Методические материалы для обучающихся  
по освоению дисциплины**

**Экологический мониторинг**  
наименование дисциплины

Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность  
код и наименование направления подготовки /специальности

Направленность (профиль): «Экологическая безопасность предприятия»  
наименование направленности (профиля) /специализации

Составитель – Яшкина А.А., ст.преподаватель кафедры техносферной безопасности ФГАОУ ВО «МГТУ»

Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины «Химия воды» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры Техносферной безопасности «23» мая 2022 г., протокол № 8.

## Общие положения

Цель методических материалов по освоению дисциплины - обеспечить обучающемуся оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

Освоение дисциплины осуществляется на аудиторных занятиях и в процессе самостоятельной работы обучающихся. Основными видами аудиторной работы по дисциплине являются занятия лекционного и семинарского типа. Конкретные формы аудиторной работы обучающихся представлены в учебном плане образовательной программы и в рабочих программах дисциплин.

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины (модуля), ее структурой и содержанием, фондом оценочных средств.

Работая с рабочей программой, необходимо обратить внимание на следующее:

- некоторые разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, а выносятся на самостоятельное изучение по рекомендуемому перечню основной и дополнительной литературы и учебно-методическим разработкам;

- усвоение теоретических положений, методик, расчетных формул, входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины, необходимо самостоятельно контролировать с помощью вопросов для самоконтроля;

- содержание тем, вынесенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входит составной частью в темы текущего контроля и промежуточной аттестации.

Каждая рабочая программа по дисциплине сопровождается методическими материалами по ее освоению.

Отдельные учебно-методические разработки по дисциплине учебные пособия или конспекты лекций, методические рекомендации по выполнению лабораторных работ и решению задач и т.п. размещены в ЭИОС МГТУ.

Обучающимся рекомендуется получить в библиотеке МГТУ учебную литературу, необходимую для работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Виды учебной работы, сроки их выполнения, запланированные по дисциплине, а также система оценивания результатов, зафиксированы в технологической карте дисциплины:

**Таблица 1 -Технологическая карта текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Экология» (промежуточная аттестация - зачет), 3 семестр**

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (недели сдачи)
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
1.	<b>Посещение и работа на лекциях</b> (6 лекций)	6	18	По расписанию
	Нет посещений – 0 баллов, каждая лекция – 3 балла			
2.	<b>Практические занятия</b>	14	22	По расписанию
	Выполнение 2 практических работ в срок - 22 балла; выполнение 2 практических работ не в срок- 16 баллов. Каждая практическая работа в срок – 11 балла, не в срок – 7 балла.			
3.	<b>Лабораторные работы</b>	40	60	14 неделя
	Выполнение 5 лабораторных работ в срок - 60 баллов; выполнение 5 практических работ не в срок - 40 баллов. Каждая практическая работа в срок – 12 баллов, не в			

срок – 8 баллов.				
<b>ИТОГО за работу в семестре</b>		min - 60	max - 100	
<b>Промежуточная аттестация «зачет»</b>				
Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине, то он считается аттестованным				
<b>ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>		<b>min-60</b>	<b>max-100</b>	

**Таблица 2. - Технологическая карта текущего контроля и промежуточной аттестации (промежуточная аттестация – «экзамен») очная форма обучения, 4 семестр**

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
1.	<b>Посещение лекций (8 лекций)</b>	14	16	По расписанию
	Нет посещений – 0 баллов, 1 лекция - 2 балла			
2.	<b>Выполнение практических работ</b>	8	10	По расписанию
	Выполнение 2 практических работ в срок - 10 баллов; выполнение 2 практических работ не в срок – 8 баллов. Каждая практическая работа в срок – 5 баллов, не в срок – 4 балла.			
3.	<b>Лабораторные работы</b>	31	45	
	Выполнение 15 лабораторных работ в срок - 60 баллов; выполнение 15 практических работ не в срок - 40 баллов. Каждая практическая работа в срок – 3 балла, не в срок – 2 балла			
4.	<b>Выполнение контр.работы</b>	7	9	По расписанию
	Оценка «5» - 9 баллов Оценка «4» - 8 баллов Оценка «3» - 7 баллов			
	<b>ИТОГО за работу в семестре</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	15-ая неделя
<b>Промежуточная аттестация «экзамен»</b>				
	<b>Экзамен</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	
	Оценка «5» - 20 баллов Оценка «4» - 15 баллов Оценка «3» - 10 баллов			
	<b>ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	
	<b>Итоговая оценка</b> определяется по итоговым баллам за дисциплину и складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля (итога за работу в семестре) и промежуточной аттестации (экзамен) <b>Шкала баллов для определения итоговой оценки:</b> 91 - 100 баллов - оценка «5» 81-90 баллов - оценка «4» 70- 80 баллов - оценка «3» 69 и менее баллов - оценка «2» <b>Итоговая оценка</b> проставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку обучающегося			

Работа по изучению дисциплины должна носить систематический характер. Для

успешного усвоения теоретического материала по предлагаемой дисциплине необходимо регулярно посещать лекции, активно работать на учебных занятиях, выполнять письменные работы по заданию преподавателя, перечитывать лекционный материал, значительное внимание уделять самостоятельному изучению дисциплины.

Важным условием успешного освоения дисциплины является создание самим обучающимся системы правильной организации труда, позволяющей распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с календарным учебным графиком.

## **1. Методические рекомендации при работе на занятиях лекционного типа**

К занятиям **лекционного типа** относятся лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем.

Лекция представляет собой последовательное изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера. Цель лекционного занятия – организация целенаправленной познавательной деятельности обучающихся по овладению программным материалом учебной дисциплины.

В ряде случаев лекция выполняет функцию основного источника информации, например, при отсутствии учебников и учебных пособий; в случае, когда новые научные данные по той или иной теме не нашли отражения в учебниках; отдельные разделы и темы очень сложные для самостоятельного изучения обучающимися.

В ходе проведения занятий лекционного типа необходимо вести конспектирование излагаемого преподавателем материала.

Наиболее точно и подробно в ходе лекции записываются следующие аспекты: название лекции; план; источники информации по теме; понятия, определения; основные формулы; схемы; принципы; методы; законы; гипотезы; оценки; выводы и практические рекомендации.

Конспект - это не точная запись текста лекции, а запись смысла, сути учебной информации. Конспект пишется для последующего чтения и это значит, что формы записи следует делать такими, чтобы их можно было легко и быстро прочитать спустя некоторое время. Конспект должен облегчать понимание и запоминание учебной информации.

Рекомендуется задавать лектору уточняющие вопросы с целью углубления теоретических положений, разрешения противоречивых ситуаций. При подготовке к занятиям семинарского типа, можно дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из изученной литературы, указанной в рабочей программе дисциплины.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

## **2. Методические рекомендации по подготовке и работе на лабораторных работах**

**Лабораторная работа** - это занятие, в ходе которого студенты осваивают конкретные методы изучения дисциплины, обучаются экспериментальным способам анализа действительности, умению работать с современным оборудованием. При подготовке к лабораторной работе необходимо: изучить или повторить лекционный материал по соответствующей теме; изучить материалы учебно-методических разработок по заданной теме, уделяя особое внимание расчетным формулам; при выполнении домашних расчетных заданий - изучить, повторить типовые задания, выполнявшиеся на аудиторных занятиях.

При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю.

## «Определение фитотоксичности почвы методом проростков».

**Цель работы** – определение фитотоксичности почвы с применением метода проростков, расчет фитотоксического эффекта.

### Методические рекомендации:

**Фитотоксичность почвы** - свойство почвы, обусловленное наличием загрязняющих веществ и токсинов, подавлять рост и развитие высших растений.

Необходимость определения фитотоксичности почв часто возникает при мониторинге химически загрязненных почв или при оценке возможности использования в качестве мелиорантов или удобрений различного рода отходов (осадков сточных вод, различных компостов).

Метод основан на реакции тест-культур при внесении в почву удобрений, мелиорантов, загрязняющих веществ и т.п. Семена тест-культур высеваются в вегетационные сосуды или лабораторные стаканы, заполненные почвой с добавкой изучаемых веществ, или загрязненной и незагрязненной почвой. В ходе опыта фиксируют всхожесть, длину надземной и корневой систем, массу сухого вещества надземной и подземной части.

### Оборудование, реактивы и материалы.

- чашки Петри;
- весы технические;
- фильтры бумажные;
- семена пшеницы;
- пробы воздушно-сухой почвы.

### Ход исследования.

Прежде чем поставить эксперимент по биоиндикации загрязнений с помощью пшеницы, партия семян, предназначенных для опыта, проверяется на всхожесть. Для этого семена проращиваются в чашках Петри, в которые насыпают промытый речной песок слоем в 1 см. Сверху его накрывают фильтровальной бумагой и на нее раскладывают определенное количество семян. Перед раскладкой семян песок и бумагу увлажняют до полного насыщения водой. Сверху семена закрывают фильтровальной бумагой и неплотно накрывают стеклом. Проращивание ведут в лаборатории при температуре 20-25 °С. Нормой считается проращение 90-95 % семян в течение 3-4 суток. Процент проросших семян от числа посеянных называется **всхожестью**.

После определения всхожести семян приступают к проведению эксперимента, закладывая один или несколько опытов в следующей последовательности.

1. В 2 чашки Петри (контрольная и опытная) вносят по **50 г воздушно-сухой почвы** (воздушно-сухой называется почва, высушенная при атмосферной влажности).

2. Субстраты во всех чашках увлажняют одним и тем же количеством отстоянной водопроводной воды до появления признаков насыщения. В ходе опыта влажность поддерживают постоянной, для чего сосуды взвешивают после первого увлажнения немедленно, а затем периодически повторяют взвешивание и потерю массы за счет эвапотранспирации<sup>1</sup> компенсируют добавлением в сосуды недостающей воды.

3. В каждую чашку на поверхность субстрата укладывают по **10 семян пшеницы**. Расстояние между соседними семенами должно быть по возможности одинаковым.

4. Покрывают семена теми же субстратами, увлажняют верхние слои субстратов до влажности нижних.

5. **Через 3 дня** определяют всхожесть семян. При необходимости увлажняют субстраты одинаковым количеством воды.

6. По окончании опыта (**через 7 дней**) определяют общую всхожесть семян и среднюю длину корешков пшеницы (либо общую массу растений), сравнивают с

<sup>1</sup> Эвапотранспирация - испарение с поверхности почвы совместно с транспирацией.

контрольной пробой. Следует также обратить внимание на окраску растений (раннее пожелтение), характер корней, например, более короткие, но густые.

7. Все данные вносят в табл. 1. Рассчитывают фитотоксический эффект.

8. Делают выводы о загрязненности/незагрязненности исследуемого образца почвы.

В зависимости от результатов опыта субстратам присваивают один из четырех уровней загрязнения.

1. **Загрязнение отсутствует.**

Всхожесть семян достигает 90-100 %, всходы дружные, проростки крепкие, ровные. Эти признаки характерны для контроля, с которым следует сравнивать контрольные образцы.

2. **Слабое загрязнение.**

Всхожесть 60-90 %. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные.

3. **Среднее загрязнение.**

Всхожесть 20-60 %. Проростки по сравнению с контролем короче и тоньше. Некоторые проростки имеют уродства.

4. **Сильное загрязнение.**

Всхожесть семян очень малая (менее 20 %). Проростки мелкие, уродливые.

**Фитотоксический эффект** может быть рассчитан по разным показателям. Если, например, опираться на массу растений, то фитотоксический эффект ФЭ (%) рассчитывают по формуле (Садовникова Л.К., 2006):

$$\Phi Э = \frac{M_k - M_x}{M_k} \times 100 ,$$

где  $M_k$ - масса контрольного растения (или всех растений на сосуд);

$M_x$  – масса растения (растений), выращенного на предположительно фитотоксичной среде.

Табл. 1. Результаты опыта по определению фитотоксичности почвы.

Исследуемый субстрат	Всхожесть семян, %		Средняя длина корешка в пшеницы, см	Общая масса растений, г	Визуальные наблюдения проростков (окраска, характер корней)	Уровень загрязнения исследуемого субстрата	Фитотоксический эффект (по массе), %
	3 сут.	7 сут.					
Опыт 1							
Опыт 2							
....							
Контроль							

#### Вопросы для самопроверки.

1. Что такое «фитотоксичность»? Для каких целей используют данный показатель?
2. Опишите методику определения фитотоксичности почвы.

3. Какими еще методами, кроме метода проростков, можно определить фитотоксичность почвы?

## **Лабораторная работа № 2** **«Кислотность почвы и методы ее определения»**

**Цель работы** – определить обменную и гидролитическую кислотность образцов почвы из разных мест.

### **Методические рекомендации**

Кислотно-основные свойства почвы характеризуются специфическим набором показателей. Универсальным показателем, который определяют во всех почвах независимо от их свойств является рН. Уровень рН часто напрямую не связан с общим количеством кислотных компонентов в почве или с потенциальной кислотностью почв. Он зависит от способности присутствующих в почве кислот к диссоциации. Кроме ионов водорода в этих реакциях могут участвовать обменные ионы алюминия и железа.

Принято различать

*актуальную кислотность*, обусловленную водорастворимыми компонентами почвы и определяемую титрованием водных вытяжек, и

*потенциальную кислотность*, природа которой связана с составом обменных катионов.

**Актуальная** (активная) кислотность – кислотность почвенного раствора. Такую кислотность определяют в водной вытяжке из почв. Актуальная кислотность оказывает непосредственное влияние на корни растений и почвенные микроорганизмы.

**Потенциальная** (скрытая) кислотность почвы обусловлена наличием поглощенных ионов водорода в почвенном поглощающем комплексе. Поглощенные ионы водорода не вытесняются водой, они могут быть вытеснены лишь при воздействии на почву катионов растворенных солей. В зависимости от того, с помощью каких именно солей поглощенные ионы водорода вытесняются в раствор, потенциальная кислотность делится на обменную и гидролитическую.

Та часть поглощенных ионов водорода, которая может быть вытеснена и извлечена из почвы в виде кислот при взаимодействии нейтральных солей (KCl или NaCl), называется **обменной** кислотностью.

Потенциальная кислотность, определяемая путем обработки почвы раствором гидролитически щелочных солей (например,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), получила название **гидролитической** кислотности.

Величина гидролитической кислотности больше обменной. Для большинства почв рН водной вытяжки несколько выше (а определяемая при этом кислотность ниже), чем величина рН солевой вытяжки, так как в солевую вытяжку переходят ионы водорода, находящиеся не только в почвенном растворе, но и в поглощенном состоянии.

### **Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН (ГОСТ 26483-85).**

Для определения обменной кислотности почвы готовят солевую вытяжку.

**Сущность метода** заключается в извлечении обменных катионов, нитратов и подвижной серы из почвы раствором хлорида калия (1 н р-р) при соотношении почвы и раствора 1: 2,5 и потенциометрическом определении рН с использованием стеклянного электрода.

**Потенциометрический метод определения рН** основан на измерении электродвижущей силы, возникающей при опускании в почвенную суспензию в водную или солевую вытяжки (в зависимости от цели анализа) двух разных электродов: измерительного и электрода сравнения. Потенциал измерительного электрода связан с рН

раствора или почвы и определяется им. Потенциал электрода сравнения не зависит от значения pH испытуемого раствора.

Реактивы: Хлорид калия, раствор концентрации 1 моль/дм<sup>3</sup> (1 н.).

Оборудование: колбы конические объемом 100 мл, весы технические, встряхиватели.

#### **Ход определения.**

Подготовить электроды для измерения. При подготовке электродов их вымачивают в 0,1 н HCl 5-7 суток до установления постоянного потенциала асимметрии. Подключить электроды к прибору, прибор включить в сеть, электроды тщательно обмыть водой и настроить прибор по буферным растворам. После настройки приборы обмывают и держат в дистиллированной воде.

Образцы почвы в воздушно-сухом состоянии измельчают, пропускают через сито с круглыми отверстиями диаметром 1-2 мм. Пробы почвы массой 30 г взвешивают с погрешностью не более 0,1 г и пересыпают в конические колбы. К пробам цилиндром приливают по 75 мл экстрагирующего раствора (хлорид калия 1 н). **Одновременно проводят холостой опыт без пробы почвы.**

Почву с раствором перемешивают в течение 1 мин и затем – на встряхивателе в течение 1 часа. Затем пробы фильтруют через бумажные фильтры. Первую мутную порцию фильтрата объемом 10-15 мл отбрасывают. Измеряют величину pH в основном объеме фильтрата. Показания прибора считывают не ранее чем через 1 мин после погружения электродов в суспензию. Результаты измерений заносят в таблицу 2.

Фильтраты используют для последующего определения обменной кислотности.

#### **Определение обменной кислотности (ГОСТ 26484-85).**

Обменная кислотность связана с относительно сильными кислотными компонентами – ионами H<sup>+</sup> и Al<sup>3+</sup>, которые компенсируют постоянные отрицательные заряды почвенного поглощающего комплекса (ППК) и легко вытесняются из ППК даже при относительно низких значениях pH.

Обменную кислотность находят титрованием солевой вытяжки из почвы, когда из ППК вытесняются ионы H<sup>+</sup> и Al<sup>3+</sup>. Величину обменной кислотности находят по количеству щелочи, пошедшей на титрование HCl.

Сущность метода заключается в извлечении обменных ионов водорода и алюминия из почвы раствором хлорида калия при соотношении почвы и раствора 1: 2,5 и последующем титровании фильтрата гидроксидом натрия до pH 8,2.

Реактивы: гидроксид натрия, раствор концентрации 0,1 моль/дм<sup>3</sup> (0,1 н.); фенофталеин.

#### **Ход определения.**

25 см<sup>3</sup> солевой вытяжки из исследуемой почвы (см. выше) помещают в колбу для титрования на 100 см<sup>3</sup>, добавляют несколько капель индикатора фенофталеина. Пробы титруют гидроксидом натрия до появления слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Аналогично проводят титрование 25 см<sup>3</sup> фильтрата холостого опыта.

Обменную кислотность (X) в миллимолях в 100 г почвы вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(V - V_0) \cdot C \cdot 250}{V_1},$$

где V – объем раствора гидроксида натрия, израсходованный на титрование пробы вытяжки, см<sup>3</sup>;

V<sub>0</sub> – то же на титрование холостого опыта, см<sup>3</sup>;

V<sub>1</sub> – объем пробы вытяжки, взятый для титрования, см<sup>3</sup>;

C – концентрация раствора гидроксида натрия, ммоль/см<sup>3</sup>;

250 – коэффициент пересчета на 100 г почвы, см<sup>3</sup>.

Результат анализа выражают в миллимолях в 100 г почвы с округлением до второго десятичного знака.

### **Определение гидролитической кислотности.**

При определении гидролитической кислотности обменные катионы вытесняют раствором соли, гидролизующейся с образованием щелочи, обычно ацетатом натрия. В этом случае образуется слабая уксусная кислота, в форме которой связываются вытесняемые из почвы ионы водорода и обеспечивается более полное протекание реакции.

Сущность метода заключается в обработке почвы 1 М раствором уксуснокислого натрия при соотношении почва: раствор = 1: 2,5 с последующим определением кислотности суспензии по величине их рН.

Реактивы: уксуснокислый натрий, раствор 1 М; гидроксид натрия, раствор 0,1 М.

### **Ход определения.**

Пробы почвы массой **30 г**, взвешенные с погрешностью не более 0,1 г, пересыпают в конические колбы. К пробам приливают цилиндром по **75 см<sup>3</sup>** экстрагирующего раствора (**1 М раствор ацетата натрия**). Почву с раствором перемешивают в течение 1 мин и затем – на встряхивателе в течение 1 часа. Затем пробы фильтруют через бумажные фильтры. Первую мутную порцию фильтрата объемом 10-15 см<sup>3</sup> отбрасывают.

Величину гидролитической кислотности определяют с помощью рН-метра. Значение рН снимают со шкалы прибора не ранее чем через 1 мин после погружения электродов. Величину гидролитической кислотности в мг-экв на 100 г почвы находят по величине рН, пользуясь таблицей 3.

Табл.2. Результаты измерений.

Проба почвы	рН солевой вытяжки	Реакция почвы	Обменная кислотность, ммоль/100 г почвы	Гидролитическая кислотность, мг-экв на 100 г почвы

### **Вопросы для самопроверки:**

1. Дайте определение актуальной и потенциальной кислотности.
2. Какие соли нужно использовать для обработки почвы для получения обменной кислотности?
3. Почему для большинства почв рН водной вытяжки несколько выше, чем величина рН солевой вытяжки?

## **Лабораторная работа № 3 «Определение содержания общего хрома в воде»**

**Цель работы** – определить содержание общего хрома в воде.

### **Сущность метода**

Для определения общего хрома соединения хрома предварительно переводят в хром (VI) путем окисления надсерноокислым аммонием, после чего определяют содержание хрома (VI) в обработанной пробе с 1,5-дифенилкарбазидом.

При определении общего хрома мешающее влияние оказывают:

- железо (III) при содержании свыше 1 мг/дм<sup>3</sup>. Влияние железа устраняют добавлением ортофосфорной кислоты;
- высокое содержание солей кальция, которые при использовании серной кислоты в ходе определения дают помутнение, вызванное выделением сульфата. В этом случае рекомендуется вместо серной кислоты применять трихлоруксусную кислоту;
- присутствующие восстановители, например сульфиты, железо (II), многие органические вещества приводят к восстановлению хрома (VI) до хрома (III) при подкислении пробы в ходе анализа.

Другие вещества в тех концентрациях, которые реально присутствуют в питьевых водах и водах поверхностных и подземных источников питьевого водоснабжения, мешающего влияния не оказывают.

#### **Средства измерений, вспомогательное оборудование, реактивы, материалы:**

Фотометр, спектрофотометр, фотоэлектроколориметр, весы лабораторные, пипетки, пипетки градуированные, колбы мерные, цилиндры мерные, электроплитка, колбы конические плоскодонные термостойкие, воронки лабораторные, стаканы термостойкие, ".

Кислота серная, кислота азотная, натрия гидроксид, 1,5-дифенилкарбазид, кислота ортофосфорная, аммоний надсернистый, серебро азотнокислородное, вода дистиллированная, ацетон.

#### **Ход определения.**

В восемь термостойких стаканов или конических колб вместимостью 250 - 300 см<sup>3</sup> вносят 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 см<sup>3</sup> раствора хрома (VI) массовой концентрации 5 мг/дм<sup>3</sup>, в одну колбу раствор хрома (VI) не вносят. Затем в каждую колбу прибавляют:

- 5 см<sup>3</sup> раствора азотнокислого серебра,
- 5 см<sup>3</sup> раствора аммония надсернистого массовой доли 25%

Прибавляют дистиллированную воду, чтобы общий объем составил около 100 см<sup>3</sup>.

Растворы кипятят, упаривая до объема приблизительно 50 см<sup>3</sup>, охлаждают и количественно переносят в мерные колбы вместимостью 100 см<sup>3</sup>. Затем в каждую колбу вносят:

- 1 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты,
- 0,3 см<sup>3</sup> концентрированной ортофосфорной кислоты,
- 2 см<sup>3</sup> раствора 1,5-дифенилкарбазида массовой концентрации 5 г/дм<sup>3</sup>,

После доводят до метки дистиллированной водой и перемешивают.

Массовая концентрация общего хрома в полученных градуировочных растворах составляет 0,0; 0,025; 0,05; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 и 0,50 мг/дм<sup>3</sup>.

Раствор, не содержащий хрома, является холостой пробой для градуировки.

#### **Установление градуировочной характеристики**

Для определения общего хрома строят отдельные градуировочные характеристики. При этом для каждой толщины поглощающего слоя строят свою градуировочную характеристику.

Выдерживают градуировочные растворы и холостую пробу для градуировки 15 мин после их приготовления, после чего не менее двух раз измеряют значения оптической плотности каждого градуировочного раствора (в порядке возрастания массовой концентрации хрома в градуировочном растворе) и холостой пробы в диапазоне длин волн от 540 до 550 нм (540 нм - при использовании спектрофотометра) в кюветах с толщиной поглощающего слоя от 25 до 40 мм, используя в качестве раствора сравнения дистиллированную воду.

#### **Порядок проведения измерений**

Анализируют не менее двух аликвот пробы анализируемой воды ( $V_{пр}$ , см<sup>3</sup>),.

Выдерживают подготовленные для измерений пробы анализируемой воды, холостую пробу для определения хрома в течение 15 мин после их подготовки, после чего не менее двух раз измеряют значения оптической плотности пробы анализируемой воды  $A_s$  и холостой пробы для определения хрома  $A_b$  в диапазоне длин волн от 540 до 550 нм (540 нм - при использовании спектрофотометра) в кюветах с толщиной поглощающего слоя от 25 до 40 мм, используя в качестве раствора сравнения дистиллированную воду.

Если измеренное значение оптической плотности холостой пробы для определения хрома существенно отличается от измеренного значения холостой пробы при проведении градуировки, выясняют причины несоответствия и при необходимости проводят контроль стабильности градуировочной характеристики.

#### **Обработка результатов измерений**

Значение оптической плотности для общего хрома  $A_x$  рассчитывают по формуле (1)

$$A_x = A_s - A_b, (1)$$

где  $A_s$ - среднеарифметическое значение из измеренных значений оптической плотности пробы анализируемой воды;

$A_b$  - среднеарифметическое значение из измеренных значений оптической плотности холостой пробы для определения хрома.

Массовую концентрацию хрома (VI) (общего хрома)  $C_{xp}$ , мг/дм<sup>3</sup>, в аликвоте пробы анализируемой воды определяют по соответствующей градуировочной характеристике(градуировочному графику), используя значение  $A_x$ , рассчитанное по формуле (1)

Если полученное значение массовой концентрации хрома (VI) (общего хрома), найденное по формуле (1), превышает верхнюю границу диапазона градуировочной характеристики, то пробу анализируемой воды разбавляют так, чтобы значение массовой концентрации хрома в разбавленной пробе воды укладывалось в диапазон градуировочной характеристики, либо анализируют меньший объем пробы.

При разбавлении отбирают аликвоту пробы анализируемой воды ( $V_a$ , см<sup>3</sup>), помещают ее в мерную колбу ( $V_k$ , см<sup>3</sup>) и доводят до метки дистиллированной водой, затем подготавливают как ранее в методике и проводят измерения оптической плотности.

Массовую концентрацию общего хрома в пробе анализируемой воды  $X$ , мг/дм<sup>3</sup>, рассчитывают по формуле (3)

$$X = \frac{C_{xp} V_{м.к.} f}{V_{пр}}, (2)$$

где  $C_{xp}$  - массовая концентрация хрома общего, определенная по формуле (1) и градуировочному графику, мг/дм<sup>3</sup>;

$V_{м.к.}$  - вместимость мерной колбы, использованной для подготовки пробы анализируемой воды (как правило, 100 см<sup>3</sup>), см<sup>3</sup>;

$V_{пр}$  - объем аликвоты пробы анализируемой воды (исходной или разбавленной), см<sup>3</sup>;

$f$  - коэффициент разбавления пробы анализируемой воды, при этом если пробу не разбавляли, то  $f$  принимают равным 1, если разбавляли, то  $f$  рассчитывают по формуле (3)

$$f = \frac{V_k}{V_a}, (3)$$

где  $V_k$  - вместимость мерной колбы, использованной при разбавлении пробы анализируемой воды, см<sup>3</sup>;

$V_a$  - объем аликвоты пробы анализируемой воды, взятый для разбавления, см<sup>3</sup>.

#### Лабораторная работа № 4

«Определение содержания хрома (VI) в воде»

**Цель работы** – определить содержание хрома (VI) в воде.

**Методические рекомендации**

Метод определения хрома (VI) основан на измерении светопоглощения в диапазоне длин волн от 540 до 550 нм окрашенного (красно-фиолетового) комплексного соединения,

образующегося в результате реакции 1,5-дифенилкарбазида с бихромат-ионами пробы анализируемой воды в кислой среде и определении хрома (VI) по значению оптической плотности раствора.

При определении хрома (VI) мешающее влияние оказывают:

- железо (III) при содержании свыше 1 мг/дм<sup>3</sup>. Влияние железа устраняют добавлением ортофосфорной кислоты;

- высокое содержание солей кальция, которые при использовании серной кислоты в ходе определения дают помутнение, вызванное выделением сульфата. В этом случае рекомендуется вместо серной кислоты применять трихлоруксусную кислоту;

- присутствующие восстановители, например сульфиты, железо (II), многие органические вещества приводят к восстановлению хрома (VI) до хрома (III) при подкислении пробы в ходе анализа.

Другие вещества в тех концентрациях, которые реально присутствуют в питьевых водах и водах поверхностных и подземных источников питьевого водоснабжения, мешающего влияния не оказывают.

#### **Средства измерений, вспомогательное оборудование, реактивы, материалы:**

Фотометр, спектрофотометр, фотоэлектроколориметр, весы лабораторные, пипетки, пипетки градуированные, колбы мерные, цилиндры мерные.

Кислота серная, кислота азотная, натрия гидроксид, 1,5-дифенилкарбазид, кислота ортофосфорная, аммоний надсернистый, серебро азотнокислое, вода дистиллированная, ацетон.

#### **Средства измерений, вспомогательное оборудование, реактивы, материалы:**

Фотометр, спектрофотометр, фотоэлектроколориметр, весы лабораторные, пипетки, пипетки градуированные, колбы мерные, цилиндры мерные, электроплитка, колбы конические плоскодонные термостойкие, воронки лабораторные, стаканы термостойкие, Кислота серная, кислота азотная, натрия гидроксид, 1,5-дифенилкарбазид, кислота ортофосфорная, аммоний надсернистый, серебро азотнокислое, вода дистиллированная, ацетон.

#### **Приготовление градуировочных растворов для определения хрома (VI)**

В восемь мерных колб вместимостью 100 см<sup>3</sup> вносят 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 см<sup>3</sup> раствора хрома (VI) массовой концентрации 5 мг/дм<sup>3</sup>, в одну колбу раствор хрома (VI) не вносят, и доводят каждую колбу дистиллированной водой до 50 - 80 см<sup>3</sup>. Затем в каждую колбу добавляют:

- 1 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты,
- 0,3 см<sup>3</sup> концентрированной ортофосфорной кислоты,
- 2 см<sup>3</sup> раствора 1,5-дифенилкарбазида массовой концентрации 5 г/дм<sup>3</sup>.

После доводят до метки дистиллированной водой и перемешивают. Массовая концентрация хрома (VI) в полученных градуировочных растворах составляет 0,0; 0,025; 0,05; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 и 0,50 мг/дм<sup>3</sup>.

Раствор, не содержащий хрома, является холостой пробой для градуировки.

#### **Установление градуировочной характеристики**

Для определения хрома (VI) строят отдельные градуировочные характеристики. При этом для каждой толщины поглощающего слоя строят свою градуировочную характеристику.

Выдерживают градуировочные растворы и холостую пробу для градуировки 15 мин после их приготовления, после чего не менее двух раз измеряют значения оптической плотности каждого градуировочного раствора (в порядке возрастания массовой концентрации хрома в градуировочном растворе) и холостой пробы в диапазоне длин волн от 540 до 550 нм (540 нм - при использовании спектрофотометра) в кюветах с толщиной поглощающего слоя от 25 до 40 мм, используя в качестве раствора сравнения дистиллированную воду.

#### **Порядок проведения измерений**

Анализируют не менее двух аликвот пробы анализируемой воды ( $V_{пр}$ , см<sup>3</sup>),.

Выдерживают подготовленные для измерений пробы анализируемой воды, холостую пробу для определения хрома в течение 15 мин после их подготовки, после чего не менее двух раз измеряют значения оптической плотности пробы анализируемой воды  $A_s$  и холостой пробы для определения хрома  $A_b$  в диапазоне длин волн от 540 до 550 нм (540 нм - при использовании спектрофотометра) в кюветах с толщиной поглощающего слоя от 25 до 40 мм, используя в качестве раствора сравнения дистиллированную воду.

Если измеренное значение оптической плотности холостой пробы для определения хрома существенно отличается от измеренного значения холостой пробы при проведении градуировки, выясняют причины несоответствия и при необходимости проводят контроль стабильности градуировочной характеристики.

#### **Обработка результатов измерений**

Значение оптической плотности для хрома (VI)  $A_x$  рассчитывают по формуле (1)

$$A_x = A_s - A_b, (1)$$

где  $A_s$ - среднеарифметическое значение из измеренных значений оптической плотности пробы анализируемой воды;

$A_b$  - среднеарифметическое значение из измеренных значений оптической плотности холостой пробы для определения хрома.

Массовую концентрацию хрома (VI)  $C_{xp}$ , мг/дм<sup>3</sup>, в аликвоте пробы анализируемой воды определяют по соответствующей градуировочной характеристике (градуировочному графику), используя значение  $A_x$ , рассчитанное по формуле (1)

Если полученное значение массовой концентрации хрома (VI), найденное по формуле (1), превышает верхнюю границу диапазона градуировочной характеристики, то пробу анализируемой воды разбавляют так, чтобы значение массовой концентрации хрома в разбавленной пробе воды укладывалось в диапазон градуировочной характеристики, либо анализируют меньший объем пробы.

При разбавлении отбирают аликвоту пробы анализируемой воды ( $V_a$ , см<sup>3</sup>), помещают ее в мерную колбу ( $V_k$ , см<sup>3</sup>) и доводят до метки дистиллированной водой, затем подготавливают как ранее в методике и проводят измерения оптической плотности.

Массовую концентрацию хрома (VI) в пробе анализируемой воды  $X$ , мг/дм<sup>3</sup>, рассчитывают по формуле (3)

$$X = \frac{C_{xp} V_{м.к.} f}{V_{пр}}, (2)$$

где  $C_{xp}$  - массовая концентрация хрома (VI или хрома общего), определенная по формуле (1) и градуировочному графику, мг/дм<sup>3</sup>;

$V_{м.к.}$  - вместимость мерной колбы, использованной для подготовки пробы анализируемой воды (как правило, 100 см<sup>3</sup>), см<sup>3</sup>;

$V_{пр}$  - объем аликвоты пробы анализируемой воды (исходной или разбавленной), см<sup>3</sup>;

$f$  - коэффициент разбавления пробы анализируемой воды, при этом если пробу не разбавляли, то  $f$  принимают равным 1, если разбавляли, то  $f$  рассчитывают по формуле (3)

$$f = \frac{V_k}{V_a}, (3)$$

где  $V_k$  - вместимость мерной колбы, использованной при разбавлении пробы анализируемой воды, см<sup>3</sup>;

$V_a$  - объем аликвоты пробы анализируемой воды, взятый для разбавления, см<sup>3</sup>.

### **Лабораторная работа № 5** **«Определение кальция в почве»**

**Цель работы** – определить содержание кальция в почве.

Сущность метода заключается в последовательном комплексонометрическом титровании в одной пробе ионов кальция при рН 12,5 - 13,0 и ионов магния при рН около 10,0 с использованием в качестве металлоиндикатора хрома кислотного темно-синего.

#### **Проведение анализа**

##### Приготовление водной вытяжки из грунтов

Для анализа используют фильтраты вытяжек, приготовленных по ГОСТ 27753.2.

Пробы грунтов массой (30 +/- 0,1) г или (15 +/- 0,1) г помещают в технологические емкости или конические колбы, приливают по 150 см<sup>3</sup> воды и перемешивают в течение 15 мин с помощью электромеханической мешалки или встряхивателя. После перемешивания отделяют по 15 - 20 см<sup>3</sup> суспензии для измерения рН и приступают к фильтрованию.

Суспензии фильтруют через бумажные фильтры. Первую порцию фильтрата объемом до 10 см<sup>3</sup> отбрасывают. Мутные фильтраты возвращают на фильтры до тех пор, пока они не станут прозрачными. По окончании фильтрования фильтраты перемешивают и используют для анализа.

**Определение кальция:**

20 см<sup>3</sup> фильтрата помещают в химический стакан или коническую колбу. Стакан или колбу помещают на магнитную мешалку и при перемешивании приливают 0,5 см<sup>3</sup> раствора гидроксилamina гидрохлорида с массовой концентрацией 50 г/дм<sup>3</sup>, 2 см<sup>3</sup> раствора гидроокиси натрия молярной концентрации с (NaOH) = 2 моль/дм<sup>3</sup> (2 н), добавляют несколько кристаллов диэтилдитиокарбамата натрия и 1 - 2 капли раствора кислотного темно-синего хрома. Кальций титруют раствором трилона Б до перехода окраски от розовой к сиреневой и регистрируют расход титранта по бюретке. Затем нейтрализуют оттитрованный раствор соляной кислотой, разбавленной 1:4 водой, до перехода окраски от сиреневой к исходной розовой так, чтобы избыток кислоты не превышал 1 - 2 капель. После этого приливают 5 см<sup>3</sup> аммиачного буферного раствора и титруют магний раствором трилона Б до перехода окраски от розовой к синей. По окончании титрования регистрируют расход титранта.

Таким же образом титруют контрольную пробу.

#### **Обработка результатов**

Массовую долю кальция в анализируемом грунте (X) в миллионных долях вычисляют по формуле

$$X = \frac{(V_1 - V_0) \cdot c \cdot 20 \cdot K}{V_2}, \quad (2)$$

где  $V_1$  - объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование кальция в пробе вытяжки, см<sup>3</sup>;

$V_0$  - объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование кальция в контрольной пробе, см<sup>3</sup>;

c - молярная концентрация раствора трилона Б, с (1/2 Na<sub>2</sub>ЭДТА) моль/дм<sup>3</sup>;

20 - молярная масса эквивалента кальция, г/моль;

$V_2$  - объем пробы вытяжки, взятый для титрования, см<sup>3</sup>;

K - коэффициент пересчета в массовую долю кальция в грунте, равный: 5000 - при отношении грунта и воды 1:5 и 10 000 - при отношении грунта и воды 1:10.

## **Лабораторная работа № 6**

### **Фотометрический метод определения железа с О-фенантролином в природных и сточных водах**

**Цель работы-** определить массовую концентрацию общего железа в природных и сточных водах.

#### **Сущность метода**

Метод основан на реакции ортофенантролина с ионами двухвалентного железа в области рН 3 - 9 с образованием комплексного соединения, окрашенного в оранжево-красный цвет. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации железа. Восстановление железа до двухвалентного проводится в кислой среде гидросиламином. Окраска развивается быстро при рН 3,0 - 3,5 в присутствии избытка фенантролина и устойчива в течение нескольких дней. Диапазон измерения массовой концентрации общего железа без разбавления пробы 0,05 - 2,0 мг/дм<sup>3</sup>. В этом интервале суммарная погрешность измерения с вероятностью P = 0,95 находится в пределах 0,01 - 0,02 мг/дм<sup>3</sup>.

#### **Аппаратура, материалы и реактивы**

Фотоэлектроколориметр различных марок.

Кюветы с толщиной рабочего слоя 2 - 5 см.

Плитка электрическая.

Колбы мерные 2-го класса точности, вместимостью 50 и 1000 см<sup>3</sup>.

Пипетки мерные без делений, вместимостью 10, 25 и 50 см<sup>3</sup> и пипетки мерные с делениями 0,1 - 0,01 см<sup>3</sup>, вместимостью 1, 2 и 5 см<sup>3</sup> 2-го класса точности по нормативной документации по стандартизации.

Колбы плоскодонные вместимостью 150 - 200 см<sup>3</sup>.

Аммоний уксуснокислый.

Гидросиламин солянокислый.

Квасцы железоаммонийные по нормативной документации по стандартизации.

Кислота соляная.

Кислота уксусная.

Ортофенантролин.

Вода дистиллированная.

Аммиак водный 25%-ный раствор.

#### **Порядок проведения измерений**

Определению мешают цианиды, нитриты, полифосфаты; хром и цинк в концентрации, превышающей в 10 раз массовую концентрацию железа; кобальт и медь в концентрации более 5 мг/дм<sup>3</sup> и никель в концентрации 2 мг/дм<sup>3</sup>. Предварительное кипячение воды с кислотой превращает полифосфаты в ортофосфаты, добавлением гидросиламина устраняется мешающее влияние окислителей. Мешающее влияние меди уменьшается при рН 2,5 - 4.

При отсутствии полифосфатов исследуемую воду тщательно перемешивают и отбирают 25 см<sup>3</sup> (или меньший объем, содержащий не более 0,1 мг железа, разбавленный до 25 см<sup>3</sup> дистиллированной водой) в мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup>. Если при отборе пробы вода была подкислена, то ее нейтрализуют 25%-ным раствором аммиака до рН 4 - 5, контролируя потенциометрически или по индикаторной бумаге. Затем добавляют 1 см<sup>3</sup> солянокислого раствора гидросиламина, 2,00 см<sup>3</sup> ацетатного буферного раствора и 1 см<sup>3</sup> раствора ортофенантролина. После прибавления каждого реактива раствор перемешивают, затем доводят объем до 50 см<sup>3</sup> дистиллированной водой, тщательно перемешивают и оставляют на 15 - 20 мин для полного развития окраски.

Окрашенный раствор фотометрируют при сине-зеленом светофильтре в кюветах с толщиной оптического слоя 2, 3 или 5 см по отношению к дистиллированной воде, в которую добавлены те же реактивы.

Массовую концентрацию железа находят по градуировочному графику.

В присутствии полифосфатов 25 см<sup>3</sup> исследуемой пробы помещают в плоскодонную колбу, вместимостью 100 - 150 см<sup>3</sup>, прибавляют 1 см<sup>3</sup> концентрированной соляной кислоты, нагревают до кипения и упаривают до объема 15 - 20 см<sup>3</sup>. После охлаждения раствора его переносят в мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup>, добавляют дистиллированную воду до объема примерно 25 см<sup>3</sup> и доводят 25%-ным раствором аммиака до pH 4 - 5, контролируя потенциометрически или по индикаторной бумаге.

Далее прибавляют реактивы и проводят анализ, как указано выше (при отсутствии полифосфатов).

Для построения калибровочного графика в мерные колбы вместимостью 50 см<sup>3</sup> вносят 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 10,0; 20,0 см<sup>3</sup> рабочего стандартного раствора, содержащего в 1 см<sup>3</sup> 0,005 мг железа, доводят объем дистиллированной водой приблизительно до 25 см<sup>3</sup> и анализируют так же, как и исследуемую воду. Получают шкалу стандартных растворов с массовой концентрацией железа 0,0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1,0 и 2,0 мг/дм<sup>3</sup>. Фотометрируют в тех же условиях, что и пробу. Строят калибровочный график, откладывая по оси абсцисс массовую концентрацию общего железа в мг/дм<sup>3</sup>, а на оси ординат - соответствующие значения оптической плотности.

## Лабораторная работа № 7

### Определение солёности морской воды

**Цели работы** – ознакомление с основными методами определения солёности морской воды; определение солёности проб воды методом ареометрирования.

#### Методические рекомендации:

Общее количество растворенных минеральных веществ, т.е. солей, в 1 кг морской воды, взятое по весу (в граммах), называется **солёностью** морской воды. Средняя солёность морской воды 35 г солей, растворенных в 1 кг морской воды, т.е. 0,035 долей килограмма. Обычно солёность выражается в тысячных долях (например, солёность 35 единиц).

Солёность является одной из основных характеристик водных масс, распределения морских организмов, элементов морских течений и т. д. Особую роль она играет в формировании биологической продуктивности морей и океанов, так как многие гидробионты очень восприимчивы к незначительным ее изменениям.

Определение солёности морской воды является одним из обязательных компонентов программы наблюдений за качеством морских вод

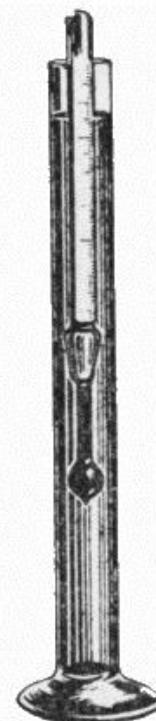
Используются следующие методы определения солёности:

1) **аргентометрический** – основан на нахождении хлорности морской воды, под которой понимают суммарную массу в граммах галогенидов (хлоридов, бромидов и иодидов) за исключением фторидов, содержащихся в 1 кг морской воды в пересчете на эквивалентное содержание хлоридов. Хлорность определяют титрованием пробы морской воды раствором нитрата серебра AgNO<sub>3</sub> до полного осаждения всех галогенидов, кроме фторидов. Этот способ позволяет определять солёность с точностью до 0,01.

2) **оптический** – основан на измерении угла преломления света в воде, т.к. этот угол зависит от солёности.

3) **электрометрический на солемерах** - основан на измерении относительной электропроводности морской воды с помощью бесконтактного индукционного солемера, что позволяет ускорить и в принципе увеличить точность ее определения по сравнению с аргентометрическим титрованием.

4) **проведение полного химического анализа морской воды** - наиболее точный способ, но слишком трудоемкий.



5) **метод ареометрирования** - позволяет определять удельный вес морской воды при заданной температуре, а затем при помощи специальных таблиц переводить удельный вес в соответствующую ему соленость. Этот способ дает точность только до 0,05.

#### **Ход работы.**

Для определения относительной плотности при помощи ареометра жидкость наливают в стеклянный цилиндр емкостью не менее 0,5 л. Размер цилиндра должен соответствовать размеру ареометра. Наливать жидкость в цилиндр до краев не следует, так как при погружении ареометра жидкость может перелиться через край. Уровень жидкости в цилиндре должен быть на несколько сантиметров ниже края цилиндра. Измерение следует начинать, когда температура исследуемой жидкости достигнет **17,5°C**.

Погружать ареометр в жидкость следует **осторожно**, не выпуская его из рук до тех пор, пока не станет очевидным, что он плавает. Тогда руку осторожно опускают, и ареометр принимает нужное положение. Ареометр должен находиться в центре цилиндра и ни в коем случае не касаться стенок или быть к ним очень близко, так как положение ареометра в цилиндре отражается на точности показаний. Точно также совершенно недопустимо, чтобы ареометр касался дна цилиндра.

Отсчет проводят по делениям шкалы ареометра. Деление, против которого установился **нижний мениск жидкости**, характеризует величину плотности.

После определения ареометр обмывают водой, вытирают и убирают в специальный футляр или ящик.

Результаты ареометрирования пробы жидкости заносят в таблицу 1. На основе определения относительной плотности исследуемой жидкости по таблице 2 (см. приложение) находят значение солености данной жидкости при данной температуре.

Таблица 1.

<b>Проба воды</b>	<b>Относительная плотность воды</b>	<b>Соленость пробы воды</b>
№ 1		
№ 2		
...		

### **Лабораторная работа № 8** **Определение влажности и зольности почвы** **Метод отбора проб**

Отбор, упаковка и транспортирование проб почвы - в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.01-83.

Образцы почвы, поступившие на анализ, доводят до воздушно-сухого состояния. Масса воздушно-сухой пробы почвы должна быть не менее 1 кг.

Почву измельчают и просеивают через сито с отверстиями диаметром 5 мм до тех пор, пока вся почва не пройдет через сито, тщательно перемешивают, методом квартования отбирают 150 - 200 г и помещают в коробку или банку.

Приступая к анализу, всю почву из банки высыпают на лист стекла, пластмассы или полиэтиленовой пленки, распределяют тонким слоем не более 1 см, затем не менее чем из 5 мест отбирают пробы шпателем или ложечкой. Масса анализируемой пробы - от 3 до 5 г.

#### **Аппаратура, материалы и реактивы**

Для проведения анализа применяют:

- 1) шкаф сушильный с автоматическим регулированием температуры (105 +/- 2) °C;
- 2) печь муфельную с электрическим обогревом и с автоматическим регулированием

температуры (525 +/- 25) °С;

- 3) тигли фарфоровые по ГОСТ 9147-80, обеспечивающие вмещение пробы массой 3 - 5 г без уплотнения;
- 4) весы лабораторные 2-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200 г по ГОСТ 24104-80;
- 5) измельчитель почвенных и растительных проб, обеспечивающий измельчение до 5 мм;
- 6) сито с отверстиями диаметром 5 мм с поддоном и крышкой;
- 7) щипцы тигельные;
- 8) эксикатор по ГОСТ 25336-82;
- 9) перчатки термозащитные;
- 10) кальций хлористый по ГОСТ 4161-77, ч.д.а.;
- 11) воду дистиллированную по ГОСТ 6709-72;
- 12) водорода перекись по ГОСТ 10929-76, 3%-ный раствор.

### **Подготовка к анализу**

#### Подготовка тиглей

Чистые, сухие пронумерованные тигли прокаливают в муфельной печи при температуре (525 +/- 25) °С, охлаждают в эксикаторе с хлористым кальцием с погрешностью не более 0,001 г. Проводят повторное прокаливание и взвешивание до установления постоянной массы.

Если расхождение между результатами взвешиваний не превышает 0,005 г, прокаливание заканчивают. Тигли хранят в эксикаторе с хлористым кальцием, периодически проверяя их массу.

### **Проведение анализа**

#### Определение сухой массы почвы

Анализируемые пробы торфяных и оторфованных горизонтов почв помещают в предварительно взвешенные фарфоровые тигли с таким расчетом, чтобы почва занимала не более 2/3 объема тигля, взвешивают их с погрешностью не более 0,001 г, помещают в холодный сушильный шкаф и нагревают его до 105 °С.

Содержание влаги в пробах определяют по ГОСТ 19723-74.

#### Определение зольности

Тигли с пробами почв, высушенными при (105 +/- 2) °С до постоянной массы, ставят в холодную муфельную печь и постепенно доводят температуру до 200 °С. При появлении дыма печь отключают и дверцу приоткрывают. В течение 1 ч постепенно доводят температуру в муфельной печи до 300 °С. После прекращения появления дыма печь закрывают, температуру в муфельной печи доводят до (525 +/- 25) °С и тигли прокаливают в течение 3 ч.

Тигли с зольным остатком вынимают из муфельной печи, закрывают их крышками и ставят в эксикатор. Охлажденные до комнатной температуры тигли взвешивают с погрешностью не более 0,001 г.

Несгоревшие частицы почвы дополнительно выжигают. Для этого в тигли добавляют несколько капель горячей дистиллированной воды температурой более 90 °С или 3%-ного раствора перекиси водорода и повторно прокаливают при температуре (525 +/- 25) °С в течение 1 ч, охлаждают в эксикаторе и взвешивают с погрешностью не более 0,001 г.

После охлаждения и взвешивания оценивают изменение массы зольного остатка. Если изменение массы в сторону уменьшения или увеличения будет менее 0,005 г, то анализ заканчивают и для расчета принимают наименьшее значение массы. При

уменьшении массы на 0,005 г и более тигли с зольным остатком прокаливают дополнительно. Прокаливание заканчивают, если разность в массе при двух последовательных взвешиваниях будет менее 0,005 г.

### Обработка результатов

Массовую долю зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв (А), в процентах, вычисляют по формуле

$$A = \frac{(m - m_1)}{m_2} \cdot 100,$$

где  $m$  - масса тигля с зольным остатком, г;

$m_1$  - масса пустого тигля, г;

$m_2$  - масса сухой почвы, г.

Допускаемые расхождения между результатами повторных определений от их среднего арифметического при выборочном статистическом контроле и доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляют, в процентах:

16,8 - при зольности 10%;

8,4 - при зольности свыше 10%.

## Лабораторная работа № 9

### Хроматография

#### Часть 1 Разделение смеси веществ методом тонкослойной хроматографии»

#### ВВЕДЕНИЕ.

Метод тонкослойной хроматографии был разработан Н.А.Измайловым ещё в 1938г. В методе неподвижная фаза (селикагель, оксид алюминия, порошок целлюлозы) тонким слоем наносится на стеклянную, пластмассовую или металлическую пластинку. В качестве подвижной фазы используют различные растворители или их смеси, органические и неорганические кислоты. Выбор растворителя зависит от природы сорбента и свойств анализируемых соединений.

В ТСХ чаще используют *восходящий* способ получения хроматограммы: раствор образца наносят микропипеткой на небольшом расстоянии от края пластинки на стартовую линию, и край пластинки погружают в растворитель, который действует как подвижная фаза. Под действием капиллярных сил растворитель поднимается вверх по пластинке и с разной скоростью переносит за собой компоненты смеси, что приводит к их пространственному разделению. Чтобы растворитель не испарялся с поверхности сорбента, пластинка на время разделения должна быть помещена в герметически закрытую прозрачную камеру. Разделяемые компоненты на пластинке образуют отдельные зоны (пятна). Хроматографирование продолжают до тех пор, пока растворитель не пройдет от линии старта 10см до так называемой линии фронта. После этого пластинку вынимают из хроматографической камеры, подсушивают на воздухе и определяют положение пятен.

Схема разделения смеси веществ методом восходящей тонкослойной хроматографии приведена на рис.1. Пятна характеризуют положение компонентов А,В,С на пластине в конце опыта.

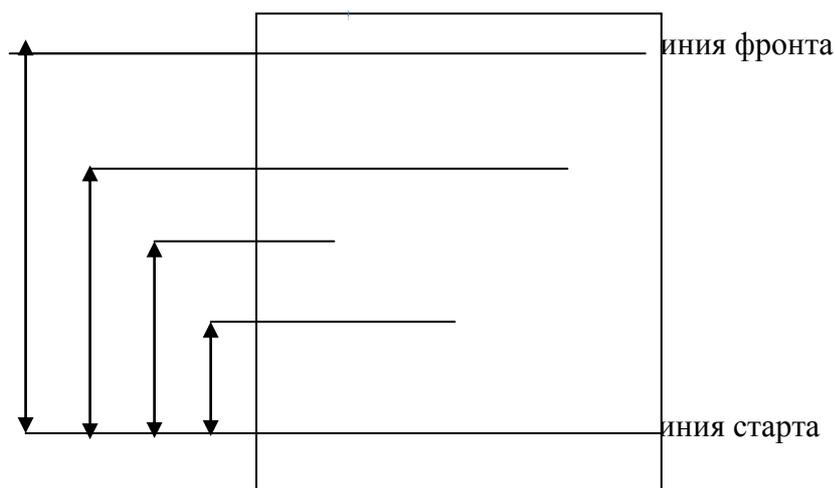


Рис.1. Схема разделения методом восходящей тонкослойной хроматографии

Сорбционные свойства системы в ТСХ характеризуются подвижностью  $R_f$  – коэффициент подвижности:

$$R_f = l_i / L,$$

где  $l_i$  – расстояние от стартовой линии до центра пятна,

$L$  – расстояние, пройденное растворителем от стартовой линии до границы фронта растворителя.

Величина  $R_f$  характеризует способность 2-х несмешивающихся жидкостей к разделению смеси веществ. Постоянство значения  $R_f$  зависит от условий проведения хроматографирования: сорта бумаги, температуры, концентрации вещества, степени насыщенности водой и др.

#### Реактивы и материалы:

1. Хроматографическая пластинка со слоем асбеста и бумага
2. Капилляры стеклянные
3. Хроматографическая камера
4. Установка сушильная
5. Растворы солей известных катионов; Подвижная фаза; Проявитель
6. Неизвестный контрольный раствор

#### Выполнение работы:

1. На дно хроматографической камеры помещают подвижную фазу (высота слоя около 0,5 см).

2. На хроматографическую пластинку (работа со 2-ой группой катионов) и бумагу (работа с 1-ой группой катионов) на расстоянии около 1 см отмечают линию старта и линию фронта. С помощью микрошприца на стартовую линию наносят по капле растворы солей известных катионов, используемые в качестве стандартов \*(способ «свидетелей» см. ниже). Нанесение повторяют 3 раза, каждый раз высушивая на сушилке. Далее, пластинку/бумагу помещают в хроматографическую камеру и плотно закрывают крышкой. Во время разделения не рекомендуется открывать крышку и перемещать камеру.

3. Когда фронт растворителя пройдет заданное расстояние (до линии фронта) и произойдет разделение компонентов, пластинку /бумагу вынимают и высушивают.

4. Для обнаружения пятен хроматограмму опрыскивают соответствующим раствором – проявителем и подсушивают.

5. Проведение работ по исследованию неизвестного контрольного раствора разделяемой смеси проводят аналогично.

После хроматографирования сопоставляют положение пятен исследуемой смеси и известных веществ, делают вывод о присутствии или отсутствии их в анализируемом растворе, рассчитывают коэффициент подвижности каждого вещества и делают вывод.

(\* Способ «свидетелей»: Если параллельно с каплей анализируемой смеси на полоску хроматографической бумаги нанести каплю смеси исследуемых веществ, то после проявления хроматограммы можно, сравнивая положение пятен компонентов анализируемой смеси с положением пятен известных соединений, идентифицировать неизвестные вещества).

Таблица 1.

Катион	Подвижная фаза-элюэнт	Проявитель	Используемый материал	Rf
Pb(II)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH : CH <sub>3</sub> COOH:H <sub>2</sub> O (7:1:2); C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH:HCl 5M	KI	бумага+ пластинка	
Pb(II)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH : CH <sub>3</sub> COOH:H <sub>2</sub> O (7:1:2);	Na <sub>2</sub> S	пластинка	
Cu(II)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH : CH <sub>3</sub> COOH:H <sub>2</sub> O (7:1:2); C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH:HCl 5M	KI	бумага+ пластинка	
Cu(II)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH : CH <sub>3</sub> COOH:H <sub>2</sub> O (7:1:2);	Na <sub>2</sub> S	пластинка	
Ni(II) Fe(III) Al (III)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH : CH <sub>3</sub> COOH:H <sub>2</sub> O (7:1:2); C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH:HCl 5M	диметилглиок сим	бумага+ пластинка	

## Часть 2

### Разделение смеси веществ методом бумажной (круговой)хроматографии

**ЦЕЛЬ:** Разделить и идентифицировать ионы методом круговой бумажной хроматографии.

**СУЩНОСТЬ РАБОТЫ:** Хроматография на бумаге – разновидность метода распределительной хроматографии. Носителем для неподвижного растворителя служит – фильтровальная бумага. Вместо пластинок с нанесенным тонким слоем сорбента можно использовать специальную хроматографическую бумагу в виде листов или полосок. Хроматографическая бумага д.б. химически чистой, нейтральной, инертной по отношению к компонентам раствора и подвижной фазе и быть однородной по плотности: имеют значение структура молекул целлюлозы в бумаге, ориентация волокон и др. Свойства, влияющие на скорость движения подвижной фазы.

*Основные операции в бумажной хроматографии проводятся также, как и в тонкослойной.* Анализ смеси проводят по следующей схеме: на круглый обеззольный фильтр («синяя лента») в центр наносят каплю разделяемой смеси, фильтр подсушивают и помещают в хроматографическую камеру с растворителем, который под действием капиллярных сил поднимается по «фитиллю», достигает стартового пятна с разделяемой смесью, вместе с ней перемещаются с различной скоростью разделяемые вещества.

Анализируемый раствор наносят на стартовую линию с помощью стеклянного капилляра или шприца. Чем меньше площадь стартового пятна, тем менее размытой будет зона вещества после хроматографирования. Поэтому пробу наносят в одну и ту же точку в несколько приемов, каждый раз подсушивая пятно.

Зоны разделяемых веществ имеют вид концентрических колец, которые могут быть видимыми и невидимыми; в последнем случае хроматограмму проявляют – опрыскивают раствором специфического реагента, либо подвергают УФ-излучению (рис.2).

Скорость перемещения компонентов определяется соответствующими коэффициентами распределения: чем меньше коэффициент распределения, тем быстрее вещество передвигается по сорбенту.

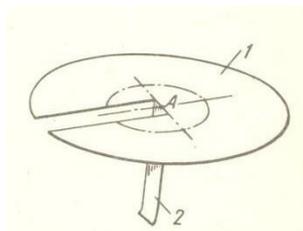


Рис.2.Круговая хроматограмма

1-круглый фильтр; 2-«фитиль», погружаемый в растворитель; А-место нанесения анализируемого раствора

Величина  $R_f$  каждого катиона не зависит от концентрации определяемого катиона, температуры, присутствия др. катионов и природы аниона, но зависит от состава и свойств используемого растворителя.

#### **Реактивы и материалы:**

- 1.Обеззоленная фильтровальная бумага «синяя лента», пинцет
  - 2.Капилляры стеклянные
  - 3.Хроматографическая камера
  - 4.Установка сушильная
  - 5.Растворы солей известных катионов; Подвижная фаза;
- Проявитель (раствор гексацианоферрат калия (IY)  $K_4\{Fe(CN)_6\}$ , 10%);
6. Неизвестный контрольный раствор

#### **Выполнение работы:**

1.На круглом обеззоленном фильтре «синяя лента» диаметром 12,5 см простым карандашом намечают контуры «фитиля» длиной 40 мм и шириной 4мм.

2.На цент фильтра с помощью капилляра наносят каплю раствора разделяемой смеси. Раствор наносят в несколько приёмов, чтобы впитывание происходило за счет капиллярных сил бумаги. Образовавшееся пятно осторожно обводят карандашом, т.е. фиксируют его положение на бумаге. Бумагу высушивают, вырезают «фитиль», как показано на рисунке.

3.В хроматографическую камеру помещают емкость (например, бюкс) с 10 мл подвижной фазы. Кислоту добавляют к органическому растворителю, чтобы предотвратить адсорбцию ионов бумагой. На кристаллизатор сверху помещают фильтр, следя за тем, чтобы «фитиль» был погружен в растворитель. И закрывают камеру крышкой.

3.Когда произойдет размывание первичного пятна растворителем и фронт пройдет заданное расстояние, бумагу вынимают, отмечают карандашом границы фронта растворителя, высушивают и приступают к проявлению.

4.Для проявления зон локализации неизвестных ионов фильтр опрыскивают раствором проявителя. В результате на хроматограмме проявляются цветные зоны определяемых катионов.

5. Для них рассчитывают значения  $R_f$  (как описано выше л.р.№1), считая началом их пути наружную границу первоначального пятна, а концом пути – наружные границы появившихся после проявления кольцевых зон локализации. Расстояние же, пройденное фронтом растворителя, мм, отсчитывают от центра хроматограммы (центра бумажного круга).

6. Рассчитывают коэффициент разделения как отношение подвижностей  $R_f$  и оценивают степень разделения катионов.

## **Лабораторная работа № 10** **Ферментативная активность почвы**

**Цель работы** – определение биологической активности почв на разном удалении от дороги по каталазной активности.

### **Введение**

Ферментативная активность почв – это один из показателей ее биологической активности, характеризующий потенциальную способность экосистемы сохранять гомеостаз. Почвенно-энзимологические методы позволяют определить не содержание ферментов в почве, а активность ферментов, находящихся преимущественно в адсорбированном (иммобилизованном) состоянии на поверхности почвенных коллоидов и частично в почвенном растворе.

В диагностических целях для исследования состояния почв была выбрана каталаза. Выбор фермента для анализа обусловлен различной его реакцией на загрязнение почвы и довольно простым способом регистрации результатов.

Например, попадание в почву нефти даже в концентрации 1% существенно ингибировало каталазную активность. Чем выше количество поллютанта, тем значительнее снижалась активность этого фермента. При концентрациях 4-10% активность каталазы восстанавливалась медленно и возвращалась к контрольному уровню только спустя 1,5-2 года. В то же время при малых концентрациях активность каталазы восстанавливалась уже через 6 месяцев и продолжала нарастать, опережая контрольные значения и оставаясь повышенной в течение длительного времени.

**Каталаза** ( $H_2O_2:H_2O_2$ -оксидоредуктаза).

Каталазная активность почвы - потенциальная способность п. разлагать перекись водорода. Обусловлена активностью ферментов-каталаз, относящихся к группе дыхательных ферментов, и наличием в п. неорганических катализаторов этого процесса.

Каталаза катализирует реакцию разложения перекиси водорода на воду и молекулярный кислород:



Перекись водорода образуется в процессе дыхания живых организмов и в результате различных биохимических реакций окисления органических веществ. Роль каталазы в живом организме и в почве заключается в том, что она разрушает ядовитую для организма перекись водорода.

Методы определения каталазной активности почв основаны на измерении скорости распада перекиси водорода при взаимодействии ее с почвой по объему выделяющегося кислорода или по количеству неразложившейся перекиси, которое определяют перманганатометрическим титрованием или колориметрическим методом с образованием окрашенных комплексов.

### **Реактивы**

0,3% перекись водорода (30%-ную перекись разбавляют водой в соотношении 1:100); 3N серная кислота; 0,1 N перманганат калия, титр которого устанавливают оксалатом натрия.

### Методика определения

В коническую колбу емкостью 250 мл помещают 2 г почвы, приливают 40 мл дистиллированной воды и 5 мл 0,3% перекиси водорода. Колбу устанавливают на перемешивающее устройство марки ПЭ-6410 и взбалтывают в течении 20 минут. Нерасщепленную часть перекиси стабилизируют добавлением 5 мл 3Н серной кислоты и, далее, содержимое колбы фильтруют через плотный фильтр «синяя лента».

С помощью пипетки (или мерного цилиндра) отбирают 25 мл фильтрата, переносят в колбу для титрования. Титрование заканчивают, когда при добавлении последней капли титранта - 0,1Н раствор марганцевокислого калия- фильтрат приобретает слабо-розовую окраску.

Начальную концентрацию использованной перекиси корректируют титрованием перманганата калия в кислой среде. Для этого 5 мл 0,3%-ной перекиси смешивают с 40 мл воды и 5мл 3Н серной кислоты, 25 мл этой смеси титруют 0,1Н раствором перманганата калия.

### Обработка результатов

Из количества перманганата калия, израсходованного на титрование исходной перекиси (А), вычитают количество перманганата, израсходованного на титрование почвенного фильтрата (Б). Эта разница с учетом поправки к титру перманганата (Т) и отражает каталазную активность почвы:

$$K = (A-B)T$$

Каталазную активность выражают в мл 0,1Н КМпО<sub>4</sub> на 1г сухой почвы за 20-минут.

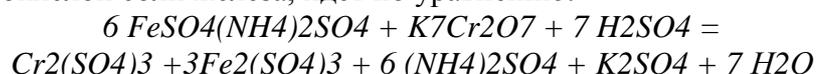
## Лабораторная работа № 11

### Определение углерода органических соединений по Тюрину

#### Принцип метода

Мокрое озоление органических соединений почвы хромовой смесью проводят в колбах на электрической плитке. О количестве углерода, содержавшегося в органических соединениях, судят по количеству оставшегося неизрасходованным бихромата калия, которое определяют титрованием солью Мора.

Реакция с солью Мора, представляющей собой двойную соль сернокислого аммония и сернокислой соли железа, идет по уравнению:



Определение углерода органических соединений по Тюрину содержит несколько потенциальных источников ошибок:

-во-первых, полнота окисления органического вещества на плитке сильно зависит как-от времени сжигания, так и от интенсивности кипения.

-во-вторых, определение содержания углерода по остаточному количеству бихромата калия требует приливания к навеске почвы точного количества хромовой смеси. Поэтому эта модификация требует от аналитика особой тщательности проведения всех операций.

### Методика определения

Из подготовленной пробы почвы на аналитических весах берут навеску почвы (таблица 1).

Величина навески зависит от предполагаемого содержания в почве органического углерода, о котором можно судить по цвету почвы.

Таблица 1

Цвет почвы	Содержание гумуса, %	Примерная масса навески, г
Черный	>10,0	0,1
Темно-серый	10,0-5,0	0,2
Серый	5,0-1,0	0,3
Светло-серый	1,0-0,5	0,4
Белесый	<0,5	0,5

Навеску переносят на дно сухой конической колбы на 100 см<sup>3</sup> с помощью бумажного желоба.

В колбу медленно приливают из бюретки точно 10 см<sup>3</sup> 0,4 Н раствора двуххромовокислого калия в серной кислоте. Количество добавленного бихромата учитывается при расчете содержания углерода, поэтому неточное отмеривание раствора бихромата приводит к ошибкам определения. Содержимое осторожно перемешивают круговым движением, обращая внимание на то, чтобы вся почва была смочена раствором, и ее частиц не было на стенках колбы. Колбу закрывают маленькой воронкой, которая служит обратным холодильником, ставят на горячую электроплитку и нагревают в течение 5 минут с начала кипения жидкости. Нельзя допускать бурного кипения.

При сильном и продолжительном кипении увеличивается концентрации серной кислоты, что может привести к разложению бихромата, а отсюда неверным конечным результатам анализа.

Колбу снимают с плитки, дают ей охладиться. Воронку обмывают дистиллированной водой из промывалки над колбой, разбавляя раствор до объема 20 см<sup>3</sup>. Жидкость в колбе должна быть буровато-коричневой. Если она ярко-зеленая, это означает, что в процессе озоления весь добавленный бихромат восстановился до ионов трехвалентного хрома, имеющих интенсивный зеленый цвет, и, возможно, его не хватило на озоление углерода. В этом случае сжигание следует повторить, уменьшив при этом навеску почвы.

#### ***Титрование бихромат-ионов с фенилантраниловой кислотой***

В качестве индикатора при титровании бихромата калия раствором соли Мора используют фенилантраниловую кислоту.

После проведения озоления и обмывания воронки к раствору прибавляют 0,5 мл 0,2%-го раствора фенилантраниловой кислоты и титруют в той же колбе, в которой проводилось озоление 0,1 н раствором соли Мора до перехода окраски из вишнево-фиолетовой в зеленую.

Раствор соли Мора в конце титрования приливают по каплям, так как переход окраски очень резкий. Так же как и дифениламин фенилантраниловая кислота в восстановленной форме бесцветна, конечная окраска раствора обусловлена присутствием ионов Cr<sup>3+</sup>.

#### ***Определение нормальности бихромата калия***

Поскольку при нагревании бихромат калия может подвергнуться частичному разложению, одновременно с основным анализом следует провести определение нормальности. Для этого в чистую сухую колбу приливают точно из бюретки 10 см<sup>3</sup> раствора бихромата в серной кислоте.

Дальше анализ проводят так же, как и для испытуемых образцов.

## Обработка результатов

Вычисление результатов определения углерода проводят по уравнению

$$C = \frac{(\alpha - b) \cdot n \cdot 0,003}{m} \cdot 100,$$

где  $\alpha$  – количество соли Мора, пошедшее на титрование при определении нормальности раствора бихромата, см<sup>3</sup>;

$b$  – количество соли Мора, пошедшее на титрование хромовой смеси после сжигания пробы, см<sup>3</sup>;

$(\alpha - b)$  – количество раствора соли Мора, соответствующее количеству  $\alpha$ , израсходованного на окисление органического вещества, см<sup>3</sup>;

$n$  – нормальность соли Мора;

0,003 – масса 1 ммоль (экв) углерода, г;

$m$  – абсолютно сухая навеска, г.

### Лабораторная работа № 12

#### Определение углерода органических соединений почвы по методу Тюрина в модификации ЦИНАО

**Цель работы** - определить массовую долю органического вещества в почве

#### **Методические рекомендации**

Метод основан на окислении органического вещества раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте и последующем определении трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического вещества, на фотоэлектроколориметре.

#### Окисление органического вещества

Массу пробы почвы или породы для анализа определяют, исходя из предполагаемого содержания органического вещества, по табл.1.

Таблица 1

Массовая доля органического вещества, %	Масса пробы для анализа, мг
До 2	500-700
2-4	250-350
4-7	100-200
Св. 7	50-100

Пробы почвы или породы взвешивают с погрешностью не более 1 мг и помещают в пробирки, установленные в штативы. К пробам приливают по 10 см<sup>3</sup> хромовой смеси. В каждую пробирку помещают стеклянную палочку и тщательно перемешивают пробу с хромовой смесью. Затем штативы с пробирками опускают в кипящую водяную баню. Уровень воды в бане должен быть на 2-3 см выше уровня хромовой смеси в пробирках. Продолжительность нагревания суспензий - 1 ч с момента закипания воды в бане после погружения в нее пробирок. Содержимое пробирок перемешивают стеклянными палочками через каждые 20 мин. По истечении 1 ч штативы с пробирками помещают в водяную баню с холодной водой. После охлаждения в пробирки приливают по 40 см<sup>3</sup> воды. Затем из пробирок вынимают палочки, тщательно перемешивают суспензии барбатацией воздуха и оставляют для оседания твердых частиц и полного осветления надосадочной части раствора. Вместо отстаивания допускается проводить фильтрование суспензий через беззольные фильтры (синяя лента).

В девять пробирок наливают по 10 см хромовой смеси и нагревают их в течение 1 ч в кипящей водяной бане вместе с анализируемыми пробами. После охлаждения в пробирки приливают указанные в табл.2 объемы дистиллированной воды и раствора восстановителя. Растворы тщательно перемешивают барботацией воздуха.

Таблица 2

Характеристика раствора	Номер раствора сравнения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объем воды, см	40	38	36	32	30	25	20	15	10
Объем раствора восстановителя, см	0	2	4	8	10	15	20	25	30
Масса органического вещества, эквивалентная объему восстановителя в растворе сравнения, мг	0	1,03	2,07	4,14	5,17	7,76	10,3	12,9	15,5

#### Фотометрирование растворов

Фотометрирование растворов проводят в кювете с толщиной просвечиваемого слоя 1-2 см относительно раствора сравнения N 1 при длине волны 590 нм или используя оранжево-красный светофильтр с максимумом пропускания в области 560-600 нм. Растворы в кювету фотоэлектроколориметра переносят осторожно, не взмучивая осадка.

#### **Обработка результатов**

Массу органического вещества в анализируемой пробе определяют по градуировочному графику. При построении градуировочного графика по оси абсцисс откладывают массу органического вещества в миллиграммах, соответствующую объему восстановителя в растворе сравнения, а по оси ординат - соответствующее показание прибора.

Массовую долю органического вещества (X) в процентах вычисляют по уравнению

$$X = \frac{m \cdot K}{m_1} \cdot 100$$

где m - масса органического вещества в анализируемой пробе, найденная по графику, мг;  
 K - коэффициент поправки концентрации восстановителя;  
 m<sub>1</sub> - масса пробы, мг;  
 100 - коэффициент пересчета в проценты.

### **Лабораторная работа №13**

#### **Колориметрическое определение общего азота в почве**

##### **Введение**

На долю органических соединений – белков, аминов, амидов, аминокислот и прочих – приходится 93–95 % почвенного азота. Однако органический азот практически недоступен растениям и становится усваиваемым ими только после минерализации. Минеральный азот, входящий в состав нитратных и аммиачных форм, накапливается в почве в результате процессов аммонификации и нитрификации, которые осуществляют различные группы микроорганизмов.

Разложение азотистых органических соединений в различных типах почв проходит по единой схеме:

**белки → гуминовые вещества → аминокислоты → амиды → аммиак → нитриты → нитраты**

Скорость минерализации основного запасного фонда азота – органических веществ почвы – зависит от многих факторов: влажности почвы, температурного режима, кислотности, характера органического вещества. Поэтому количество образующихся минеральных форм азота постоянно пребывает в динамичном состоянии. Максимальное количество накапливается в весенний период, наиболее благоприятный по режиму температуры и влажности для нитрификации. Однако нитраты – подвижные соединения, и они могут вымываться из почвы или подвергаться биологической денитрификации (образованию газообразных форм). В результате почва теряет часть азота.

Валовое содержание азота в почве сильно варьирует и зависит от типа почвы, гранулометрического состава, запасов органики, режима увлажнения и степени окультуренности почвы.

Содержание общего азота тем больше, чем больше содержание гумуса. Кроме того, содержание доступного элемента значительно возрастает при окультуривании почвы.

Дерново-подзолистые почвы содержат 0,1–0,16 % азота. Количество минеральных соединений (обменно-поглощенного аммония и нитратов) мало – оно не превышает 1–3 % общего содержания данного элемента.

Торфяно-болотные почвы наиболее богаты по содержанию азота – 2,5–5,2 %. Например, в пахотном горизонте (0–25 см) торфяно-болотных почв Беларуси содержание общего азота составляет 16–20 т/га, в верхнем горизонте может накапливаться до 300–500 кг/га минерального азота. Мелиорация торфяно-болотных почв способствует активизации процессов минерализации азота и уплотнения торфа.

### Принцип метода

Из колориметрических методов определения азота наиболее распространен метод Несслера, предложенный им в 1856 году. Метод очень чувствителен.

В основу этого метода положено взаимодействие иона аммония с щелочным раствором ртутноиодистого калия  $K_2HgI_4 + KOH$  с образованием нерастворимого иодиомеркураммония (желтого цвета). При большой концентрации образуется желто-бурый осадок:



Главная составная часть реактива Несслера – комплексный иодиомеркуриат  $HgI_4^{2-}$ . Он устойчив только в щелочной среде. В кислой среде – разрушается с выделением осадка ртути  $HgI_2$  кирпично-красного цвета, поэтому данную реакцию можно выполнять только в нейтральных или щелочных растворах. Образующийся иодистый меркураммоний в малых количествах дает коллоидный раствор желтого цвета. При большом содержании он выделяется из раствора в виде желто-бурого (красно бурого) осадка. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации  $NH_4$ , поэтому необходимо соблюдать порядок приливания реактивов. Предельно допустимая концентрация 0,002 мг в 1 мл.

Определению мешают катионы металлов, дающие в щелочной среде осадок. Для устранения этого в вытяжку перед добавлением реактива Несслера вносят комплексобразующий реактив (калийно-натриевую соль винной кислоты или сегнетову соль).

### 1. Методика определения

#### 1. Окисление органического вещества.

0,5 г или несколько больше (в зависимости от количества азота) суховоздушной пробы помещают в колбу Кьельдаля емкостью 100 мл. Приливают 10 мл  $H_2SO_4$  пл. 1,84 и размешивают содержимое колбы круговым движением до тех пор, пока вся почва не

будет смочена кислотой, после чего проводят сжиганием по методу Кьельдаля (содержимое колбы после сжигания должно быть светлым).

По окончании сжигания колбу оставляют для охлаждения до комнатной температуры, затем осторожно разбавляют водой, обмывая стеклянную пробку, которой была закрыта колба Кьельдаля во время сжигания.

Переносят содержимое колбы вместе с минерализатом через воронку в мерную колбу емкостью 250 мл. Несколько раз тщательно обмывают колбу Кьельдаля дистиллированной водой, присоединяя промывные воды к раствору в мерной колбе. Доливают раствор в мерной колбе до метки дистиллированной водой и перемешивают, после чего оставляют колбу стоять до полного осветления раствора (2-3 часа, лучше на ночь).

**Разбавленный минерализат можно в дальнейшем использовать в лабораторных исследованиях при определении фосфора в почве.**

*Последующей операцией должно быть взятие аликвотной части отстоявшегося над осадком раствора для колориметрического определения аммонийного азота по Несслеру.*

2. Концентрацию общего азота в исследуемом растворе находят по калибровочному графику, используя эталонный раствор хлорида аммония, который получают разбавлением в соответствии с таблицей №1.

Содержание общего азота определяют по калибровочному графику, построенному по растворам с содержанием азота  $\text{N мг/50мл}$ , которые готовят из стандартного раствора с содержанием азота  $0,01\text{ мг N в } 1\text{ мл}$ .

Таблица 1

№ эталона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кол-во рабочего эталонного раствора, мл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N мг/50мл	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	1,0
Показания прибора										

Нейтрализуют кислый раствор 10% раствором  $\text{NaOH}$ , прибавляя 2-2,5 мл этого раствора, тщательно перемешивают и проверяют pH универсальной индикаторной бумажкой (раствор должен быть нейтральным или слабощелочным).

Прибавляют 2 мл реактива Несслера, доводят объем раствора до метки, хорошо перемешивают и через 10-15 минут колориметрируют на ФЭКе (синий светофильтр с длиной волны 400-425нм, кювета №20).

Необходимо также провести холостое определение без внесения азота.

### 3. Определение концентрации общего азота в исследуемом растворе:

Далее, не взмучивая осадка на дне колбы берут пипеткой отбирают 1-2 мл прозрачного раствора минерализата (аликвота) и помещают в мерную колбочку емкостью 50 мл. Прибавляют 2 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли, добавляют 20 мл дистиллированной воды и тщательно перемешивают (сегнетову соль вводят в раствор для связывания мешающих ионов, г.о. Са и Mg).

Нейтрализуют кислый раствор 10% раствором NaOH, прибавляя 2-2,5 мл этого раствора, тщательно перемешивают и проверяют pH универсальной индикаторной бумажкой (раствор должен быть нейтральным или слабощелочным).

Прибавляют 2 мл реактива Несслера, доводят объем раствора до метки, хорошо перемешивают и через 10-15 минут колориметрируют на ФЭКе (синий светофильтр с длиной волны 400-425нм, кювета №20).

4. Содержание азота в материале выразить в процентах на сухой вес по формуле:

$$X\% = \frac{C \cdot 100\%}{x \cdot 1000},$$

Где : C – концентрация общего азота, мг/мл ( по калибровочному графику)  
x – масса почвы, соответствующая отобранной аликвоте, г (принять исходя из того, что объем минерализата 250 мл, объем аликвоты указан выше).

#### **Лабораторная работа № 14**

##### **Валовое определение фосфора в почве**

**Цель работы** – вычислить валовый фосфор в

Разложение почвы обработкой кислотами для определения фосфора по методу Гинзбург.

Навеску почвы от 0,5 до 1,0 г взвешивают на лабораторных весах и переносят в колбу Кьельдаля или плоскодонную колбу вместимостью 100 мл. Почву смачивают несколькими каплями дистиллированной воды и приливают 8 мл концентрированной серной кислоты и 0,5-0,8 мл раствора с массовой долей хлорной кислоты 50%. Горло колбы закрывают маленькой воронкой, которая служит холодильником, и оставляют на 30-60 мин или на ночь. Разложение почвы кислотами в присутствии хлорной кислоты необходимо вести в защитных очках. Колбу ставят на колбонагреватель или на электрическую плитку в вытяжной шкаф и нагревают раствор до кипения. Разложение почвы ведут до тех пор, пока раствор над осадком почвы не станет бесцветным, после чего продолжают нагревание еще 5-10 мин. При полном разложении остаток почвы должен стать белесого цвета со слегка желтоватым или сероватым оттенком. После полного разложения почвы раствор охлаждают и в колбу осторожно по стенке приливают 20-30 мл дистиллированной воды. Суспензию перемешивают и вместе с остатком почвы переносят в мерную колбу вместимостью 200 или 250 мл. Колбу, в которой вели разложение, несколько раз обмывают теплой дистиллированной водой, приливая ее к основному раствору в мерной колбе. Раствор охлаждают до комнатной температуры, доливают до метки дистиллированной водой и перемешивают. Затем фильтруют раствор через сухой фильтр с белой лентой в чистую сухую колбу. Осадок не промывают и отбрасывают. В фильтрате определяют фосфор фотометрическим методом. Одновременно проводят контрольный анализ с одними реактивами без почвы.

##### Определение фосфора по молибденофосфорной сини

Из фильтрата, полученного после разложения почвы по 4.3, берут 5 мл раствора и переносят в мерную колбу вместимостью 100 мл, разбавляют дистиллированной водой до 3/4 объема колбы и медленно, при перемешивании круговыми движениями, в колбу вливают 16 мл смешанного молибденосурьмяного окрашивающего реактива, приготовленного по п.3.4. Через 1-2 мин добавляют 2 мл свежеприготовленного раствора с массовой долей аскорбиновой кислоты 1% и снова хорошо перемешивают круговыми движениями. Раствор доливают до метки дистиллированной водой, перемешивают и оставляют на 10-15 мин для образования устойчивой окраски. Оптическую плотность окрашенного раствора измеряют относительно нулевого раствора при длине волны 650 нм и выше. Одновременно проводят контрольный анализ на чистоту реактивов.

## **Обработка результатов**

### **Расчет валового фосфора**

Для расчета валового фосфора в почве строят градуировочные графики. При построении графика по оси ординат откладывают величины измеренных оптических плотностей в растворах сравнения, приготовленных по пп.3.9 или 3.10, а по оси абсцисс - соответствующие массовые концентрации пятиоксида фосфора: для определения молибденофосфорной сини - 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 мкг/мл; для определения молибденованадатным методом - 1,0; 2,0; 10,0; 15,0; 20,0; 30,0 мкг/мл. Градуировочные графики строят в день анализа так, чтобы усредняющая линия проходила как можно ближе к точкам, полученным в результате единичного измерения растворов сравнения. По графику находят массовые концентрации пятиоксида фосфора во взятом для анализа растворе и вычисляют валовый фосфор в почве ( $P_2O_5$ ) в процентах по формуле

$$P_2O_5 = \frac{c \cdot V_1 \cdot 100 \cdot V_3}{1000000 \cdot V_2 \cdot m} = \frac{c \cdot V_1 \cdot V_3}{10000 \cdot V_2 \cdot m}$$

где  $c$  - массовая концентрация пятиоксида фосфора, найденная по графику, мкг/мл;

$V_1$  - объем раствора после разложения почвы, мл;

$V_3$  - вместимость мерной колбы, мл;

$V_2$  - объем раствора, взятый на анализ, мл;

$m$  - масса сухой почвы, г;

100 - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

1000000 - коэффициент пересчета микрограммов в граммы.

Из полученного результата вычитают результат контрольного анализа.

## **Лабораторная работа № 15**

### **Метод фитотестирования с помощью растительных тест-объектов как способ токсикологической оценки в экологическом контроле» (снеговой покров)**

#### **Введение**

В последнее время все чаще для экотоксикологической оценки различных видов загрязняющих веществ применяют биологические методы, основанные на реакции тест-культур на загрязнение, что отражается на ростовых и морфологических характеристиках.

Фитотестирование как способ токсикологической оценки используется в природоохранной сфере для оценки экологического качества природных сред. Особую актуальность в экологическом контроле приобретают лабораторные методы фитотестирования, как наиболее экспрессные и экономичные.

Для проведения фитотестирования используются различные методики. Существующие методики по фитотестированию можно подразделить на две группы: методики, основанные на проращивании семян с использованием водных вытяжек (элюатное фитотестирование) и методики, основанные на проращивании семян непосредственно в почве (апликатное фитотестирование).

В данной лабораторной работе в качестве водной вытяжки используется снеговой покров (талая вода).

Снежный покров на земной поверхности – важная деталь, определяющая антропогенную деятельность человека, особенно в северном полушарии. Снеговой покров накапливает в своем составе практически все вещества, поступающие из атмосферы.

Для проведения фитотестирования предлагается использовать контейнеры, представляющие собой боксы для электронных оптических компакт дисков, они позволяют проводить фитотестирование в «вертикальном исполнении».

К достоинствам способа следует отнести простоту получения изображений, фиксирующих рост исследуемых тест-культур, легкость дальнейшей обработки изображений для получения необходимых данных для оценки исследуемых вытяжек (рис.1).

Тест-культуры применяемые для фитотеста:

- овес посевной (*Avena sativa*)
- капустагородная (*Brassica oleracea*)
- редис обыкновенный (*Radixordinaria*)



Рис. 1 – Пластиковый контейнер и семена овса и капусты.

**Целью** данной работы является проведение фитотестирования снега с применением пластиковых контейнеров для вертикального размещения проростков.

Показателем токсичности является степень изменения выбранной тест-функции биоиндикаторного организма при его взаимодействии с исследуемым образцом.

**Материалы:**

- семена редиса и капусты,
- пластиковый контейнер,
- впитывающий материал (распушенная целлюлозная пульпа).

#### **Выполнение работы.**

После того, как температура талой воды сравняется в комнатной, проводят выполнение лабораторной работы.

Предварительно делают заготовки впитывающего материала: вырезаются образцы по размеру контейнера 10x11,5 см (для двух видов тест-культур с использованием загрязненной талой воды и для контроля). Далее аккуратно их вложить в контейнеры.

Талая вода с помощью пипетки наносится на впитывающий материал (распушенная целлюлозная пульпа), таким образом, чтобы он полностью пропитался

жидкостью.

Исследуемые семена растений капусты и редиса (по 10 семян) помещаются в подготовленные контейнеры, где находится увлажненный вытяжкой впитывающий материал, с интервалом в 1 см (рис. 2).

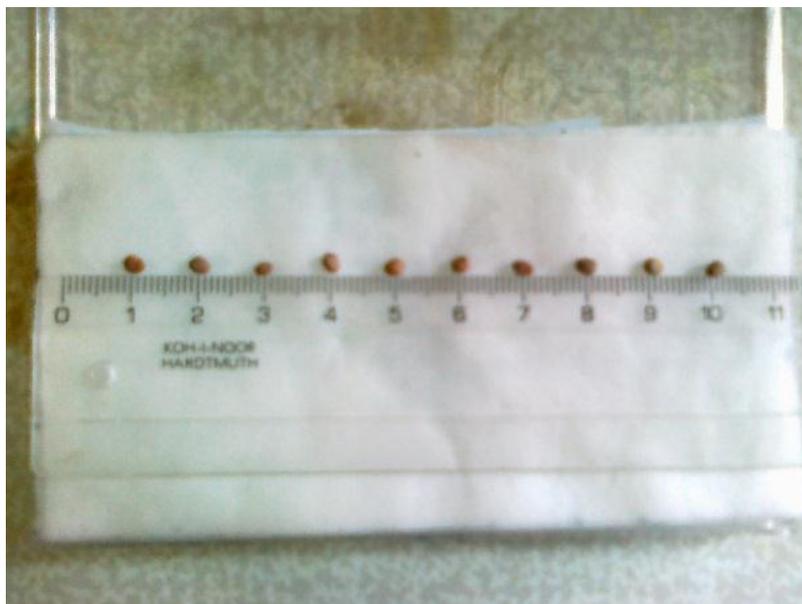


Рисунок 2 – Размещение семян в контейнере

В качестве показателей фитотеста принимаются:

- всхожесть семян  $B$ , %;
- высота проростка  $C$ , мм;
- масса проростка  $M$ , г.

Все указанные выше показатели достаточно легко фиксируются в процессе наблюдения за ростом растений. Срок экспозиции составляет 6 дней.

**Определить:**

Фитотоксический эффект, используя данные массы и длины проростков, по формулам (1) и (2):

$$\Phi Э = \frac{C_K - C_{ОП}}{C_K} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $\Phi Э$  – фитотоксический эффект, %;

$C_{ОП}$  – средняя длина проростков в опыте, мм;

$C_K$  – средняя длина проростков в контроле, мм.

$$\Phi Э = \frac{M_K - M_{ОП}}{M_K} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $\Phi Э$  – фитотоксический эффект, %;

$M_{ОП}$  – средняя масса проростков в опыте, г;

$M_K$  – средняя масса проростков в контроле, г

**2. Уровень загрязнения.**

**а) Загрязнение отсутствует.**

Всхожесть семян достигает 90-100%, всходы дружные, проростки крепкие, ровные. Эти признаки характерны для контроля, с которым следует сравнивать контрольные образцы.

**б) Слабое загрязнение.**

Всхожесть 60-90%. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные.

в) *Среднее загрязнение.*

Всхожесть 20-60%. Проростки по сравнению с контролем короче и тоньше. Некоторые имеют уродства.

г) *Сильное загрязнение.*

Всхожесть семян очень малая (менее 20%). Проростки мелкие, уродливые.

3. Данные занести в таблицу. Сделать вывод.

Таблица 1.

тест-объект	Средняя длина проростков в контроле и опыте	Средняя масса проростков в контроле и опыте	Фитотоксический эффект по длине	Фитотоксический эффект по массе	Уровень загрязнения
<b>Контроль:</b>					
Редис					
Капуста					
<b>Опыт:</b>					
Редис					
Капуста					

### Лабораторная работа № 16

#### Определение содержания цинка в воде

**Цель работы-** определить содержание цинка в воде.

#### Сущность метода

Метод основан на образовании (при pH 7,0 - 7,3) соединения свинца с сульфарсазеном (плюмбоном), окрашенного в желто-оранжевый цвет. Свинец предварительно экстрагируется дитизоном в четыреххлористом углероде (при pH 9,2 - 9,6). Образовавшийся дитизонат свинца разрушается соляной кислотой. При этом ионы свинца переходят в водный раствор, в котором определяется свинец.

#### Проведение анализа

Определению свинца мешают: марганец, цинк, никель, железо, медь, кадмий, кобальт и молибден. Для устранения влияния мешающих элементов ( $Mn^{4+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mo$ ) введена предварительная экстракция свинца дитизоном в присутствии солянокислого гидроксиламина. Реэкстракция свинца 0,05 н раствором HCl устраняет влияние меди, кадмия, кобальта и никеля. Влияние цинка устраняется комплексованием его железосинеродистым калием. Для предупреждения выпадения гидратов окисей металлов прибавляют виннокислый калий-натрий.

При содержании в воде цинка менее 0,5 мг/л 100 мл исследуемой воды помещают в делительную воронку вместимостью 150 - 200 мл, прибавляют 1 мл 20%-ного раствора солянокислого гидроксиламина, 1 мл 33%-ного раствора виннокислого калия-натрия (при больших содержаниях кальция и магния количество виннокислого калия-натрия увеличивают до 5 мл) и 5 мл 33%-ного раствора лимоннокислого натрия. Содержимое воронки перемешивают, прибавляют 2 - 3 капли 0,1%-ного раствора фенолового красного и по каплям очищенный концентрированный аммиак до перехода окраски раствора из желтой в розовую, затем добавляют еще две капли избытка аммиака. Из бюретки прибавляют 1 - 2 мл 0,01%-ного раствора дитизона в очищенном четыреххлористом углероде. Энергично встряхивают содержимое воронки 2 мин. Окраска раствора при этом изменяется от зеленой до красной. После разделения жидкостей нижний окрашенный слой, содержащий дитизонаты свинца и других металлов (вместе со свинцом могут экстрагироваться медь, марганец, никель, остатки цинка и другие), сливают в пробирку с

притертой пробкой, а к водному раствору, оставшемуся в делительной воронке, приливают еще 1 - 2 мл раствора дитизона, снова встряхивают 2 мин и после разделения жидкостей сливают экстракт дитизоната в ту же пробирку. Эту операцию повторяют до тех пор, пока окраска раствора дитизона не перестанет изменяться. Необходимо следить, чтобы вместе с экстрактом дитизоната свинца не был спущен водный раствор. Если все же немного водного раствора попадет в пробирку, то его надо осторожно удалить фильтровальной бумагой, не затрагивая слоя органического растворителя. Экстракт дитизоната свинца переносят из пробирки в делительную воронку вместимостью 50 мл. Прибавляют 3 мл 0,05 н раствора соляной кислоты и энергично встряхивают 2 мин. При этом свинец переходит в водную фазу. После разделения жидкостей нижний слой сливают из делительной воронки в ту же пробирку, а солянокислый раствор свинца сливают в другую пробирку с оттянутым дном для удаления мелких капелек раствора дитизона в очищенном четыреххлористом углероде. Органическую фазу, содержащую дитизонат свинца, вновь помещают в делительную воронку и прибавляют 3 мл 0,05 н раствора соляной кислоты. Энергично встряхивают 2 мин. После разделения жидкостей нижний слой сливают в склянку для сбора отходов, а солянокислый раствор свинца присоединяют к первой порции в ту же пробирку. Объединенному раствору в пробирке дают постоять 5 - 10 мин, время от времени встряхивая для быстрого оседания капелек очищенного четыреххлористого углерода на дно пробирки. Затем отбирают пипеткой с резиновой грушей 5 мл раствора свинца и помещают в пробирку вместимостью 15 мл для колориметрирования, вводят 0,2 мл свежеприготовленного раствора железистосинеродистого калия, 4,5 мл 0,05 н раствора тетраборнокислого натрия и перемешивают. Затем добавляют 0,5 мл 0,05%-ного раствора плюмбона и вновь тщательно перемешивают содержимое пробирки. Полученный раствор оставляют на 30 мин для развития окраски. Интенсивность окраски измеряют визуально или фотометрически, пользуясь шкалой стандартных растворов, приготовленной в тех же условиях, что и исследуемая проба воды.

Измерение оптической плотности проводят зеленым светофильтром ( $\lambda = 515 \text{ нм}$ ), используя кювету с толщиной рабочего слоя 2 см. Из найденных величин оптической плотности каждого раствора вычитают оптическую плотность холостого определения.

При визуальном определении интенсивность окраски рассматривают сверху вниз на белом фоне.

Стандартную шкалу готовят из серии образцовых стандартных растворов с содержанием свинца 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 мкг. В делительные воронки наливают по 50 мл очищенной дистиллированной воды, добавляют стандартные растворы, соответственно содержанию свинца в образцах стандартных растворов, подкисляют одной каплей HCl (1:1), добавляют те же реактивы, что и к исследуемой воде (гидроксиламин и др.), проводят экстракцию дитизоном и реэкстракцию свинца раствором HCl. Переносят солянокислый раствор свинца в пробирки и прибавляют реактивы для колориметрирования. Стандартная шкала сохраняется в течение суток.

При содержании цинка более 0,5 мг/л в исследуемой воде свинец определяют с предварительным выделением свинца из исследуемого раствора путем осаждения его с карбонатом кальция.

Для этого 1000 мл подкисленной исследуемой воды помещают в мерную колбу вместимостью 1 л. Вводят 3 мл 10%-ного раствора железистосинеродистого калия, дают 10 мин постоять, нейтрализуют 25%-ным раствором едкого натрия по бумаге конго до перехода фиолетового цвета в красный и хорошо перемешивают воду после каждого добавления щелочи.

В нейтрализованную воду добавляют при помощи измерительного цилиндра 10 мл 1 н раствора углекислого натрия и перемешивают, добавляют 10 мл 1 н раствора хлористого кальция, еще раз перемешивают и оставляют стоять в течение 12 - 18 ч. Иногда осадок

углекислого кальция выпадает не сразу. Если осадок не выпадает в течение 30 мин, следует добавить еще 10 мл раствора углекислого натрия, перемешать и оставить стоять 12 - 18 ч. После отстаивания осадок карбоната обычно плотно пристает ко дну и стенкам колбы. На следующий день после осаждения раствор сливают при помощи сифона, следя за тем, чтобы не взмутить осадок. Если осадок неплотно пристал к стенкам и раствор не удается целиком отсифонировать, остаток раствора отфильтровывают через фильтр (белая лента диаметром 5,7 см). Фильтры готовят заранее. Для этого обрабатывают пачку фильтров 2 н раствором соляной кислоты, затем тщательно промывают дистиллированной водой и сушат. Осадок карбонатов на фильтре и в колбе растворяют в 10 мл 2 н раствора соляной кислоты. На этом этапе вода частично освобождается от цинка. Кислый раствор из колбы переносят в делительную воронку, тщательно смывая очищенной дистиллированной водой содержимое колбы и фильтр. К раствору в делительной воронке добавляют 1 мл раствора солянокислого гидроксилamina (для восстановления  $Mn^{4+}$  и  $Fe^{3+}$ ), 1 мл раствора виннокислого калия-натрия и 5 мл 33%-ного раствора лимоннокислого натрия. Раствор доводят до 100 мл дистиллированной водой. Содержимое воронки перемешивают, прибавляют 2 - 3 капли 0,1%-ного раствора фенолового красного и по каплям очищенный концентрированный аммиак и продолжают анализ, как описано выше.

#### **Обработка результатов**

Содержание свинца (X), мг/л, определяют по формуле

$$X = \frac{a \cdot 1000}{V \cdot 1000},$$

где а - содержание свинца, найденное по шкале стандартных растворов или калибровочному графику, мкг;

V - объем исследуемой воды, взятый на определение, мл.

Допустимое расхождение между повторными определениями - 0,0025 мг/л, если содержание свинца в воде не превышает 0,01 мг/л, при более высокой концентрации свинца в воде - 25 отн. %.

### **Лабораторная работа № 17**

#### **Жесткость воды**

**Цель работы-** определить содержание ионов кальция и магния в воде

#### **1. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ**

##### **Сущность метода**

Метод основан на способности комплексона III образовывать в щелочной среде в интервале рН 12 - 13 комплексные соединения с ионами кальция.

Метод позволяет определять более 1 мг ионов кальция в пробе с пределом погрешности измерений +/- 0,02 мг при числе определений n = 5 с доверительной вероятностью P = 0,95.

##### **Проведение анализа**

В коническую колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup> отмеривают от 10 до 100 см<sup>3</sup> минеральной воды, разбавляют дистиллированной водой до 100 см<sup>3</sup>, нейтрализуют раствором соляной кислоты концентрацией 0,1 моль/дм<sup>3</sup> по индикатору метиловому красному до розового окрашивания раствора, добавляют еще 1 см<sup>3</sup> соляной кислоты, кипятят 5 мин с обратным холодильником для удаления двуокси углерода (холодильник можно заменить перевернутой воронкой). Раствор охлаждают до температуры 20 °С. Добавляя 2 см<sup>3</sup> раствора гидроксида натрия концентрацией 2 моль/дм<sup>3</sup>, устанавливают рН

от 12 до 13. В качестве индикатора вводят 1 см<sup>3</sup> раствора кальконкарбонической кислоты и пробу медленно титруют раствором комплексона III концентрацией 0,05 моль/дм<sup>3</sup> до изменения цвета раствора из вишневого в синий.

При определении ионов кальция в железистых минеральных водах железо маскируют 2 - 3 каплями раствора гидроксилamina.

При использовании мурексида в качестве индикатора в обработанную по ранее описанной методике пробу вводят на кончике шпателя индикатор, и пробу медленно титруют раствором комплексона III концентрацией 0,05 моль/дм<sup>3</sup> до изменения цвета раствора из малинового в красно-фиолетовый.

#### **Обработка результатов**

Массовую концентрацию ионов кальция (X), мг/дм<sup>3</sup> вычисляют по формуле

$$X = \frac{V_1 \cdot M \cdot 40,08 \cdot 1000}{V_2}$$

V<sub>1</sub> – объем раствора комплексона III, пошедший на титрование, см<sup>3</sup>

M - молярная концентрация раствора комплексона III;

40,08 - молярная масса иона кальция, г/моль;

V<sub>2</sub> - объем воды, взятый на анализ, см<sup>3</sup>.

## **2. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ МАГНИЯ**

### **Сущность метода**

Метод основан на способности комплексона III образовывать в щелочной среде при рН 10 комплексные соединения с ионами кальция и магния.

Метод позволяет определять от 1 мг ионов магния в пробе с пределом погрешности измерений +/- 0,02 мг при числе определений n = 5 с доверительной вероятностью P = 0,95.

### **Проведение анализа**

В коническую колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup> отмеривают от 25 до 50 см<sup>3</sup> минеральной воды, разбавляют дистиллированной водой до 100 см<sup>3</sup>, устанавливают рН 10, добавляя 5 см<sup>3</sup> аммиачного буферного раствора, вводят несколько крупинок индикатора и титруют пробу раствором комплексона III концентрацией 0,05 моль/дм<sup>3</sup> до изменения цвета раствора из вишнево-красного в синий.

### **Обработка результатов**

Массовую концентрацию ионов магния, мг/дм<sup>3</sup> вычисляют по разности объемов комплексона III, израсходованных на титрование суммы ионов кальция и магния и отдельно ионов кальция в одинаковых объемах по формуле

$$X_1 = \frac{(V_1 - V_2)M \cdot 24,32 \cdot 1000}{V_3}$$

где

V<sub>1</sub>- объем раствора комплексона III, пошедший на титрование суммы ионов кальция и магния, см<sup>3</sup>;

V<sub>2</sub> - объем раствора комплексона III, пошедший на титрование ионов кальция, см<sup>3</sup>;

M - молярная концентрация раствора комплексона III;

24,32-молярная масса иона магния, г/моль;

V<sub>3</sub> - объем воды, взятый на анализ, см<sup>3</sup>.

За окончательный результат анализа принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, относительные допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 2%.

## Лабораторная работа № 18 Определение магния в почве

**Сущность метода** заключается в последовательном комплексонометрическом титровании в одной пробе ионов кальция при рН 12,5 - 13,0 и ионов магния при рН около 10,0 с использованием в качестве металлоиндикатора хрома кислотного темно-синего.

### **Проведение анализа**

#### Приготовление водной вытяжки из грунтов

Для анализа используют фильтраты вытяжек, приготовленных по [ГОСТ 27753.2](#).

Пробы грунтов массой (30 +/- 0,1) г или (15 +/- 0,1) г помещают в технологические емкости или конические колбы, приливают по 150 см<sup>3</sup> воды и перемешивают в течение 15 мин с помощью электромеханической мешалки или встряхивателя. После перемешивания отделяют по 15 - 20 см<sup>3</sup> суспензии для измерения рН и приступают к фильтрованию.

Суспензии фильтруют через бумажные фильтры. Первую порцию фильтрата объемом до 10 см<sup>3</sup> отбрасывают. Мутные фильтраты возвращают на фильтры до тех пор, пока они не станут прозрачными. По окончании фильтрования фильтраты перемешивают и используют для анализа.

#### Определение магния

20 см<sup>3</sup> фильтрата помещают в химический стакан или коническую колбу. Стакан или колбу помещают на магнитную мешалку и при перемешивании приливают 0,5 см<sup>3</sup> раствора гидроксилamina гидрохлорида с массовой концентрацией 50 г/дм<sup>3</sup>, 2 см<sup>3</sup> раствора гидроокиси натрия молярной концентрации с (NaOH) = 2 моль/дм<sup>3</sup> (2 н), добавляют несколько кристаллов диэтилдитиокарбамата натрия и 1 - 2 капли раствора кислотного темно-синего хрома. Кальций титруют раствором трилона Б до перехода окраски от розовой к сиреневой и регистрируют расход титранта по бюретке. Затем нейтрализуют оттитрованный раствор соляной кислотой, разбавленной 1:4 водой, до перехода окраски от сиреневой к исходной розовой так, чтобы избыток кислоты не превышал 1 - 2 капель. После этого приливают 5 см<sup>3</sup> аммиачного буферного раствора и титруют магний раствором трилона Б до перехода окраски от розовой к синей. По окончании титрования регистрируют расход титранта.

Таким же образом титруют контрольную пробу.

### **Обработка результатов**

Массовую долю магния в анализируемом грунте (X') в миллионных долях вычисляют по формуле

$$X' = \frac{(V_1' - V_0') \cdot c \cdot 12,2 \cdot K}{V_2}, \quad (3)$$

где  $V_1'$  - объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование магния в пробе вытяжки, см<sup>3</sup>;

$V_0'$  - объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование магния в контрольной пробе, см<sup>3</sup>;

$c$  - молярная концентрация раствора трилона Б, с (1/2 Na<sub>2</sub>ЭДТА) моль/дм<sup>3</sup>;

$K$  - коэффициент пересчета в массовую долю магния в грунте, равный: 5000 - при отношении грунта к воде 1:5 и 10 000 - при отношении грунта к воде 1:10;

$V_2$  - объем пробы вытяжки, взятый для титрования, см<sup>3</sup>;

12,2 - молярная масса эквивалента магния, г/моль.

Результат анализа выражают в миллионных долях.

2.4.3. Допускаемые относительные отклонения при доверительной вероятности  $P = 0,95$  результатов двух повторных анализов от их среднего арифметического при выборочном контроле составляют:

14% - при определении кальция;

17,5% - при определении магния.

## **Лабораторная работа № 19** **Определение содержания сульфатов в почве**

**Цель работы**- определить содержание сульфатов в пробе.

### Сущность метода

Метод основан на измерении интенсивности помутнения пробы воды, содержащей сульфат-ионы, при взаимодействии с хлоридом бария. Для стабилизации образующейся суспензии в реакционную смесь вводят этиленгликоль, а для понижения растворимости - этиловый спирт.

Мешающее влияние взвешенных и коллоидных веществ устраняют предварительным фильтрованием пробы через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. Влияние опалесцирующих веществ и невысокой цветности учитывают измерением собственной оптической плотности пробы, подкисленной соляной кислотой. Влияние цветности (более 50 град.), обусловленной присутствием гумусовых веществ, устраняют обработкой пробы активированным углем. Возможность осаждения хлоридом бария других анионов (карбонатов, фосфатов, сульфитов) устраняется в процессе анализа при подкислении пробы.

### Средства измерений, вспомогательное оборудование, реактивы

фотометр или спектрофотометр (далее - прибор), позволяющий проводить измерения оптической плотности в области длин волн от 330 до 400 нм;

этиленгликоль

вода для лабораторного анализа.

### Приготовление градуировочных растворов

Градуировочные растворы сульфат-ионов готовят из исходного раствора следующим способом: в шесть мерных колб вместимостью 100 см<sup>3</sup> вносят соответственно 0,0; 0,4; 1,0; 2,0; 5,0 и 10,0 см<sup>3</sup> исходного раствора. Объем каждой колбы доводят до метки водой, при этом получают градуировочные растворы массовых концентраций сульфат-ионов соответственно: 0,0; 2,0; 5,0; 10,0; 25,0 и 50,0 мг/дм<sup>3</sup>.

### **Проведение измерений**

#### Анализ холостой пробы

В качестве холостой пробы используют воду, которую подготавливают и анализируют аналогично исследуемым пробам воды, измеряют оптическую плотность холостой пробы.

#### Анализ пробы воды

В две пробирки вносят по 5 см<sup>3</sup> подготовленной пробы воды, добавляют по одной капле раствора соляной кислоты и перемешивают. Затем добавляют 5 см<sup>3</sup> реагента для осаждения), перемешивают и через 30 мин измеряют оптическую плотность D по отношению к воде в кюветах толщиной 20 мм при длине волны (364 +/- 20) нм.

#### **Обработка результатов измерений**

Массовую концентрацию сульфатов (сульфат-ионов, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) X, мг/дм<sup>3</sup>, в пробе воды определяют с использованием программного обеспечения к прибору или рассчитывают по формуле

$$X = \frac{D - D_x - D_1}{b}$$

где D - оптическая плотность пробы воды;

D<sub>x</sub> - оптическая плотность холостой пробы;

D<sub>1</sub> - оптическая плотность, соответствующая цветности или опалесценции пробы

воды;

$\beta$  - угловой коэффициент (наклон) градуировочной характеристики, выражаемый в дм<sup>3</sup>/мг.

## **Лабораторная работа № 20** **Органолептическая оценка воды**

**Цель работы:** оценка экологического состояния воды по величинам определяемых показателей.

### Общие сведения

Органолептическая оценка качества воды – обязательная начальная процедура санитарно-химического контроля воды, которая приносит много прямой и косвенной информации о составе воды и может быть проведена быстро и без каких-либо приборов. Неудовлетворительные органолептические характеристики косвенно свидетельствуют о загрязнении воды.

На правильность полученных результатов анализов влияют способ отбора пробы воды и условия её хранения. Проба должна быть отобрана в чистую стеклянную или пластмассовую бутылку объёмом не менее 0,5 л. Определяют качество воды, отбирая пробы в водоёмах, на очистных сооружениях, в распределительной сети водопроводной линии и т.д.

К числу органолептических показателей относятся те параметры, которые определяют её потребительские свойства, т.е. те свойства, которые непосредственно влияют на органы чувств человека (обоняние, осязание, зрение).

Существует целый перечень показателей, по которым определяется качество воды: температура, рН, щёлочность, содержание органических и неорганических веществ, их состав, концентрация, жёсткость, окисляемость и др. Перечень этих показателей изменяется в зависимости от того, для каких целей будет использована вода (питьевых, хозяйственно-бытовых и т.п.).

Основными органолептическими показателями, которые определяются для воды вне зависимости от целей её применения, являются запах, вкус, цветность, мутность. Наиболее значимые из этих параметров – запах и вкус.

### Часть 1.

### **«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ И МУТНОСТИ ВОДЫ»**

Прозрачность и мутность воды обусловлены присутствием в ней механических взвешенных частиц (глины, песка, почвы, ила, растительных и животных остатков), а также нерастворенных и коллоидных веществ органического и неорганического происхождения.

#### **Прозрачность воды:**

Прозрачность определяют несколькими методами:

1. методом цилиндра;
2. методом диска;
3. методом кольца.

**А) МЕТОД ЦИЛИНДРА** применяется для оценки механических и химических примесей в лабораторных условиях.

**Принцип метода** основан на визуальной оценке шрифта в 3,5 мм в столбике воды отобранной пробы.

**Методика определения.** Проба воды тщательно взбалтывается. Мерный цилиндр помещается на пластину со шрифтом и заполняется водой до тех пор, пока текст перестает быть читаемым. Затем замеряется высота водного столба.

Вода считается чистой, если буквы отчетливо видны при высоте 50 см и более.

Получаемые результаты переводят на показания по шрифту.(таблица 1.) Данные заносят в журнал

**Б) МЕТОД КОЛЬЦА** применяется для оценки прозрачности воды в полевых и лабораторных условиях. Изготавливается проволочное кольцо диаметром 1-1,5 см и опускается на дно цилиндра емкостью 500 мл, вливается проба воды до тех пор, пока контуры кольца станут невидимыми. Линейкой замеряют высоту воды в см. Получаемые результаты переводят на показания по шрифту.(таблица 1.) Данные заносят в журнал.

**В) МЕТОД ДИСКА**используется для определения прозрачности в полевых условиях. Берется белый диск диаметром 20 см и при помощи веревки опускается в воду на глубину видимости. Вода считается чистой, если диск виден на глубине не менее 60 см.

### **Принцип метода определения мутности воды:**

Основан на визуальной оценке степени осветления воды и характера образовавшегося осадка.

**Выполнение работы:** Пробу воды тщательно взбалтывают и заливают в мерный цилиндр высотой 30 см . отстаивают воду в течение 5 минут при комнатной температуре. Оценку показателя определяют по следующей шкале:

#### **Шкала мутности:**

1. Осветление не заметно -5 балл
2. Слабое -4 балл
3. Сильное -3 балл
4. Прозрачное -2 балл

#### *ШКАЛА ОСАДКА*

##### **Характер :**

1. Хлопьевидный
2. Илистый
3. Песчаный
4. Серый
5. Бурый
6. Черный

##### **Степень :**

1. Незначительный
2. Слабый
3. Большой
4. Очень большой

Между прозрачностью и мутностью существует определенная зависимость. Зная величину прозрачности, можно сделать перерасчет на мутность.(табл.1.).

**Таблица 1. Показатели прозрачности и мутности воды**

Прозрачность, см	Мутность, мг/л	Прозрачность, см	Мутность, мг/л	Прозрачность, см	Мутность, мг/л
1	2	3	4	5	6
4	285	14	65,0	24	38,0
5	185	15	61,0	26	35,1
6	158	16	56,0	28	32,5

7	130	17	58,4	30	30,5
8	114	18	48,0	32	28,6
9	102	19	46,0	34	26,9
10	92	20	44,5	36	25,4
11	83	21	43,3	38	24,2
12	76	22	41,4	40	23,0
13	70	23	38,6	42	21,8

## Часть 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТНОСТИ И ЗАПАХА ВОДЫ

### Цветность воды

**Цветность** - показатель качества воды, характеризующий интенсивность её окраски.

Сточные воды некоторых предприятий также могут создавать довольно интенсивную окраску воды. Высокая цветность является тревожным признаком, свидетельствующим о неблагополучии воды.

Существенное влияние на эту группу показателей качества воды оказывают присутствие в ней гуминовых и дубильных веществ, белков, жиров, органических кислот и других соединений, входящих в состав животных и растительных организмов и являющихся их продуктами жизнедеятельности или распада.

Окраска воды, ее вкус и запах вызываются также присутствием соединений железа, марганца и др. минеральных солей.

**Определение цветности питьевой воды.** Принцип метода основан на визуальной оценке окраски 10-12 см столбика воды.

### **Выполнение работы.**

Чистую пробирку наполняют водой до 10-12 см и смотрят сверху на белом фоне.

### **Шкала оценки:**

1. бесцветная
2. слабо-желтая;
3. светло-желтая
4. интенсивно-желтая;
5. коричневая
6. красно-коричневая
7. голубая;
8. зеленовато-голубая
9. сиреневая
10. розовая
11. зеленая

### Запах воды

**Запах.** Вызывают летучие пахнущие вещества. Запах воды характеризуется видами и интенсивностью запаха. На запах воды оказывают влияние состав растворённых веществ, температура, значения pH и др.

**Вкус** воды определяется растворёнными в ней веществами органического и неорганического происхождения и различается по характеру и интенсивности. Различают четыре основных вида вкуса: солёный, кислый, горький и сладкий. Все другие виды вкусовых ощущений называются привкусами (щелочной, вяжущий, металлический и др.)

Химически чистая вода совершенно лишена вкуса и запаха. Однако в природе такая вода не встречается – она всегда содержит в своём составе растворённые вещества. По мере роста концентрации неорганических и органических веществ вода начинает принимать тот или иной привкус и/или запах.

Основными причинами возникновения запаха и привкуса в воде являются:

- *гниющие растения* (водоросли и водные растения в процессе гниения могут вызывать рыбный, травяной, гнилостный запах воды);
- *грибки и плесень* (эти микроорганизмы вызывают возникновение плесневого, земляного или затхлого запаха и привкуса, что происходит при их размножении в местах застоя воды и там, где вода может нагреваться);
- *железистые и сернистые бактерии* (выделяют продукты жизнедеятельности, которые создают неприятный запах);
- *железо, марганец, медь, цинк* (придают характерный резкий привкус);
- *поваренная соль* (при высоких концентрациях приводит к возникновению солоноватого, а затем и резко солёного вкуса);
- *промышленные отходы* (могут вызвать сильный лекарственный или химический запах воды);
- *хлорирование воды* (способствует появлению запаха и привкуса «хлорки» при передозировке, а также при взаимодействии хлора с различными растворёнными в воде веществами).

**Принцип метода.** Запах оценивается по органолептическим впечатлениям без предварительной или с предварительной обработкой пробы. Интенсивность определяется разбавлением испытываемой воды до органолептического исчезновения. При наличии интенсивного запаха пробу воды разбавляют водой без запаха до различных концентраций (в 2 раза, в 5, в 10 и т.д.). В серии разбавленных проб устанавливают запах, описывают разведение, при котором он исчезает. Характер запаха оценивается по 5 бальной системе.

#### **Выполнение работы.**

Запах определяется при температуре 20° и 60° С. В колбу емкостью 250-300 мл наливают 100 мл воды отобранной пробы, закрывают пробкой и тщательно перемешивают вращательным движением в течение 1 минуты. Затем определяют вид запаха (табл. 2) и его интенсивность (табл. 3). Результаты записываются в журнал.

Если интенсивность запаха трудно установить, то пробу нагревают на водяной бане при температуре 60°С и определяют вид и его интенсивность (таблица 2 и 3).

Таблица 2. Классификация запаха воды

Вид запаха	Источники происхождения
1. Ароматный	камфора, гвоздика, лимон, лаванда
2. Огуречный	
3. Цветочный	
4. Углеводородный	нефтепродукты
5. Лекарственный	фенол и иодоформ
6. Сернистый	сероводород
7. Навозный	
8. Травянистый	лежалая трава
9. Затхлый	преющая солома
10. Овощной	корни овощей
11. Гнилостный	застоявшие сточные воды
12. Болотный	
13. Рыбный	

14. Хлорный	свободный хлор
15. Землистый	сырая земля
16. Неопределенный	
17. Химический	промышленные сточные воды
18. Плесневой	сырой подвал
19. Торфяной	торф
20. Аммиачный	
21. Лекарственный	

**Таблица 3. Шкала оценки интенсивности запаха воды**

Интенсивность запаха, балл	Характеристика	Проявление запаха
1	Запах не ощущается	отсутствие ощутимого запаха
2	очень слабый	Запах сразу не ощущается, но обнаруживается при тщательном исследовании(при нагревании)
3	слабый	Запах замечается, если обратить на него внимание
4	заметный	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде
	отчетливый	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

### **3. Методические рекомендации по подготовке и работе на практических занятиях**

Практическое занятие - это форма организации учебного процесса, предполагающая выполнение студентами по заданию и под руководством преподавателя одной или нескольких практических работ. И если на лекции основное внимание студентов сосредоточивается на разъяснении теории конкретной учебной дисциплины, то практические занятия служат для обучения методам ее применения. Главной их целью является усвоение метода использования теории, приобретение практических умений по дисциплине.

#### **Практическая работа № 1**

Определение уровня шума

В практической работе применяется VICTOR Шумомер цифровой Victor 824A.



Рисунок 1 – Шумомер цифровой Victor 824A

Шумомер цифровой **Victor 824A** предназначен для контроля уровня громкости звука (шума) в целях безопасности здоровья, профилактики заболеваемости и любых видов экологического контроля. Соответствует стандарту IEC651 тип 2 и ANSI тип 2 для шумомеров.

Шумомер цифровой **Victor 824A** обеспечивает мгновенный результат уровня звукового давления в диапазон измерения от 30 до 130 дБ. Этот шумомер имеет две взвешивающие частотные характеристики: А и С, два режима для периода интегрирования: быстро FAST (125 мс) и медленно SLOW (1 с).

Шумомер **Victor 824A** имеет аналоговые выходные сигналы постоянного и переменного напряжения, пропорционального результату измерения для графопостроителя, для подключения анализатора спектра или осциллографа. Данный прибор позволяет запоминать минимальные и максимальные значения сигнала (MIN/MAX), а также имеет индикацию выхода регистрируемого сигнала за верхнюю или нижнюю границы измеряемого диапазона. Прибор имеет электретный конденсаторный микрофон, ветрозащитный колпак микрофона, большой ЖК-дисплей с аналоговой графической шкалой и подсветкой. Питание шумомера осуществляется от щелочной батареи на 9 В типа 6F22 или источника постоянного тока 9 В.

Шумомер **Victor 824A** может использоваться для измерения уровня шума на производстве, транспорте, в образовательных учреждениях, офисах, жилых помещениях.

**Особенности шумомера цифрового Victor 824A:**

- Пятиразрядный цифровой дисплей плюс аналоговая шкала;
- Динамический диапазон: 30 ~ 130 дБ
- Частотный диапазон: 31.5 Гц ~ 8.5 кГц;
- Диапазон измерений: 30-80 дБ, 50-100 дБ, 60-110 дБ, 80-130 дБ;
- Основная погрешность:  $\pm 1.5$  дБ (при уровне звука 94 дБ, 1 кГц);
- Разрешение 0.1 дБ;
- Частотные характеристики: А, С;
- Временные характеристики: Slow, Fast;
- Подсветка ЖК-дисплея;
- Регистрация MAX значений;
- Индикация выхода регистрируемого сигнала за верхнюю или нижнюю границы измеряемого диапазона;

## Практическая работа № 2

### Определение уровня освещенности

В практической работе используется **стрелочный измеритель**.

Для измерения освещенности рабочего места стрелочным люксметром необходимо:

1. Расположить прибор в горизонтальном положении, направив фотоэлемент в сторону источника освещения.
2. Установить подходящую насадку на фотоэлемент.
3. Снять показания, нажав левую либо правую кнопку, в зависимости от ситуации. Левая кнопка позволяет считать показания с нижней шкалы (до 30 Лк), а правая с верхней (от 0 до 100 Лк). Помимо этого у каждой насадки свой коэффициент ослабления светового потока, поэтому важно учитывать и этот момент

Также при использовании измерителя вы должны учитывать несколько важных требований:

- на фотоэлемент не должна падать тень;
- перед работой стрелка должна находиться на нуле, если это не так, с помощью корректора установите ее на нулевое положение (для этого понадобится отвертка);
- источники электромагнитного излучения, находящиеся вблизи люксметра, могут создавать помехи, а соответственно и погрешности в измерениях, поэтому требуется убрать их на время замеров;
- если с установленными насадками освещенность, отображаемая на табло, менее 30 Лк, необходимо снять насадки и использовать измеритель с открытым фотоэлементом.

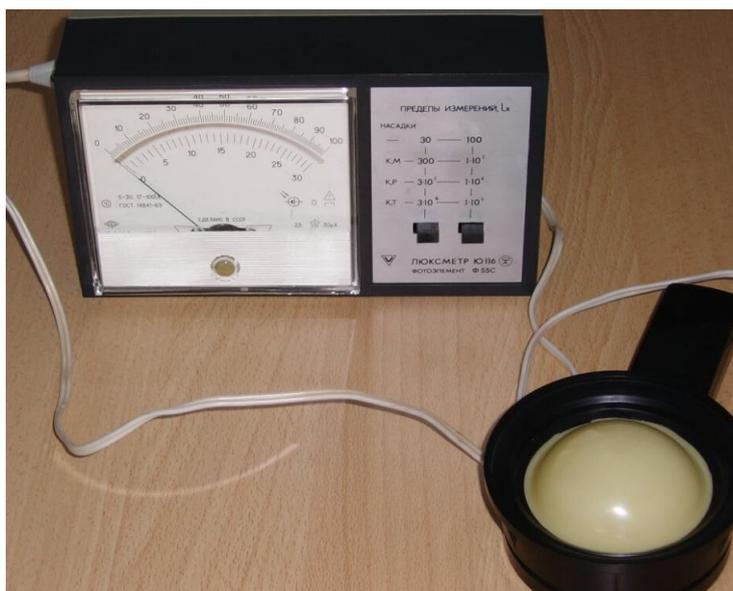


Рисунок 2 – Люксметр Ю-116

## Практическая работа № 3

### Определение напряженности электрического поля

В работе применяется измеритель СТ-01.

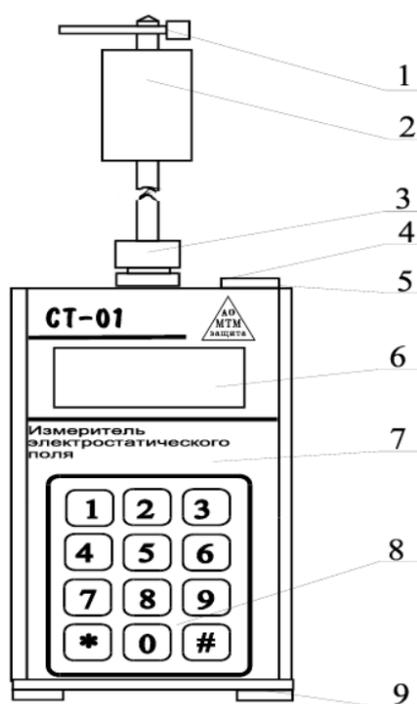
Измеритель выполнен в виде портативного прибора с автономным питанием. Конструктивно измеритель состоит из преобразователя напряженности электростатического поля, блока управления и индикации и сетевого блока питания. (рисунок 3)

Основным элементом блока преобразования является модулятор, представляющий собой металлическую пластинку (лепесток модулятора), асимметрично закрепленную на оси вращения микроэлектродвигателя и

электрически изолированную от оси двигателя. При вращении лепестка модулятора в однородном электростатическом поле потенциал лепестка модулятора относительно земли изменяется по синусоидальному закону с частотой, равной частоте вращения лепестка, а амплитуда этого переменного потенциала пропорциональна проекции напряженности электростатического поля на плоскость вращения. Переменный потенциал через скользящий контакт передается на вход предусилителя. Частота модуляции  $F_m=35$  Гц, поддерживается постоянной путем стабилизации скорости вращения микроэлектродвигателя с помощью электронного регулятора скорости.

Блок преобразования выполнен в виде выносной антенны и может подключаться к блоку управления и индикации непосредственно с помощью разъема.

Блок управления и индикации имеет встроенный микропроцессор и размещен в корпусе из алюминиевых сплавов, на котором расположены элементы управления и индикации (см. рисунок 3).



- 1 - модулятор;
- 2 - преобразователь напряженности электростатического поля;
- 3 - разъем с накидной гайкой;
- 4 - тумблер включения и выключения напряжения ПИТАНИЕ;
- 5 - разъем для подключения сетевого блока питания;
- 6 - жидкокристаллический индикатор;
- 7 - лицевая панель блока управления и индикации;
- 8 - гибкая пленочная клавиатура;
- 9 - крышка отсека автономного источника питания.

Рисунок – Измеритель СТ-01

#### Практическая работа № 4

##### Определение интенсивности воздействия электромагнитного поля

В работе используется измеритель уровня электромагнитного фона АТТ-2592. Портативный прибор, предназначенный для безопасного измерения характеристик электромагнитного фона (поля) изотропным методом, снабжен 3-канальным датчиком, позволяющим проводить измерения одновременно по трем осям: X, Y, Z; измерение напряженности электрического поля 20 мВ/м...108 В/м, напряженности магнитного поля

53 мкА/м...286.4 мА/м; отображение текущего, максимального, среднего и максимального среднего значения; память на 99 измерений; питание 9 В; габаритные размеры 60х60х237 мм; масса 200 г.



Рисунок 4 – Измеритель уровня электромагнитного фона АТТ-2592

Это портативный прибор, предназначенный для безопасного измерения характеристик электромагнитного фона (поля) изотропным методом. Прибор снабжен 3-канальным датчиком, позволяющим проводить измерения одновременно по трем осям: X, Y, Z. Прибор может применяться для измерения излучений создаваемых беспроводными средствами связи (CW, CDMA, DECT, GSM), радиостанциями, беспроводными устройствами Wi-Fi, микроволновыми печами, телевизорами и мониторами, скрытыми источниками сигнала и другими источниками высокочастотных электромагнитных излучений.

**Технические характеристики:**

- Метод измерения изотропный
- Датчик 3-х канальный
- Диапазон частот 50 МГц...3,5 ГГц
- Динамический диапазон 75 дБ
- Единицы измерения: мВ/м, В/м, мкА/м, mA/м, мкВт/м<sup>2</sup>, мВт/м<sup>2</sup>, мкВт/см<sup>2</sup>
- Диапазон измерений:

напряженности электрического поля 20 мВ/м...108 В/м с разрешением 0.1 мВ/м; напряженности магнитного поля 53 мкА/м...286.4 мА/м с разрешением 0.1 мкА/м; плотности потока энергии 0 мкВт/м<sup>2</sup>...30.93 Вт/м<sup>2</sup> с разрешением 0.001 мкВт/м<sup>2</sup>;

- Отображение текущего, максимального, среднего и максимального среднего значения
- Частота дискретизации 2 раза в секунду
- Автовыключение через 15 минут
- Звуковой сигнал при превышении предельно допустимого уровня

**4. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы**

Контрольная работа одна из форм проверки и оценки усвоенных знаний, а также получения информации об уровне самостоятельности и активности обучающихся.

Конкретные формы контрольных работ, перечень контрольных заданий, требования к оформлению размещены в ЭИОС МГТУ.

Контрольная работа предусматривается после изучения определенного раздела (разделов) дисциплины и представляет собой письменную работу, выполненную в соответствии с заданиями.

Выполнение контрольной работы позволяет усвоить отношения между понятиями или отдельными разделами темы, закрепить теоретические знания, развить готовность использовать индивидуальные способности для решения профессиональных и исследовательских задач.

Контрольная работа выполняется в виде письменных ответов на вопросы, выбираемых согласно варианту.

### **Вариант 1**

1. Кем впервые было введено понятие «мониторинг окружающей среды»?:

а) Р. Манном б) В.И. Вернадским в) В.Н. Сукачевым?

2. Укажите правильный(е) ответ(ы).

Вклады ВМО:

а) возглавила кампанию по предупреждению последствий о повышенных концентрациях парниковых газов

б) ценный вклад в Венскую конвенцию об охране озонового слоя и ее Монреальский протокол 1985 года

в) проект по исследованию тропической зоны океана и глобальной атмосферы в рамках Всемирной программы исследований климата.

г) проект по предотвращению загрязнений окружающей среды опасными отходами

д) создание глобальной гидрологической сети для мониторинга качества воды и оценки водных ресурсов.

3. Дайте пояснение «отбор проб воздуха под дымовым факелом».

4. Дайте определение понятию «экологический мониторинг».

5. Мониторинг атмосферного воздуха: перечислите категории, подразделяемые по степени срочности получаемой информации. Дайте краткие пояснения. Дайте другое название фоновый мониторинг. Что он характеризует

### **Вариант 2**

1. Кем впервые было введено понятие «экологический мониторинг»:

а) К. Линнеем б) В.Н. Сукачевым в) Ю.А. Израэлем?

2. Расшифруйте аббревиатуру «БАПМОН». Цель БАПМОН.

Какие вы знаете биосферные заповедники, находящиеся на территории РФ?

3. Кратко охарактеризуйте импактный мониторинг.

4. Приведите блок-схему мониторинга.

5. Расшифруйте аббревиатуру «ГСМОС». Основная задача ГСМОС.

### **Вариант 3**

1. По каким принципам классифицируют экологический мониторинг (перечислить)

2. Дайте пояснение «отбор проб воздуха под дымовым факелом»

3. Расшифруйте аббревиатуру «ПИГАП». Какие среды наблюдений являются приоритетными в этой программе?

4. Мониторинг атмосферного воздуха: перечислите загрязняющие вещества, подлежащие контролю в городе

5. Выберите верные ответ(ы).

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводятся в районах:

а) локальных б) импактных в) фоновых г) региональных

#### Вариант 4

1. Какие виды экологического мониторинга вы знаете? Какой(ие) экологический мониторинг(и) относит(ят)ся к классификации «по масштабам наблюдений и степени обобщения информации»?
2. Расшифруйте аббревиатуру «ГСМОС». Главная цель ГСМОС.
3. Мониторинг атмосферного воздуха: перечислите категории, подразделяемые по степени срочности получаемой информации. Дайте краткие пояснения.
4. Дайте верный ответ(ы). Какая подсистема мониторинга классифицируется по принципу «острота и глобальность проблемы»?  
а) Мониторинг океана б) мониторинг озносферы в) фоновый мониторинг г) медико-биологический мониторинг?
5. Выберите верные ответ(ы). Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводятся в районах: а) локальных б) импактных в) фоновых г) региональных.

#### Вариант 5

1. Какой(ие) экологический мониторинг(и) относит(ят)ся к классификации «наблюдения за основными составляющими биосферы»?
2. Дайте другое название фонового мониторинга. Что он характеризует?
3. Расшифруйте аббревиатуру «АНКОС». Для чего предназначена данная система?
4. Для каких целей предназначен региональный мониторинг? Объекты регионального мониторинга.
5. Укажите правильный(е) ответы.  
Вклады ВМО:  
а) возглавила кампанию по предупреждению последствий о повышенных концентрациях парниковых газов  
б) ценный вклад в Венскую конвенцию об охране озонового слоя и ее Монреальский протокол 1985 года  
в) проект по исследованию тропической зоны океана и глобальной атмосферы в рамках Всемирной программы исследований климата.  
г) проект по предотвращению загрязнений окружающей среды опасными отходами  
д) создание глобальной гидрологической сети для мониторинга качества вода и оценки водных ресурсов.
3. Мониторинг атмосферного воздуха: перечислите загрязняющие вещества, подлежащие контролю в городе

### 5. Групповые и индивидуальные консультации

Слово «консультация» латинского происхождения, означает «совещание», «обсуждение».

Консультации проводятся в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания консультативной помощи при подготовке к промежуточной аттестации, участию в конференции и др.);
- если обучающемуся требуется помощь в решении спорных или проблемных вопросов возникающих при освоении дисциплины.

Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. В частности, если затруднение возникло при изучении теоретического материала, то конкретно укажите, что вам непонятно, на какой из пунктов обобщенных планов вы не смогли самостоятельно ответить.

Если же затруднение связано с решением задачи или оформлением отчета о лабораторной работе, то назовите этап решения, через который не могли перешагнуть,

или требование, которое не можете выполнить.

## **5. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы**

Успешное освоение компетенций, формируемых учебной дисциплиной, предполагает оптимальное использование времени для самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающегося - деятельность, которую он выполняет без непосредственного участия преподавателя, но по его заданию, под его руководством и наблюдением. Обучающийся, обладающий навыками самостоятельной работы, активнее и глубже усваивает учебный материал, оказывается лучше подготовленным к творческому труду, к самообразованию и продолжению обучения.

Самостоятельная работа может быть аудиторной и внеаудиторной. Границы между этими видами работ относительны, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется во время проведения учебных занятий по дисциплине (модулю) по заданию преподавателя. Включает в себя:

- выполнение самостоятельных работ, участие в тестировании;
- выполнение контрольных, практических и лабораторных работ;
- решение задач и упражнений, составление графических изображений (схем, диаграмм, таблиц и т.п.);
- работу со справочной, методической, специальной литературой;
- оформление отчета о выполненных работах;
- подготовка к дискуссии, выполнения заданий в деловой игре и т.д.

Внеаудиторная самостоятельная работа (в библиотеке, в лаборатории МГТУ, в домашних условиях, в специальных помещениях для самостоятельной работы в МГТУ и т.д.) является текущей обязательной работой над учебным материалом (в соответствии с рабочей программой), которая не предполагает непосредственного и непрерывного руководства со стороны преподавателя.

Внеаудиторная самостоятельная работа по дисциплине может включать в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам и др.) и выполнение необходимых домашних заданий;
- работу над отдельными темами дисциплины (модуля), вынесенными на самостоятельное изучение в соответствии с рабочей программой;
- проработку материала из перечня основной и дополнительной литературы по дисциплине, по конспектам лекций;
- другие виды самостоятельной работы.

Содержание самостоятельной работы определяется рабочей программой дисциплины. Задания для самостоятельной работы имеют четкие календарные сроки выполнения.

Выполнение любого вида самостоятельной работы предполагает прохождение обучающимся следующих этапов:

1. Определение цели самостоятельной работы.
2. Конкретизация познавательной (проблемной или практической) задачи.
3. Самооценка готовности к самостоятельной работе по решению поставленной или выбранной задачи.
4. Выбор адекватного способа действий, ведущего к решению задачи (выбор путей и средств для ее решения).
5. Планирование (самостоятельно или с помощью преподавателя) самостоятельной работы по решению задачи.
6. Реализация программы выполнения самостоятельной работы.
7. Самоконтроль выполнения самостоятельной работы, оценивание полученных результатов.
8. Рефлексия собственной учебной деятельности.

## **Работа с научной и учебной литературой**

Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к контрольным работам, тестированию, зачету.

В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы, которые).

Выбрав нужный источник, следует найти интересующий раздел по оглавлению или алфавитному указателю, а также одноименный раздел конспекта лекций или учебного пособия. В случае возникших затруднений в понимании учебного материала следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным. Необходимо отметить, что работа с литературой не только полезна как средство более глубокого изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего выпускника.

## **Методические рекомендации к изучению тем дисциплины**

### **Тема 1. Структура экологического мониторинга**

Цели, задачи, понятия, определения, объекты экологического мониторинга.

Классификация систем экологического мониторинга.

#### **Методические рекомендации:**

Обучающийся должен понять, какую информацию позволяет получать глобальная система экологического мониторинга, на что указывают результаты мониторинга и какие этапы включает в себя экологический мониторинг. Постоянный мониторинг лежит в основе функционирования кадастровых систем, геоинформационных систем, а также экосистемного анализа. Данные экологического мониторинга используются при проведении экологической экспертизы (например, для оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС)), экологического аудита и в других смежных областях.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Что такое экологический мониторинг? Дайте современное определение.
2. Выделите цели и задачи экологического мониторинга.
3. Что такое загрязнение? Виды загрязнений окружающей среды.
4. Дайте краткую характеристику системе экологического нормирования. Какие выделяют группы экологических нормативов?
5. Какие задачи решает мониторинг?

### **Тема 2. Организация государственной службы наблюдений за состоянием окружающей природной среды**

Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС). Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Задачи, функции.

#### **Методические рекомендации:**

При изучении темы обучающийся должен ознакомиться с системой национального мониторинга, с государственными структурами, которые его обеспечивают, каким организациям вменяется экологический мониторинг или контроль на региональном уровне. Локальный экологический мониторинг – важная составная часть по организации ЕГСЭМ – это организация 9 мониторинга источников антропогенного воздействия на

окружающую природную среду (локального мониторинга).

#### Вопросы для самопроверки:

1. Назовите основные принципы организации государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга).
2. Расшифруйте аббревиатуру ЕГЭСМ.
3. Перечислите государственные структуры, входящие в систему национального мониторинга окружающей среды.
4. Какие организации осуществляют экологический мониторинг на региональном уровне?
5. Перечислите основные задачи, выполняемые наземными службами наблюдения на региональном уровне.
6. Дайте определение понятию «локальный мониторинг»? Опишите систему экологического контроля для локального уровня.

### Тема 3. Мониторинг атмосферного воздуха

Организация наблюдений и контроля загрязнений в атмосферном воздухе. Фоновый мониторинг. Импактный мониторинг. Мониторинг источников загрязнения. Посты наблюдений.

#### Методические рекомендации:

**1. Государственная система наблюдений и контроля загрязнения атмосферного воздуха** – система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения.

Основные задачи Общегосударственной системы наблюдения и контроля атмосферного воздуха (ОГСНК)

1. Наблюдение за уровнем загрязнения атмосферы и распределением загрязнителей во времени и пространстве и их контроль, выявление и контроль источников выбросов
2. Обеспечение заинтересованных организаций систематической и экстренной информацией об изменении уровня загрязнения атмосферы, а также прогнозами и предупреждениями о возможных изменениях этих уровней

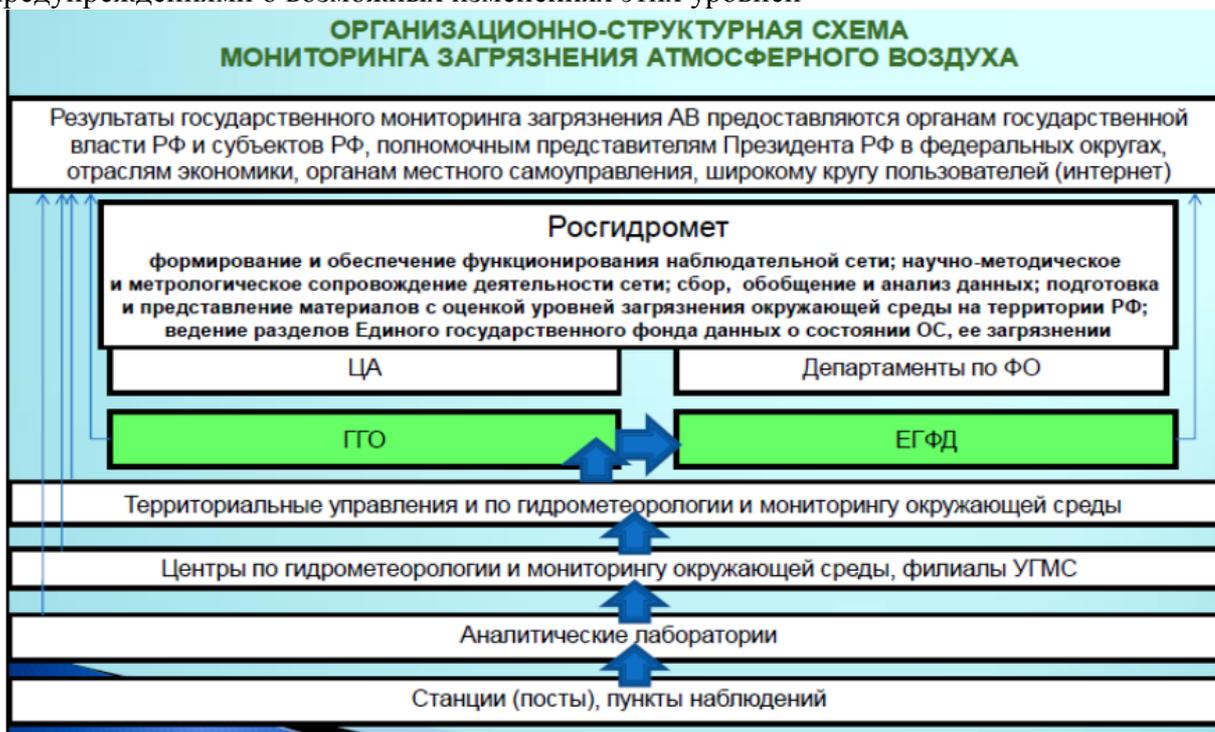


Рисунок – Организационно-структурная схема

### Методы наблюдения:

А) дистанционные

Б) наземные

Устанавливают **три категории** постов наблюдений за загрязнением атмосферы:

1. Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа.

2. Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности при наблюдениях, которые проводятся с помощью передвижного оборудования.

3. Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника.

## 2. Снеговой покров как индикатор загрязнения атмосферного воздуха.

### Государственная система наблюдений.

#### Виды снего-геохимических съёмок:

А) на стационарной сети наблюдений Росгидромета

ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (РД 52.04.186-89).

Б) на временной экспедиционной сети

Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.

Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 66 с.

Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве

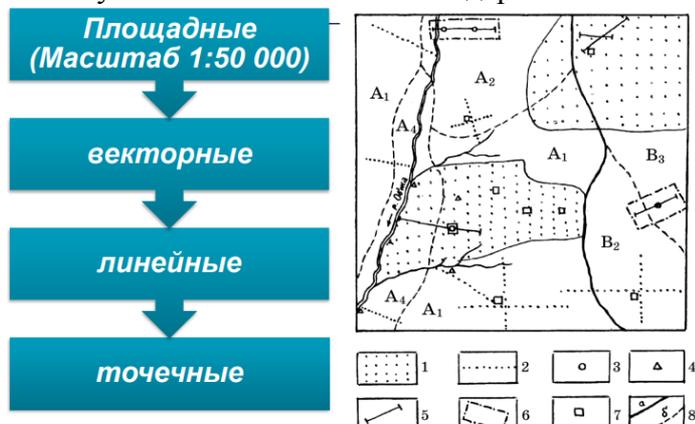


Рисунок – Временно экспедиционная наблюдательная сеть

### Анализ проб снега. Согласно РД 52.04.186-89.

Отбор снега : снегоотборником или методом шурфа.

А) Первая программа Выполняется в лабораториях всех станций предполагает определение следующих показателей: 1) кислотность (рН) и электропроводность; 2) содержание основных водорастворимых соединений – сульфатов, нитратов, аммония, хлоридов, ионов калия, натрия, магния, кальция.

Б) Вторая программа Выполняется на 50% всех станций предполагает определение следующих показателей:

- кислотность (водородный показатель рН),
- электропроводность,

- концентрация основных ионов : сульфат-иона, нитрат-иона, хлорид-иона, гидрокарбонат-иона, ионов аммония, натрия, калия, кальция, магния
- микрокомпонентов (фосфат-ионов, цинка, свинца, кадмия, марганца и никеля)

#### Вопросы для самопроверки:

1. Какие пункты наблюдений входят в состав сети мониторинга атмосферы?
2. Какие существуют программы мониторинга?
3. Назовите основные загрязнители, содержание которых определяют в воздухе?
4. Назовите основные загрязнители, содержание которых определяют в снеге?

#### Тема 4. Мониторинг водных объектов

Организация наблюдений за загрязнением водных объектов. Пункты наблюдений. Программы наблюдений за качеством поверхностных вод. Биологические методы в экологическом мониторинге. Биотестирование и биоиндикация

#### Методические рекомендации:

**1) Государственный мониторинг водных объектов** – система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов РФ, собственности муниципальных образований, собственности физических лиц, юридических лиц.

- Мониторинг поверхностных водных объектов
- Состояние дна и берегов водных объектов
- Состояние водоохранных зон
- Мониторинг подземных вод с учетом госмониторинга состояния недр
- Наблюдения за водохозяйственными системами

Работы по отбору проб воды и анализу их загрязненности различными веществами обычно называют гидро(гео)химическими исследованиями, а наблюдение за физическими показателями – гидрологические исследования.

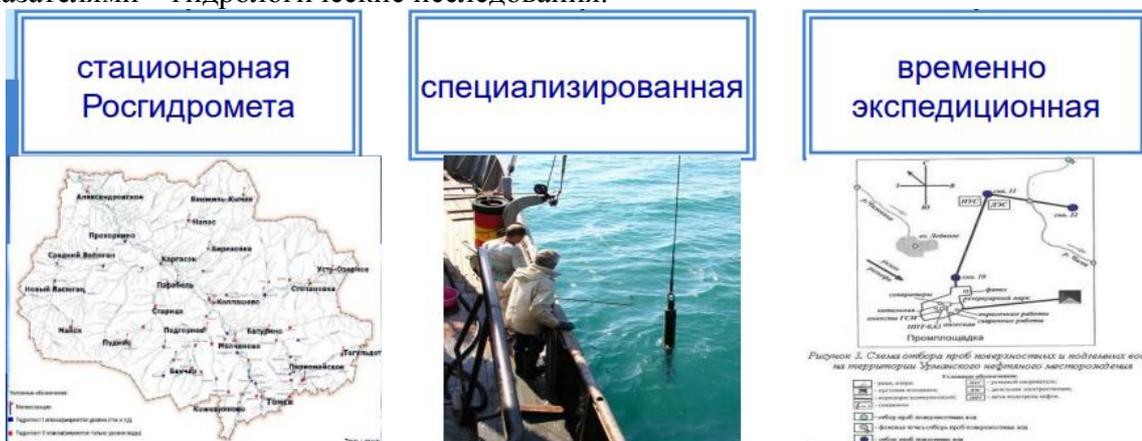


Рисунок – Сеть пунктов наблюдения

#### 2) Показатели качества природной воды

- Физические
- Гидрохимические
- Санитарно-бактериологические
- Гидробиологические

Категории пунктов наблюдений и факторы, определяющие их установление на государственной сети Росгидромета (согласно ГОСТ 17.1.3.07-82).

Параметры, определение которых предусмотрено при программах наблюдений в системе ОГСНК (согласно ГОСТ 17.1.3.07-82).

**3) Гидролитогеохимические исследования** характеризуются изучением донных отложений. Производится наряду с гидрогеохимическими исследованиями. Отбор

сопряжен с местами отбора поверхностных вод. Проводится согласно ГОСТ 17.1.5.01-80 и РД 52.24.609-99

**4) Биологические методы оценки** – это характеристика состояния водной экосистемы по растительному и животному населению водоема. Рассматриваются различные типы населения водоемов – перифитон, бентос, планктон, нектон, макрофиты и др.

**Биоиндикаторы:**

- вследствие эффекта кумуляции могут реагировать даже на сравнительно слабые антропогенные нагрузки,
- суммируют действия всех без исключения важных биологических факторов,
- отражают физические и химические параметры, характеризующие состояние экосистемы,
- фиксируют скорость происходящих в среде изменений,
- вскрывают тенденции развития окружающей среды,
- указывают пути и места скопления загрязнений и возможные пути попадания их в пищу человека,
- позволяют судить о степени вредности любых веществ для живой природы, давая возможность контролировать их действие,
- устраняют чрезвычайно трудную задачу применения дорогостоящих и трудоемких физических и химических методик,
- постоянно присутствуют в окружающей среде и реагируют, в том числе, на кратковременные залповые сбросы загрязняющих веществ, на которые может не отреагировать автоматизированная система контроля, рассчитанная на дискретный во времени отбор проб,
- помогают нормировать допустимую нагрузку на экосистемы, различные по своей устойчивости к антропогенным воздействиям, так как одинаковый состав и объем загрязнений может привести к различным реакциям экосистем, расположенных в разных географических условиях.

**Оценка сапробности воды по показателям перифитона.** В гидробиологии под сапробностью понимают способность организмов жить при большом содержании органических веществ в среде. Сапробность является функцией потребностей организма в органическом питании и устойчивости возникающих при разложении органических соединений ядовитых веществ:  $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H^+$ , органических кислот.

Из гидробиологических показателей качества в России наибольшее применение нашел так называемый **индекс сапробности водных объектов**, который рассчитывают исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, представленных в различных водных сообществах (фитопланктоне, перифитоне)

**Вопросы для самопроверки:**

1. Какие пункты наблюдений входят в состав сети мониторинга водных объектов?
2. Назовите классификацию показателей качества вод.
3. Какие организмы подходят под определение «биоиндикаторы»?
4. Что такое сапробность?

**Тема 5. Почвенно-экологический мониторинг**

Пробоотбор и подготовка почвы к анализу. Показатели состояния почв.

Биомониторинг почв.

**Методические рекомендации:**

**Почвенный экологический мониторинг** – система регулярного не ограниченного в пространстве и времени контроля почв, который дает информацию об их состоянии с целью оценки прошлого, настоящего и прогноза его изменения в будущем.

Почвенный мониторинг – одна из важнейших составляющих экологического мониторинга в целом, он направлен на выявление антропогенных изменений почв, которые могут в конечном итоге нанести вред здоровью человека.

Важнейшие задачи почвенного мониторинга:

1) комплексный контроль сохранения в условиях антропогенного воздействия почвами физических, химических, биологических свойств, которые обеспечивают их плодородие;

2) комплексный контроль защитной функции почвы – эффективности почвы в ограничении миграции загрязняющих веществ в техногенно-нарушенных ландшафтах;

3) комплексный контроль выполнения почвой медико-биологической функции почвы и сопредельных сред, для обеспечения поддержания качества жизни для всех организмов, в том числе для человека.

**Виды почвенного экологического мониторинга:**

***1. Локальный и региональный почвенный экологический мониторинг:***

1.1. Специфический мониторинг почв:

- а) мониторинг почв, подверженных загрязнению,
- б) мониторинг агрохимический.

1.2. Комплексный мониторинг почв:

- а) мониторинг опустынивания,
- б) мониторинг пастбищ,
- в) ирригационно-мелиоративный.

1.3. Универсальный мониторинг почв:

- а) контроль микробиологического состояния почв,
- б) контроль качества почв (бонитировка),
- в) дистанционный мониторинг почв.

***2. Глобальный почвенный экологический мониторинг.***

В законодательстве РФ определено, что государственный мониторинг земель является частью государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) и представляет собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получение достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородия почв. Объектами государственного мониторинга земель являются все земли в Российской Федерации.

Среди **контролируемых показателей состояния почв (индикаторов)** выделяют две группы: биохимические и педохимические показатели.

К биохимическим относят показатели, характеризующие аккумуляцию в почвах самих загрязняющих веществ и возможность их непосредственного негативного влияния на живые организмы:

а) общее содержание загрязняющих веществ,

б) содержание соединения загрязняющих веществ, обладающих как реальной подвижностью (вещества в почвенных растворах, в лизиметрических водах, в вытяжках, имитирующих состав тех и других), так и непосредственно связанных с ними потенциально подвижных соединений этих же веществ в составе твердых фаз почвы. Содержание последних характеризует способность загрязняющих веществ переходить в вытяжки разбавленных кислот, растворов солей и комплексообразователей.

К педохимическим показателям относят те свойства почв, изменение которых может быть вызвано загрязняющими веществами и которые могут косвенно отрицательно влиять на живые организмы.

К педохимическим показателям относятся показатели важнейших свойств почв: показатели гумусного состояния почв, кислотности-основности, катионно-обменных, в отдельных случаях окислительно-восстановительных свойств почв.

При проведении мониторинга состояния земель выявляются изменения качественных характеристик состояния земель под воздействием следующих негативных процессов: подтопления и затопления, переувлажнения, заболачивания, эрозии, опустынивания земель, загрязнения земель тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтью и нефтепродуктами, другими токсичными веществами, захламления отходами производства и потребления, вырубок и гарей на землях лесного фонда, образования оврагов, оползней, селевых потоков, карстовых и других процессов и явлений, влияющих на состояние земель.

При осуществлении государственного мониторинга земель **необходимые сведения получают с использованием:**

- а) дистанционного зондирования (съемки и наблюдения с космических аппаратов, самолетов, с помощью средств малой авиации и других летательных аппаратов);
- б) сети постоянно действующих полигонов, эталонных стационарных и иных участков;
- в) наземных съемок, наблюдений и обследований (сплошных и выборочных);
- г) сведений, содержащихся в государственном кадастре недвижимости;
- д) землеустроительной документации;
- е) материалов инвентаризации и обследования земель, утвержденных в установленном порядке;
- ж) сведений о количестве земель и составе угодий, содержащихся в актах органов государственной власти и органов местного самоуправления;
- з) данных, представленных органами государственной власти и органами местного самоуправления;
- и) результатов обновления картографической основы (результатов дешифрирования ортофотопланов или сведений топографических карт и планов);
- к) данных государственного лесного реестра, а также лесохозяйственных регламентов лесничеств (лесопарков).

**Контроль и охрана почв от загрязнения в процессе производственной и непроизводственной деятельности регламентируется**

ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. – М.: Стандартиформ, 2008. – 3 с.

При составлении программы почвенного мониторинга для контроля загрязнения почв и оценки качественного состояния почв естественного и нарушенного сложения, посредством проведения почвенных, агрохимических и иных обследований руководствуются:

- Земельным кодексом РФ;
- Федеральным законом «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения», ст. 42 ЗК РФ, ст. 8 ФЗ от 16.07.1998 года № 101;
- Федеральным законом «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения»;
- Приказом Минэкономразвития России от 26.12.2014 № 852 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения»;
- ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. – М.: Стандартиформ, 2008. – 3 с.;
- ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: Стандартиформ, 2008. – 7 с.

### **Вопросы для самопроверки:**

1. Назовите уровни организации почвенного мониторинга.
2. Назовите педохимические контролируемые показатели состояния почв.
3. Назовите биохимические контролируемые показатели состояния почв.
4. Назовите основные нормативные документы, регламентирующие почвенный мониторинг.

### **Тема 6. Мониторинг радиационного загрязнения** НРБ-99/2009. ФЗ «о радиационной безопасности населения»

#### **Методические рекомендации:**

При изучении данной темы обучающийся должен обратить внимание на то, что действующая система нормирования в этой области строится на понятии дозовой нагрузки. Основными документами, в соответствии с которыми осуществляется радиационный контроль за безопасностью населения, являются Федеральный Закон «О радиационной безопасности населения» и принятые в его развитие «Нормы радиационной безопасности НРБ-96». Оба документа служат для обеспечения радиационной безопасности человека. Экологических нормативов, устанавливающих допустимые воздействия на экосистемы, в области радиационной безопасности не существует.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Перечислите требования к работе с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, включенные в НРБ-76/87.
2. Дайте определение понятиям «эквивалентная доза» и «поглощенная доза». Укажите единицы измерения.
3. Назовите допустимую дозовую нагрузку на население установленную законом «О радиационной безопасности населения».
4. Назовите основные виды ионизирующего излучения, источник этих излучений и опишите физиологическое действие.

### **Тема 7. Дистанционный мониторинг**

Дистанционное зондирование. Метод многозональной информации.

#### **Методические рекомендации:**

При изучении темы обучающийся должен понять разницу между активными и пассивными приборами дистанционного зондирования.

Одним из основных источников данных для экологического мониторинга являются материалы **дистанционного зондирования (ДЗ)**. Они объединяют все типы данных, получаемых с носителей:

- пилотируемые (космические орбитальные станции, корабли многоразового использования, автономные спутниковые съемочные системы и т. п.);
- авиационного базирования (самолеты, вертолеты и микроавиационные радиоуправляемые аппараты) и составляют значительную часть дистанционных данных (remotely sensed data) как антонима контактных (прежде всего наземных) видов съемок, способов получения данных измерительными системами в условиях физического контакта с объектом съемки;
- к неконтактным (дистанционным) методам съемки, помимо аэрокосмических, относятся разнообразные методы морского (на водного) и наземного базирования, включая, например, фототеодолитную съемку, электромагниторазведку и иные методы геофизического зондирования недр, гидроакустические съемки рельефа морского дна с помощью гидролокаторов бокового обзора, иные способы, основанные на регистрации собственного или отраженного сигнала волновой природы.

**Аэрокосмические (дистанционные) методы** экологического мониторинга включают систему наблюдения при помощи самолетных, аэростатных средств, спутников и спутниковых систем, а также систему обработки данных дистанционного зондирования.

Для космического экологического мониторинга целесообразно ориентироваться прежде всего на полярно-орбитальные метеорологические спутники, как на отечественные аппараты (спутники типа «Метеор», «Океан» и «Ресурс»), так и на американские спутники серий NOAA, Landsat и SPOT. Остановимся на кратких характеристиках указанных спутников.

Американские метеорологические спутники серии NOAA снабжены ПР многозональной оптической и ИК аппаратурой, а именно радиометром высокого разрешения AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Космические аппараты NOAA запускаются на полярные орбиты высотой порядка 700 км над поверхностью Земли с наклоном 98,89 градусов. Радиометр высокого разрешения ведет съемки поверхности Земли в пяти спектральных диапазонах. Космические съемки проводятся с пространственным разрешением 1100 м и обеспечивают полосу обзора шириной 2700 км.

Российские спутники серии «Ресурс» принадлежат Федеральной службе России по гидрометеорологии и мониторингу природной среды (Росгидромет). Они обеспечивают получение многозональной космической информации высокого и среднего разрешения с помощью двух сканеров видимого и ближнего инфракрасного диапазонов.

**Спутниковые данные дистанционного зондирования** позволяют решать следующие задачи контроля состояния окружающей среды:

1. Определение метеорологических характеристик: вертикальные профили температуры, интегральные характеристики влажности, характер облачности и т. д.);
2. Контроль динамики атмосферных фронтов, ураганов, получение карт крупных стихийных бедствий;
3. Определение температуры подстилающей поверхности, оперативный контроль и классификация загрязнений почвы и водной поверхности;
4. Обнаружения крупных или постоянных выбросов промышленных предприятий;
5. Контроль техногенного влияния на состояние лесопарковых зон;
6. Обнаружение крупных пожаров и выделение пожароопасных зон в лесах;
7. Выявление тепловых аномалий и тепловых выбросов крупных производств и ТЭЦ в мегаполисах;
8. Регистрация дымных шлейфов от труб;
9. Мониторинг и прогноз сезонных паводков и разливов рек;
10. Обнаружение и оценка масштабов зон крупных наводнений;
11. Контроль динамики снежных покровов и загрязнений снежного покрова в зонах влияния промышленных предприятий.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Перечислите неконтактные методы дистанционного зондирования Земли.
2. Какие устройства относятся к активным и пассивным датчикам, их диапазон действия.
3. Перечислите виды (разрешения) телевизионных и сканерных снимков со спутников.
4. Назовите, сколько спектральных каналов существует?
5. Дайте краткую характеристику и область применения спектральных каналов.
6. Расшифруйте аббревиатуру МВИ. В каких ИК – диапазонах она производится?

## **Тема 8. Классификация методов и приборов экологического контроля**

Химические методы анализа, физико-химические, электрохимические, спектральные, оптические, хроматографические.

Методические рекомендации:

### **1) Физико-химические методы**

-Качественные методы. Позволяют определить, какое вещество находится в испытуемой пробе.

-Количественные методы.

-Гравиметрический метод. Суть метода состоит в определении массы и процентного содержания какого-либо элемента, иона или химического соединения, находящегося в испытуемой пробе.

-Титриметрический (объемный) метод. В этом виде анализа взвешивание заменяется измерением объемов, как определяемого вещества, так и реагента, используемого при данном определении. Методы титриметрического анализа разделяют на 4 группы: а) методы кислотно-основного титрования; б) методы осаждения; в) методы окисления-восстановления; г) методы комплексообразования.

-Колориметрические методы. Колориметрия — один из наиболее простых методов абсорбционного анализа. Он основан на изменении оттенков цвета исследуемого раствора в зависимости от концентрации. Колориметрические методы можно разделить на визуальную колориметрию и фотоколориметрию.

-Экспресс-методы. К экспресс методам относятся инструментальные методы, позволяющие определить загрязнения за короткий период времени. Эти методы широко применяются для определения радиационного фона, в системе мониторинга воздушной и водной среды.

-Потенциометрические методы основаны на изменении потенциала электрода в зависимости от физико-химических процессов, протекающих в растворе. Их разделяют на: а) прямую потенциометрию (ионометрию); б) потенциометрическое титрование.

### **2) Методы биологического мониторинга**

Биоиндикация — метод, который позволяет судить о состоянии окружающей среды по факту встречи, отсутствия, особенностям развития организмов-биоиндикаторов[4]. Биоиндикаторы — организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. Условия, определяемые с помощью биоиндикаторов, называются объектами биоиндикации.

Биотестирование — метод, позволяющий в лабораторных условиях оценить качество объектов окружающей среды с помощью живых организмов.

Оценка компонентов биоразнообразия — является совокупностью методов сравнительного анализа компонентов биоразнообразия[5].

### **3) Приборы для экологического мониторинга:**

- Приборы для измерения параметров звука и вибрации
- Приборы для измерения параметров микроклимата
  - Анемометры
  - Барометры
  - Приборы контроля параметров воздушной среды
  - Счетчики аэроионов
  - Термогигрометры
- Приборы для измерения параметров электрического и магнитного полей
- Радиометры и дозиметры

**Вопросы для самопроверки:**

1. Назовите основные физико-химические методы
2. Опишите принцип биологических методов экологического мониторинга.
3. На какие виды подразделяются приборы для экологического мониторинга?

### **Тема 9. Нормирование качества атмосферного воздуха, загрязняющих веществ в почве, качества воды**

Санитарно-гигиенические нормативы. Производственно-хозяйственные нормативы качества воздуха. Санитарно-защитные зоны. Показатели качества природных вод, сточных вод, питьевой воды. Оценка уровня загрязнения поверхностных вод суши и морских вод. Оценка уровня загрязнения почв.

#### **Методические рекомендации:**

При изучении темы обучающийся должен обратить внимание на то, что современная система экологических нормативов охватывает все компоненты окружающей природной среды. Согласно Федеральному закону №7 от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды» к компонентам окружающей природной среды относятся: земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле. Обучающийся должен уяснить, что мониторинг вышеперечисленных сред охватывает далеко не все возможные параметры, т.к. это сопряжено с колоссальными трудозатратами и значительными финансовыми вливаниями. По этим причинам система мониторинга контролирует только некоторые приоритетные параметры среды.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Назовите основные контролируемые параметры атмосферного воздуха. Охарактеризуйте ПДК<sub>сс</sub>, индекс загрязнения атмосферного воздуха.
2. Назовите источники антропогенных аэрозолей.
3. Какие последствия имеются для атмосферного воздуха в результате поступления в него различного рода вредных веществ?
4. Назовите основные контролируемые параметры воды. Дайте классификацию вод и фазового состояния загрязнителей.
5. Приведите определение ПДК<sub>в</sub> и ПДК<sub>вр</sub>.
6. Охарактеризуйте индексы загрязнения водных объектов.
7. Какие показатели должны учитываться для расчета индекса загрязнения воды?
8. Назовите основные контролируемые параметры почвы.
9. Дайте определение ПДК<sub>п</sub>.

### **Тема 10. Контроль действия ксенобиотиков**

#### **Методические рекомендации:**

Ксенобиотики — условная категория для обозначения чужеродных для живых организмов химических веществ, естественно не входящих в биотический круговорот. Как правило, повышение концентрации ксенобиотиков в окружающей среде прямо или косвенно связано с хозяйственной деятельностью человека. К ним в ряде случаев относят: пестициды, некоторые моющие средства (детергенты), радионуклиды, синтетические красители, полиароматические углеводороды и др. Попадая в окружающую природную среду, они могут вызвать повышение частоты аллергических реакций, гибель организмов, изменить наследственные признаки, снизить иммунитет, нарушить обмен веществ, нарушить ход процессов в естественных экосистемах вплоть до уровня биосферы в целом. Изучение превращений ксенобиотиков путём детоксикации и деградации в живых организмах и во внешней среде важно для организации санитарно-гигиенических мероприятий по охране окружающей среды.

### **Вопросы для самопроверки:**

1. Опишите действие ксенобиотиков
2. Приведите примеры ксенобиотиков
3. Что такое биотрансформация ксенобиотиков?

## **Тема 11. Геоинформационные системы**

Классификация, структура, применение.

### **Методические рекомендации:**

Понятие геоинформационной системы также используется в более узком смысле — как инструмента (программного продукта), позволяющего пользователям искать, анализировать и редактировать как цифровую карту местности, так и дополнительную информацию об объектах

Геоинформационная система может включать в свой состав: базы данных дистанционного зондирования Земли, пространственные базы данных (в том числе под управлением универсальных СУБД), редакторы растровой и векторной графики, различные средства пространственного анализа данных. Применяются в картографии, геологии, метеорологии, землеустройстве, экологии, муниципальном управлении, транспорте, экономике, обороне и многих других областях. Научные, технические, технологические и прикладные аспекты проектирования, создания и использования геоинформационных систем изучаются геоинформатикой.

### **Вопросы для самопроверки:**

1. Какие есть ГИС по территориальному охвату?
2. Какие есть ГИС по предметной области информационного моделирования?
3. Какие есть ГИС по проблемной ориентации?
4. Назовите основные составные части ГИС?
5. Какие основные операции в ГИС?

## **6. Методические рекомендации по подготовке обучающегося к промежуточной аттестации**

Учебным планом по дисциплине «Экологический мониторинг» предусмотрена следующая форма промежуточной аттестации: **зачёт, экзамен.**

Промежуточная аттестация направлена на проверку конечных результатов освоения дисциплины.

Форма промежуточной аттестации **«зачет»** предполагает установление факта сформированности компетенций на основании оценки освоения обучающимся программного материала по результатам текущего контроля дисциплины (модуля) в соответствии с технологической картой.

Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине, то он считается аттестованным.

Таким образом, подготовка к зачету предполагает подготовку к аудиторным занятиям и внеаудиторному текущему контролю всех форм.

При подготовке к **экзамену** целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

При повторении материала нежелательно использовать много книг. Основным источником подготовки к экзамену является конспект лекций. Следует запоминать термины и категории, поскольку в их определениях содержатся признаки, позволяющие

уяснить их сущность и отличить эти понятия от других. В ходе подготовки обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания категорий и реальных профильных проблем. Подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала. В этот период полезным может быть общение обучающихся с преподавателями по дисциплине на групповых и индивидуальных консультациях.

Подготовку по билету на экзамене надо начинать с того, что помнится лучше всего. Однако, готовясь по одному вопросу, на отдельном листе нужно постоянно кратко записывать и те моменты, которые «всплывают» в памяти и по другим вопросам билета.

Во время экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также, с разрешения экзаменатора, справочной литературой.

По окончании ответа экзаменатор может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы.

Положительным будет стремление обучающегося изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам.

#### **Вопросы к экзамену:**

1. Структура экологического мониторинга. Цели, задачи, понятия, определения, объекты экологического мониторинга. Классификация систем экологического мониторинга.

2. Организация государственной службы наблюдений за состоянием окружающей природной среды. Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС). Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Задачи, функции.

3. Мониторинг атмосферного воздуха. Организация наблюдений и контроля загрязнений в атмосферном воздухе. Фоновый мониторинг. Импактный мониторинг.

4. Мониторинг источников загрязнения атмосферы. Посты наблюдений.

5. Мониторинг водных объектов. Организация наблюдений за загрязнением водных объектов. Пункты наблюдений. Программы наблюдений за качеством поверхностных вод.

6. Биологические методы в экологическом мониторинге. Биотестирование и биоиндикация

7. Пробоотбор и подготовка почвы к анализу. Показатели состояния почв.

8. Биомониторинг почв.

9. Мониторинг радиационного загрязнения. НРБ-99/2009. ФЗ «о радиационной безопасности населения

10. Дистанционный мониторинг. Дистанционное зондирование. Метод многозональной информации.

11. Система экологического контроля. ГЭК, ПЭК, ОЭК. Эколого-аналитический контроль.

12. Методы анализа: химические

13. Методы анализа: физико-химические

14. Методы анализа: электрохимические,

15. Методы анализа: спектральные и оптические методы анализа,

16. Методы анализа: хроматографические.

17. Нормирование качества атмосферного воздуха. Санитарно-гигиенические нормативы. Производственно-хозяйственные нормативы качества воздуха. Санитарно-защитные зоны.

18. Нормирование загрязняющих веществ в почве. Оценка уровня загрязнения.

19. Отбор проб воды на анализ. Показатели качества воды.

20. Показатели качества природных вод, сточных вод, питьевой воды. Оценка уровня загрязнения поверхностных вод суши и морских вод.

21. Нормирование качества воды. Водоохраные зоны. Санитарно-гигиенические нормативы. Производственно-хозяйственные нормативы качества воды.
22. Контроль действия ксенобиотиков.
23. Геоинформационные системы. Классификация, структура, применение.