

**Методические материалы для обучающихся  
по освоению дисциплины**

**Экология**

наименование дисциплины

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология

код и наименование направления подготовки /специальности

Направленность (профиль): «Пищевая биотехнология»

наименование направленности (профиля) /специализации

Мурманск  
2022

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

Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины «Экология» 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 (промежуточная аттестация – «экзамен») очная форма обучения**

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
1.	<b>Посещение лекций (6 лекций)</b>	3	11	14-ая неделя
	Нет посещений – 0 баллов, 25% посещаемость – 3 балла 50% посещаемость – 6 баллов 75% посещаемость – 9 баллов 100% посещаемость - 11 баллов			
2.	<b>Выполнение практических работ (17 практ.раб.)</b>	13	17	По расписанию
	Выполнение 1 практ.раб. – 1 балл			
3.	<b>Выполнение лабораторных работ (26 лаб.раб.)</b>	44	52	По расписанию
	Выполнение 26 лаб.раб. – 52 балла, 1 лаб.раб. – 2 балла.			

	Выполнение 1 лаб.раб. не в срок – 1 балл (выполнение фиксируется преподавателем)			
	ИТОГО за работу в семестре	60	80	15-ая неделя
<b>Промежуточная аттестация «экзамен»</b>				
	<b>Экзамен</b>	10	20	
	Оценка «5» - 20 баллов Оценка «4» - 15 баллов Оценка «3» - 10 баллов			
	<b>ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	70	100	
	<p><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)</p> <p><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»</p> <p><b>Итоговая оценка</b> проставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку обучающегося</p>			

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 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, необходимых для изучения последующих дисциплин.

Подготовку к практическому занятию лучше начинать сразу же после лекции по данной теме или консультации преподавателя. Необходимо подобрать литературу, которая рекомендована для подготовки к занятию и просмотреть ее. Любая теоретическая проблема должна быть осмыслена студентом с точки зрения ее связи с реальной жизнью и возможностью реализации на практике.

**Целью практических занятий** является закрепление теоретических знаний и навыков самостоятельной работы, полученных в процессе обучения по данной дисциплине.

### **Задачи практических занятий:**

1. Выработать навыки по практическому использованию знаний в области охраны труда.

2. Развить у студентов навыки самостоятельной работы с учебником, законодательными, подзаконными и нормативными актами, умение работать в команде.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1**

«Живое вещество»

### **Методические указания**

Семинар проводится в форме "круглого стола". Студенты вместе с преподавателем обсуждают следующие вопросы:

1. Экосистема. Компоненты экосистемы.
2. Автотрофы. Гетеротрофы.
3. Среды жизни.
4. Биосфера – живая оболочка Земли.
5. Функции «живого вещества».

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2**

«Воздействие экологических факторов на живые организмы. Определение зоны оптимума»

Экологическими факторами являются элементы среды, способные оказывать прямое влияние на живые организмы (хотя бы на протяжении одной из фаз их индивидуального развития), или условия среды, на которые организм отвечает приспособительными реакциями.

В основе взаимодействия организмов и окружающей их среды находятся причинно-следственные связи. Организм получает информацию из окружающей среды в виде определенных сигналов, имеющих материальную природу, и реагирует на эти сигналы.

Живой организм в природных условиях одновременно подвергается воздействию

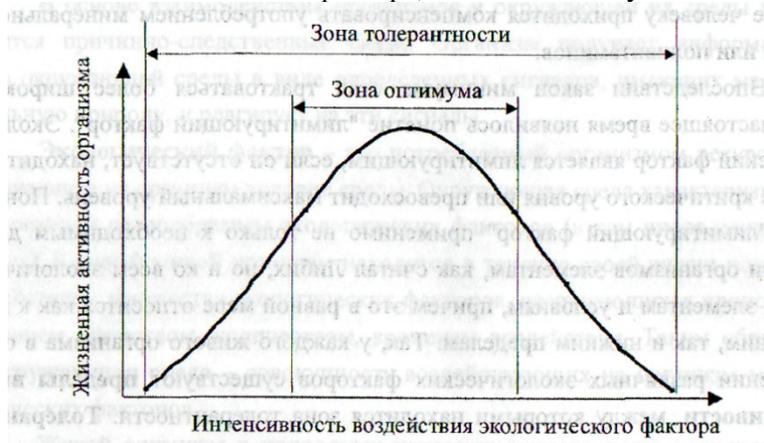
биотических и абиотических факторов, требуемых ему в определенных количествах (дозах). Так, растения нуждаются в больших количествах влаги, питательных веществ (азота, фосфора, калия). Требования к другим веществам, например, бору или молибдену, определяются ничтожными количествами. Тем не менее, недостаток или отсутствие любого вещества (как макро - так и микроэлемент) отрицательно сказывается на состоянии организма, даже если все остальные присутствуют в требуемых количествах.

В соответствии с законом минимума, установленным немецким ученым Ю. Либихом, рост растений ограничивается элементом, требуемая концентрация которого минимальна. Ю. Либих определил, что развитие растения или его состояние зависят не от тех химических элементов (или веществ), которые присутствуют в почве в достаточных количествах, а от тех, которых не хватает. Закон минимума формулируется следующим образом: *веществом, присутствующим в минимуме, управляется урожай, определяется его величина и стабильность во времени.*

Впоследствии закон минимума стал трактоваться более широко, и в настоящее время появилось понятие "лимитирующий фактор". Экологический фактор является лимитирующим, если он отсутствует, находится ниже критического уровня или превосходит максимальный уровень. Понятие "лимитирующий фактор" применимо не только к необходимым для жизни организмам элементам, как считал Либих, но и ко всем экологическим элементам и условиям, причем это в равной мере относится как к их верхним, так и нижним пределам. Так, у каждого живого организма в отношении различных экологических факторов существуют **пределы выносливости**, между которыми находится зона толерантности. **Толерантность** - способность живого организма переносить отклонения экологических факторов от оптимальных значений. Это понятие использовал В. Шелфорд в формулировке закона выносливости (закона толерантности): *любой живой организм имеет определенные, эволюционно унаследованные верхний и нижний пределы устойчивости (толерантности) к воздействию любого экологического фактора.*

Если изобразить графически зависимость жизненной активности организма от интенсивности воздействия одного экологического фактора, то получится кривая, напоминающая кривую нормального распределения Гаусса.

Живые организмы по отношению к воздействию экологических факторов делятся на эврибионтов и стенобионтов. **Эврибионты** имеют широкий диапазон толерантности по отношению к воздействию какого-либо экологического фактора, **стенобионты** - узкий диапазон толерантности.



Зависимость жизненной активности организма от интенсивности воздействия экологического фактора

### Методические указания.

Практическое занятие по этой теме предусматривает выполнение заданий с целью усвоения студентами основных экологических закономерностей, знакомство и освоение понятийного аппарата данной тематики (экологические факторы, классификация организмов по отношению к факторам, определение зон оптимума).

Для успешного усвоения студентами данной темы предлагаются различные задания, в том числе содержащие графический материал.

### Задания для выполнения

1. Назовите конкретные факторы среды, которые можно отнести к абиотическим, биотическим

или антропогенным. Заполните таблицу:

Факторы среды		
Природные		Антропогенные
Абиотические	Биотические	

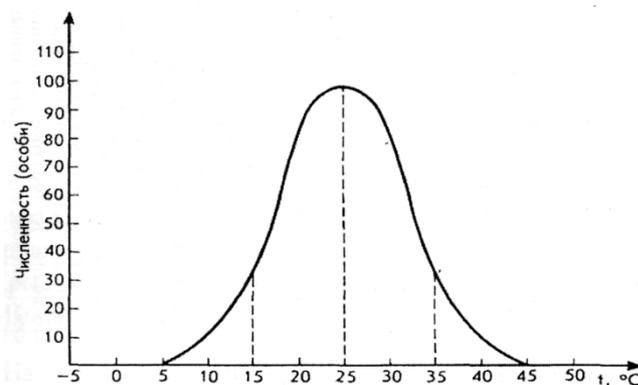
2. Соедините стрелками понятия и соответствующие им определения.

Типы взаимоотношений	Определения
Мутуализм (симбиоз)	Взаимодействие особей двух видов, при котором для одних последствия отрицательны, а для других нейтральны.
Хищничество	Особи одного вида используют остатки пищи особей другого вида.
Паразитизм	Совместное взаимовыгодное сосуществование особей двух или более видов
Комменсализм (нахлебничество)	Особи одного вида предоставляют убежища особям другого вида, и это не приносит хозяину ни вреда, ни пользы.
Комменсализм (квартирантство)	Совместное обитание особей двух видов, непосредственно не взаимодействующих между собой.
Аменсализм	Особи одного или нескольких видов со сходными потребностями сосуществуют при ограниченных ресурсах, что приводит к снижению жизненных показателей взаимодействующих особей.
Конкуренция	Одни организмы получают от других необходимые питательные вещества и место постоянного или временного обитания.
Нейтрализм	Особи одного вида поедают особей другого или того же вида.

3. Взаимодействие двух организмов теоретически можно представить в виде парных комбинаций символов "+", "—" и "0", где "+" обозначает улучшение положения для организмов, "—" — его ухудшение и "0" — отсутствие значимых изменений при взаимодействии. Поставьте напротив предложенных типов биотических взаимодействий соответствующую пару символов.

ХИЩНИЧЕСТВО \_\_\_\_\_  
 СИМБИОЗ \_\_\_\_\_  
 ПАРАЗИТИЗМ \_\_\_\_\_  
 КОНКУРЕНЦИЯ \_\_\_\_\_  
 НЕЙТРАЛИЗМ \_\_\_\_\_  
 НАХЛЕБНИЧЕСТВО \_\_\_\_\_  
 КВАРТИРАНТСТВО \_\_\_\_\_  
 АМЕНСАЛИЗМ \_\_\_\_\_

4. Перед вами график зависимости численности жука семиточечной божьей коровки от температуры окружающей среды.



Укажите:

- а) температуру, оптимальную для этого насекомого;
- б) диапазон температуры зоны оптимума;
- в) диапазон температуры зоны пессимума;
- г) две критические точки;
- д) пределы выносливости вида.

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3** «Экологическая ниша. Индикаторные организмы»

*Экологическая ниша* – это место организма в природе и весь образ его жизнедеятельности или, как говорят, жизненный статус, включающий отношение к факторам среды, видам пищи, времени и способам питания, местам размножения, укрытий и т.д.

Американский эколог Одум образно назвал местообитание "адресом" организма (вида), а экологическую нишу – его "профессией". На одном местообитании живёт, как правило, большое количество организмов разных видов. Например, смешанный лес – это местообитание для сотен видов растений и животных, но у каждого из них своя и только одна экологическая ниша. Так, сходное местообитание занимают лось и белка. Но ниши их совершенно разные: белка обитает, в основном, в кронах деревьев, питается семенами и плодами, там же размножается и т.п. Весь жизненный цикл лося связан с подпологовым пространством: питание зелёными растениями или их частями, размножение и укрытие в зарослях и т.п.

Если организмы занимают разные экологические ниши, они не вступают в конкурентные отношения, сферы их деятельности и влияния разделены. Отношения – нейтральные.

Вместе с тем, в каждой экосистеме имеются виды, которые претендуют на одну и ту же нишу или её элементы (пищу, укрытия и т.д.). В таком случае неизбежна конкуренция, борьба за обладание нишей.

#### **Методические указания**

**1.** Начертите график областей выживания и оптимума бабочки яблонной плодовой гусеницы, которая является опасным вредителем садов. На горизонтальной оси отложите значения влажности воздуха в процентах, на вертикальной – температуры в градусах. Используйте приведенные ниже показатели.

Полная гибель куколок яблонной плодовой гусеницы наступает при сочетаниях: 10<sup>0</sup>С и 100%; 4<sup>0</sup>С и 80%; 15<sup>0</sup>С и 40%; 28<sup>0</sup>С и 15%; 36<sup>0</sup>С и 55%; 37<sup>0</sup>С и 100% (первая цифра – температура, вторая – влажность воздуха).

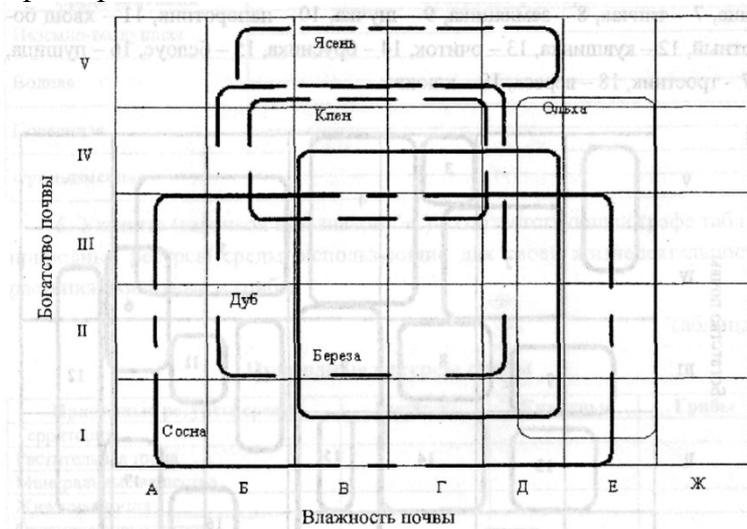
Гибель менее 10% при сочетаниях: 20<sup>0</sup>С и 85%; 22<sup>0</sup>С и 95%; 27<sup>0</sup>С и 55%; 26<sup>0</sup>С и 55%; 22<sup>0</sup>С и 70%.

Соедините замкнутой кривой точки для каждого уровня выживания. Рассмотрите полученный график и дайте ответ на вопрос: велика ли опасность размножения этого вредителя: а) в районах с летними температурами 18-25<sup>0</sup>С и влажностью 70-90%, б) в районах с летними температурами 20-35<sup>0</sup>С и влажностью воздуха 20-35%. Указанные параметры воздуха следует нанести на график.

**2.** Микроскопические мучные клещи могут в огромных количествах размножаться в зернохранилищах и приводить зерно в полную негодность. При оптимальных температурах от +20 до +22<sup>0</sup>С развитие яйца длится 3-4 дня, при +10<sup>0</sup>С – растягивается до полутора месяцев. Температур выше +50<sup>0</sup>С клещи не переносят. Они погибают при влажности зерна 10% из-за сухости и выше 70% - из-за развития плесневых грибов. В системе координат «влажность – температура» начертите зону толерантности мучных

клещей и предложите способ, как избавиться от клещей и сохранить зерно, не прибегая к ядохимикатам.

3. На рисунке изображены элементы экологических ниш деревьев в двумерном пространстве. На схеме показаны границы толерантности деревьев по отношению к двум факторам: богатству (плодородию) и влажности (увлажненности) почвы. Предполагается, что климатические факторы в данной экологической нише одинаковы для всех деревьев.



Зоны толерантности некоторых видов деревьев

На схеме использованы следующие обозначения:

1) ступеней шкалы богатства (плодородия) почв: I - очень бедные (верховые торфяные болота); II - бедные (сухие луга, сосновые боры); III - небогатые (еловые и смешанные леса, луга); IV - богатые (низинные луга и болота, дубравы); V - очень богатые (степи, полупустыни, пустыни);

2) ступеней шкалы влажности (увлажнения) почв: А - очень сухие почвы, Д - избыточно увлажненные почвы, Б - сухие почвы, Е - обводненные почвы, В - среднеувлажненные почвы, Ж - вода (водная среда), Г - умеренно влажные почвы.

Проанализируйте схему и ответьте на следующие вопросы:

- Какие из этих деревьев можно считать эврибионтами, а какие стенобионтами (по каждому фактору)?
- Какое дерево может служить показателем (индикатором) высокой влажности местообитания, а какое - показателем богатых почв?
- Какие из этих деревьев могут образовывать смешанные насаждения из трех-четырех видов?
- Можно ли сказать, что смешанные насаждения могут быть более точным показателем (индикатором) условий среды, чем каждое дерево в отдельности?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4 «Трофическая структура экосистем»

### Методические указания

1. Вставьте в текст пропущенные слова:

Сообщество организмов разных видов, тесно взаимосвязанных между собой и населяющих более или менее однородный участок, называется \_\_\_\_\_ 1). В его состав входят: растения, животные, \_\_\_\_\_ 2), \_\_\_\_\_ 3). Совокупность организмов и компонентов неживой природы, объединенных круговоротом веществ и

потоком энергии в единый природный комплекс, называется \_\_\_\_\_ 4) или \_\_\_\_\_ 5).

2. Заполните пропуски названиями функциональных групп экосистемы и царств живых существ.

Организмы, потребляющие органическое вещество и перерабатывающие его в новые формы, называются \_\_\_\_\_ 1). Они представлены в основном видами, относящимся к \_\_\_\_\_ 2) миру. Организмы, потребляющие органическое вещество и полностью разлагающие его до минеральных соединений, называются \_\_\_\_\_ 3). Они представлены видами, относящимися к \_\_\_\_\_ 4). Организмы, которые потребляют минеральные соединения и, используя внешнюю энергию, синтезируют органические вещества, называются \_\_\_\_\_ 5). Они представлены в основном видами, относящимися к \_\_\_\_\_ 6) миру.

3. Подберите к каждому организму на рисунке 1, к какой функциональной группе (или группам) экосистемы он относится.

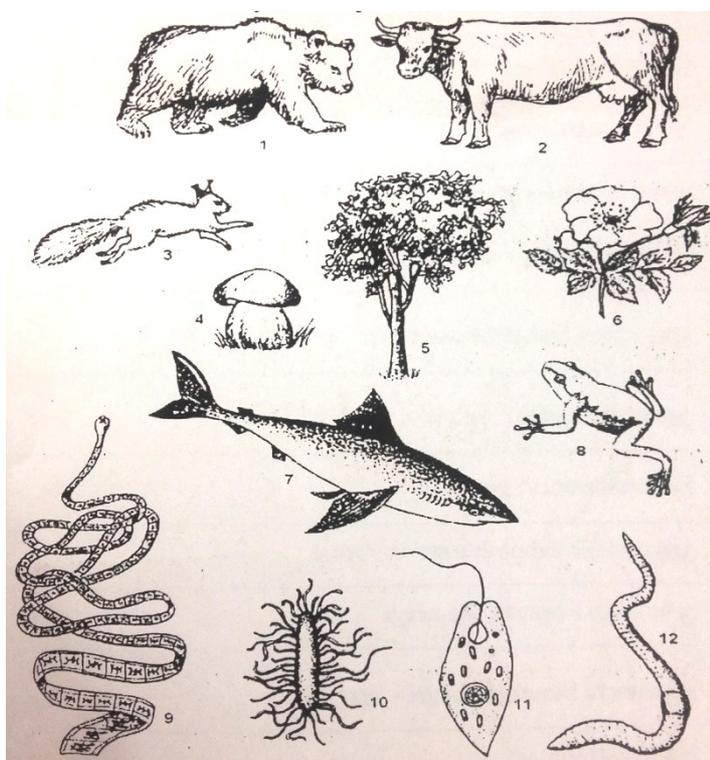


Рисунок 1

4. Покажите стрелками пищевые связи между изображенными на рисунке 2 видами животных и растений биоценоза тундры.

Выпишите (по рисунку) виды, относящиеся к:

а) продуцентам

б) консументам первого порядка

в) консументам второго или третьего порядка

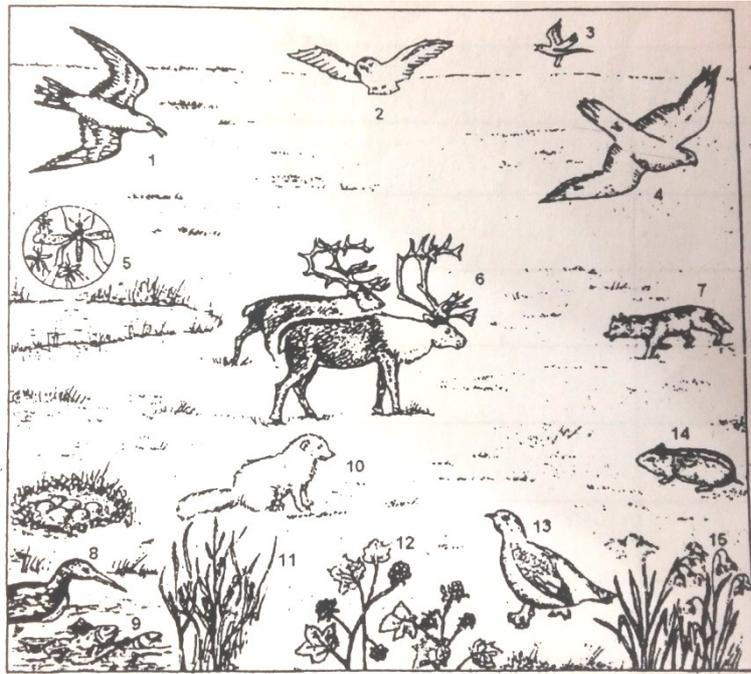


Рисунок 2

5. Выпишите названия животных, которых можно отнести к консументам первого порядка:

Корова, лев, амёба, паук, волк, заяц, мышь, зелёный кузнечик, ястреб, гусь, лисица, щука, антилопа, гадюка, степная черепаха, виноградная улитка, дельфин, колорадский жук, бычий цепень, гусеница капустной белянки, белый медведь, пчела, кровососущий комар, стрекоза, яблоневая плодожорка, тля, серая акула.

6. Вставьте пропущенные слова.

Ряды, в которых каждый предыдущий организм служит пищей последующему, называют \_\_\_\_\_ 1). Отдельные звенья цепей питания называют \_\_\_\_\_ 2).

7. Покажите стрелками пищевые связи между изображенными на рисунке 3 видами животных и растений биоценоза степи.

Выпишите (по рисунку) виды, относящиеся к:

а) продуцентам; б) консументам первого и второго порядка.

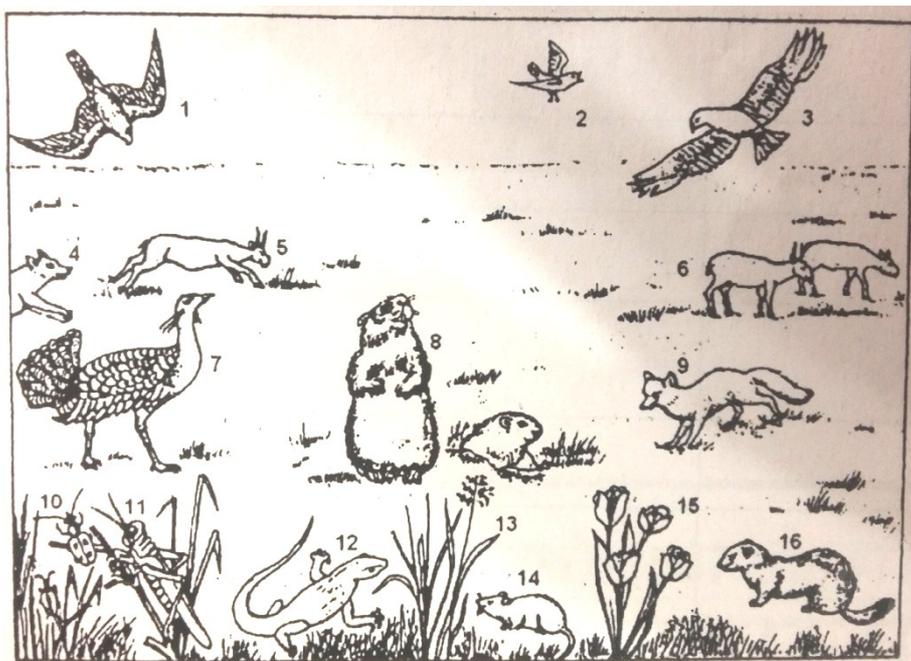


Рисунок 3

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

«Эволюция» - модель взаимодействий в экосистеме»

### Методические указания

В игре «Эволюция» предлагается самим комбинировать различные свойства животных в условиях постоянно меняющегося количества пищевых ресурсов. Регулируя численность, получая новые полезные свойства и противодействуя соперникам, ваши животные должны выжить и к концу игры занять доминирующее положение на столе.

#### Условие победы

Победителем становится игрок, получивший в конце игры наибольшее количество очков. Очки игрок получает за всех своих выживших животных и обретенные ими свойства.

#### Порядок хода

Игра идет по ходам. Ход разделён на четыре фазы:

- фаза развития;
- фаза определения кормовой базы;
- фаза питания;
- фаза вымирания и получение новых карт.

В каждую фазу игроки действуют по очереди, начиная с первого игрока и далее по часовой стрелке. Фаза развития и фаза питания включают в себя несколько раундов: после окончания первого раунда снова действует первый игрок, и так далее. Игрок, который по какой-то причине уже не может действовать в текущую фазу, пропускает свою очередь.

#### Фаза развития

В эту фазу хода игроки могут выкладывать карты из руки на стол. Карты, используемые в игре, имеют с одной стороны изображение животного – , а с другой – описание какого-то свойства. Каждая карта может быть сыграна либо как животное (кладётся на стол изображением вверх), либо как свойство (карта со свойством подкладывается под карту того животного, на которое она сыграна).

#### Фаза определения кормовой базы

В эту фазу определяется, сколько еды будет доступно в текущем ходу

#### Фаза питания

В эту фазу игроки по очереди берут по одной красной фишке еды из кормовой базы и кладут её на одно из своих животных. Эта фаза также включает в себя несколько раундов. Сначала фишку берёт первый игрок, и далее по часовой стрелке. Затем начинается второй раунд, первый игрок берёт из кормовой базы ещё одну фишку, и т.д. Каждый раз, когда игрок берёт фишку еды из кормовой базы, наступает его фаза питания.

Фаза вымирания и получение новых карт В начале данной фазы все животные игрока, оставшиеся ненакормленными, их свойства, а также относящиеся к ним парные свойства помещаются в снос. Снос каждого игрока кладётся отдельно. Карты в снос кладутся изображением вверх. Игрок может просматривать карты только в своём сносе, но не в сносе у других игроков. Затем каждый игрок должен получить количество карт, равное количеству его выживших животных + 1. Если у игрока не осталось ни одного животного на столе и ни одной карты в руке, он должен получить 6 карт. Карты раздаются с верха колоды по одной, начиная с первого игрока. Если при этом колода закончится, один или несколько игроков получат меньшее число карт.

#### **Завершение игры и определение победителя**

Когда карты в колоде закончились, начинается последний ход. После фазы вымирания последнего хода производится подсчёт очков.

Каждый игрок получает:

- 2 очка за каждое своё выжившее животное;
- 1 очко за каждое свойство выживших животных;
- дополнительные очки за те свойства, которые требуют дополнительной еды для прокорма животного: «Хищник» и «Большой» +1 очко; «Паразит» +2 очка.

Если несколько игроков набрали поровну очков, побеждает тот, у кого больше карт в сносе.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6**

«Остров» - имитационная модель экосистемы

### **Методические указания**

Комплект для игрового моделирования простейшей наземной экологической системы из четырех трофических уровней состоит из 36 карт разного достоинства. Одна единица соответствует одному организму.

Играть лучше вдвоем или вчетвером. Карты раздаются поровну. Задача игроков — первыми «заселить» остров своими картами. Проигрывает последний, оставшийся с любыми картами на руках. Один круг игры равен одному году.

За один ход можно выкладывать карты с организмами только одного уровня в любом количестве, но не больше того, что уже на нем есть (если есть), так как скорость размножения любого вида ограничена. Первые организмы на каждом уровне могут появиться на острове (семена занесены ветром) в любом количестве. Для существования одной особи необходимо иметь на предыдущем уровне не меньше 50% ее кормовой базы. В завершённой пищевой пирамиде (схема 1) кормовая база равна 100%. Мыши и кролики питаются растениями — для каждого животного нужно 5 травинок. Лиса питается мышами и кроликами — каждой лисе нужно по 3 грызуна. Ласка — узкоспециализированный хищник — питается только мышами — каждой ласке нужно по 3 мыши. Беркут в основном охотится на лис и ласок — ему нужно по 2 хищника, однако при избытке мышей и кроликов (свободных от «пресса» лис и ласок) поедает и их — беркуту нужно 5 травоядных. Для существования беркута достаточно иметь также одного хищника и трех травоядных, свободных от «пресса» лис и ласок.

Карта «F» (F — фактор воздействия человека) может быть введена в любой момент игры, но только один раз. Выкладывая по своему усмотрению эту карту на тот или иной

уровень, игрок вводит антропогенный фактор: пожар, борьбу с грызунами, охоту. Следующий игрок с этого уровня забирает поло-вину имеющихся на нем организмов (если их число не кратно двум, то округлять в сторону увеличения). По пищевым цепям изменения передаются на более высокие уровни пирамиды и в порядке очередности хода игроки забирают с верхних уровней карты организмов, не обеспеченных кормовой базой. Затем достраивание пирамиды (восстановление экосистемы) продолжается.

Игра завершается в тот момент, когда карты остаются только у одного из игроков.

Освоив игру, попробуйте ставить и решать экспериментальные задачи, на-пример: поведение модели при отсутствии организмов одного вида, при вза-имодействии антропогенного фактора на разных уровнях и на разных этапах формирования экосистемы и т.д.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

«Демографическая структура популяций. Основные закономерности роста популяций»

### Методические указания

В жизни любого живого существа большую роль играют отношения с другими представителями собственного вида. Отношения эти осуществляются в *популяциях*. «Популюс» по-латыни — «народ», и в точном переводе слово «популяция» означает население вида на какой-либо территории. По определению С.С. Шварца, *популяция* – это элементарная группировка организмов определенного вида, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности необозримо длительное время в постоянно меняющихся условиях среды.

Соотношение особей разного пола или разного возраста — показатели *структуры популяции*. Структура — это соотношение частей в любой системе. Популяции можно сравнивать и по распределению особей в пространстве, т. е. по их пространственной структуре, и по другим признакам. Все эти признаки — количественные. Следовательно, популяции характеризуются прежде всего количественными показателями. Ведя наблюдения за отдельными популяциями, необходимо уметь учитывать и рассчитывать, оценивать и прогнозировать их численность.

Описание полового и возрастного состава популяций называют *демографией* («демос» — народ, население, «графо» — пишу, описываю).

Анализ возрастного и полового состава популяций — необходимое условие для прогноза численности тех видов, которые мы используем в дикой природе, разводим или с которыми боремся в сельском и лесном хозяйстве, в рыбном промысле, в биологических технологиях.

Анализ возрастной структуры популяций человека — населения городов, поселков, деревень — крайне необходим, потому что с этим связано планирование строительства школ, детских садов, больниц, домов для престарелых и других социальных учреждений, а также расчет рабочих мест и составление общих перспектив развития данного района.

### Контрольное задание

1. Начертите пирамиды возрастов по приведенным ниже данным. Сравните возрастную структуру популяций трески в Баренцевом море по вылову рыб в конце 1950-х и конце 1980-х гг. Сделайте вывод о состоянии популяции в тот и другой периоды.

Возраст рыб в годах	Улов трески в млн. экземпляров	
	50-е годы	80-е годы
От 3 до 6	42	246
От 6 до 11	179	134
От 11 до 16	37	1

От 16 до 20	2	0
-------------	---	---

2. На одном из участков растения кормового злака – полевицы тонкой – распределялись по возрастному состоянию следующим образом: проростки – 73, молодые – 9, взрослые плодоносящие – 16, старые – 2. Через четыре года возрастной состав полевицы на этом же участке был соответственно 0, 3, 30, 60. Начертите пирамиды возрастов и сделайте вывод о том, как изменилась популяция за этот период.

3. В нижнем течении реки Лены самки осетра приступают к размножению в 12-14 лет при средней длине тела 70 см. Наиболее старые особи доживают до 50 лет, вес их – около 13 кг. На реке Алдан самки осетра начинают метать икру в 10-12 лет при средней длине тела 58 см. Самым старым особям не более 21 года. Промысловая мера, т.е. минимальный размер особей, разрешенных к отлову, составляет 62 см. Что произойдет с алданской и ленской популяциями осетра через 15 лет, если в результате интенсивной добычи будут вылавливать все особи, крупнее этих размеров?

### Основные закономерности роста популяций

Рассмотрим основные, наиболее часто используемые для описания роста популяций закономерности, каковыми являются гиперболическая, экспоненциальная, j-образная и логистическая (s-образная).

1. **Гиперболический рост.** В этом случае динамика популяции описывается уравнением

$$dn/dt = an^2,$$

и его решение имеет вид

$$1/n = a (t^* - t), \quad (1)$$

или

$$n = 1/a (t^* - t),$$

где  $n$  – численность популяции,

$t^*$  – момент времени, при котором численность популяции становится равной бесконечно большой величине;

$a$  – константа.

Гиперболический рост описывает взрывоподобное увеличение численности народонаселения. Параметры гиперболической кривой и особенно интересная величина  $t^*$  могут быть определены с помощью линейного соотношения (1) по данным о ходе роста численности популяции методом наименьших квадратов или графически.

2. **Экспоненциальный рост.** Уравнение, описывающее изменение численности популяции, в этом случае имеет вид

$$dn/dt = r n,$$

его решение

$$n = n_0 \exp (r t), \quad (2)$$

или

$$\ln n = \ln n_0 + r t, \quad (3)$$

здесь  $r$  – биотический потенциал популяции;  $n_0$  – начальная численность.

Для экспоненциально растущей популяции важной характеристикой является время удвоения её численности –  $T$ .

$$T = \ln 2 / r, \quad (4)$$

С учетом (4) выражение (2) принимает вид

$$n = n_0 \cdot 2^{t/T}. \quad (5)$$

где  $t/T$  – число удвоений численности популяции, произошедшее за время  $t$ .

Параметры экспоненциальной кривой легко определяются с помощью линейного соотношения (3) графически или с помощью метода наименьших квадратов.

Процесс эксплуатации экспоненциально растущей популяции описывается введением в уравнение роста показателя "промысловой смертности" –  $k$ ,

$$dn/dt = (r - k) n;$$

$$n = n_0 \exp((r - k)t). \quad (6)$$

В зависимости от соотношения биотического потенциала и промысловой смертности различают три основных режима эксплуатации популяций: падающий, стационарный и на уничтожение.

**3. Рост с ограничением или j-образный.** В этом случае уравнение, описывающее рост, имеет следующий вид

$$dn/dt = r(K - n), \quad (7)$$

его решение

$$n = K - (K - n_0) \cdot \exp(-r(t - t_0)),$$

где  $K$  – максимально возможная численность популяции, т.е. емкость среды обитания.

Из последнего выражения легко получить следующее линейное рекуррентное соотношение между соседними значениями численности популяции, отстоящими друг от друга во времени на величину  $dt$

$$n_2 = A n_1 + B, \quad (8)$$

где  $A = \exp(-rdt)$ ,  $B = K(1 - \exp(-rdt))$ .

Отсюда легко определить параметры j-образной кривой

$$r = -\ln A/dt, \quad K = B/(1 - A). \quad (9)$$

Таким образом, биотический потенциал и емкость среды обитания для популяции, растущей по типу роста с ограничением, могут быть определены по данным о её численности в смежные равноотстоящие друг от друга моменты времени.

**4. Логистический, или s-образный рост.** В этом случае уравнение, описывающее рост, имеет вид

$$dn/dt = r n (1 - n/K), \quad (10)$$

его решение

$$n = K / (1 + (K/n_0 - 1) \cdot \exp(-r t)).$$

Из последнего выражения находится аналогичное (8) линейное рекуррентное соотношение, но для величин, обратных численностям популяций в смежные моменты времени

$$1/n_2 = A (1/n_1) + B, \quad (11)$$

где  $A = \exp(-r dt)$ ,  $B = (1 - A)/K$ .

С помощью выражения (11) по данным о численности популяции в смежные равноотстоящие моменты времени могут быть определены её биотический потенциал и ёмкость среды обитания.

Важным вариантом логистического закона роста является тот, в котором явно учитывается зависимость скорости роста популяции от времени

$$dn/dt = (r/t) n (1 - n/K), \quad (12)$$

его решение

$$n = K / (1 + (K/n_0 - 1) \cdot \exp(-r \ln t)).$$

Оценка параметров логистического закона в этом случае может быть осуществлена с помощью соотношения типа (11) или другим специальным методом.

Логистическая кривая типа (12) особенно хорошо пригодна для описания процессов хода роста древостоев по запасу, высоте и диаметру.

#### Контрольное задание.

1. По данным о численности мирового народонаселения, приведённым в таблице 1, построить гиперболическую кривую, описывающую этот рост.

Таблица 1 - Численность мирового народонаселения

Год	До н.э.	1000	1200	1400	1500	1600
Млн. чел.	200	300	350	380	450	480
Год	1700	1800	1850	1900	1910	1920
Млн. чел.	550	880	1200	1600	1700	1840

Год	1930	1940	1950	1960	1970	1980
Млн. чел.	2000	2260	2500	3000	3630	4380
Год	1999	2006				
Млн. чел.	6000	6500				

2. Определить время, за которое потомство одной бактерии, размножающейся делением и весом  $10^{-12}$  г, достигнет веса Земного шара –  $10^{28}$  г, если одно деление происходит с интервалом в 20 мин.

3. Популяция эксплуатируется в режиме на уничтожение. Определить время, за которое численность популяции сократится до 10% от первоначальной (таблица 2)

Таблица 2 – Варианты задания

Варианты	$n_0$	$r$	$k$
1	1000	1,0	1.3
2	860	0,8	1.0
3	10000	1.2	5.6
4	360	0,3	1,2
5	870	0,6	1,5
6	10840	1,3	2,6
7	440	0,1	0,3
8	640	0,7	1,6
9	8460	0,08	0,1
10	760	0,7	1,4

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

««Всемирное рыболовство» – имитация роста популяций»

### Методические указания

Игра "Всемирное рыболовство" была создана в США Денисом Л. Медоузом, Томасом Фиддаманом и Даяной Шеннон. Описание роли и начальных условий, а также объяснение терминов приводятся в соответствии с русским переводом 1993 г.

#### *Описание роли и начальных условий*

Поздравляем Вас! Вы приняты на службу в руководство крупнейшей рыболовной компании вашей страны! Вместе с вашими коллегами (капитаном и членами правления) Вы будете каждый год в течение десяти лет оперировать рыболовным флотом вашей компании в соответствии с определенной Вами стратегией максимального улучшения ее финансового положения. Ниже приведены сведения, призванные помочь Вам определить путь к процветанию.

**Критерий успеха.** Цель вашей деятельности – скопить максимальное состояние к концу десятилетия. Величина состояния определяется как сумма банковского счета и остаточной стоимости имеющихся судов.

**Ресурсы.** Вы располагаете начальным рыболовным флотом, некоторым количеством денежных средств на банковском счету (обычно равным \$200 x число кораблей) и доступом к двум участкам океана, изобилующим рыбой.

**Решения.** Вы должны будете ежегодно определять размеры вашего рыболовного флота, решая, стоит ли Вам купить дополнительные корабли на аукционе или у других компаний, продать ли часть своих кораблей другим компаниям, заказать ли новые суда на верфи или же оставить ваш флот в прежнем размере. Затем Вам следует решить, каким образом распределить имеющиеся суда между двумя зонами рыболовства и гаванью. Ваши действия будут более успешны, если они будут опираться на продуманную

долговременную стратегию. Вам следует наблюдать и за действиями других компаний, внося согласно этим наблюдениям те или иные корректировки в свою стратегию.

**Банковский счет.** Ваш счет в банке может расти за счет доходов от продажи выловленной рыбы или части судов и уменьшаться – за счет расходов на строительство и покупку дополнительных кораблей и содержание рыболовного флота. Кроме того Вы можете получать проценты на ваш счет, либо выплачивать проценты за взятые в банке кредиты.

Размеры вашего состояния определяются как сумма вашего банковского счета и остаточной стоимости ваших кораблей (\$250 за одно судно).

**Доходы.** Вы можете получать доходы за счет:

- ✓ продажи выловленной рыбы по фиксированной цене \$20 за условную штуку;
- ✓ продажи ваших кораблей другим компаниям по договорной цене;
- ✓ получения 10% в год на величину вашего минимального банковского счета, если она больше нуля.

**Расходы.** Вы несете расходы на:

- ✓ покупку судов на аукционе;
- ✓ покупку судов у других компаний по договорной цене;
- ✓ покупку на верфи заказанных вами кораблей по фиксированной цене \$300 за штуку;
- ✓ эксплуатацию и содержание ваших кораблей в каждой из двух рыболовных зон, а также в гавани;
- ✓ выплату 15% за взятые в банке кредиты, если размер вашего минимального банковского счета меньше нуля.

**Банковский процент.** Выплата процентов или их получение определяются минимальной в течение года величиной вашего банковского счета.

Вы можете изменять размеры Вашего флота, покупая корабли на аукционе или у других компаний, продавая их другим компаниям или заказывая новые суда на верфи.

Корабли не могут быть повреждены или потоплены. Бывшие в эксплуатации суда, купленные вами на аукционе или у других компаний, по своим качествам ничуть не уступают построенным на верфи.

**Аукционы.** не исключено, что время от времени какая-нибудь из мелких рыболовных компаний сопредельных стран разорится. В этом случае ее корабли будут в виде одного лота проданы на аукционе той компании, которая предложит за них наивысшую цену. Эти суда могут быть направлены в море уже в текущем году.

Выиграть аукцион может только одна компания. Однако, две компании могут договориться, что та из них, которая победит в аукционе, затем на "бирже кораблей" продаст оговоренную долю кораблей другой компании по определенной (обычно пропорциональной) цене.

**"Биржа кораблей".** На "бирже кораблей" все компании имеют право договариваться между собой о покупке или продаже судов. Компания, купившая корабли, может отправить их в море на промысел уже в текущем году.

Возможна сдача судов в аренду. В этом случае компании заключают между собой джентльменское соглашение, что одна из них продает другой определенное количество судов за оговоренную цену с условием их обратной покупки на будущий год за оговоренную меньшую сумму (например, \$0).

**Строительство кораблей.** Ежегодно судостроительная верфь собирает заказы на постройку новых кораблей. На построенные суда установлена фиксированная цена, равная \$300 за штуку. Заказанные корабли поступают к рыболовным компаниям лишь в конце года: они могут быть направлены на промысел лишь в следующем году. Деньги верфи перечисляются сразу же по получении заказа на постройку (100%-ная предоплата).

**Сдача судов на металлолом.** В конце десятого года вашей деятельности Вы можете продать ваши корабли на металлолом по фиксированной цене, равной \$250 за штуку. По

условиям соглашения с металлургической компанией Вы не можете продавать ваши корабли на металлолом ранее этого срока.

**Зоны рыболовства.** Вы можете ловить рыбу в двух рыболовных зонах: более продуктивной дальней зоне (зоне апвеллинга) и менее продуктивной – ближней. По оценкам ихтиологов, в настоящее время в дальней зоне обитает от 2 000 до 4 000 рыб, в ближней – от 1 000 до 2 000. Ранее рыболовство в этих зонах велось довольно слабо.

Средний годовой улов в дальней зоне равен 25 рыбам на корабль, а в ближней – 15. Однако, в дальней зоне расходы на содержание одного судна равны \$250 в год, тогда как в ближней – всего \$150. В гавани рыбы нет, а содержание в ней судна обходится в \$50 в год. Расходы на содержание кораблей всюду стабильны, тогда как величина улова может меняться.

**Улов.** Величина улова зависит от числа кораблей, их производительности и облавливаемой рыболовной зоны.

Производительность корабля, или число рыб, вылавливаемых им в год, зависит от нормальной продуктивности зоны, в которой ведется рыболовство, плотности рыбы в ней и погоды.

Численность кораблей, ведущих промысел в одной зоне, не оказывает влияния на производительность их лова. Другими словами, скученность кораблей – не есть фактор. Хотя, конечно, если в какой-то зоне будет ловить рыбу много кораблей, рыбное стадо там может несколько уменьшиться, а это уменьшение может отразиться на улове следующего года.

Хорошая погода повышает производительность лова, но не более, чем на 20%, тогда как плохая может на столько же уменьшить ее. В один год погода в разных зонах, как правило, бывает одинаковой.

**Динамика рыбного стада.** Рыбное стадо увеличивается за счет естественной рождаемости и уменьшается за счет вылова и естественной смертности. Плодовитость и сроки жизни особей зависят от плотности рыбы. Эта зависимость прив

*Объяснение терминов, используемых в листах решений*

#### **Годовой отчет.**

**АО:1 Улов в дальней зоне.** Показывает число рыб, выловленных вашими кораблями, посланными в дальнюю зону в прошлом году.

**АО:2 Улов в ближней зоне.** Показывает число рыб, выловленных вашими кораблями, посланными в ближнюю зону в прошлом году.

**АО:3 Цена рыбы.** Цена рыбы фиксирована и равна 20\$ за штуку.

**АО:4 Доход от продажи рыбы.** Образуется от взаимодействия двух факторов: общего улова (АО:1 + АО:2) и цены рыбы (АО:3).

**АО:5 Банковский процент.** Если размер вашего счета в банке в течение года опустится ниже нуля, Вам придется оплачивать 15% за взятые в банке кредиты. Это может случиться даже в том случае, если после продажи рыбы у Вас будет положительный денежный баланс. Если же в течение всего года на вашем счету всегда будут деньги, на их минимальный в течение года размер банк начислит еще 10%, Вы можете самостоятельно рассчитать величину вашего банковского счета, добавляя к его исходной сумме доходы и вычитая из нее расходы, по схеме, приведенной в описании роли.

**АО:6 Начальный счет в банке.** В первый год он обычно равен 200\$ на одно судно. В последующем он будет рассчитываться компьютерной программой. В начале каждого цикла удостоверьтесь, что вы взяли из "банка" или вернули в него столько денег, что имеющееся у вас на руках их количество соответствует записи в параграфе АО:6.

**АО:7 Флот до аукционов и торговли.** В начале года Вы должны иметь на руках столько кораблей, сколько их указано в этом параграфе. Это число равно сумме АО:7 и АО:8 прошлого года.

#### **Решения об аукционе, торговле и заказах.**

AI:1 Корабли, купленные на аукционе. Обычно в этой графе пишется 0, потому что аукционы могут проводиться не каждый год, а побеждает на них только одна команда, назначающая максимальную цену. Если Вы выиграли аукцион, запишите в этой графе число приобретенных на нем кораблей.

AI:2 Деньги, потраченные на аукционе. Если в предыдущей строке у Вас записан 0, то в этой строке тоже должен быть записан 0. Если же ваша компания выиграла аукцион, запишите в этой графе, сколько денег Вы заплатили за приобретенные корабли.

AI:3 Корабли, купленные у других команд. Если вы приобретали корабли у одной или более команд, запишите в этой графе общее число купленных Вами кораблей.

AI:4 Деньги, потраченные на покупки. Если Вы приобретали корабли у одной или более команд, запишите в этой графе общую сумму потраченных на это денег.

AI:5 Корабли, проданные другим компаниям. Если Вы продали часть своих кораблей одной или нескольким командам, запишите в этой графе общее число проданных Вами кораблей.

AI:6 Деньги, вырученные от продаж. Если Вы продали часть своих кораблей одной или нескольким командам, запишите в этой графе сумму вырученных Вами денег.

Имейте в виду, что Вы можете сдавать корабли в аренду, договорившись с какой-либо другой командой о продаже ей в этом году за оговоренную сумму части ваших кораблей, с условием последующего их выкупа Вами (на будущий год) за 0\$. Но при этом будьте внимательны: число кораблей и размеры денежных сумм, указанные в соответствующих графах участников сделки, должны быть равны.

AI:7 Заказы новых кораблей. В этой графе Вы записываете решение Вашей компании о числе кораблей, которое Вы желаете заказать на верфи и получить к началу следующего года. Каждый из них обойдется Вам в 300\$, но, если ко времени расчета у Вас не будет хватать денег на покупку, банк автоматически даст Вам недостающие суммы в долг.

#### **Размещение кораблей.**

AI:8 Флот после аукционов и торговли. В этой графе Вы указываете число кораблей, которые Вы в этом году можете отправить на промысел. Оно подсчитывается следующим образом:  $AI:8 = AO:7 + AI:1 + AI:3 - AI:5$ . На него никак не влияет Ваше последнее решение о заказе новых кораблей на верфи (AI:7). Заказанные на верфи корабли Вы сможете использовать только на будущий год.

AI:9 Корабли, направленные в дальнюю зону. Эксплуатация каждого корабля, направленного в дальнюю зону, обойдется Вам в 250\$ в год. Если эксплуатационные расходы превысят имеющиеся у Вас средства, недостающая сумма будет дана Вам в долг банком. Помните, что в будущем долг придется отдавать с процентами.

AI:10 Корабли, направленные в ближнюю зону. Эксплуатация каждого корабля, направленного в ближнюю зону, обойдется Вам в 150\$ в год. Если эксплуатационные расходы превысят имеющиеся у Вас средства, недостающая сумма будет дана Вам в долг банком. Помните, что в будущем долг придется отдавать с процентами.

AI:11 Корабли, остающиеся в гавани. На содержание в гавани одного корабля требуется 50\$ в год. Если эти расходы превысят имеющиеся у Вас средства, недостающая сумма будет дана Вам в долг банком. Помните, что в будущем долг придется отдавать с процентами.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9**

### **«Оценка качества окружающей среды»**

#### **Методические указания.**

Оценка качества окружающей среды осуществляется дифференцированно по следующим направлениям: качество воздушного бассейна, водного бассейна, почвенного слоя, продуктов питания и др.

Оценка качества *воздушной среды* осуществляется на основе следующих нормативов.

1. Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК<sub>р.з.</sub>), мг/м<sup>3</sup>. При ежедневной восьмичасовой работе (кроме выходных дней) или при другой продолжительности рабочего дня, но не более 41 ч в неделю, эта концентрация в течение всего рабочего дня не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, которые можно обнаружить современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни человека.

2. Предельно допустимая максимальная разовая концентрация загрязняющего вещества в воздухе населенных мест (ПДК<sub>м.р.</sub>), мг/м<sup>3</sup>. При вдыхании в течение 30 мин эта концентрация не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека (Приложение 1).

3. Предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест (ПДК<sub>с.с.</sub>), мг/м<sup>3</sup>, которая не должна вызывать отклонений в состоянии здоровья настоящего и последующих поколений при неопределенно долгом (в течение нескольких лет) вдыхании (Приложение 1).

4. Временно допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны (ВДК<sub>р.з.</sub> или ОБУВ<sub>р.з.</sub>), мг/м<sup>3</sup>. Числовые значения этого показателя для различных веществ определяются расчетным путем и действуют в течение двух лет.

5. Временно допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) вредного вещества в атмосфере (ВДК<sub>а.в.</sub>), мг/м<sup>3</sup>, размер которой устанавливается расчетным путем и действует в течение трех лет.

6. Предельно допустимый выброс загрязняющих веществ в атмосферу (ПДВ), кг/сут (или г/ч, т/год). Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов в воздухе населенных мест при наиболее неблагоприятных для рассеивания метеорологических условиях. Он определяется расчетным путем на пять лет.

7. Временно согласованный выброс (ВСВ), кг/сут (или г/ч, т/год). Срок действия этого норматива не более пяти лет. Он устанавливается в том случае, если по объективным причинам нельзя определить ПДВ для источника выброса в данном населенном пункте.

8. Предельно допустимое количество сжигаемого топлива (ПДТ), т/год. Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов по продуктам сгорания топлива в воздухе населенных мест при неблагоприятных для рассеивания метеорологических условиях. ПДТ устанавливается расчетным путем на срок не более пяти лет.

Оценка качества *водного бассейна* осуществляется с помощью соответствующей системы основных показателей.

1. Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водоемов культурно-бытового и хозяйственно-питьевого назначения (ПДК<sub>в.</sub>), мг/дм<sup>3</sup>, при которой не должно оказываться прямого или косвенного вредного воздействия на организм человека в течение всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений и не должны ухудшаться гигиенические условия водопользования (Приложение 2).

2. Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей, (ПДК<sub>в.р.</sub>), мг/дм<sup>3</sup>. Величина последней для подавляющего большинства нормируемых веществ всегда значительно меньше ПДК<sub>в.</sub>. Это объясняется тем, что токсические соединения могут накапливаться в организме рыб в весьма значительных количествах без влияния на их жизнедеятельность (Приложение 2).

3. Временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) загрязняющих веществ в воде водоемов (ВДК<sub>в.</sub> или ОБУВ<sub>в.</sub>), мг/дм<sup>3</sup>. Нормативы, определяемые этим показателем, устанавливаются расчетным путем на срок 3 года.

4. Предельно допустимый сброс (ПДС), г/ч (кг/сут, т/год), регламентирующий массу загрязняющего вещества в сточных водах, сбрасываемых в водоем. Применение этого норматива должно обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических норм,

установленных для водных объектов. Величина ПДС определяется расчетным путем на период, установленный органами по регулированию использования и охране вод. После этого она подлежит пересмотру в сторону уменьшения вплоть до прекращения сброса загрязняющих веществ в водоемы.

Оценка качества *почвенного слоя* проводится по нормативам, установленным в соответствии со следующими основными показателями.

1. Предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в пахотном слое почвы (ПДК<sub>п</sub>), мг/кг. При этом значении концентрации не должно оказываться прямого или косвенного отрицательного воздействия на контактирующие с почвой воду, воздух и, следовательно, здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы (Приложение 3).

2. Временно допустимая концентрация (ориентировочно допустимая концентрация) вредного вещества в пахотном слое почвы (ВДК<sub>п</sub> или ОБУВ<sub>п</sub>), мг/кг. Устанавливается расчетным путем и действует в течение трех лет.

При оценке *шумового загрязнения* биосферы используются следующие показатели.

1. Предельно допустимый уровень шума, (ПДУШ), дБ(А). Шум с таким уровнем при ежедневном систематическом воздействии в течение многих лет не должен вызывать отклонений в состоянии здоровья человека и мешать его нормальной трудовой деятельности.

2. Допустимый уровень шума (допустимый уровень звукового давления) (ДУШ), дБ(А), при котором длительное систематическое вредное воздействие шума на человека не проявляется или проявляется незначительно.

3. Допустимый уровень ультразвука (ДУУ), дБ. При таком уровне длительное систематическое воздействие на организм человека не проявляется или проявляется незначительно.

4. Предельно допустимый уровень инфразвука (ПДУИ), дБ. Длительное систематическое воздействие инфразвука с таким уровнем на организм человека не должно приводить к отклонениям в состоянии здоровья, обнаруживаемым современными методами исследований, и нарушать нормальную трудовую деятельность.

5. Предельно допустимая шумовая характеристика машин и механизмов (ПДШХ). Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов во всех октавных полосах частот. Его значение определяется по результатам статистической обработки шумовых характеристик однотипных машин и механизмов.

6. Технически достижимая шумовая характеристика машин и механизмов (ТДШХ), применяемая в тех случаях, когда по объективным причинам невозможно установить уровень ПДШХ. При этом ТДШХ вводится на срок, не превышающий срока действия стандарта или технических условий на машину или агрегат каждого конкретного вида.

Оценка *радиоактивного загрязнения* окружающей среды проводится с использованием показателей трех видов: основного дозового предела, допустимого уровня и контрольного уровня.

К показателям основного дозового предела относятся: предельно допустимая доза радиации за год для работающих с источниками радиоактивного излучения (ПДД). При систематическом равномерном воздействии в течение 50 лет не должны возникать неблагоприятные изменения в состоянии здоровья человека, обнаруживаемые современными методами исследований, в настоящее время и последующие годы; предел дозы радиации за год для населения (ПД), который на практике всегда устанавливается значительно меньше величины ПДД для предотвращения необоснованного облучения людей.

Показатели допустимого уровня:

- предельно допустимое годовое поступление радиоактивных веществ в организм работающих (ПДД), кБк/год, которое в течение 50 лет создает в критическом органе дозу, равную 1 ПДД;

- предел годового поступления радиоактивных веществ в организм человека (ППП), кБк/год, за 70 лет создающий в критическом органе эквивалентную дозу, равную 1 ПД;
- допустимое среднегодовое содержание радиоактивных веществ в организме (критическом органе) (ДС), при котором доза облучения равна ППД или ПД, кБк;
- допустимое загрязнение поверхности (почвы, одежды, транспорта, помещений и т.д.) (ДЗ), частица/(см·мин).

Контрольные показатели устанавливают для планирования мероприятий по защите и для оперативного контроля за радиационной обстановкой в целях предотвращения превышения дозового предела загрязнений. К этим показателям относятся:

- контрольное годовое поступление радиоактивных веществ в организм человека КГП, кБк/год;
- контрольное содержание радиоактивных веществ в организме человека (КС), кБк;
- контрольная концентрация радиоактивного вещества в воздухе или воде, с которыми оно поступает в организм человека, (КК), кБк/м<sup>3</sup>.
- контрольное загрязнение поверхности радиоактивными веществами (КЗ), частица/(см·мин).

Качество окружающей среды оценивается путем сравнения фактической концентрации загрязняющего вещества с предельно-допустимой:

$$C \leq \text{ПДК} \quad (1)$$

Фактическая концентрация (С) того или иного химического вещества в атмосферном воздухе, водоемах, почве и продуктах питания устанавливается лабораторными исследованиями.

В случае, когда химические соединения оказывают одностороннее воздействие на человека или усугубляют действие друг друга, говорят, что вещества обладают *эффектом суммации*.

При оценке качества окружающей природной среды эффект суммации учитывается следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1 \quad (2)$$

Для атмосферного воздуха вещества, обладающие эффектом суммации, оговариваются дополнительным списком к таблице предельно-допустимых концентраций.

Для воды в водоемах любого назначения эффектом суммации обладают вещества, имеющие одинаковый лимитирующий показатель вредности (ЛПВ).

#### Пример 1

Оценить качество атмосферного воздуха, если известно, что в нем одновременно присутствуют диоксид серы концентрацией 0,03 мг/м<sup>3</sup>, фтороводород концентрацией 0,001 мг/м<sup>3</sup>, ацетон концентрацией 0,3 мг/м<sup>3</sup> и фенол концентрацией 0,001 мг/м<sup>3</sup>.

Решение. Согласно списку веществ Приложения 1 диоксид серы и фтороводород обладают эффектом суммации, а также ацетон и фенол; диоксид серы и фенол, следовательно, оценку качества надо производить по формуле (52) попарно:

$$\frac{0,03}{0,05} + \frac{0,001}{0,005} = 0,8 \leq 1; \quad \frac{0,03}{0,05} + \frac{0,001}{0,003} = 0,9(3) \leq 1 \quad \text{и} \quad \frac{0,3}{0,35} + \frac{0,001}{0,003} = 1,19 > 1$$

**Вывод:** качество атмосферного воздуха неудовлетворительное и угрожает здоровью человека.

#### Пример 2

Оценить качество воды в водоеме рыбохозяйственного назначения, если известно, что в ней одновременно присутствуют химические соединения в следующих количествах (мг/дм<sup>3</sup>): железо – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>; кобальт – 0,006 мг/дм<sup>3</sup>; карбомол – 0,3 мг/дм<sup>3</sup>; мышьяк – 0,005 мг/дм<sup>3</sup>.

**Решение.** Эффектом суммации обладают вещества, имеющие одинаковый ЛПВ, следовательно, оценить качество необходимо следующим образом.

	$C_{\text{факт}}$	ПДК	ЛПВ
Железо	0,01	0,1	Токс.
Кобальт	0,006	0,01	Токс.
Карбомол	0,3	1,0	Орг.
Мышьяк	0,005	0,05	Токс.

$$\frac{0,01}{0,1} + \frac{0,006}{0,01} + \frac{0,005}{0,05} = 0,8 \leq 1 \quad \text{и} \quad 0,3 < 1,0$$

**Вывод:** качество воды в водоеме рыбохозяйственного назначения удовлетворительное.

### Пример 3

Оценить качество почвы, если известно, что в ней одновременно присутствуют атразин концентрацией 0,004 мг/кг, бетанол концентрацией 0,03 мг/кг, линурон концентрацией 3 мг/кг и гексахлоран концентрацией 0,02 мг/кг.

**Решение.** Эффект суммации при оценке качества почвы не учитывается, следовательно, оценить качество почвы необходимо, воспользовавшись формулой (51). По Приложению 3 выпишем ПДК указанных веществ:

	Фактическая концентрация	ПДК
Атразин	0,004	0,01
Бетанол	0,03	0,25
Линурон	3	1
Гексахлоран	0,02	0,1

**Вывод:** качество почвы неудовлетворительно и угрожает здоровью человека, т.к. концентрация линурона превышает ПДК.

### Пример 4

Определите, в водоем какого назначения возможен сброс, если известно, что перед сбросом в водоем смешиваются два потока, объемные расходы которых  $V_1$  и  $V_2$ , м<sup>3</sup>/ч. Вещества, содержащиеся в потоках, и их концентрации (в мг/дм<sup>3</sup>) указаны ниже. Качество воды, сбрасываемой в водоем, должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к качеству воды в соответствующем водоеме.

$V_1 = 20$ ;  $V_2 = 180$  м<sup>3</sup>/ч; в первом потоке содержатся: аммиак (3 мг/дм<sup>3</sup>), ацетон (2 мг/дм<sup>3</sup>), бензол (3 мг/дм<sup>3</sup>), во втором – дихлорфенол (0,0003 мг/дм<sup>3</sup>), железо (0,05 мг/дм<sup>3</sup>), кобальт (0,03 мг/дм<sup>3</sup>).

**Решение.** По условию задачи происходит смешение потоков, следовательно, концентрации всех веществ в общем потоке уменьшаются, а объемный расход увеличивается. Необходимо сделать пересчет концентраций в новом потоке следующим

образом:  $C'_i = \frac{C_i \cdot V_1}{V_1 + V_2}$  - для веществ, содержащихся в первом потоке и  $C'_i = \frac{C_i \cdot V_2}{V_1 + V_2}$  - для

веществ, которые находились во втором потоке. Полученные данные и нормативы, выписанные из Приложения 2, для наглядности запишем в ниже приведенную таблицу.

Вещество	$C'_i$	Водные объекты к/б и х/п назначения		Водные объекты рыбохозяйственного назначения	
		ПДК	ЛПВ	ПДК	ЛПВ
Аммиак	0,3	2	Сан	0,05	Токс.
Ацетон	0,2	2,2	Сан	0,05	Токс.
Бензол	0,3	0,5	Сан-токс	0,5	Токс.
Дихлорфенол	0,00027	0,002	Орг.	0,0001	Токс.
Железо	0,045	0,3	Орг.	0,1	Токс.
Кобальт	0,027	0,1	Сан-токс	0,01	Токс.

Сначала проанализируем полученные данные для водных объектов рыбохозяйственного назначения. Фактическая концентрация дихлорфенола больше ПДК<sub>р/х</sub>, следовательно, сброс полученного после смешения потока невозможен в водные объекты рыбохозяйственного назначения.

Для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения фактические концентрации меньше ПДК, но необходимо учесть еще и эффект суммации.

Аммиак и ацетон:  $\frac{0,3}{2} + \frac{0,2}{2,2} = 0,24$ , бензол и кобальт:  $\frac{0,3}{0,5} + \frac{0,027}{0,1} = 0,87$ ,  
 дихлорфенол и железо:  $\frac{0,00027}{0,002} + \frac{0,045}{0,3} = 0,285$ . Полученные суммы отношений фактических концентраций к предельно-допустимым меньше единицы, следовательно, возможен сброс в водные объекты культурно-бытового и хозяйственно-питьевого назначения.

### Контрольное задание

1. Оценить качество атмосферного воздуха, если известно, что в нем одновременно присутствуют химические соединения в количествах (мг/м<sup>3</sup>), указанных в таблице.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Озон	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01	0,015
Диоксид азота	0,009	0,01	0,015	0,02	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008
Хлор	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01	0,02
Формальдегид	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	3·10 <sup>-4</sup>	4·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	5·10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>

Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Циклогексан	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Бензол	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,004	0,001	0,004
Диоксид серы	0,005	0,006	0,02	0,01	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005
СЕРОУГЛЕРОД	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	3·10 <sup>-4</sup>	4·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	5·10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>

Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Диоксид серы	0,005	0,006	0,04	0,03	0,02	0,01	0,009	0,008	0,007
ДИОКСИД АЗОТА	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,004	0,01	0,004
ОКСИД УГЛЕРОДА	1	2	1,1	1,2	1,3	1,1	1,2	1,5	1,6
ФЕНОЛ	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	3·10 <sup>-4</sup>	4·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	5·10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>

2. Оценить качество воды в водоеме рыбохозяйственного назначения, если известно, что в ней одновременно присутствуют химические соединения в количествах (мг/дм<sup>3</sup>), указанных в таблице.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Аммиак	0,04	0,03	0,02	0,025	0,045	0,013	0,001	0,011	0,038
Бензол	0,3	0,2	0,1	0,09	0,25	0,07	0,06	0,08	0,03
Нефть	0,01	0,02	0,03	0,015	0,025	0,035	0,009	0,008	0,011
Фенол	1·10 <sup>-5</sup>	2·10 <sup>-5</sup>	3·10 <sup>-5</sup>	4·10 <sup>-4</sup>	5·10 <sup>-5</sup>	3·10 <sup>-4</sup>	1·10 <sup>-4</sup>	9·10 <sup>-4</sup>	8·10 <sup>-4</sup>

Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Кобальт	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	0,018
Карбофос	0,004	0,03	0,04	0,02	0,01	0,008	0,007	0,006	0,001

Метанол	0,001	0,002	0,003	0,004	0,008	0,009	0,01	0,05	0,04
СВИНЕЦ	0,01	0,02	0,001	0,09	0,02	0,06	0,07	0,08	0,1

<b>Вариант</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>
Фтор	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
ЦИАНИДЫ	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
ХРОМ	$10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-4}$
ФЕНОЛ	$9 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$10^{-4}$

3. Оценить качество почвы, если известно, что в ней одновременно присутствуют химические соединения в количествах (мг/кг), указанных в таблице.

<b>Вариант</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Бензапирен	0,03	0,01	0,01	0,005	0,007	0,008	0,009	0,004	0,01
Ртуть	2	6,3	2	3,2	1,8	0,6	4,7	6,5	1,3
Свинец	24	37	68	21	18	16	15	14	11
Медь	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	2

<b>Вариант</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
Бензин	0,001	0,003	0,005	0,006	0,007	0,01	0,02	0,03	0,04
Ванадий	140	132	18	65	74	152	150	27	46
Мышьяк	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,3	0,6	5,3
МЕДЬ	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	1,6	0,7	2,8	2,9

<b>Вариант</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>
Свинец	14	11	13	21	27	29	31	32	30
КОБАЛЬТ	1	2	3	4	5	6	7	0,1	0,5
МЕДЬ	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	2,8	0,6
ПХБ	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-3}$

4. Определите, в водоем какого назначения возможен сброс, если известно, что перед сбросом в водоем смешиваются два потока, объемные расходы которых  $V_1$  и  $V_2$ , м<sup>3</sup>/ч. Вещества, содержащиеся в потоках, и их концентрации (в мг/дм<sup>3</sup>) указаны в таблице. Качество воды, сбрасываемой в водоем, должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к качеству воды в соответствующем водоеме.

<b>Вариант</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
$V_1$ :	60	70	80	90	10	20	30	40
Аммиак	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Ацетон	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Бензол	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
$V_2$ :	120	140	20	350	205	100	70	50
Дихлорэтан	0,1	0,4	0,7	0,9	1,2	0,4	1,3	0,6
Железо	0,058	0,04	0,03	0,02	0,01	0,03	0,07	0,08
Кобальт	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,6	0,3

<b>Вариант</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
$V_1$ :	210	320	350	20	80	40	60	20
Нефть	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04	0,05

Никель	0,01	0,01	0,014	0,012	0,011	0,01	0,013	0,009
Пиридин	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,055	0,06	0,065
V <sub>2</sub> :	70	30	50	90	40	30	230	310
Нефть	0,02	0,03	0,02	0,04	0,05	0,03	0,06	0,07
Ртуть	0,006	0,007	0,008	0,009	0,04	0,03	0,02	0,01
Свинец	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09

Вариант	17	18	19	20	21	22	23	24
V <sub>1</sub> :	50	15	100	110	120	140	20	330
Нитраты	0,18	0,5	0,2	0,2	0,11	0,16	0,2	0,12
Фтор	0,08	0,6	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,04
Хром	0,001	0,01	0,001	0,002	0,003	0,01	0,01	0,002
V <sub>2</sub> :	30	165	20	70	30	50	90	50
Цинк	0,2	0,13	0,6	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2
Керосин	0,1	0,12	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1
Метанол	0,15	2,6	0,41	0,32	0,31	0,22	0,13	0,12

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

«Материальный баланс веществ при сжигании твердого и жидкого топлива»

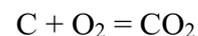
### Методические указания.

В соответствии с законом сохранения массы суммарная масса всех продуктов сгорания топлива, которые, по сути, являются загрязняющими веществами, равна массе сжигаемого топлива плюс масса расходуемого при сжигании воздуха.

Для расчетов материальных потоков веществ при сжигании органического топлива используются реакции горения основных его компонентов: углерода, водорода и серы.

Реакции горения основных компонентов органического топлива

Реакция горения углерода



Стехиометрическое соотношение по массе

$$12 + 32 = 44$$

$$1 + 2,67 = 3,67$$

Реакция горения водорода



Стехиометрическое соотношение по массе

$$4 + 32 = 36$$

$$1 + 8 = 9$$

Реакция горения серы



Стехиометрическое соотношение по массе

$$32 + 32 = 64$$

$$1 + 1 = 2$$

Стехиометрические соотношения по массе в вышеприведенных реакциях справедливы при любых единицах измерения, например, при сжигании 1 грамма, килограмма или тонны углерода расходуется 2,67 грамма, килограмма или тонны кислорода и выделяется 3,67 грамма, килограмма или тонны углекислого газа соответственно. Аналогичный смысл имеют стехиометрические соотношения для других элементов органического топлива, они показывают количества расходуемых и образующихся веществ при горении соответствующего элемента топлива и необходимы для построения материального баланса.

Для дальнейшего анализа материального баланса веществ при сжигании топлива необходимо знать его элементный состав. Он приведен в таблице для основных видов твердого и жидкого топлива.

Элементный состав основных видов органического топлива

Вид топлива	Состав горючей массы, %
-------------	-------------------------

	C	H	O	N	S
Древесина	51	6	42,5	0,5	0
Торф	58	6	33,0	2,5	0,5
Бурый уголь	71	7	20,4	1,0	0,6
Антрацит	90	4	3,2	1,5	1,3
Сланцы	70	8	16,0	1,0	5,0
Мазут	88	10	0,5	0,5	1,0

При известном элементном составе топлива материальный баланс веществ при его сжигании рассчитывается по следующим упрощенным формулам.

1. Массы кислорода и воздуха, необходимые при сжигании топлива ( $M_{O_2}$  и  $M_{возд}$ ):

$$M_{O_2} = M_{топл} \cdot \left( 2,67 \frac{C}{100} + 8 \frac{H}{100} + \frac{S}{100} - \frac{O}{100} \right); \quad (1)$$

$$M_{возд} = \frac{M_{O_2}}{0,2314}, \quad (2)$$

где 0,2314 — доля кислорода в единице массы воздуха.

2. Масса образующихся основных продуктов сгорания:

$$M_{CO_2} = 3,67 \frac{C}{100} M_{топл}; \quad (3)$$

$$M_{SO_2} = 2 \frac{S}{100} M_{топл}; \quad (4)$$

$$M_{H_2O} = 9 \frac{H}{100} M_{топл}; \quad (5)$$

$$M_{N_{2u-др.инерт.газов}} = 0,7686 \cdot M_{возд} + \frac{N}{100} M_{топл}, \quad (6)$$

где 0,7686 — доля азота и других инертных газов в единице массы воздуха.

3. Построение баланса. При правильном расчете количеств участвующих в процессе горения органического топлива веществ должно выполняться следующее балансовое соотношение:

$$M_{топл} + M_{возд} = M_{CO_2} + M_{SO_2} + M_{H_2O} + M_{N_{2u-др.инерт.газов}}. \quad (7)$$

Это балансовое соотношение является проверочным при выполнении контрольного задания.

#### Контрольное задание

1. Построить материальные балансы веществ при сжигании 1 тыс. т приведенных в таблице 3 видов органического топлива. Полученные данные представить в виде следующей таблицы.

Вид топлива	$M_{топл},$ тыс.т	$M_{кисл.},$ тыс.т	$M_{возд},$ тыс.т	$\Sigma M_{вх.},$ тыс.т	$M_{угл.г.},$ тыс.т	$M_{серн.г.},$ тыс.т	$M_{вод.г.},$ тыс.т	Маз. и др., тыс.т	$\Sigma M_{вых.},$ тыс.т
Древесина									
Торф									
Бурый									

Вид топлива	$M_{\text{топл.}}$ , ТЫС.Т	$M_{\text{кисл.}}$ , ТЫС.Т	$M_{\text{возд.}}$ , ТЫС.Т	$\Sigma M_{\text{вх.}}$ , ТЫС.Т	$M_{\text{углг.}}$ , ТЫС.Т	$M_{\text{сергг.}}$ , ТЫС.Т	$M_{\text{воды}}$ , ТЫС.Т	$M_{\text{аз. и др.}}$ , ТЫС.Т	$\Sigma M_{\text{вых.}}$ , ТЫС.Т
уголь									
Антрацит									
Сланцы									
Мазут									

2. Определить вид топлива, наиболее загрязняющий атмосферу сернистым газом.

3. Определить вид топлива, потребляющий наибольшее количество кислорода при своем сжигании.

4. Определить вид топлива, при сжигании которого выделяется наибольшее количество углекислого газа.

5. Определить количество кислорода, необходимого для сжигания 2,5 тыс. т антрацита.

6. Определить количество углекислого газа, выделяющегося при сжигании 3,4 тыс. т мазута.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №11

«Загрязнение окружающей среды. Глобальные экологические проблемы»

#### Методические указания.

Семинар проводится в форме "круглого стола". Студенты вместе с преподавателем обсуждают вопросы, касающиеся источников потенциальной опасности для экологической опасности природных экосистем:

1. Определение загрязнения. Основные загрязнители биосферы, их действие на организм человека и окружающую среду.
2. Загрязнения и их классификация. Источник и формы загрязнений.
3. Загрязнения атмосферы. Основные группы загрязняющих веществ, их экологическое действие, источники поступления.
4. Загрязнения гидросферы. Загрязнение рек, озер.
5. Классификация отходов. Методы их переработки.
6. Причины и механизм возникновения парникового эффекта.
7. Причины и механизм возникновения кислотных осадков.
8. Истощение озонового слоя.
9. Проблема роста народонаселения.
10. Проблема нехватки продовольствия.
11. Проблема нехватки пресной воды.
12. Проблема накопления отходов.
13. Проблема уничтожения биоразнообразия.
14. Проблема истощения природных ресурсов.
15. Проблема атомного оружия.
16. Загрязнение Мирового океана.
17. Фотохимический смог.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12

«Образование оксидов азота при сжигании топлива, загрязнение атмосферы автотранспортом, расчет величины экологической нагрузки от суммы источников»

#### Методические указания.

1. Образование оксидов азота при сжигании топлива

Образование оксидов азота – сложный процесс, зависящий от большого количества факторов и протекающий неодинаково при сжигании топлива в различных установках. Так как оксиды азота являются одним из наиболее массовых загрязняющих веществ атмосферы, оценка их количества необходима при решении природоохранных задач. Приблизительная оценка массы оксидов азота, образующихся при сжигании различных видов топлива в разных отраслях промышленности, может быть получена путем умножения массы топлива на коэффициент F, полученный экспериментальным путем,

$$M_{NO_2} = M_{топл} \cdot F, \quad (1)$$

где F – величина, показывающая количество оксидов азота, образующихся при сжигании единицы массы топлива, она различна для разных видов топлива и разных условий его сжигания. Численные значения фактора F приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Оценки эмиссии оксидов азота

Вид топлива	Отрасль промышленности	F-эмиссия оксидов азота, т на 1 т топлива
Каменный уголь	Электростанции	0,009
	Промышленность	0,006
	Другие отрасли	0,002
Бурый уголь	Электростанции	0,004
Нефтепродукты	Электростанции	0,012
	Нефтеперегонка	0,008
	Промышленность	0,008
	Другие отрасли	0,006
Газовое/ дизельное топливо	Промышленность	0,008
	Транспорт	0,036
	Другие отрасли	0,004
Моторное топливо	Транспорт	0,025
Природный газ	Электростанции	0,001
	Промышленность	0,0003
	Другие отрасли	0,0002

Таким образом, зная величины коэффициента F и массу сжигаемого топлива в соответствующей отрасли промышленности, транспорта или коммунального хозяйства, можно рассчитать количество образующихся оксидов азота.

## 2. Загрязнение атмосферного воздуха автотранспортом

Расчет количества загрязняющих веществ, образующихся при работе автотранспорта, осуществляется на основе информации о количестве израсходованного транспортом топлива и количествах образующихся при этом вредных примесей:

$$M_i = M_{топл} \cdot G_i,$$

где  $M_i$  – количество образующегося при работе транспорта  $i$ -го загрязняющего вещества;  $G_i$  – количество загрязняющего вещества  $i$ , образующегося при сжигании единицы массы топлива транспорта.

Данные об образовании загрязняющих веществ при работе автотранспорта приведены в таблице 6.

Таблица 2 - Количество загрязняющих веществ, образующихся при работе автотранспорта ( $G_i$ , т на 1 т топлива)

Загрязняющее вещество	Вид топлива	
	бензин	дизельное топливо
Оксид углерода (IV)	3,2500	3,1000
Оксид углерода (II)	0,4660	0,0210
Углеводороды	0,0230	0,0040
Оксиды азота	0,0160	0,0180

Диоксид серы	0,0019	0,0078
Сажа (аэрозоль)	0,0010	0,0050
Свинец	0,0005	—

Зная расход топлива, на основе данных таблицы 2 можно рассчитать количество загрязняющих веществ, поступающих при работе автотранспорта в атмосферный воздух.

### 3. Расчет удельной экологической нагрузки от суммы источников

Расчет суммарного количества загрязняющих веществ, образующихся на данной территории от всех источников загрязнения, осуществляется для каждого загрязняющего вещества отдельно, учитывая его образование при сжигании всех видов топлива:

$$\sum M_i = M_{i_1} + M_{i_2} + \dots + M_{i_n},$$

где  $M_i$  - суммарное количество загрязняющего вещества  $i$ , образующегося на данной территории при сжигании  $n$  видов топлива.

Аналогично может быть рассмотрено суммарное количество кислорода, расходуемое на сжигание всех видов топлива на данной территории:

$$\sum M_{O_2} = M_{O_{21}} + M_{O_{22}} + \dots + M_{O_{2n}}.$$

Показателями экологической нагрузки загрязняющих веществ на данной территории являются их удельные величины, приходящиеся на единицу площади и на душу населения в единицу времени (как правило, за один год):

$$\mathcal{E}_i^n = \frac{M_i}{S};$$

$$\mathcal{E}_i^H = \frac{M_i}{H},$$

где  $\mathcal{E}_i^n$  и  $\mathcal{E}_i^H$  – экологические нагрузки  $i$ -того загрязняющего вещества на единицу площади (тыс.т/(год·га)) и душу населения (тыс.т/(год·чел.)) соответственно;

$S$  – площадь рассматриваемой территории, га;

$H$  – численность проживающего на данной территории населения, чел.;

$M_i$  – количество загрязняющего вещества  $i$ , тыс.т/год, образующегося при сжигании всех видов топлива на данной территории в единицу времени.

Аналогично рассчитывается удельный расход кислорода на единицу площади, на душу населения в единицу времени при сжигании всех видов топлива:

$$\mathcal{E}_{O_2}^n = \frac{M_{O_2}}{S},$$

$$\mathcal{E}_{O_2}^H = \frac{M_{O_2}}{H}.$$

Эта величина также характеризует степень антропогенного воздействия промышленности и транспорта на окружающую природную среду.

### Контрольное задание

1. Пользуясь теоретическими сведениями, приведенными в практических занятиях 5-7, определить суммарные количества  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$ , аэрозолей, углеводородов и свинца, образующихся в городе за один год при сжигании указанных в таблице 7 количеств различных видов топлива. Считать, что уголь и мазут потребляются в энергетике, а природный газ в других отраслях промышленности. Природный газ имеет следующий состав:  $CH_4$  – 10%,  $C_3H_8$  – 30%,  $C_4H_{10}$  – 40%,  $CO_2$  – 20%. Зольность бурового угля – 34 %, зольность мазута – 0,1 %.

2. Определить суммарное количество кислорода, расходуемого за один год при сжигании перечисленных выше количеств и видов топлива. Считать, что при сжигании бензина и дизельного топлива соотношение расхода кислорода к массе топлива равно 4/1.

3. Определить величины экологической нагрузки на территорию города и на душу населения, если его площадь равна  $S$ , а численность населения  $H$  (таблица 3).

Ответы на контрольное задание рекомендуется свести в таблицу 4.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бурый уголь, тыс.т/сут	20	21	22	18	17	19	14	15	13	18
Мазут, тыс.т/сут	14	15	16	13	12	11	10	20	18	16
Природный газ, тыс.т/сут	13,5	16	14	10	15	14	13	16	17	18
Бензин, тыс.т/сут	2,5	2,1	2,2	1,4	1,2	2,1	2,8	2,6	2,4	5,2
Дизельное топливо, тыс.т/сут	2,5	2,1	2,8	3,1	2,6	2,4	2,3	2,8	2,7	3,1
$\chi$	0,33	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
C	0,9	0,9	0,91	0,92	0,93	0,92	0,9	0,91	0,92	0,91
S, тыс. га	90	98	100	51	52	64	58	68	66	64
N, млн. человек	5	5,1	4,9	4,8	4,7	5	4,7	4,9	4,8	5

Таблица 4 – Расчет удельной экологической нагрузки

	CO <sub>2</sub> , тыс.т/год	SO <sub>2</sub> , тыс.т/год	NO <sub>x</sub> , тыс.т/год	Аэрозоли, тыс.т/год	Углеводороды, тыс.т/год	Свинец, тыс.т/год	O <sub>2</sub> , тыс.т/год
Бурый уголь							
Мазут							
Природный газ							
Бензин							
Дизельное топливо							
$\sum M_i$							
$E_i^n$ , т/(год га)							
$E_i^n$ , т/(год чел)							

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

«Семинар по теме: «Загрязнение окружающей среды»»

#### Методические указания.

Семинар проводится в форме "круглого стола". Студенты вместе с преподавателем обсуждают вопросы, касающиеся источников потенциальной опасности для экологической опасности (ЭБ) природных экосистем:

1. Определение загрязнения. Основные загрязнители биосферы, их действие на организм человека и окружающую среду.
2. Загрязнения и их классификация. Источник и формы загрязнений.
3. Загрязнения атмосферы. Основные группы загрязняющих веществ, их экологическое действие, источники поступления.
4. Загрязнения гидросферы. Загрязнение рек, озер.
5. Классификация отходов. Методы их переработки.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14

«Плата за размещение отходов»

#### Методические указания.

На авторемонтной мастерской за год образуются отходы, в состав которых входят: отработанные люминесцентные лампы, изношенные шины, отработанные аккумуляторные батареи, промасленные фильтры, промасленная ветошь, отработанные масла и бытовые отходы. Произвести расчет платы за размещение отходов. Классы опасности и объемы образования отходов приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1.

**Классы опасности и объемы образования отходов**

Наименование отхода	Объемы образования отходов, $M_i$ (т)	Годовой лимит на размещение отхода, $M_{ли}$ (т)	Класс опасности
Отработанные люминесцентные лампы	0,02	0,03	1
Изношенные шины	10	8	4
Отработанные аккумуляторные батареи	5	5,5	2
Промасленные фильтры	0,15	0,1	3
Промасленная ветошь	0,4	0,3	4
Отработанные масла	8	9	3
Бытовые отходы	4	3	4

1. Размер платы за размещение отходов в пределах установленных лимитов определяется путем умножения соответствующих ставок платы с учетом вида размещаемого отхода (нетоксичные, токсичные) на массу размещаемого отхода и суммирования полученных произведений по видам размещаемых отходов.

$$Пл_{отх} = 5 \cdot C_{ли} \cdot M_i,$$

где:

$Пл_{отх}$  - размер платы за размещение  $i$ -го отхода в пределах установленных лимитов (руб.);

$M_i$  - объем образования  $i$ -го отхода (т);

$C_{ли}$  - ставка платы за размещение 1 тонны  $i$ -го отхода в пределах установленных лимитов (руб.);

$$C_{ли} = Нбл_i \cdot Кэ,$$

где:

$Кэ_{отх}$  - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости почв в данном регионе ( $Кэ = 1,2$ ).

$Нбл_i$  - норматив платы за 1 тонну размещаемых отходов в пределах установленных лимитов (руб.) (Таблица 1.2)

Таблица 1.2

**Нормативы платы за 1 тонну размещаемых отходов в пределах установленных лимитов  
(в соответствии с постановлением Правительства РФ №344 от 12.06.2003г)**

Вид отходов (по классам опасности для окружающей среды)	Нормативы платы за размещение 1 тонны отходов в пределах установленных лимитов, $Нбл_i$ (руб)
Отходы I класса опасности (чрезвычайно опасные)	1739,2
Отходы II класса опасности (высокоопасные)	745,4
Отходы III класса опасности (умеренно опасные)	497
Отходы IV класса опасности (малоопасные)	248,4
Отходы V класса опасности (практически неопасные):	8

2. Размер платы за сверхлимитное размещение токсичных и нетоксичных отходов определяется путем умножения соответствующих ставок платы за размещение отходов в пределах установленных лимитов на величину превышения фактической массы размещаемых отходов над установленными лимитами и умножения этих сумм на пятикратный повышающий коэффициент и суммирования полученных произведений по видам размещения отходов.

$$Псл_{отх} = 25 \cdot Сл_i \cdot (M_i - Мл_i),$$

где:

Псл<sub>отх</sub> - размер платы за сверхлимитное размещение отходов(руб.);

Мл<sub>i</sub> - годовой лимит на размещение i-го отхода (т);

Сл<sub>i</sub> - ставка платы за размещение 1 тонны i-го отхода в пределах установленных лимитов (руб.);

$$Побщ = \sum Пл_{отх} + 5 \cdot \sum Псл_{отх}$$

По результатам расчета необходимо заполнить таблицу 1.3 «Плата за размещение отходов»

Таблица 1.3.

**«Плата за размещение отходов»**

Вид отхода	М <sub>i</sub> (т)	Мл <sub>i</sub> (т)	Сл <sub>i</sub> (руб)	Пл <sub>отх</sub> (руб)	Псл <sub>отх</sub> (руб)
Отработанные люминесцентные лампы					
Изношенные шины					
Отработанные аккумуляторные батареи					
Промасленные фильтры					
Промасленная ветошь					
Отработанные масла					
Бытовые отходы					
Итого					

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15**

«Семинар по теме: «Глобальные экологические проблемы»»

**Методические указания.**

Семинар проводится в форме "круглого стола". Студенты вместе с преподавателем обсуждают вопросы, касающиеся источников потенциальной опасности для экологической опасности (ЭБ) природных экосистем:

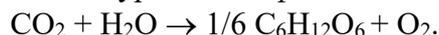
1. Причины и механизм возникновения парникового эффекта.
2. Причины и механизм возникновения кислотных осадков.
3. Истощение озонового слоя.
4. Проблема роста народонаселения.
5. Проблема нехватки продовольствия.
6. Проблема нехватки пресной воды.
7. Проблема накопления отходов.
8. Проблема уничтожения биоразнообразия.
9. Проблема истощения природных ресурсов.
10. Проблема атомного оружия.
11. Загрязнение Мирового океана.
12. Фотохимический смог.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №16

### «Материальные потоки веществ в лесных экосистемах»

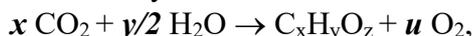
#### Методические указания.

Важнейший материально-энергетический процесс в лесных экосистемах – фотосинтез, в результате его действия образуются органические вещества из минеральных компонентов и в этом веществе фиксируется энергия солнца. В процессе фотосинтеза тесно взаимодействуют различные составные части экосистемы: атмосфера, почва и собственно древесные растения, все эти части связаны потоками веществ, которые наглядно представлены в суммарном упрощенном уравнении фотосинтеза:



Углекислый газ поступает в растения из атмосферы, вода из почвы, органическое вещество накапливается в самих растениях и свободный кислород выделяется в атмосферу.

Через процесс фотосинтеза осуществляется одна из важнейших экологических функций лесов - газовая, в результате осуществления которой из атмосферы выводится углекислый газ и поступает кислород. Важно уметь количественно оценивать такое воздействие лесов на окружающую среду. Расчеты количеств потребляемых и выделяемых при фотосинтезе веществ можно выполнить по его суммарному уравнению, описывающему процесс создания вещества древесины и, поэтому, отличающемуся от приведенного выше, где описан процесс синтеза глюкозы. Так как химический состав вещества древесины разных пород различен, то с целью получения формул, пригодных во всех случаях, рассмотрим уравнение фотосинтеза в следующем общем виде:



где коэффициенты уравнения  $x$ ,  $y$ ,  $z$  определяются химическим составом вещества древесины соответствующей породы, а коэффициент  $u$  определяется через  $x$ ,  $y$ ,  $z$  из уравнения баланса числа атомов кислорода:

$$2x + y/2 = z + 2u,$$

откуда

$$u = x + y/4 - z/2$$

Элементный состав древесины трех основных лесообразующих пород приведен в таблице.

Порода	С	Н	О	Н+зольные элементы
Ель	50,5	6,2	43,1	0,2
Сосна	49,6	6,4	43,8	0,2
Береза	50,6	6,2	42,1	1,1

Зная химический состав древесины, коэффициенты уравнений фотосинтеза  $x$ ,  $y$ ,  $z$  рассчитываются по следующей формуле

$$\text{Коэффициент}^\circ \text{уравнения} = \frac{\text{Процентное}^\circ \text{содержание}^\circ \text{элемента, при}^\circ \text{котором}^\circ \text{стоит}^\circ \text{коэффициент}}{\text{Атомная}^\circ \text{масса}^\circ \text{элемента}}$$

Коэффициент  $u$  рассчитывается на основе значений  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

Теперь, если известно количество вещества древесины, созданного в лесу, количества поглощенных при этом углекислого газа и воды и выделившегося кислорода рассчитывают по следующим формулам:

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{x}{100} \cdot M_r(\text{CO}_2) \cdot M_{\text{древесины}};$$

$$M_{H_2O} = \frac{y}{2 \cdot 100} \cdot M_r(H_2O) \cdot M_{древесины};$$

$$M_{O_2} = \frac{u}{100} \cdot M_r(O_2) \cdot M_{древесины},$$

где  $M_r$  - молекулярная масса веществ.

В справочной литературе данные о запасах древесины разных пород даются в кубических метрах, а нам при расчетах по уравнению фотосинтеза необходимо знать массу создаваемой древесины в абсолютно сухом весе. Пересчет объемов древесины на абсолютно сухой вес производится по следующей формуле

$$M_{древесины} = \rho \cdot V,$$

где  $V$  – объем древесины, м<sup>3</sup> (или м<sup>3</sup>/(га год));  $\rho$  - базисная плотность абсолютно сухого вещества древесины (для ели – 360, сосны – 400, березы – 500 кг/м<sup>3</sup>).

### Контрольное задание

1. Определите потребление CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O и выделение O<sub>2</sub> в древостоях при создании годового прироста древесины, различного у разных пород в разном возрасте. Величины годового прироста приведены в таблице.

Текущий годовой прирост в древостоях основных лесообразующих пород, м<sup>3</sup>/(га год)

Порода	Текущий годовой прирост (В) в возрасте		
	30 лет	80 лет	140 лет
Ель	6,2	8,2	2,1
Сосна	6,0	7,2	2,0
Береза	4,7	6,3	2,3

Ответы занести в таблицу

	x	y	z	u	M <sub>древесины</sub>			CO <sub>2</sub>			H <sub>2</sub> O			O <sub>2</sub>			
					30 лет	80 лет	140 лет	30 лет	80 лет	140 лет	30 лет	80 лет	140 лет	30 лет	80 лет	140 лет	
Ель																	
Сосна																	
Береза																	

2. Определите наиболее производительную по выделению кислорода породу деревьев и его возраст, в котором это происходит.

3. Какое количество древесины на 1 га в еловом лесу должно быть создано, чтобы при этом было поглощено 3 т углекислого газа?

4. Какое количество древесины на 1 га в сосновом лесу должно быть создано, чтобы при этом было выделено 3 т кислорода?

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №17

### «Расчет сбалансированного техноценоза»

#### Методические указания.

*Технобиоценозом* называется совокупность функционирующих на одной территории всех без исключения объектов техники и естественных экосистем, важнейшими из которых являются лесные. Воздействие хозяйственной деятельности и лесов на окружающую среду и, прежде всего, на атмосферу во многом противоположно. Объекты техники представляют

собой как бы дополнительный гетеротрофный компонент в общей экосистеме, в результате их функционирования органическое вещество (прежде всего топливо органического происхождения) минерализуется - сжигается, при этом потребляется кислород и выделяется углекислый газ и другие вредные примеси (без учета процессов дыхания). В лесных экосистемах потоки углекислого газа и кислорода имеют противоположное направление: кислород выделяется, а углекислый газ поглощается.

Из схемы ясно, что если в технобиоценозе основные газовые потоки не сбалансированы, то такой технобиоценоз представляет опасность для биосферы Земли. В результате его функционирования будет происходить изменение газового состава атмосферы со всеми вытекающими отсюда глобальными последствиями, включая глобальное потепление. Наоборот, если основные потоки веществ сбалансированы, то такой технобиоценоз может существовать долговременно, без разрушения окружающей среды или каких-либо других неблагоприятных последствий.

Таким образом видно, что в составе технобиоценоза две его составные части (объекты техники и естественные экосистемы) должны находиться в известном закономерном количественном соотношении друг с другом для того, чтобы обеспечивать его стабильное существование. Процессы синтеза органического вещества в технобиоценозах должны быть достаточны по мощности, чтобы поглотить весь выделившийся при сжигании топлива антропогенный углекислый газ и произвести необходимое количество кислорода.

Масса органического вещества, которая должна быть создана для того баланса, может быть рассчитана по следующим формулам

$$M_{\text{орг.в-ва}}^{\text{для поглощения } CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{0,44x},$$

$$M_{\text{орг.в-ва}}^{\text{для выделения } O_2} = \frac{M_{O_2}}{0,32u},$$

где  $x$  и  $u$  - коэффициенты уравнения фотосинтеза для различных видов древесных растений с разным элементным составом;  $M_{CO_2}$  и  $M_{O_2}$  - суммарные количества антропогенных выделяемого  $CO_2$  и поглощаемого  $O_2$ .

Синтезируемая в естественных экосистемах продукция органического вещества имеет сложную видовую и фракционную структуру. Пусть  $a_{ij}$  - доля  $i$ -й фракции в приросте биомассы  $j$ -го вида,  $b_j$  - доля вида  $j$  в приросте растительной биомассы, тогда расчетные формулы принимают следующий вид:

$$M_{CO_2} = 0,44 \sum_j \sum_i x_{ji} a_{ji} b_j M_{\text{орг.в-ва}},$$

$$M_{O_2} = 0,32 \sum_j \sum_i u_{ji} a_{ji} b_j M_{\text{орг.в-ва}},$$

где  $x_{ji}$  и  $u_{ji}$  - коэффициенты уравнения фотосинтеза соответствующих фракций продукции органического вещества соответствующих видов, различающихся своим химическим составом.

Определение точного фракционного состава продукции растительности, входящей в состав урбанизированного ландшафта, представляет собой достаточно сложную задачу, которая может быть решена с помощью проведения специальных исследований. Однако, в первом приближении, учитывая тот факт, что лесные экосистемы являются высокопродуктивными, можно при расчетах размеров естественных компонент технобиоценозов взять за основу прирост древесины основных лесообразующих пород. В пользу такого выбора можно привести еще и следующий аргумент: в приросте древесины  $CO_2$  связывается надолго в отличие от некоторых других фракций растительности, например, листьев. Для газового баланса экосистемы за определенный интервал времени представляют интерес только те фракции продукции органического вещества

растительности, которые существуют дольше данного интервала времени. Иными словами, для наших целей важен чистый прирост массы органического вещества экосистемы. В условиях лесных экосистем его значительную часть составляет прирост древесины доминирующих пород.

Из двух величин массы вещества древесины, синтез которых обеспечивает балансы углекислоты и кислорода в технобиоценозе, для дальнейшего анализа нужно выбрать наибольшую, как обеспечивающую оба газовых баланса одновременно:

$$M_{орг.в-ва} = \max(M_{в-ва^\circ \text{ для погл. } CO_2}; M_{в-ва^\circ \text{ для выдел. } O_2})$$

Для дальнейшего анализа необходимо пересчитать величины абсолютно сухой массы вещества древесины, обеспечивающей баланс в технобиоценозе, в ее объем

$$V = \frac{M_{орг.в-ва}}{\rho},$$

где  $\rho$  - базисная плотность вещества древесины соответствующей породы, указанная в пояснении к формуле (41).

На основе величины  $V$ , м<sup>3</sup>/год, и среднего годового прироста древесины на одном гектаре  $B$  (м<sup>3</sup>/(га·год)) рассчитывается необходимая для баланса в технобиоценозе площадь лесов

$$S = V/B.$$

Площадь лесов заданного сложного породного, возрастного состава и продуктивности, обеспечивающая синтез нужных количеств органического вещества древесины, может быть рассчитана по следующей формуле

$$S = \sum_j (b_j \cdot M_{орг.в-ва}) / (P_j \cdot z_j),$$

где  $P_j$  - базисная плотность древесины породы  $j$ , т/год абсолютно сухого вещества;  $z_j$  - текущий прирост, м<sup>3</sup>/га в год;  $M_{орг.в-ва}$  - масса органического вещества, обеспечивающая баланс в технобиоценозе.

Показателем степени урбанизации рассматриваемой территории является следующий коэффициент:

$$K = S/S_{\text{города}},$$

Этот коэффициент показывает число гектаров лесов, необходимых для компенсации антропогенного влияния на биосферу одного гектара рассматриваемой городской территории.

#### *Контрольное задание.*

1. На основе данных о суммарном выделении углекислого газа и поглощении кислорода на территории крупного города, полученных на практическом занятии 7 (таблица 8), рассчитайте параметры сбалансированного технобиоценоза:  $V$ ,  $S$ ,  $K$ , считая, что естественную часть технобиоценоза составляют спелые еловые древостои в возрасте 80 лет.

2. Определите количество углекислого газа, образующегося при сжигании 3 млн. т природного газа составом: метан – 93 %, углекислый газ – 7%. Рассчитайте площадь спелых сосняков в возрасте 80 лет, необходимую для поглощения такого количества углекислого газа за 1 год.

3. Определите количество кислорода, расходуемого на сжигание 2 млн. т каменного угля с элементным составом: С – 80 %, Н – 6%, О – 12%, N – 1,5%, S – 0,5%. Рассчитайте площадь древостоев березы в возрасте 80 лет, необходимую для выделения такого количества кислорода.

### **3. 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.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1** «Определение содержания нитрит-ионов в воде»

### **Методические указания.**

Методика предназначена для измерения массовой концентрации нитрит-ионов от 0,02 до 0,3 мг/дм<sup>3</sup> в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом с применением реактива Грисса.

#### *Принцип метода.*

Определение основано на способности нитритов диазотировать сульфаниловую кислоту и на образовании красно-фиолетового красителя диазосоединения  $\alpha$ -нафтиламина. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации нитритов.

*Оборудование:* фотоэлектроколориметр КФК-3,  $\lambda = 520$  нм, кюветы с длиной поглощающего слоя – 10 мм.

*Химическая посуда:* колбы мерные, вместимостью 50 см<sup>3</sup>, пипетки вместимостью 1, 2, 5, 10 см<sup>3</sup>.

#### *Построение калибровочного графика.*

В мерные колбы вместимостью 50 см<sup>3</sup> вносят 0, 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16; 20; 30 мл стандартного рабочего раствора № 2, разбавляют каждый раствор до метки дистиллированной водой и перемешивают. Получают растворы с концентрацией нитритов 0 (холостой раствор); 0,02; 0,04; 0,08; 0,16; 0,32; 0,4; 0,6 мг/дм<sup>3</sup>.

Из мерных колб растворы переливают в конические колбы. В каждую коническую колбу с раствором вносят по 2 мл реактива Грисса и тщательно перемешивают. Через 40 мин определяют оптическую плотность при длине волны 520 нм, в кювете с длиной поглощающего слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения используют холостой раствор. Данные вносят в таблицу.

С, мг/дм <sup>3</sup>	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32	0,4	0,6
Д							

При построении градуировочного графика по горизонтальной оси откладывают значение концентрации, а по вертикальной – соответствующие им значения оптической плотности. Следует убедиться в том, что зависимость концентрации от оптической плотности – линейная.

#### *Выполнение измерений.*

В мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup> наливают пробу анализируемой воды. Пробу переливают в коническую колбу для проведения анализа и добавляют 2 см<sup>3</sup> реактива Грисса. Выдерживают 40 минут и определяют оптическую плотность пробы. Результат определения находят либо по градуировочному графику.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

## «Определение БПК сточных вод»

### Методические указания.

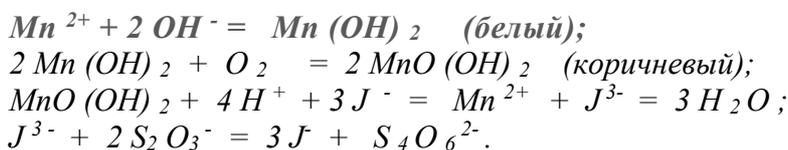
Метод используется для определения растворенного кислорода и расчета БПК в поверхностных и нормативно-очищенных водах.

Растворенный кислород в поверхностных водах находится в виде молекул  $O_2$ . Растворимость его растет с понижением температуры, ростом минерализации и повышением давления.

#### Принцип метода.

Определение кислорода основано на реакции растворенного кислорода с гидроксидом марганца (II) в щелочной среде. Гидроксид марганца, количественно связывая растворенный в воде кислород, переходит в нерастворимое соединение четырехвалентного марганца коричневого цвета.

При подкислении раствора в присутствии избытка йодида калия образуется йод, количество которого эквивалентно содержанию растворенного кислорода и учитывается титрованием раствором тиосульфата:



*Оборудование:* Весы аналитические, штатив для титрования.

*Химическая посуда:* Пипетки вместимостью 10 см<sup>3</sup>, колбы мерные вместимостью 100, 500, 1000 см<sup>3</sup>, цилиндры мерные вместимостью 10, 50, 100, 500 см<sup>3</sup>, бюретки вместимостью 25 см<sup>3</sup>, кислородные склянки вместимостью 100 – 200 см<sup>3</sup> с притертыми пробками точно определенного объема.

*Определение точного объема кислородных склянок (калибрование).*

Чтобы определить объем склянки для фиксации кислорода, ее моют, высушивают, взвешивают вместе с пробкой на технических весах с точностью до 0,01 г. Затем наполняют склянку дистиллированной водой до краев и закрывают стеклянной пробкой так, чтобы под пробкой не оставалось пузырьков воздуха. Обтирают склянку досуха и снова взвешивают с точностью до 0,01 г. Разность масс дает массу воды в объеме склянки, которую для перевода на объем следует разделить при температуре воды 15 °С на 0,998, при 20 °С – на 0,997 и при 25 °С на 0,998.

*Определение точной концентрации стандартного раствора тиосульфата натрия.*

В колбу для титрования вносят 80 - 90 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, 10 см<sup>3</sup> стандартного раствора бихромата калия, добавляют 1 г сухого KI и 10 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты. Раствор перемешивают, выдерживают 5 мин в темном месте и титруют пробу раствором тиосульфата натрия до появления слабо желтой окраски. Затем добавляют 1 см<sup>3</sup> раствора крахмала и продолжают титрование до исчезновения синей окраски. Повторяют титрование и, если расхождение между величинами объемов титранта не более 0,05 см<sup>3</sup>.

Точную концентрацию раствора тиосульфата натрия находят по формуле:

$$C_m = \frac{C_d \cdot V_d}{V_m},$$

где  $C_m$  – концентрация раствора тиосульфата натрия, моль/дм<sup>3</sup> эквивалента;  $C_d$  – концентрация раствора бихромата калия, моль/дм<sup>3</sup> эквивалента;  $V_m$  – объем раствора тиосульфата натрия, пошедший на титрование, см<sup>3</sup>;

$V_d$  – объем раствора бихромата калия, взятый для титрования, см<sup>3</sup>.

*Порядок проведения работы.*

Перед отбором пробы для определения растворенного кислорода кислородную склянку предварительно ополаскивают и затем наполняют исследуемой водой. После заполнения склянки до горлышка ее наполнение продолжают до тех пор, пока не выльется приблизительно 100 см<sup>3</sup> воды, т.е. пока не вытеснится вода, соприкасавшаяся с воздухом, находящимся в склянке. Склянка должна быть заполнена пробой до краев и не иметь внутри – под пробкой и на стенках - пузырьков воздуха.

В склянку, заполненную пробой воды, вводят отдельными пипетками 1 см<sup>3</sup> раствора сульфата марганца (при вместимости склянки до 150 см<sup>3</sup>) и 1 см<sup>3</sup> щелочного раствора йодида калия (при вместимости склянки до 150 см<sup>3</sup>). Пипетки погружают каждый раз до половины склянки и по мере выливания раствора поднимают вверх. Затем быстро закрывают склянку стеклянной пробкой таким образом, чтобы в ней не оставалось пузырьков воздуха и содержимое тщательно перемешивают.

Склянки с зафиксированными пробами помещают в темное место для отстаивания (не менее 10 минут и не более 24 часов).

После того, как отстоявшийся осадок будет занимать менее половины высоты склянки, к пробе приливают 5 см<sup>3</sup> раствора серной кислоты, погружая при этом пипетку до осадка (не взмучивать) и медленно поднимая ее вверх по мере опорожнения. Вытеснение из склянки части прозрачной жидкости для анализа значения не имеет.

Склянку закрывают пробкой и содержимое тщательно перемешивают. Отбирают 50 см<sup>3</sup> раствора (пипетку предварительно ополаскивают этим раствором), переносят его в коническую колбу для титрования вместимостью 250 см<sup>3</sup>. Раствор титруют стандартным раствором тиосульфата натрия (если предполагается, что содержание кислорода менее 3 мг/дм<sup>3</sup> – из микробюретки) до тех пор, пока он не станет светло-желтым. Затем прибавляют 1 см<sup>3</sup> свежеприготовленного раствора крахмала и продолжают титрование до исчезновения синей окраски.

*Обработка результатов измерений.*

Содержание растворенного кислорода ( $C_x$ ) в мг/дм<sup>3</sup> определяют по формуле:

$$C_x = \frac{8,0 \cdot C_T \cdot V_T \cdot V \cdot 1000}{50 \cdot (V - V_1)}$$

где  $C_T$  - молярная концентрация раствора тиосульфата натрия, моль/дм<sup>3</sup> эквивалента,  $V_T$  - объем раствора тиосульфата натрия, пошедший на титрование, см<sup>3</sup>,  $V$  - вместимость кислородной склянки, см<sup>3</sup>;  $V_1$  - суммарный объем растворов сульфата марганца и йодида калия, добавленных в склянку при фиксации растворенного кислорода, см<sup>3</sup>; 8,0 - масса миллиграмм-эквивалента кислорода, мг.

Расчет БПК производится по разности содержания растворенного кислорода в день отбора проб и на 5 и 7 день.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

«Определение хлорид-ионов в пробе воды».

*Цель работы* – определение хлоридов в пробе воды аргентометрическим титрованием.

В речных водах и водах пресных озер содержание хлоридов колеблется от нескольких долей миллиграмма до сотен, а иногда и нескольких тысяч миллиграммов на 1 дм<sup>3</sup>. В морских и подземных водах, водах соленых озер содержание хлоридов значительно выше – вплоть до пересыщенных растворов и рассолов.

Хлориды – преобладающие анионы в высокоминерализованных водах. Концентрация хлоридов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям, коррелирующим с изменением общей минерализации воды.

Первичными источниками хлоридов являются магматические породы, в состав которых входят хлорсодержащие минералы (содалит, хлорапатит и др.), соленосные отложения, в основном галит. Значительные количества хлоридов поступают в воду в

результате обмена с океаном через атмосферу, посредством взаимодействия атмосферных осадков с почвами, особенно засоленными, а также при вулканических выбросах. Из всех анионов хлориды обладают наибольшей миграционной способностью, что объясняется их хорошей растворимостью, слабо выраженной способностью к сорбции взвешенными веществами и потреблением водными организмами. Повышенное содержание хлоридов ухудшает вкусовые качества воды, делают ее малоприспособленной для питьевого водоснабжения и ограничивают применение в ряде технических и хозяйственных целей, а также для орошения сельскохозяйственных угодий. Если в питьевой воде присутствуют ионы натрия, то концентрация хлоридов выше 250 мг/дм<sup>3</sup> придает воде соленый вкус. Концентрация хлоридов и ее колебания, в том числе суточные, могут служить одним из критериев загрязненности водоема хозяйственно-бытовыми стоками.

*Отсутствуют данные о том, что высокие концентрации хлоридов оказывают вредное воздействие на человека. ПДК<sub>в</sub> составляет 350 мг/дм<sup>3</sup>, ПДК<sub>вр</sub> – 300 мг/дм<sup>3</sup>.*

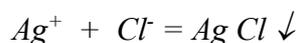
Возрастающее значение приобретает сброс промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. В промышленных сточных водах содержание хлоридов зависит от характера производства.

Определение хлоридов в питьевых, поверхностных и сточных водах проводится argentометрическим титрованием по методу Мора.

Результаты выражают в миллиграмм-эквивалентах или миллиграммах хлорид-ионов на 1 дм<sup>3</sup> воды; 1 мг-экв Cl<sup>-</sup> = 35,45 мг Cl<sup>-</sup>; 1 мг Cl<sup>-</sup> = 0,0282 мг-экв Cl<sup>-</sup>.

*Принцип метода.*

Хлорид-ионы осаждают в нейтральной и слабощелочной среде (рН 7 – 10) титрованным раствором нитрата серебра (AgNO<sub>3</sub>). Метод основан на малой растворимости хлорида серебра (произведение растворимости хлорида серебра при 25 °С составляет 1,56 · 10<sup>-10</sup>), количественно выпадающего из раствора при прибавлении нитрата серебра.



После полного осаждения хлоридов избыток ионов серебра вступает в реакцию с хроматом калия (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>), который добавляют как индикатор, в результате чего образуется осадок хромата серебра, окрашенный в красный цвет.

*Ход определения.*

Для определения используют профильтрованную пробу (100 мл или меньшее количество) и доводят до 100 мл бидистиллятом, рН пробы должен быть 7 – 10.

Затем приливают 1 мл 5 %-ного раствора K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> и при постоянном перемешивании титруют раствором AgNO<sub>3</sub> до перехода лимонно-желтой окраски в оранжево-желтую.

*Холостой опыт.*

К 100 мл бидистиллята прибавляют 1 мл 5 %-ного раствора K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> и титруют раствором AgNO<sub>3</sub> до перехода лимонно-желтой окраски в оранжево-желтую.

*Расчет.*

Содержание хлорид-ионов X в мг-экв/дм<sup>3</sup>:

$$X = \frac{(a - b) \cdot k \cdot N \cdot 1000}{V}$$

Содержание хлорид-ионов X<sub>1</sub> в мг/ дм<sup>3</sup>:

$$X_1 = \frac{(a - b) \cdot k \cdot N \cdot 35,45 \cdot 1000}{V},$$

где a – объем раствора AgNO<sub>3</sub>, израсходованного на титрование пробы, см<sup>3</sup>;

b – объем раствора AgNO<sub>3</sub>, израсходованного на титрование в холостом опыте, см<sup>3</sup>;

N – нормальность раствора AgNO<sub>3</sub>;

$k$  – поправочный коэффициент к нормальности титрованного раствора  $AgNO_3$ ;  
 $V$  – объем пробы, взятой для определения;  
35,45 – эквивалент хлора.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

«Определение цветности пробы природной воды фотометрическим методом»

##### Методические указания.

*Цель работы* - определение цветности в пробе природной воды.

Цветность (окраска) природных вод зависит от наличия в них гуминовых веществ почвенного и торфяного происхождения, коллоидных соединений железа, водорослей, а также сброса окрашенных бытовых и сточных вод. Эти вещества в зависимости от их концентрации окрашивают воду в различные оттенки желтого или коричневого цвета и могут находиться в ней в виде соединений различной степени дисперсности – от взвесей до истинных растворов. Поверхностные воды в большинстве случаев окрашены, грунтовые воды – слабо окрашены, артезианские воды, как правило, бесцветны.

Для определения цветности вода должна быть прозрачной. Если вода содержит взвешенные вещества, мешающие определению цветности, её предварительно фильтруют.

Цветность воды определяют качественно и количественно. При *качественном* определении цветности профильтрованную воду наливают в высокий цилиндр из бесцветного стекла и ставят на белую бумагу рядом с таким же цилиндром с дистиллированной водой. Цвет исследуемой и дистиллированной воды сравнивают, рассматривают сверху вниз при рассеянном освещении. Результат определения описывают словесно с указанием оттенка: бесцветная, слабо-желтая, зеленоватая, буроватая и т.д.

*Количественно* цветность воды определяют путем сравнения проб испытуемой жидкости со стандартными растворами на фотоэлектроколориметре.

*Оборудование:* фотоэлектроколориметр (ФЭК) с синим светофильтром ( $\lambda = 364$  нм). Кюветы с толщиной поглощающего свет слоя - 50 мм.

*Химическая посуда:* Колбы мерные вместимостью 1000 см<sup>3</sup>; пипетки мерные вместимостью 1, 5, 10 см<sup>3</sup> с делением на 0,1 мл; цилиндры Несслера вместимостью 100 см<sup>3</sup>.

##### *Порядок проведения работы.*

Фотометрический метод анализа цветности основан на измерении оптической плотности растворов с интенсивной окраской. Изменения оптической плотности измеряют фотоэлектроколориметром в кюветах с толщиной светопоглощающего слоя 50 мм. Контрольной жидкостью служит дистиллированная вода. Оптическую плотность фильтрата исследуемой пробы измеряют в синей части спектра со светофильтром при  $\lambda = 364$ .

##### *Приготовление шкалы цветности.*

Для приготовления шкалы цветности используют 12 цилиндров Несслера, вместимостью 100 см<sup>3</sup>. В каждом цилиндре смешивают раствор № 1 и раствор № 2 в соотношении, указанном в табл. 1. Раствор в каждом цилиндре соответствует определенному градусу цветности.

##### *Шкала цветности.*

Таблица 1.

№ цилиндра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раствор № 1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
Раствор № 2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	85	84

Градусы цветности	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
Оптическая плотность, D												

#### *Построение градуировочного графика.*

При определении цветности с помощью фотоэлектроколориметра используются кюветы с толщиной поглощающего цвет слоя 50 мм. Контрольной жидкостью служит дистиллированная вода. Оптическая плотность каждого из 12 растворов измеряется в синей части спектра со светофильтром при  $\lambda = 364$  нм.

Полученные значения оптической плотности вносят в таблицу 1.

Градуировочный график строят по шкале цветности, откладывая на оси абсцисс цветность каждого раствора, а по оси ординат соответствующее ему значение оптической плотности.

#### *Определение цветности исследуемой пробы воды.*

Определяют оптическую плотность исследуемой пробы воды при тех же условиях, что и построение калибровочного графика: используют кюветы с толщиной поглощающего цвет слоя 50 мм, оптическую плотность исследуемой пробы воды измеряют в синей части спектра со светофильтром при  $\lambda = 364$  нм.

По калибровочному графику определяют цветность исследуемой пробы воды, соответствующую данному значению оптической плотности.

Цветность выражают в градусах цветности дихромат-кобальтовой шкалы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### «Определение содержания иона кальция в воде»

#### **Сущность метода**

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

Метод позволяет определять более 1 мг ионов кальция в пробе с пределом погрешности измерений  $\pm 0,02$  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 pH от 12 до 13. В качестве индикатора вводят 1 см<sup>3</sup> раствора кальконкарбоновой 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 гидроксиламина.

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

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

$V_1$  – 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;

$V_2$  - объем воды, взятый на анализ, см<sup>3</sup>.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6**

«Определение содержания иона магния в воде»

#### **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

$V_1$ - объем раствора комплексона III, пошедший на титрование суммы ионов кальция и магния, см<sup>3</sup>;

$V_2$  - 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;

$V_3$  - 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 №7**

«Определение содержания взвешенных веществ»

#### **Методические указания.**

*Цель работы* – определение содержания взвешенных веществ в пробе природной (сточной) воды.

Взвешенные вещества – это содержащиеся в воде частицы минерального и органического происхождения с размером более  $1 \cdot 10^{-4}$  мм.

*Принцип метода.*

Определение содержания взвешенных веществ производят весовым (гравиметрическим) методом. Для определения содержания взвешенных веществ применяется фильтрование. При содержании взвешенных веществ в воде более  $10 \text{ мг/дм}^3$  применяются бумажные фильтры.

*Оборудование, приборы:* весы аналитические; шкаф сушильный с терморегулятором.

*Химическая посуда, материалы:* цилиндры емкостью 100 мл; колбы плоскодонные емкостью 250 мл; воронки; бюксы с притертой крышкой; эксикатор. Фильтры бумажные средней плотности (синяя лента).

*Порядок проведения работы.*

Беззольный фильтр средней плотности (синяя лента) помещают в бюкс и высушивают с открытой крышкой в течение 2 часов при  $105^\circ\text{C}$ . Затем охлаждают бюкс в эксикаторе и, закрыв крышкой, взвешивают на аналитических весах. Подготовленный таким образом фильтр вкладывают в стеклянную воронку.

Мерным цилиндром отмеряют  $100 \text{ см}^3$  анализируемой воды. Пробу тщательно взбалтывают и пропускают через приготовленный фильтр в несколько приемов. Цилиндр ополаскивают небольшой порцией фильтрата, который также сливают на фильтр. Фильтр с осадком переносят в тот же бюкс, в котором его взвешивали до фильтрования, высушивают 2 часа при  $105^\circ\text{C}$ , охлаждают в эксикаторе и, закрыв бюкс крышкой, снова взвешивают. Высушивание, охлаждение и взвешивание повторяют до достижения постоянной массы.

*Обработка результатов измерений.*

Содержание взвешенных веществ ( $X$ ) в  $\text{мг/дм}^3$  вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(m - m_1)1000}{V},$$

где,  $m$  – масса бюкса с фильтром и осадком, мг,

$m_1$  – масса бюкса с фильтром (до опыта), мг,

$V$  – объем пробы воды, взятый для определения,  $\text{см}^3$ .

Результаты определений округляют до целых миллиграммов.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8** «Определение кислотности пробы воды»

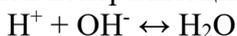
### **Методические указания.**

*Цель работы* – определение кислотности в пробе природной воды.

Кислотность природных вод обусловлена содержанием свободной угольной кислоты, гуминовых и других органических кислот, а также растворимых солей, образованных слабым основанием и сильной кислотой.

Кислотность бывает: 1) общей, эквивалентной расходу сильного основания на реакцию с сильными и слабыми кислотами, в том числе и с  $\text{CO}_2$  (рН доводят до 8,3); 2) свободной, эквивалентной расходу сильного основания на реакцию только с сильными кислотами (рН доводят от величины  $<4,5$  до  $4,5$ ); 3) зависящей от слабых нелетучих кислот (например, гуминовых), концентрация которых эквивалентна расходу сильного основания на титрование пробы воды после удаления их нее свободного диоксида углерода (рН доводят от  $4,5$  до  $8,3$ ).

В природных водах в большинстве случаев определяют общую кислотность реакцией нейтрализации при взаимодействии кислоты со щелочью:



Общая кислотность представляет собой сумму свободной угольной кислоты и свободной кислотности.

Кислотностью называется содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными щелочами, то есть с гидроксил-ионами.

Кислотность природных вод, имеющих значение рН более 4,5, обуславливается наличием свободной углекислоты, гуминовых и других слабых органических кислот, а менее 4,5 – сильными кислотами, их солями и солями слабых оснований.

Различают общую кислотность и свободную кислотность. Часть общей кислотности, которая снижает рН до значений менее 4,5, называется свободной кислотностью воды. Если рН вода больше 8,3, общая кислотность равна нулю.

Свободную кислотность воды определяют титрованием ее раствором сильного основания (едкого натра или едкого кали).

#### *1. Порядок проведения определения свободной кислотности.*

Свободную кислотность определяют, титруя пробу воды по метиловому оранжевому.

Отбирают пипеткой аликвотную часть пробы воды – 50 см<sup>3</sup>, добавляют 2-3 капли метилового оранжевого и титруют 0,1 н раствором едкого натра до рН = 4,5 - до перехода розовой окраски раствора в оранжевую.

Если при прибавлении к пробе индикатора раствор становится желтым, свободная кислотность равна нулю.

#### *Обработка результатов.*

Свободную кислотность рассчитывают по формуле:

$$K_{св} = (n_1 \cdot V_1) / V_2 \cdot 1000$$

где  $K_{св}$  – свободная кислотность, мг моль/дм<sup>3</sup>;

$n_1$  – нормальность раствора едкого натра;

$V_1$  – объем раствора едкого натра, израсходованный на титрование по метиловому оранжевому, см<sup>3</sup>,

$V_2$  – объем аликвотной части анализируемой воды, см<sup>3</sup>.

#### *2. Порядок проведения определения общей кислотности.*

Общую кислотность определяют, титруя воду по фенолфталеину.

Отбирают пипеткой аликвотную часть пробы воды – 50 см<sup>3</sup>, титруют 0,1 н раствором едкого натра до рН 8,3 - до появления розовой окраски.

#### *Обработка результатов.*

Общую кислотность анализируемой пробы воды  $K_{об}$  в мг моль/дм<sup>3</sup> рассчитывают по формуле:

$$K_{об} = (n_1 \cdot V_1) / V_2 \cdot 1000$$

где  $n_1$  – нормальность раствора едкого натра;

$V_1$  – объем раствора едкого натра, израсходованный на титрование по фенолфталеину, см<sup>3</sup>,

$V_2$  – объем аликвотной части анализируемой воды, см<sup>3</sup>.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9** «Определение щелочности пробы воды»

### **Методические указания.**

*Цель работы* – определение щелочности в пробе природной воды.

Щелочностью называется содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными кислотами, то есть с ионами водорода.

Общая щелочность в природных водах зависит, как правило, только от карбонатов кальция и магния. В этом случае значение рН воды не превышает 8,3. Наличие растворимых карбонатов и гидроокисей превышает значение рН = 8,3.

Свободной щелочностью называется часть общей щелочности, которая повышает рН воды свыше 8,3.

Щелочность определяют титрованием воды раствором сильной кислоты (соляной или серной).

*Порядок проведения определения свободной щелочности.*

Свободную щелочность определяют, титруя воду по фенолфталеину.

Пипеткой отбирают 50 см<sup>3</sup> анализируемой воды и переносят в колбу для титрования. Добавляют 2 капли фенолфталеина и титруют 0,1 н раствором соляной кислоты до рН 8,3 - до полного обесцвечивания раствора.

*Обработка результатов.* Свободную щелочность вычисляют по формуле:

$$Щ_{св} = (n_1 \cdot V_1) / V_2 \cdot 1000$$

где  $Щ_{св}$  - свободная щелочность, мг моль/дм<sup>3</sup>,  $n_1$  - нормальность раствора соляной кислоты;  $V_1$  - объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину, см<sup>3</sup>,  $V_2$  - объем аликвотной части анализируемой воды, см<sup>3</sup>.

*Порядок проведения определения общей щелочности.*

*Вариант 1.* Общую щелочность определяют, титруя воду по метиловому оранжевому. К 50 см<sup>3</sup> анализируемой пробы воды добавляют 2 капли метилового оранжевого и титруют 0,1 н раствором соляной кислоты до рН 4,5 - до перехода окраски из желтой в оранжевую.

*Обработка результатов.* Общую щелочность вычисляют по формуле:

$$Щ_{об} = (n_1 \cdot V_1) / V_2 \cdot 1000$$

где  $Щ_{об}$  - общая щелочность, мг моль/дм<sup>3</sup>,

$n_1$  - нормальность раствора соляной кислоты;

$V_1$  - объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по метиловому оранжевому, см<sup>3</sup>,

$V_2$  - объем аликвотной части анализируемой воды, см<sup>3</sup>.

*Вариант 2.* Для определения общей щелочности можно использовать раствор после определения свободной щелочности. Прибавить 2 капли метилового оранжевого и оттитровать 0,1 н раствором соляной кислоты до перехода окраски из желтой в оранжевую.

*Обработка результатов.*

Общую щелочность, определяемую в пробе после титрования свободной щелочности по фенолфталеину, вычисляют по формуле:

$$Щ_{об} = n_1(V_1 + V_1'') / V_2 \cdot 1000,$$

где  $n_1$  - нормальность раствора соляной кислоты;

$V_1$  - объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину, см<sup>3</sup>,

$V_1''$  - объем соляной кислоты, израсходованный на титрование той же пробы по метиловому оранжевому, см<sup>3</sup>,

$V_2$  - объем аликвотной части анализируемой воды, см<sup>3</sup>.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

«Определение содержания нитрат-ионов в воде»

### Методические указания.

*Цель работы* - определение содержания нитрат-ионов в пробе природной (очищенной сточной) воды.

Методика предназначена для выполнения измерений концентрации нитрат-ионов от 0,1 - 10 мг/дм<sup>3</sup> в природных и очищенных сточных водах фотометрическим методом.

*Принцип метода.*

Метод основан на взаимодействии нитрат-ионов с салициловой кислотой в серноокислой среде с образованием смеси

3-нитросалициловой и 5-нитросалициловой кислот, соли которых в щелочной среде окрашены в желтый цвет.

*Оборудование:* фотоэлектроколориметр КФК-3, кюветы с толщиной поглощающего слоя - 30 мм, баня водяная.

*Химическая посуда:* чашки выпарные фарфоровые; пробирки колориметрические, вместимостью 10 см<sup>3</sup>; колбы мерные вместимостью 50, см<sup>3</sup>; пипетки вместимостью 1, 2, 5, 10 см<sup>3</sup>.

*Построение калибровочного графика.*

В 8 пронумерованных пробирок вместимостью 10 см<sup>3</sup> отбирают последовательно пипеткой 0,0, 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 10,0 см<sup>3</sup> рабочего раствора калия азотнокислого и доводят объем до 10 см<sup>3</sup> (10,0 9,9; 9,5; 9,0; 8,0; 6,0; 4,0 см<sup>3</sup>) дистиллированной водой. Содержание нитрат-ионов в растворах соответственно равно 0,0 (холостой раствор), 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 10,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Растворы из пробирок переносят в выпарительные фарфоровые чашки, добавляют по 1 см<sup>3</sup> 0,5%-ного раствора салицилата натрия и выпаривают на водяной бане досуха. После охлаждения сухой остаток в фарфоровой чашке смачивают 1 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты и оставляют на 10 минут. Затем содержимое чашки разбавляют 15 - 20 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и переносят количественно в мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup>, обмывая стенки чашки дистиллированной водой. В каждую колбу приливают по 7 см<sup>3</sup> раствора гидроокиси натрия и охлаждают колбу в холодной воде. Доводят до метки дистиллированной водой и полученный окрашенный раствор сразу фотометрируют при  $\lambda = 410$  нм в кюветах с толщиной слоя 30 мм. В качестве раствора сравнения используют холостой раствор. Данные вносят в таблицу 1.

Таблица 1.

С, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,5	1,0	2,0	4,0	10,0	10,0
Д							

*Построение градуировочного графика.*

Градуировочный график строят в координатах: оптическая плотность – содержание нитрат-ионов в пробе. Следует убедиться в том, что зависимость концентрации от оптической плотности – линейная.

Рассчитывают по графику коэффициент факторизации  $F$ , для чего по графику снимают значение  $C$  для средней части графика и соответствующую этой концентрации оптическую плотность  $D$ .

$$F = \frac{C}{D}$$

Если при построении градуировочного графика будет установлено, что зависимость  $C$  от  $D$  не линейная, коэффициент факторизации  $F$  определять не следует. Определение концентрации при этом проводят по графику.

*Выполнение измерений.*

Для анализа используют фильтрат. Пробу объемом 10 см<sup>3</sup> обрабатывают так же, как описано в «Построении калибровочного графика».

*Обработка результатов измерений.*

Содержание нитрат-ионов ( $X$ ), мг/дм<sup>3</sup> вычисляют по формуле:

$$X = C \cdot 1000 / V$$

где  $C$  – содержание нитрат-ионов, найденное по калибровочному графику, мг;

$V$  – объем пробы, взятой для анализа, см<sup>3</sup>.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

«Определение содержания аммонийного азота в сточных водах»

### Методические указания.

В природной воде аммиак образуется при разложении азотсодержащих органических веществ. Он хорошо растворим в воде с образованием гидроксида аммония.

Содержание ионов аммония в природных водах варьирует в интервале от 10 до 200 мкг/дм<sup>3</sup> в пересчете на азот. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано с процессами биохимической деструкции белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины (под действием фермента уреазы). Основным источником поступления ионов аммония в водные объекты являются хозяйственно-бытовые сточные воды, животноводческие фермы, поверхностный сток с сельхозугодий при использовании аммонийных удобрений, а также сточные воды предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности.

В стоках промышленных предприятий содержится до 1, в бытовых стоках – 2 – 7 мг/дм<sup>3</sup> аммония; с хозяйственно-бытовыми сточными водами в канализационные системы ежедневно поступает до 10 г азота аммонийного на одного жителя.

При переходе от олиготрофных к мезо- и эвтрофным водоемам возрастают как абсолютная концентрация ионов аммония, так и их доля в общем балансе связанного азота.

Содержание аммонийного азота в водоемах с различной степенью загрязненности.

Степень загрязненности (классы водоемов)	Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>
Очень чистые	0,05
Чистые	0,1
Умеренно загрязненные	0,2 – 0,3
Загрязненные	0,4 – 1,0
Грязные	1,1 – 3,0
Очень грязные	> 3,0

Присутствие ионов аммония в концентрациях порядка 1 мг/дм<sup>3</sup> снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Токсичность ионов аммония возрастает с повышением рН среды.

Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесса загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

В подземных водах аммиак появляется в результате жизнедеятельности микроорганизмов. В анаэробной среде аммиак образуется при восстановлении азотсодержащих органических веществ. Повышенное содержание аммиака в поверхностных водах объясняется спуском в них бытовых сточных вод и некоторых промышленных вод, содержащих значительные количества аммиака или солей аммония. Вследствие жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий содержание аммиака в водоемах снижается при одновременном образовании нитратов.

*Оборудование.* Фотоэлектроколориметр со светофильтром ( $\lambda = 400$  нм). Кюветы с толщиной поглощающего свет слоя - 10 мм.

*Химическая посуда.* Колбы мерные вместимостью 50 см<sup>3</sup>; пипетки мерные вместимостью 1, 5, 10 см<sup>3</sup> с делением на 0,1 см<sup>3</sup>, колбы плоскодонные вместимостью 100 см<sup>3</sup>.

*Выполнение измерений.*

Методика предназначена для измерения содержания массовой концентрации ионов аммония с 0,005 до 4,0 мг/дм<sup>3</sup> в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера.

*Порядок проведения работы.*

Метод определения основан на построении градуировочного графика при помощи серии растворов, полученных смешением рабочих растворов в соотношениях, указанных в таблице ниже.

Для получения растворов заданной концентрации используют рабочий раствор хлорида аммония. 1 см<sup>3</sup> раствора содержит 0,005 мг ионов аммония.

**Одновременно** с образцами растворов определяют оптическую плотность исследуемой пробы воды. Полученные значения оптической плотности вносят в таблицу.

Для приготовления серии растворов используют мерные колбы вместимостью 50 см<sup>3</sup>. Раствор в каждой колбе соответствует определенной концентрации ионов аммония.

Используются кюветы с толщиной поглощающего цвет слоя 10 мм. *Контрольной жидкостью* служит дистиллированная вода. Оптическая плотность каждого из растворов измеряется при  $\lambda = 400$  нм.

Полученные значения оптической плотности вносят в таблицу.

№ колбы	0	1	2	3	4	5
Объем NH <sub>4</sub> Cl, см <sup>3</sup>	0	8,0	16,0	24,0	32,0	40,0
Концентрация раствора NH <sub>4</sub> Cl, мг/дм <sup>3</sup>	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
Оптическая плотность, D	-					

№ исследуемого образца	№ 1	№ 2	№ 3
Оптическая плотность D исследуемого образца воды			

Градуировочный график строят, откладывая на оси абсцисс величину концентрации ионов-аммония каждого раствора, а по оси ординат соответствующее ему значение оптической плотности, измеренной фотоэлектроколориметром.

По градуировочному графику определяют концентрации ионов-аммония исследуемых проб воды, соответствующих данному значению оптической плотности.

Полученное значение концентрации ионов-аммония выражают в мг/дм<sup>3</sup>.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12

«Определение содержания железа в воде»

**Цель работы-** определить массовую концентрацию общего железа в воде.

#### Методические указания.

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 феноантролина 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.

Гидроксиламин 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 гидроксиламина 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 гидроксиламина, 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 рН 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 №13**

«Определение перманганатной окисляемости (по Кубелю)»

**Цель работы** – определение перманганатной окисляемости пробы природной воды

**Методические указания.**

Методика выполнения измерений предназначена для титриметрического определения перманганатной окисляемости проб питьевых и природных вод в диапазоне значений от 1,0 до 30 мг/дм<sup>3</sup> в пересчете на атомарный кислород.

*Принцип метода.*

Метод основан на окислении присутствующих в пробе воды веществ перманганатом калия в сернокислой среде при кипячении. Определение перманганатной окисляемости пробы производится титриметрически в присутствии избытка щавелевой кислоты

*Оборудование, материалы, реактивы:* весы лабораторные, термометр, электроплитки с закрытой спиралью, шкаф сушильный.

*Химическая посуда:* колбы мерные, воронки, цилиндры мерные вместимостью 100 см<sup>3</sup>, пипетки Мора, пипетки градуированные, бюретки вместимостью 10 и 26 см<sup>3</sup> со стеклянным краном и ценой деления не более 0,05,

колбы плоскодонные термостойкие вместимостью 250 и 1000 см<sup>3</sup>.

*Химические реактивы.* Калий марганцовокислый (перманганат калия), ч.д.а. или фиксанал, кислота серная, ч.д.а., кислота щавелевая, ч.д.а. или фиксанал.

*Подготовка к выполнению измерений.*

Колбы плоскодонные термостойкие для определения перманганатной окисляемости предварительно готовят следующим образом. В колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup> помещают 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, приливают

5 см<sup>3</sup> серной кислоты (1 : 3) и 10 см<sup>3</sup> рабочего раствора перманганата калия. Смесь нагревают до кипения и кипятят (10 ± 1) минут. К горячему раствору прибавляют 10 см<sup>3</sup> рабочего раствора щавелевой кислоты. Обесцвеченную горячую смесь (60 – 80 °С в конце титрования) при постоянном перемешивании титруют рабочим раствором перманганата калия до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 10 секунд. Раствор находится в колбах до начала анализа проб воды.

Для предотвращения бурного кипения раствора в колбу помещают кипелки, а саму колбу накрывают стеклянной воронкой.

*Выполнение измерений.*

В колбу (см. Подготовка к выполнению) мерным цилиндром помещают 100 см<sup>3</sup> анализируемой воды, приливают 5 см<sup>3</sup> разбавленной (1 : 3) серной кислоты и добавляют 10 см<sup>3</sup> рабочего раствора перманганата калия. Колбу нагревают так, чтобы смесь закипела через 5 – 7 минут и кипятят (10 ± 1) минут. Раствор во время кипячения не должен терять розовой окраски. Сразу после кипячения к горячей смеси прибавляют пипеткой 10 см<sup>3</sup> рабочего раствора щавелевой кислоты.

Обесцвеченную горячую смесь (60 – 80 °С в конце титрования) титруют из бюретки рабочим раствором перманганата калия до появления слабо-розового окрашивания.

С использованием тех же растворов реагентов, проводят холостой опыт со 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, обрабатывая ее так же, как и исследуемую воды. Холостой опыт повторяют два раза, при этом расхождение между результатами титрования не должно превышать 0,1 см<sup>3</sup>. Расход раствора перманганата калия на холостой опыт не должен превышать 0,5 см<sup>3</sup>.

Если в процессе кипячения анализируемой пробы содержимое колбы потеряет розовую окраску или расход рабочего раствора перманганата калия на титрование превысит 8 см<sup>3</sup>, то есть значение перманганатной окисляемости анализируемой пробы выше 6,5 мг/дм<sup>3</sup>, то исходную пробу следует разбавить той же дистиллированной водой, что использовалась для холостого опыта.

*Обработка результатов измерений.*

Значение перманганатной окисляемости анализируемой пробы  $S_x$  (мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) рассчитывают по формуле:

$$C_x = \frac{(V_1 - V_2)N \cdot 8 \cdot 1000}{V_3},$$

где  $V_1$  – объем 0,01 н раствора перманганата калия, израсходованный на титрование 100 см<sup>3</sup> пробы или разбавленной до 100 см<sup>3</sup>;

$V_2$  – объем 0,01 н раствора перманганата калия, израсходованный на титрование холостого опыта, рассчитанный как среднеарифметическое между двумя результатами титрования, см<sup>3</sup>,

$N$  – нормальность раствора перманганата калия – 0,01 н раствор;

$\delta$  – миллиграмм-эквивалент кислорода;

$V_3$  – объем исследуемой воды, взятой для определения, см<sup>3</sup>. Если проба не разбавлялась, то

$V = 100$  см<sup>3</sup>.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14

«Определение содержания ионов аммония в пробе воды»

**Цель работы** – определить содержание ионов аммония в пробе воды.

### Методические указания.

В природной воде аммиак образуется при разложении азотсодержащих органических веществ. Он хорошо растворим в воде с образованием гидроксида аммония.

Содержание ионов аммония в природных водах варьирует в интервале от 10 до 200 мкг/дм<sup>3</sup> в пересчете на азот. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано с процессами биохимической деструкции белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины (под действием фермента уреазы). Основным источником поступления ионов аммония в водные объекты являются хозяйственно-бытовые сточные воды, животноводческие фермы, поверхностный сток с сельхозугодий при использовании аммонийных удобрений, а также сточные воды предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности.

В стоках промышленных предприятий содержится до 1, в бытовых стоках – 2 – 7 мг/дм<sup>3</sup> аммония; с хозяйственно-бытовыми сточными водами в канализационные системы ежедневно поступает до 10 г азота аммонийного на одного жителя.

При переходе от олиготрофных к мезо- и эвтрофным водоемам возрастают как абсолютная концентрация ионов аммония, так и их доля в общем балансе связанного азота.

Таблица 9.

Содержание аммонийного азота в водоемах с различной степенью загрязненности.

Степень загрязненности (классы водоемов)	Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>
Очень чистые	0,05
Чистые	0,1
Умеренно загрязненные	0,2 – 0,3
Загрязненные	0,4 – 1,0
Грязные	1,1 – 3,0
Очень грязные	> 3,0

Присутствие ионов аммония в концентрациях порядка 1 мг/дм<sup>3</sup> снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Токсичность ионов аммония возрастает с повышением рН среды.

Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного

объекта, процесса загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

В подземных водах аммиак появляется в результате жизнедеятельности микроорганизмов. В анаэробной среде аммиак образуется при восстановлении азотсодержащих органических веществ. Повышенное содержание аммиака в поверхностных водах объясняется спуском в них бытовых сточных вод и некоторых промышленных вод, содержащих значительные количества аммиака или солей аммония. Вследствие жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий содержание аммиака в водоемах снижается при одновременном образовании нитратов.

**Оборудование.** Фотоэлектроколориметр со светофильтром ( $\lambda = 400$  нм). Кюветы с толщиной поглощающего свет слоя - 10 мм.

**Химическая посуда.** Колбы мерные вместимостью 50 см<sup>3</sup>; пипетки мерные вместимостью 1, 5, 10 см<sup>3</sup> с делением на 0,1 см<sup>3</sup>, колбы плоскодонные вместимостью 100 см<sup>3</sup>.

**Выполнение измерений.**

Методика предназначена для измерения содержания массовой концентрации ионов аммония с 0,005 до 4,0 мг/дм<sup>3</sup> в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера.

**Порядок проведения работы.**

Метод определения основан на построении градуировочного графика при помощи серии растворов, полученных смешением рабочих растворов в соотношениях, указанных в таблице 10.

Для получения растворов заданной концентрации используют рабочий раствор хлорида аммония. 1 см<sup>3</sup> раствора содержит 0,005 мг ионов аммония.

**Одновременно** с образцами растворов определяют оптическую плотность исследуемой пробы воды. Полученные значения оптической плотности вносят в таблицу 11.

Для приготовления серии растворов используют мерные колбы вместимостью 50 см<sup>3</sup>. Раствор в каждой колбе соответствует определенной концентрации ионов аммония.

Используются кюветы с толщиной поглощающего цвет слоя 10 мм. *Контрольной жидкостью* служит дистиллированная вода. Оптическая плотность каждого из растворов измеряется при  $\lambda = 400$  нм.

Полученные значения оптической плотности вносят в таблицу 10.

Таблица 10.

№ колбы	0	1	2	3	4	5
Объем NH <sub>4</sub> Cl, см <sup>3</sup>	0	8,0	16,0	24,0	32,0	40,0
Концентрация раствора NH <sub>4</sub> Cl, мг/дм <sup>3</sup>	0	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
Оптическая плотность, D	-					

Таблица 11

№ исследуемого образца	№ 1	№ 2	№ 3
Оптическая плотность D исследуемого образца воды			

Градуировочный график строят, откладывая на оси абсцисс величину концентрации ионов-аммония каждого раствора, а по оси ординат соответствующее ему значение оптической плотности, измеренной фотоэлектроколориметром.

По градуировочному графику определяют концентрации ионов-аммония исследуемых проб воды, соответствующих данному значению оптической плотности.

Полученное значение концентрации ионов-аммония выражают в мг/дм<sup>3</sup>.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15

«Определение фосфат-ионов в пробе воды»

**Цель работы-** определить содержание фосфат-ионов в пробе воды.

**Методические указания.**

*Фосфор общий* – сумма минерального и органического фосфора (таблица *Формы фосфора в природе*). Как и в случае азота, обмен фосфором между его минеральными и органическими формами, с одной стороны, и живыми организмами – с другой, является основным фактором, определяющим его концентрацию.

#### *Формы фосфора в природе.*

Химические формы фосфора	Общий	Растворенный (фильтруемый)	Частицы
Общий фосфор	Общий растворенный и взвешенный фосфор	Общий растворенный фосфор	Общий фосфор в частицах
Ортофосфаты	Общий растворенный и взвешенный фосфор	Растворенные ортофосфаты	Ортофосфаты в частицах
Гидролизуемые кислотой фосфаты	Общие растворенные и взвешенные гидролизуемые кислотой фосфаты	Растворенные гидролизуемые кислотой фосфаты	Гидролизуемые кислотой фосфаты в частицах
Органический фосфор	Общий растворенный и взвешенный органический фосфор	Растворенный органический фосфор	Органический фосфор в частицах

*Концентрация общего растворенного фосфора (минерального и органического) в незагрязненных природных водах изменяется от 5 до 200 мкг/ дм<sup>3</sup>.*

Фосфор – важнейший биогенный элемент, чаще всего лимитирующий развитие продуктивности водоемов. Поэтому поступление избытка соединений фосфора в виде минеральных удобрений с поверхностным стоком с полей (с 1 га орошаемых земель выносятся 0,4 – 0,6 кг фосфора), со стоками с ферм (0,01 – 0,05 кг/сут на одно животное), с недоочищенными или неочищенными бытовыми сточными водами (0,003 – 0,006 кг/сут на одного жителя), а также с некоторыми производственными стоками приводит к резкому неконтролируемому приросту растительной биомассы водного объекта (особенно в непроточных и малопроточных водоемах). Происходит изменение трофического статуса водоема, сопровождающееся перестройкой всего водного сообщества и ведущее к преобладанию гнилостных процессов (к возрастанию мутности, солёности, концентрации бактерий).

Один из вероятных аспектов процесса эвтрофикации – рост синезеленых водорослей (цианобактерий), многие из которых токсичны. Выделяемые этими бактериями вещества относятся к группе фосфор- и серосодержащих органических соединений – нервно-паралитических ядов. Действие токсинов синезеленых водорослей может проявляться в возникновении дерматозов, желудочно-кишечных заболеваний, а в особенно тяжелых случаях – при попадании большой массы водорослей внутрь организма – может развиваться паралич.

*Фосфор органический.* Природные соединения органического фосфора поступают в водные объекты в результате процессов жизнедеятельности и посмертного распада водных организмов, обмена с донными отложениями и присутствуют в поверхностных водах в растворенном, взвешенном и коллоидном состоянии.

*Фосфор минеральный* – поступает в природные воды в результате выветривания и растворения пород, содержащих ортофосфаты (апатиты и фосфориты) и поступления с поверхности водосбора в виде орто-, мета-, пиро- и полифосфат-ионов (удобрения, синтетические моющие средства и т.п.), а также образуются при биологической деструкции остатков животных и растительных организмов. Избыточное содержание фосфатов в воде может быть отражением присутствия в водном объекте примесей удобрений, компонентов хозяйственно-бытовых сточных вод, разлагающейся биомассы.

Основной формой неорганического фосфора при значениях pH водоема больше 6,5 является ион  $\text{HPO}_4^{2-}$  (около 90 %). В кислых водах неорганический фосфор присутствует преимущественно в виде  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

*Концентрация фосфатов в природных водах обычно очень мала – сотые, редко десятые доли миллиграммов фосфора в 1 дм<sup>3</sup>, в загрязненных водах она может достигать нескольких миллиграммов в 1 дм<sup>3</sup>.*

*Подземные вода содержат обычно не более 100 мкг/дм<sup>3</sup> фосфатов; исключение составляют воды в районах залегания фосфорсодержащих пород.*

Содержание соединений фосфора подвержено значительным сезонным колебаниям, поскольку оно зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ. Минимальные концентрации фосфатов в поверхностных водах наблюдаются обычно весной и летом, максимальные – осенью и зимой, в морских водах – соответственно весной и осенью, летом и зимой. Общее токсическое действие солей фосфорной кислоты возможно лишь при весьма высоких дозах и чаще всего обусловлено примесями фтора.

*В методике оценки экологической ситуации рекомендован норматив содержания растворимых фосфатов в воде – 50 мкг/дм<sup>3</sup>.*

*Полифосфаты.* Полифосфаты можно описать следующими химическими формулами:



Полифосфаты применяются для умягчения воды, обезжиривания волокна, как компонент стиральных порошков и мыла, ингибитор коррозии, катализатор в пищевой промышленности.

Полифосфаты малотоксичны. Токсичность полифосфатов объясняется их способностью к образованию комплексов с биологически важными ионами, особенно с кальцием.

*Установленное допустимое остаточное количество полифосфатов в воде хозяйственно-питьевого назначения составляет 3,5 мг/дм<sup>3</sup> (лимитирующий показатель вредности – органолептический).*

*Выполнение измерений.*

К 50 мл пробы исследуемой воды прибавляют 1 мл молибдата аммония, через 5 минут добавляют 4 капли раствора олова. Через 15 минут измеряют оптическую плотность полученного раствора при длине волны 690 нм по отношению к холостому раствору. Холостой раствор готовится на дистиллированной воде с добавлением соответствующих реактивов.

Содержание фосфат-ионов в мг/дм<sup>3</sup> находят по градуировочному графику.

*Построение градуировочного графика.*

Для построения градуировочного графика в мерных колбах объемом 50 мл готовят образцы для градуировки с массовой концентрацией фосфат-ионов от 0,5 до 1,0 мг/дм<sup>3</sup>. Для этого используют рабочий раствор с концентрацией фосфатов 0,01 мг в 1 миллилитре. Состав и количество образцов для градуировки приведены в таблице.

№ колбы	0	1	2	3	4	5	6
Объем рабочего раствора, мл	0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Концентрация фосфатов в градуировочных растворах, мг/л	0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Д, оптическая плотность раствора							

Используя полученные значения, строят градуировочный график: по оси ординат откладывают значение оптической плотности, по оси абсцисс – величину концентрации образца, мг/л.

**Обработка результатов измерений.**

Содержание фосфат-ионов (мг/дм<sup>3</sup>) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{C \cdot 50}{V},$$

где  $C$  – концентрация фосфат-ионов, найденная по градуировочному графику, мг/см<sup>3</sup>,  
 $50$  – объем, до которого была разбавлена проба,  
 $V$  – объем пробы, взятый для анализа, см<sup>3</sup>.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16

«Органолептическая оценка воды»

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

### Методические указания.

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 записывают 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 измеряют высоту воды в см. Получаемые результаты переводят на показания по шрифту.(таблица 1.) Данные записывают 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 довольноинтенсивную окраску воды. Высокая цветность является тревожнымпризнаком, 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, землистого 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

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17

«Определение ХПК в воде»

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

**Методические указания.**

Сущность метода заключается в обработке пробы воды серной кислотой и бихроматом калия при заданной температуре в присутствии сульфата серебра — катализатора окисления, и сульфата ртути (II), используемого для снижения влияния хлоридов, и определении значений ХПК в заданном диапазоне концентраций путем измерения оптической плотности исследуемого раствора при заданном значении длины

волны с использованием градуировочной зависимости оптической плотности раствора от значения ХПК.

Значения ХПК в диапазоне от 10 до 160 мгО/дм<sup>3</sup> включительно определяют путем измерения оптической плотности раствора при длине волны (440 + 20) нм.

Значения ХПК в диапазоне от 80 до 800 мгО/дм<sup>3</sup> включительно определяют путем измерения оптической плотности раствора при длине волны (600 + 20) нм.

Значения ХПК в диапазоне от 80 до 160 мгО/дм<sup>3</sup> включительно допускается определять как при длине волны (440 + 20) нм, так и при длине волны (600 + 20) нм.

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

Фотометр, спектрофотометр или фотометрический анализатор (далее — анализатор), снабженный адаптером для измерений оптической плотности воды и водных растворов, непосредственно находящихся в реакционных сосудах, в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм.

Реакционные сосуды из термостойкого стекла (пробирки с завинчивающимися крышками вместимостью от 10 до 15 см<sup>3</sup>), предназначенные для обработки проб воды и измерений оптической плотности воды и водных растворов.

Нагревательный блок (термореактор), предназначенный для нагревания реакционных сосудов, обеспечивающий поддержание температуры содержимого реакционных сосудов (150 + 5) °С.

Перемешивающее устройство, например магнитная мешалка, эксикатор или ультразвуковая ванна.

Весы лабораторные, колбы мерные вместимостью 25,50,1000 см<sup>3</sup>, цилиндры мерные, стаканы химические термостойкие вместимостью 1000 см<sup>3</sup>, пипетки градуированные; Вода дистиллированная. Кислота серная. Сульфат ртути (II). Сульфат серебра. Калий двуххромовокислый (бихромат калия). Бумага фильтровальная лабораторная.

#### **Порядок проведения измерений**

Одновременно анализируют не менее двух аликвотных порций пробы воды (параллельные пробы). Объем отбираемой аликвотной порции пробы воды — 2 см<sup>3</sup>. Допускается увеличение объема пробы воды до 4 см<sup>3</sup>.

Заполняют реакционные сосуды реагентом.

Проводят визуальный осмотр реакционных сосудов и их содержимого. При обнаружении в сосуде трещин, повреждений любого типа или признаков зеленой окраски раствора, реакционный сосуд не используют.

Включают нагревательный блок, нагревают его до 150 °С и выдерживают при этой температуре не менее 10 мин.

Снимают крышку с реакционного сосуда и сразу же вносят в него дозатором или мерной пипеткой пробу воды, при необходимости предварительно тщательно перемешанной.

На реакционный сосуд плотно навинчивают крышку и перемешивают его содержимое, осторожно переворачивая несколько раз. Вытирают внешнюю поверхность реакционного сосуда фильтровальной бумагой. Помещают реакционный сосуд в нагревательный блок и выдерживают в течение (120 + 10) мин.

Осторожно, например специальными захватами, вынимают реакционные сосуды из нагревательного блока и охлаждают при комнатной температуре до температуры не выше 60 °С. Перемешивают содержимое, переворачивая реакционные сосуды. Затем охлаждают реакционные сосуды до комнатной температуры. Реакционные сосуды, в которых произошло визуально заметное уменьшение объема содержимого, для измерений не используют. Анализ пробы воды в этом случае повторяют.

Если раствор после охлаждения прозрачен, то измеряют оптическую плотность пробы воды при рабочей длине волны 440 нм, используя реагент, или при 600 нм, используя реагент.

Если раствор мутный, то ему дают отстояться, затем измеряют его оптическую плотность как описано выше. Если после отстаивания раствор остается мутным, то анализ пробы воды повторяют, предварительно разбавив ее дистиллированной водой.

#### **Обработка результатов измерений**

По значению оптической плотности раствора, для каждой аликвотной порции пробы воды, используя градуировочную зависимость, определяют значение ХПК.

Если значение ХПК выходит за пределы диапазона построения градуировочной зависимости, то испытания повторяют либо разбавив пробу дистиллированной водой, либо используя реагент для работы с другим диапазоном значений ХПК.

Если проба воды подвергалась в процессе измерений разбавлению, то полученное значение ХПК умножают на коэффициент разбавления пробы воды  $K_p$ , который вычисляют по формуле

$$K_p = \frac{V_p}{V_a}, \quad (1)$$

где  $V_p$  — объем пробы воды после разбавления,  $\text{см}^3$ ;

$V_a$  — объем аликвотной порции пробы воды до разбавления,  $\text{см}^3$ .

За результат измерения принимают среднеарифметическое значение не менее двух параллельных определений ХПК пробы воды  $X$ ,  $\text{мгО/дм}^3$ , при выполнении условия

$$X_{\max} - X_{\min} \leq 0,01 \bar{X}_r, \quad (2)$$

где  $X_{\max}$  — максимальное значение ХПК из двух параллельных определений,  $\text{мгО/дм}^3$ ;

$X_{\min}$  — минимальное значение ХПК из двух параллельных определений,  $\text{мгО/дм}^3$ ;

$r$  — относительное значение предела повторяемости по таблице 1, %.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18**

«Определение содержания хрома (VI) в воде»

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

#### **Методические указания.**

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  $\text{мг/дм}^3$ . 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 надсерноокислый, 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 надсерноокислый, 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)

$$X = \frac{C_{xp} V_{m.k.} f}{V_{пр}}, \quad (2)$$

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

$V_{m.k.}$  - 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)

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

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 №19

«Определение содержания общего хрома в воде»

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

### Методические указания.

Для определения общего хрома соединения хрома предварительно переводят в хром (VI) путем окисления надсернистым 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 азотнокислое, 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 №20 «Живые организмы как индикаторы загрязнения»

### Методические указания.

Фитотестирование основано на чувствительности растений к экзогенному химическому воздействию, что отражается на ростовых и морфологических характеристиках.

Для проведения фитотестирования используются контейнеры, представляющие собой боксы для компакт-дисков, которые позволяют проводить фитотестирование в «вертикальном исполнении» (рисунок 1).

Тест-культуры, применяемые для фитотеста:

- 1) овес посевной;
- 2) редис.



Рисунок 1 – Пластиковый контейнер и семена овса и капусты

Почвенные пробы или подготовленный впитывающий материал увлажняются (либо водой, либо почвенными вытяжками). Далее они наносятся на пластину задней части контейнера. Исследуемые семена растений капусты и укропа (по 10 семян) помещаются в подготовленные контейнеры, где находится увлажненная почва, с интервалом в 1 см (рисунок 2).

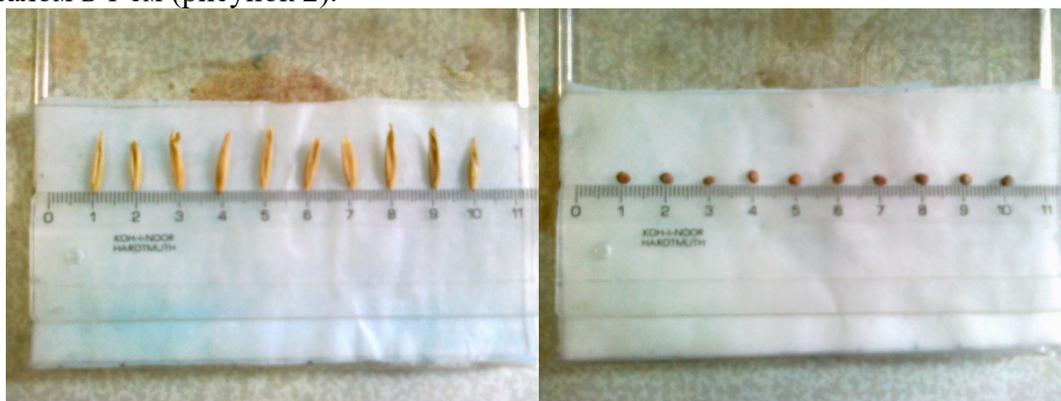


Рисунок 2 – Размещение семян в контейнере (увлажненный впитывающий материал)

Процесс роста тест-культур фиксировался при помощи сканирования контейнеров на МФУ (принтер-сканер-копир). Обработка полученных изображений может происходить при помощи программы AutoCAD (рисунок 3). Либо показания снимаются непосредственным измерением.

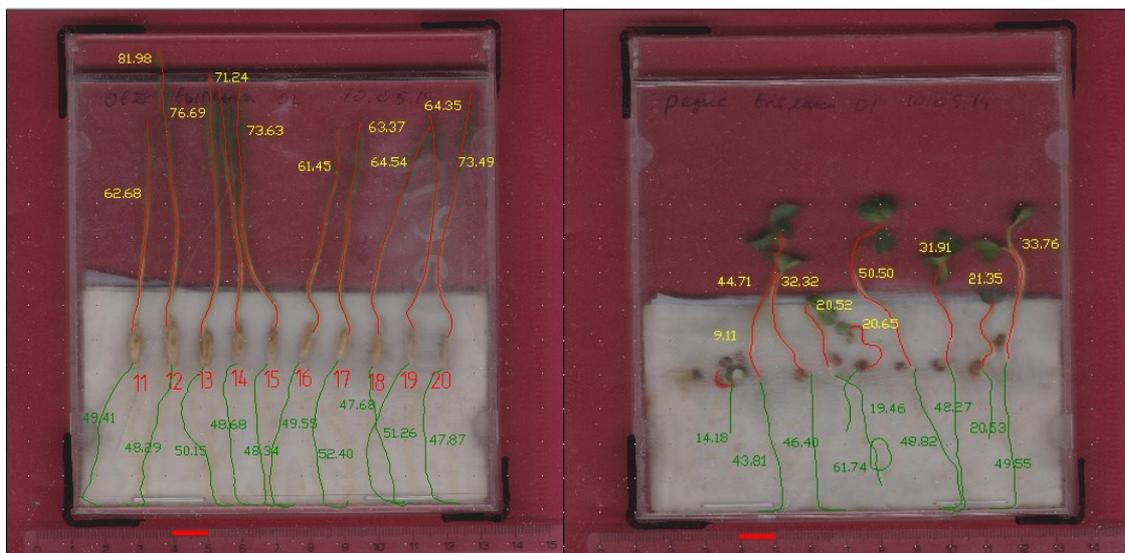


Рисунок 3 – Получение значений длины побегов и длины корней при помощи AutoCAD

В качестве показателей фитотеста принимаются:

- 1) всхожесть семян  $V$ , %;
- 2) высота проростка  $C$ , мм;
- 3) масса проростка  $M$ , г.

Все указанные выше показатели достаточно легко фиксируются в процессе наблюдения за ростом растений. Срок экспозиции составляет 6-14 дней.

Определение фитотоксического эффекта проведено согласно методике путем сопоставления показателей тест-функций ( $M$  и  $C$ ) семян растительных тест-объектов. В качестве контроля была использована почва лесная.

Величина эффекта торможения определялась по формуле

$$E_{TC} = \frac{C_K - C_{OP}}{C_K} \cdot 100\%,$$

где  $E_{TC}$  – эффект торможения, %;

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

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

$$E_{TC} = \frac{M_K - M_{OP}}{M_K} \cdot 100\%,$$

где  $E_{TC}$  – эффект торможения, %;

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

$M_K$  – средняя масса проростков в контроле, г.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №21

«Определение оптимальной дозы минерального коагулянта»

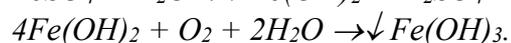
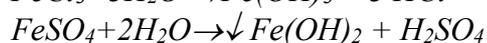
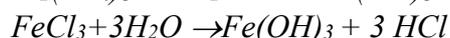
**Цель работы** – определение оптимальной дозы минерального коагулянта в пробах сточных вод

### Методические указания.

Одним из наиболее распространенных методов очистки производственных сточных вод является их очистка при использовании коагулянтов. В практике очистки сточных вод применяют следующие минеральные коагулянты: сульфат алюминия -  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , сульфат двухвалентного железа –  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , хлорид железа -  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ .

При использовании в качестве коагулянтов солей алюминия или железа, в результате гидролиза образуются малорастворимые в воде оксигидраты железа или алюминия. Данные соединения сорбируют на хлопьевидной поверхности взвешенные, мелкодисперсные и

коллоидные вещества и при благоприятных гидродинамических условиях оседают на дно отстойника, образуя осадок, или выносятся в пенный слой в процессе реагентной напорной флотации.



Для максимального извлечения загрязнений процесс коагуляции следует осуществлять в диапазоне оптимальных величин рН. Экспериментально определено, что наибольший эффект очистки сточных вод при использовании в качестве коагулянта сульфата алюминия достигается в интервале значение рН среды от 6,5 до 8; при использовании хлорида железа – в интервале значение рН от 7 до 8,5; при использовании сульфата двухвалентного железа от 9 до 9,5.

Оптимальной дозой коагулянта является наименьшая концентрация, дающая наибольшее снижение мутности.

Оптимальная доза коагулянта определяется пробным коагулированием в лабораторных условиях.

Требуемые количества коагулянтов выражают величинами наименьших доз безводного сульфата алюминия (или сульфата железа или хлорида железа), при которых происходит осветление пробы сточной воды примерно на 60-80% в зависимости от исходного состава воды.

*Оборудование, материалы:* цилиндры с притертыми пробками вместимостью 250 см<sup>3</sup>, стеклянные палочки, цилиндры вместимостью 100 см<sup>3</sup>, цилиндры Гейнера, шрифт Снеллена, универсальная индикаторная бумага.

*Реактивы:* сульфат алюминия, 10%; сульфат железа, 10%; хлорид железа, 10%; серная кислота, концентрированная, натр едкий, концентрированный.

*Порядок проведения работы.*

Перед началом эксперимента проба сточной воды должна быть тщательно перемешана, и, для определения прозрачности, отбрана проба V=100мл.

После определения рН сточной воды при необходимости корректируют эту величину до оптимальной в зависимости от используемого минерального реагента. Рекомендуется оптимальное значение рН среды сточных вод доводить до наибольшего значения, так как после окончания процесса коагуляции рН сточных вод снижается на 2-3 единицы, при этом рН сточных вод по окончании процесса будет близко к нейтральному значению. Корректировку рН среды сточных вод проводят добавлением серной кислоты или раствора едкого натра.

В 5 цилиндрах V = 250 см<sup>3</sup> наливают исследуемую воду до метки, затем добавляют различное количество раствора сульфата алюминия (или хлорида железа, сульфата железа) из расчета его доз в диапазоне, охватывающем предполагаемую оптимальную дозу. Оптимальная доза сульфата алюминия, рекомендуемая для очистки сточных вод может находиться в пределах 150-500 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержимое всех цилиндров интенсивно перемешивают стеклянными палочками в течение 30-40 сек. Далее пробу оставляют для отстаивания, наблюдая за процессами хлопьеобразования. Через 30 минут в каждом цилиндре замеряют объем образовавшегося осадка. Для определения прозрачности из каждого цилиндра пипеткой отбирают пробы по 100мл из верхнего слоя, не взмучивая осадка. Данные заносят в таблицу 1.

**Таблица 1 Влияние дозы коагулянта на эффект очистки.**

№ цилиндра	Прозрачность воды, см	Объем осадка, мл

	Доза коагулянта, мг/л	До очистки	После очистки	

*Определение прозрачности воды.*

*Порядок проведения работы.* Испытываемую пробу воды наливают в цилиндр Гейнера, под которым на расстоянии 2см от дна цилиндра подложен текст, напечатанный шрифтом Снеллена. Избыток воды спускают посредством краника, при непрерывном помешивании до тех пор, пока можно будет прочесть текст. Определение следует проводить в светлой комнате, но не на солнечном свету. Отсчет производят по шкале, измеряя столб жидкости, доливают ещё раз взболтанную жидкость и повторяют измерение.

Полученные результаты опытов заносят в таблицу 1.

На основании табличных данных строят график зависимости прозрачности жидкости от дозы коагулянта.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №22

«Определение углерода органических соединений почвы по методу Тюрина в модификации ЦИНАО»

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

**Методические указания.**

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<sup>3</sup> 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 барбатацией 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 №23

«Колориметрическое определение общего азота в почве»

**Цель работы** – определить колориметрическим методом содержание общего азота в почве.

### Методические указания.

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 иодомеркуриат  $HgI_4^{2-}$ . 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  $\text{NH}_4$ , 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 комплексообразующий 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 100мл. Приливают 10мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  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  $\text{N мг}/50\text{мл}$ , которые готовят из стандартного раствора с содержанием азота 0,01 мг N в 1 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 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 рН 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 : С – концентрация общего азота, мг/мл ( по калибровочному графику)

х – масса почвы, соответствующая отобранной аликвоте, г (принять исходя из того, что объем минерализата 250 мл, объем аликвоты указан выше).

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №24**

«Валовое определение фосфора в почве»

**Цель работы** – вычислить валовый фосфор в почве

**Методические указания.**

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 по 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 №25**

«Определение содержания цинка в воде»

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

**Методические указания.**

#### **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 гидроксилamina. 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 гидроксилamina, 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 удастся 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 гидроксиламина (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 a - 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 №26

«Определение содержания сульфатов в почве»

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

### **Методические указания.**

#### 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;

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



## Приложение 1

### Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе населенных мест [3]

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>		
	Максимальная разовая	Средне-суточная	Класс опасности
Азота диоксид	0,085	0,04	2
Азота оксид	0,4	0,06	3
Аммиак	0,2	0,04	4
Ацетон	0,35	0,35	4
Бенз(а)пирен (3,4-бензпирен)	-	0,1мкг/ 100 м <sup>3</sup>	1
Бензол	1,5	0,1	2
Бром	-	0,04	2
Бромбензол	-	0,03	2
Взвешенные вещества*	0,5	0,15	3
Гексан	60	-	4
О,О-Диметил-S-(1,2-бискарбэтоксиэтил) дитиофосфат (карбофос)	0,015	-	2
О,О-Диметил-(1-гидрокси-2,2,2-трихлорэтил) фосфонат (хлорофос)	0,04	0,02	2
Дифторхлорметан (фреон-22)	100	10	4
Дихлордифторметан (фреон-12)	100	10	4
Дихлорфторметан (фреон-21)	100	10	4
Дихлорэтан	3	1	2
Диэтиламин	0,05	0,05	4
Диэтиловый эфир	1	0,6	4
Капролактан (пары, аэрозоль)	0,06	0,06	3
Кислота азотная по молекуле HNO <sub>3</sub>	0,4	0,15	2
Кислота серная по формуле HSO <sub>4</sub>	0,3	0,1	2
Кислота уксусная	0,2	0,06	3
Мышьяк, неорганические соединения (в пересчете на мышьяк)	-	0,003	2
Нафталин	0,003	0,003	4
Никеля растворимые соли (в пересчете на никель)	0,002	0,002	1
Нитробензол	0,008	0,008	2
Озон	0,16	0,03	1
Пенициллин	0,05	0,0025	3
Сажа	0,15	0,05	3
Свинец и его соединения, кроме	-	0,0003	1

\* Недифференцированная по составу пыль (аэрозоль), содержащаяся в воздухе населенных пунктов. ПДК взвешенных веществ не распространяются на аэрозоли органических и неорганических соединений (металлов, их солей, пластмасс; биологических, лекарственных препаратов и др.), для которых устанавливаются соответствующие ПДК.

тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)			
Сероводород	0,008	-	2
Серовуглерод	0,03	0,005	2
Серы диоксид	0,5	0,05	3
Синтетические моющие средства типа "Кристалл" на основе алкилсульфата натрия (по алкилсульфату натрия)	0,04	0,01	2
Скипидар	2	1	4
Спирт метиловый	1	0,5	3
Спирт этиловый	5	5	4
Толуол	0,6	0,6	3
Углерода оксид	5	3	4
Углерод четыреххлористый	4	0,7	2
Фенол	0,01	0,003	2
Формальдегид	0,035	0,003	2
Фтористые соединения (в пересчете на фтор):			
газообразные соединения (фтористый водород, тетрафторид кремния);	0,02	0,005	2
хорошо растворимые неорганические фториды (фторид натрия, гексафторсиликат натрия)	0,03	0,01	2
плохо растворимые неорганические фториды (фторид алюминия, фторид кальция, гексафторалюминат натрия)	0,2	0,03	2
Фурфурол	0,05	0,05	3
Хлор	0,1	0,03	2
Циклогексан	1,4	1,4	4
Этил хлористый	---	0,2	4
Этилацетат	0,1	0,1	4
Этилбензол	0,02	0,02	3
Этилен	3	3	3

Эффектом суммации обладают:

- аммиак и формальдегид;
- аммиак и сероводород;
- аммиак, сероводород и формальдегид;
- ацетон и фенол;
- аэрозоли оксида ванадия (5) и диоксид серы;
- бензол и ацетофенон;
- озон, диоксид азота и формальдегид;
- сероводород и формальдегид;
- диоксид серы и фенол;
- диоксид серы и оксид углерода, фенол и пыль конверторного производства;
- диоксид серы и триоксид серы, аммиак и оксиды азота;
- диоксид серы и фтороводород;

- сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная);
- углерода оксид и пыль цементного производства;
- уксусная кислота и уксусный ангидрид;
- фенол и ацетофенон;
- фурфурол, метиловый и этиловый спирты;
- циклогексан и бензол;
- этилен, пропилен, бутилен и амилен.

## Приложение 2

### Предельно-допустимые концентрации некоторых вредных веществ (в мг/дм<sup>3</sup>) в воде водных объектов [3, 5]

Наименование ингредиента	Водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения			Водные объекты рыбохозяйственного назначения		
	ЛПВ*	ПДК	Класс опасн ости	ЛПВ	ПДК	Класс опасн ости
Аммиак (по азоту)	Сан.	2,0	3	Токс.	0,05	4
Ацетон	Сан.	2,2	3	Токс.	0,05	3
Бензол	Сан-токс.	0,5	2	Токс.	0,5	4
Бром	Сан-токс.	0,2	2	–	–	–
Дихлордифенилтри хлорэтан (ДДТ)	Сан-токс.	0,1	2	Токс.	Отсутств ие (0,00001)	1
Дихлорфенол	Орг.	0,002	4	Токс.	0,0001	1
Железо	Орг.	0,3	3	Токс.	0,1	4
Кобальт	Сан.-токс.	0,1	2	Токс.	0,01	3
Керосин технический	Орг.	0,01	4	–	–	–
Карбомол	Сан.-токс.	1	4	Орг.	1	4
Мышьяк	Сан.-токс.	0,05	2	Токс.	0,05	3
Медь	Орг.	1,0	3	Токс.	0,001	3
Метанол	Сан.-токс.	3,0	2	Сан.- токс.	0,1	4
Нитраты (по азоту)	Сан.	45,0	3	Сан.- токс.	40	
Нафталин	Сан.-токс.	0,01	4	Токс.	0,004	3
Нефть многосернистая	Орг.	0,1	4	Рыбхоз.	0,05	3
Нефть прочная	Орг.	0,3	4	Рыбхоз.	0,05	3
Никель	Сан.-токс.	0,1	3	Токс.	0,01	3
Пиридин	Сан.-токс.	0,2	2	Токс.	0,01	3
Пропиловый спирт	Орг.	0,25	4	–	–	–
Ртуть	Сан.	0,0005	1	Токс.	Отсутств ие (0,00001)	1
Свинец	Сан.	0,03	2	Токс.	0,006	2
Фенол	Орг.	0,001	4	Рыбхоз.	0,001	3
Формальдегид	Сан.	0,05	2	Сан.- токс.	0,01	3
Фтор (F <sup>-</sup> )	Сан.-токс.	1,5	2	Токс.	0,05	3
Хлор активный	Сан.	Отсутств ие	3	Токс.	Отсутств ие	1

\* ЛПВ – лимитирующий показатель вредности, отражающий приоритетность требований к качеству воды.

					(0,00001)	
Хлороформ	Сан.-токс.	0,06	2	–	–	–
Хром (Cr <sup>3+</sup> )	Орг.	0,5	3	Токс.	0,07	3
Цианиды	Сан.-токс.	0,1	2	Токс.	0,05	3
Цинк	Сан.	1,0	2 3	Токс.	0,01	3

"Отсутствие" – недопустим сброс данного соединения в водные объекты.

"Рыбхоз." – рыбохозяйственный – изменение товарных качеств промысловых водных организмов: появление неприятных и посторонних привкусов и запахов.

"Токс." – токсикологический – прямое токсическое воздействие веществ на организмы (водные организмы).

"Сан." – санитарный – нарушение экологических условий: изменение трофности водоемов, гидрохимических показателей: кислород, азот, фосфор, pH; нарушение самоочищения воды: БПК<sub>5</sub>, численность сапрофитной микрофлоры.

"Сан.-токс." – санитарно-токсикологический – действие вещества на водные организмы и санитарные показатели водоема.

"Орг." – органолептический – образование пленок и пены на поверхности воды, появление посторонних привкусов и запахов в воде.

*Классы опасности:*

1 – чрезвычайно опасный,

2 – высоко опасный,

3 – опасный,

4 – умеренно опасный.

### Приложение 3

*ПДК некоторых химических веществ в почве, мг/кг [3]*

Вещество	Величина ПДК с учетом фона для почв под культуры, чувствительные к пестицидам	Примечание
Атразин	0,01	
Ацетальдегид	10,0	
Бенз(а)пирен	0,02	
Бензин	0,1	
Бензол	0,3	
Бетанол	0,25	
Валексон	1,0	
Ванадий	150	Общесанитарный
Ванадий + марганец	100+1000	
Изопропилбензол	0,5	
Кобальт	5	Общесанитарный
Комплексные гранулированные удобрения (КГУ) состава N:P:K=64:0:15	120	
Комплексные жидкие удобрения (КЖУ) состава N:P:K=10:34:0	80	
Линурон	1	
Медь	3	Общесанитарный
Мышьяк	2	Транслокационный
Нитраты	130	
Отходы флотации угля (ОФУ)	3000	
Ртуть	2,1	Общесанитарный
Свинец	6	Общесанитарный
Свинец + ртуть	20,0 + 1,0	
Формальдегид	7	
Хлорид калия	560	
Полихлорбифенилы (суммарно)	0,06	Общесанитарный
<b>Пестициды:</b> - гексахлоран - ДДТ и его метаболиты (суммарное количество) - хлорофос - карбофос - полихлоркамфен - полихлорпинен - прометрин - хлорамп	0,1 0,1 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,05	Запрещено в с/х

#### **4. 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;

- написание рефератов, докладов, эссе, отчетов, подготовка мультимедийных презентаций, составление глоссария и др.;

- 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.

## **Модуль № 1.**

### **Общая экология и глобальные экологические проблемы современности**

#### ***1.1 Учение о биосфере***

Понятие биосферы. Состав и свойства биосферы. Устойчивость биосферы. Функции и свойства живого вещества. Биогеохимические циклы. Ноосфера.

Понятие биосферы появилось в биологии в XVIII веке, но впервые в близком к современному смыслу понятие «биосфера» ввел австрийский геолог Эдуард Зюсс в книге «Происхождение Альп» (1873 г.), который определил ее как особую, образуемую организмами оболочку Земли. В настоящее время все живые организмы называют «биота»,

«биос», «живое вещество», а понятие «биосфера» трактуется так, как его толковал академик Владимир Иванович Вернадский (1863-1945 гг.): особая, охваченная жизнью, оболочка Земли. В физико-химическом составе биосферы Вернадский выделял следующие компоненты:

- живое вещество - совокупность всех живых организмов;
- косное вещество - неживые тела или явления (газы атмосферы, горные породы магматического, неорганического происхождения и т.п.);
- биокосное вещество - разнородные природные тела (почвы, поверхностные воды и т.п.);
- биогенное вещество - продукты жизнедеятельности живых организмов (гумус почвы, каменный уголь, торф, нефть, сланцы и т.п.);

Вернадский в своем труде «Биосфера» впервые доказал первостепенную роль живых организмов в формировании окружающей среды. Жизнь - это связующее звено между Космосом и Землей, которое используя энергию, приходящую из космоса, трансформирует косное вещество, создает новые формы материального мира. Так, живые организмы создали почву, наполнили атмосферу кислородом, оставили после себя километровые толщи осадочных пород и топливные богатства недр, многократно пропустили через себя весь объем Мирового океана. Вернадский не занимался проблемой возникновения жизни, он понимал ее как естественный этап самоорганизации материи в любой части космоса, приводящий к возникновению все новых форм ее существования.

Учение Вернадского нацеливало на изучение живых, косных и биокосных тел в их неразрывном единстве, что сыграло значительную роль в подготовке естествоиспытателей к целостному восприятию природных систем.

Структура биосферы представляет собой совокупность газообразной, водной и твердой оболочек планеты и живого вещества, их населяющего. Масса биосферы составляет приблизительно 0,05% массы Земли, а ее объем - 0,4% объема планеты. Границы биосферы определяет распространение в ней живых организмов: горизонтальных границ в ней не существует, а по вертикали верхняя граница расположена на высоте озонового слоя Земли, а нижняя - в пределах литосферы лежит в среднем на глубине 3 км от поверхности суши и 0,5 км ниже дна океана. О более глубоком проникновении жизни в толщу литосферы сведений нет.

Живое вещество находится в постоянном энергетическом обмене с внешним миром. Оно является основным организующим элементом в поддержании круговорота веществ, обеспечении динамического равновесия экологических систем. Процесс создания органического вещества в биосфере происходит одновременно с противоположными процессами потребления и разложения его гетеротрофными организмами на исходные минеральные соединения (вода, углекислый газ и др.). Так осуществляется круговорот органического вещества в биосфере при участии всех населяющих ее организмов, получивший название малого, или биологического, (биотического) круговорота веществ в отличие от вызываемого солнечной энергией большого, или геологического, круговорота, наиболее ярко проявляющегося в круговороте воды и циркуляции атмосферы. Большой круговорот происходит на протяжении всего геологического развития Земли и проявляется в переносе воздушных масс, продуктов выветривания, воды, растворенных минеральных соединений, загрязняющих веществ, в том числе радиоактивных.

Биосфера является чрезвычайно сложной экосистемой, работающей в стационарном режиме на основе тонкой регуляции всех составляющих ее частей и процессов. Как свидетельствуют данные исследований, по крайней мере последние 600 млн. лет характер основных круговоротов на Земле существенно не менялся, изменялись лишь скорости геохимических процессов. Стабильное состояние биосферы обусловлено в первую очередь деятельностью живого вещества, обеспечивающей определенную скорость трансформации солнечной энергии и биогенной миграции атомов.

Вместе с тем вмешательство человека в природные круговороты приводит к серьезным изменениям в состоянии биосферы. Возвращаясь к учению В.И. Вернадского,

необходимо отметить, что он оценил появление человека на Земле, как огромный шаг в эволюции планеты. Ученый считал, что с возникновением человека и развитием его производственной деятельности человечество становится основным геологическим фактором всех происходящих в биосфере планеты изменений, приобретающих глобальный характер («Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой»). Дальнейшее неконтролируемое развитие деятельности людей таит в себе большую опасность и потому, считал В.И. Вернадский, биосфера должна постепенно превращаться в ноосферу, или сферу разума (от греческих *noos* - разум, *sphaira* - шар).

Понятие «ноосфера» отражает будущее состояние рационально организованной природы, новый этап развития биосферы, эпоху ноосферы, когда дальнейшая эволюция планеты будет направляться разумом в целях обеспечения необходимой гармонии в сосуществовании природы и общества.

Самостоятельная работа курсанта состоит в подготовке к контрольной работе и включает проработку вопросов, указанные ниже.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Дайте определение понятиям «биосфера» и «ноосфера».
2. Когда и кем было введено понятие «биосфера»?
3. Дайте характеристику биосферы.
4. Опишите границы биосферы.
5. Перечислите пять основных свойств биосферы.
6. Дайте определение понятию «биогеохимический цикл».
7. Изобразите биогеохимический цикл азота, дайте необходимые пояснения.
8. Изобразите биогеохимический цикл фосфора, дайте необходимые пояснения.
9. В чем состоит революционность учения В.И. Вернадского о биосфере?
10. Дайте определение понятию «живое вещество».
11. Перечислите и опишите основные функции живого вещества.
12. Перечислите и опишите свойства живого вещества.
13. Опишите роль антропогенного вмешательства в биогеохимические циклы.
14. Каким образом обеспечивается устойчивость биосферы?

## **1.2 Экосистемы**

Самостоятельная работа обучающегося состоит в повторении лекционного материала и включает следующие основные разделы: виды экосистем, структуры экосистем, трофические связи в экосистемах, продукция и продуктивность экосистем, виды сукцессий. Некоторые основные понятия по теме изложены ниже.

Экосистема - это система, состоящая из живых существ и среды их обитания, объединенных в единое функциональное целое. Термин введен английским экологом Артуром Тенсли в 1935 году. Понятие экосистемы абстрактное, то есть не привязано к какому либо конкретному участку территории, в отличие от биогеоценоза, который обычно привязан к какой-либо конкретной территории.

Основные свойства экосистем:

- 1) способность осуществлять круговорот веществ;
- 2) противостоять внешним воздействиям;
- 3) производить биологическую продукцию. Виды экосистем:

- 1) микроэкосистемы (аквариум, небольшой водоем, капля воды и т.д.);
- 2) мезоэкосистема (лес, озеро, степь, река);

3) макроэкосистема (океан, континент, природная зона);

4) глобальная экосистема (биосфера в целом).

Ю. Одум предложил классификацию экосистемы на основе биомов. Это крупные природные экосистемы, соответствующие физико-географическим зонам, характеризующиеся каким-либо основным типом растительности или другой характерной особенностью ландшафта.

Типы биомов:

1) наземные (например, тундра, тайга, степи, пустыни);

2) пресноводные (например, водотоки: реки, ручьи; водоемы: озера, пруды, болота);

3) морские (например, зоны апвеллинга, коралловые рифы, открытый океан, прибрежные воды).

Структурирование экосистем производят в зависимости от ее типа, например, существует вертикальная и видовая структуры широколиственных лесов, стоячих водоемов и пр.

В экосистеме можно выделить два компонента — биотический и абиотический. Биотический делится на автотрофный (организмы, получающие первичную энергию для существования из фото- и хемосинтеза или продуценты) и гетеротрофный (организмы, получающие энергию из процессов окисления органического вещества — консументы и редуценты) компоненты, которые формируют трофическую структуру экосистемы.<sup>1</sup> Трофическая цепь - последовательный ряд организмов, в котором каждое последующее звено поедает предшественника по цепи. Совокупность трофических цепей в экосистеме представляет собой трофическую сеть.

Сукцессия - последовательная смена одного биоценоза другим. Различают первичные и вторичные; природные и антропогенные; аллогенные, автогенные и циклические сукцессии.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Дайте определение термину «экосистема».
2. Перечислите виды экосистем, приведите примеры.
3. Что такое видовая структура экосистемы?
4. Изобразите вертикальную структуру тропического леса.
5. Изобразите вертикальную структуру озера. Какие виды живых организмов могут обитать в профундальной зоне?
6. Изобразите вертикальную структуру океана. Какие виды живых организмов обитают в эвфотической зоне?
7. Перечислите свойства экосистем.
8. Что такое трофическая цепь?
9. Приведите пример пастбищной и детритной трофической цепи.
10. Что такое первичная продукция?
11. Какие наземные экосистемы являются низкопродуктивными?
12. Какие морские экосистемы являются высокопродуктивными?
13. Дайте определение понятию «сукцессия».
14. Опишите ход первичной сукцессии.
15. Опишите ход вторичной сукцессии.

---

<sup>1</sup> <http://cyclowiki.org/wiki/>

### 1.3 Популяционная динамика

Самостоятельная работа обучающегося предполагает запоминание материала, изложенного на лекции по плану: популяции, виды, структура популяций, пирамиды возрастов, факторы, влияющие на динамику численности популяций, связи между популяциями и внутри популяций.

Популяция (позднелат. *populatio*, от лат. *populus* — народ, население) - совокупность особей одного вида, более или менее длительно занимающая определённое пространство и воспроизводящая себя в течение большого числа поколений; особи одной популяции имеют большую вероятность скрещиваться друг с другом, чем с особями других популяций; это связано с тем, что данная совокупность особей отделена от других таких же совокупностей особей той или иной степенью давления различных форм изоляции. Популяции характеризуются численностью, плотностью и структурой. Пирамиды возрастов бывают возрастными и половозрастными, они служат для прогнозных оценок состояния популяций с целью принятия своевременных мер по предотвращению их исчезновения или регуляции численности.

Биотический потенциал - (от греч. *biote* жизнь; синоним - репродуктивный потенциал) — характеристика внутренней потенциальной способности данной популяции к росту при стабильном возрастном составе и оптимальных условиях среды; выражается величиной прироста популяции за единицу времени в расчете на одну особь. Сопротивление среды - совокупность всех лимитирующих численность популяции факторов. Например, количество пищи, наличие/отсутствие хищников, слишком низкая/высокая температура и пр. Таким образом, динамика численности популяций зависит от того, каким образом формируется соотношение «сопротивление среды - биотический потенциал». Зависимость данного соотношения от времени позволяет определить тип динамики численности популяций (стабильный, изменчивый, взрывной).

Биотические связи (симбиоз, нейтрализм, антибиоз)- отношения между особями, популяциями, видами. Симбиоз - тип биотической связи, при котором один из взаимодействующих видов или оба извлекают выгоду из своих взаимоотношений. Нейтрализм - тип биотической связи, при котором не наблюдается ни отрицательного, ни положительного влияния видов друг на друга. Антибиоз - тип биотической связи, при котором один из взаимодействующих видов или оба испытывают угнетение со стороны другого.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Дайте определение понятию «популяция».
2. Чем характеризуется популяция?
3. Какие популяции имеют простую демографическую структуру?
4. Какие популяции имеют сложную демографическую структуру?
5. Изобразите пирамиду возрастов вымирающей популяции.
6. Что такое биотический потенциал вида?
7. Что такое емкость среды для данного вида?
8. Что такое сопротивление среды?
9. Каким образом влияет плотность популяции на численность? Приведите примеры.
10. Какие типы динамики численности популяций Вы знаете?
11. Дайте определение понятию «биотические связи».
12. Какие виды биотических связей Вы знаете?
13. Что такое мутуализм? Приведите примеры.
14. Что такое хищничество? Приведите примеры.

### 1.4 Экологические факторы

Самостоятельная работа обучающегося предполагает повторение лекционного материала по плану: классификация экологических факторов, воздействие экологических факторов на живые организмы, законы Либиха и Шелфорда, деление живых организмов по отношению к факторам среды.

Экологический фактор - это любой элемент среды, способный оказывать прямое воздействие на живые организмы хотя на протяжении одной из фаз их индивидуального развития, или любое условие среды, на которое организм отвечает приспособительными реакциями. Простейшая классификация делит экологические факторы на две группы: абиотические (неживой природы) и биотические (живой природы) факторы.

Закон Либиха формулируется следующим образом: веществом, находящимся в минимуме, определяется величина урожая, определяется его стабильность во времени. Закон Шелфорда: любой вид имеет определенные, эволюционно унаследованные, верхний и нижний пределы толерантности (выносливости) по отношению к воздействию любого фактора среды.

Существует деление живых организмов по признаку их отношения к воздействию экологических факторов на стенобионтов и эврибионтов. Стенобионты имеют узкий диапазон толерантности по отношению к воздействию какого-либо экологического фактора, а эврибионты - широкий. Следует понимать, что чистых стено- и эврибионтов не существует.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Дайте определение понятию «экологический фактор».
2. Приведите классификацию экологических факторов.
3. Какие абиотические факторы Вы знаете?
4. Какие факторы относятся к биотическим?
5. Изобразите графическую зависимость жизненной активности организма от интенсивности воздействия экологического фактора. Дайте необходимые пояснения (зоны оптимума и пессимума).
6. Сформулируйте закон Либиха. Применим ли закон Либиха к животным? Приведите примеры.
7. Сформулируйте закон Шелфорда. Поясните его действие на примерах.
8. Что такое толерантность вида?
9. Является ли глубина океана экологическим фактором? Поясните ответ.
10. Какие организмы являются стенобионтами? Приведите примеры стенотермных, стеногалинных организмов.
11. Какие организмы являются эврибионтами? Приведите примеры эвригалинных и эврифотных организмов.

### **1.5 Глобальные экологические проблемы современности**

Самостоятельная работа обучающегося предполагает проработку литературы и конспекта лекций по следующим вопросам: демографический взрыв; кислотные осадки, глобальное потепление, разрушение озонового слоя, опустынивание, уменьшение видового разнообразия в аспекте антропогенного воздействия на природу; понятие устойчивого развития.

В демографической истории человечества условно можно выделить два больших периода. Первый из них соответствовал так называемой аграрной цивилизации и продолжался примерно до второй половины XVII в. Он отличался сравнительно низким приростом населения. В условиях первобытного общества, даже при наличии полигамии

(т. е. многобрачия), естественный прирост был незначителен, так как рождаемость и смертность, находясь на высоком уровне, взаимно уравнивались.

Наиболее заметные изменения в численности жителей земного шара, ознаменовавшие переход ко второму периоду демографического развития, произошли за последние три столетия. Но и на их фоне темпы прироста в 1960-е годы оказались беспрецедентными. Тогда и возникло понятие демографический взрыв — резкое увеличение прироста населения, появились мрачные прогнозы скорого перенаселения планеты.

В чем подлинная причина демографического взрыва? Прежде всего, это результат резкого снижения доли смертности во всех возрастных группах. Рождаемость же либо сохранилась на неизменном уровне (во многих слаборазвитых странах), либо снизилась, но отнюдь не в такой степени, как смертность. В первую очередь это касается деревень в развивающихся странах, где высокая рождаемость сохраняется по ряду причин. Люди испокон веков считали ее естественной и не видели реальной альтернативы, а пропаганда перехода к сознательному планированию семьи с трудом доходит до их сознания. Нельзя забывать также о консервативной позиции в отношении рождаемости практически всех религий мира — индуизма, христианства, ислама, иудаизма, буддизма во всех их толках. Не секрет, что до сих пор церковь (любая) является фактором, существенно тормозящим нормализацию глобальной демографической ситуации.

Бесконтрольный рост народонаселения мира рано или поздно в состоянии повергнуть в хаос мировую экономику, что сделает бесполезной борьбу с нищетой и голодом, приведет к истощению природных ресурсов и к фатальным политическим потрясениям.<sup>2</sup>

Вместе с тем, необходимо принимать во внимание, что своего пика относительные темпы роста численности населения Земли достигли в 1960-е гг.; а с конца 1980-х гг. началось снижение и абсолютных темпов роста численности населения мира. В настоящее время темпы роста населения снижаются практически во всех странах мира; и можно говорить, что мы живём в эпоху окончания демографического взрыва. Вместе с тем, угроза достижения уровнями относительного перенаселения катастрофических значений до сих пор сохраняется применительно к отдельным странам, где скорость демографического роста остаётся до сих пор исключительно высокой, а замедляется она недостаточными темпами (прежде всего речь идёт о странах Тропической Африки, таких как Нигерия, ДРК, Ангола и т. д.).<sup>3</sup>

Существует несколько оценок количества людей на планете, которое безболезненно может «выдержать» наша планета: 500 млн, 3-4 млрд и 1012 млрд. Большинство ученых сходятся на числах 3-4 млрд, и косвенным доказательством справедливости данного суждения является тот факт, что глобальные проблемы современности возникли тогда, когда численность «перевалила» за эту отметку.

Глобальные проблемы современности - это совокупность наиболее острых мировых проблем, решение которых требует массового осмысления и объединения усилий всех народов и государств. К ним относят угрозу ядерной войны, экологическую катастрофу, растущий раскол мира на «богатые» и «бедные» страны и народы, истощение традиционных и необходимость поиска новых источников энергии. В курсе «Экология» предполагается изучение глобальных экологических проблем современности: кислотные осадки, нарушение озонового слоя, глобальное потепление, уменьшение видового разнообразия, опустынивание. По каждой из перечисленных проблем студент должен знать ее суть, существующие оценки, а также пути решения.

Устойчивое развитие (англ. *sustainable development*) - правильное, гармоничное (равномерное, сбалансированное) развитие. Гармоничное развитие - это процесс изменений, в котором эксплуатация природных ресурсов, направление инвестиций,

---

<sup>2</sup> [http://www.globaltrouble.ru/demograficheskaya\\_problema/](http://www.globaltrouble.ru/demograficheskaya_problema/)

<sup>3</sup> <http://ru.wikipedia.org/>

ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений. С экологической точки зрения, устойчивое развитие должно обеспечивать целостность биологических и физических природных систем. Особое значение имеет жизнеспособность экосистем, от которых зависит глобальная стабильность всей биосферы. Более того, понятие «природных» систем и ареалов обитания можно понимать широко, включая в них созданную человеком среду, такую как, например, города. Основное внимание уделяется сохранению способностей к самовосстановлению и динамической адаптации таких систем к изменениям, а не сохранение их в некотором «идеальном» статическом состоянии. Деграция природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и утрата биологического разнообразия сокращают способность экологических систем к самовосстановлению.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Назовите прогнозные оценки численности людей в 2050 г.
2. К чему может привести увеличение темпов прироста населения на Земле?
3. Какова численность населения планеты в настоящее время?
4. Каковы причины демографического взрыва?
5. Дайте определение термину «глобальные проблемы современности».
6. Перечислите глобальные экологические проблемы.
7. Назовите причины и последствия выпадения кислотных осадков.
8. Назовите причины и последствия нарушения озонового слоя Земли.
9. Назовите причины и последствия глобального потепления.
10. Какие точки зрения по поводу глобального потепления существуют в настоящее время?
11. Какие международные соглашения по вопросам озонового слоя и глобальному потеплению Вы знаете? Назовите их основные положения.
12. Каким образом сказывается на состоянии биосферы уменьшение видового разнообразия?
13. Что подразумевается под термином «опустынивание»? Каковы его масштабы в настоящее время?
14. Дайте определение термину «устойчивое развитие».
15. Что подразумевается под устойчивым развитием с экологической точки зрения?
16. Какие международные конференции по устойчивому развитию Вы знаете?

## **Модуль 2. Природопользование и охрана окружающей среды**

### ***2.1 Природопользование***

Самостоятельная работа обучающегося включает проработку материала данной темы по плану: природные ресурсы, классификации природных ресурсов, ресурсный (антропогенный) цикл, принципы рационального природопользования, характеристика и роль водных и рыбных ресурсов планеты.

Природные ресурсы - совокупность естественных тел и явлений, которые общество использует в своих целях в настоящее время или сможет использовать в будущем. Существуют следующие классификационные признаки ресурсов: с точки зрения их доступности, их природы, по принадлежности к тем или иным компонентам природы, по назначению, по сфере использования, по заменимости, по исчерпаемости и возобновляемости. В результате изучения темы студент должен знать все перечисленные классификации, уметь привести примеры.

Природопользование - это 1) использование природной среды для удовлетворения экологических, экономических, культурно-оздоровительных потребностей общества; 2) наука о рациональном (для соответствующего исторического момента) использовании природных ресурсов обществом - комплексная дисциплина, включающая элементы естественных, общественных и технических наук. Рациональное природопользование включает изучение, охрану, освоение и преобразование различных типов природных ресурсов.

Основные принципы рационального природопользования:

- принцип системного подхода;
- принцип оптимизации природопользования;
- принцип полноты использования природных ресурсов;
- принцип комплексного использования природных ресурсов;
- принцип гармонизации отношений природы и производства.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Дайте определение термину «природные ресурсы».
2. Приведите классификацию ресурсов. Какие из них относятся к природным ресурсам?
3. Перечислите исчерпаемые природные ресурсы.
4. Перечислите неисчерпаемые природные ресурсы.
5. Какие природные ресурсы относятся к возобновляемым?
6. Вода и атмосферный воздух являются исчерпаемыми или неисчерпаемым природными ресурсами?
7. Изобразите схему антропогенного ресурсного цикла.
8. Дайте определение термину «природопользование».
9. Какие аспекты включает рациональное природопользование?
10. Что подразумевает принцип системного подхода?
11. Что подразумевает принцип оптимизации природопользования?
12. Что подразумевает принцип полноты использования природных ресурсов?
13. Что подразумевает принцип комплексного использования природных ресурсов?
14. Что подразумевает принцип гармонизации отношений природы и производства?
15. Охарактеризуйте водные ресурсы планеты.
16. Охарактеризуйте рыбные ресурсы планеты.

## **2.2 Экологический мониторинг**

Самостоятельная работа обучающегося предполагает изучение данной темы по плану: глобальный, национальный, региональный и локальный экологический мониторинг, объекты и субъекты экологического мониторинга, состояние окружающей среды, экологическая безопасность, оценка качества окружающей среды.

Мониторинг - постоянное наблюдение за каким-либо процессом с целью выявления его соответствия желаемому результату или первоначальным предположениям. Экологический мониторинг - наблюдение за состоянием окружающей среды с целью ее контроля, прогноза и охраны. По величине охвата территорий различают: локальный, региональный, национальный, глобальный мониторинг. По местоположению станций наблюдения различают: космический, авиационный и наземный мониторинг.

Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС) была создана совместными усилиями мирового сообщества (основные положения и цели программы были сформулированы в 1974 году на Первом межправительственном совещании по мониторингу). Первоочередной задачей была признана организация мониторинга загрязнения окружающей природной среды и вызывающих его факторов воздействия.

Существует три основных направления деятельности ГСМОС: мониторинг, управление данными, оценка состояния окружающей среды. Оценка окружающей среды в ГСМОС ведется в трех областях:

- климата в физической окружающей среде,
- возобновляемых природных ресурсов,
- воздействия химических веществ на здоровье человека.

В РФ создана единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Задачи ЕГСЭМ:

-проведение с определенным пространственным и временным разрешением наблюдений за изменением состояния окружающей природной среды и экосистемами, источниками антропогенных воздействий;

-проведение оценок состояния окружающей среды, экосистем территории страны, источников антропогенного воздействия;

-прогнозирование состояния окружающей среды, экологической обстановки на территории России и ее регионов, уровней антропогенного воздействия при различных условиях размещения производительных сил, социальных и экономических сценариях развития страны и ее регионов.

В ЕГСЭМ осуществляется мониторинг состояния природных сред, экосистем, природных ресурсов и источников антропогенного воздействия, а также информационное обеспечение решения экологических проблем. ЕГСЭМ функционирует на четырех основных уровнях: федеральном, региональном (бассейновом), субъектов Российской Федерации (именуется территориальный уровень), локальном.

Экологическая безопасность — одна из составляющих национальной безопасности, совокупность природных, социальных, технических и других условий, обеспечивающих качество жизни и безопасность жизни и деятельности проживающего (либо действующего) на данной территории населения и обеспечение устойчивого состояния биоценоза биотопа естественной экосистемы. Единым критерием оценки экологической безопасности естественной экосистемы и её устойчивости является нерушимость естественного биотопа основного биоценоза и его способность к восстановлению при антропогенном воздействии.

Единым критерием оценки экологической безопасности искусственной экосистемы является качество жизни и здоровья населения. Объектами экологической безопасности являются права, материальные и духовные потребности личности, природные ресурсы и природная среда или материальная основа государственного и общественного развития.

Политика экологической безопасности — целенаправленная деятельность государства, общественных организаций, юридических и физических лиц по обеспечению экологической безопасности.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Дайте определение понятиям «мониторинг» и «экологический мониторинг».
2. Какие виды экологического мониторинга по признаку охвата территории Вы знаете?
3. Какие виды экологического мониторинга по месторасположению станций Вы знаете?
4. На каких уровнях обеспечивает информацией космический мониторинг?
5. Какие станции наблюдения существуют в наземном мониторинге?
6. Что представляет собой глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС)?
7. Каковы цели ГСМОС?
8. Перечислите три основных направления деятельности ГСМОС.
9. Что представляет собой Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ) РФ?

10. Каковы задачи ЕГСЭМ?
11. Перечислите объекты ЕГСЭМ.
12. Перечислите субъекты ЕГСЭМ.
13. Дайте определение понятию «экологическая безопасность».
14. Что является единым критерием оценки экологической безопасности природной и искусственной экосистем?
15. Перечислите объекты экологической безопасности.
16. Каким образом оценивается качество окружающей среды?
17. Какие нормативы качества окружающей среды Вы знаете?

### **2.3 Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)**

Самостоятельная работа обучающегося предполагает изучение темы по следующим разделам: масштабы антропогенного воздействия на природные экосистемы, виды загрязнений, классификации загрязнений, виды их воздействия, экологическая экспертиза и экологический аудит.

Воздействие на окружающую среду (ОС) - единовременный или периодический акт либо постоянный процесс привнесения и/или изъятия любой материальной субстанции или энергии по отношению к окружающей среде, приводящий к изменению ее состояния. Загрязнение - это внесение в ту или иную экологическую систему не свойственных ей живых или неживых компонентов, физических или структурных изменений, нарушающих или прерывающих процессы круговорота, потоки энергии с непременным следствием в виде снижения продуктивности данной экосистемы. Различают химические, физические, биоценологические, стационально-деструкционные загрязнения. Они могут оказывать токсическое, аллергическое, мутагенное, тератогенное, канцерогенное и др. воздействие на живые организмы.

Изменение ОС - это перемена (обратимая или необратимая) свойств (качества) средообразующих компонентов и/или их сочетаний и соотношений в результате оказываемых на них воздействий. Последствия изменения ОС - осознаваемые субъектами (отдельными людьми, определенными социальными группами или профессиональными сообществами) изменения ОС, происшедшие или могущие произойти под воздействием хозяйственной и/или иной деятельности и приводящие к ухудшению здоровья и условий жизнедеятельности людей в настоящем или будущем. Воздействие означает результат реализации намечаемой деятельности, с одной стороны, и его естественные следствия - с другой. И то и другое концентрируется внутри объекта. Последствия наступают за рамками объекта, в среде его существования.

Цель проведения ОВОС состоит в подготовке экологически обеспеченных хозяйственных и иных решений. Основные принципы проведения ОВОС: 1) соучастия общественности; 2) открытости экологической информации; 3) упреждения - процесс ОВОС должен проводиться начиная с ранних стадий подготовки решений по объекту вплоть до их принятия; 4) альтернативности и вариантности; 5) интеграции, что означает, что все аспекты осуществления намечаемой деятельности (социальные, экономические, медико-биологические, демографические, технологические, технические, природно-климатические, нравственные, природоохранные, инженерные, архитектурно-планировочные и др.) должны рассматриваться во взаимосвязи; 6) разумной детализации; 7) последовательности действий -при проведении ОВОС должна строго выполняться последовательность действий в осуществлении этапов, процедур и операций.

Экологическая экспертиза - установление соответствия документов и (или) документации, обосновывающих намечаемую в связи с реализацией объекта экологической экспертизы хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, установленным техническими регламентами и законодательством в области охраны

окружающей среды, в целях предотвращения негативного воздействия такой деятельности на окружающую среду. Срок проведения государственной экологической экспертизы составляет:

1. для простых объектов - до 30 дней;
2. объектов средней сложности - до 60 дней;
3. сложных объектов - 120 дней. Срок проведения государственной экологической экспертизы может быть продлён, но не должен превышать шести месяцев для сложных объектов.

Экологический аудит - независимая оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности нормативно-правовых требований в области охраны ОС и подготовка рекомендаций в области экологической деятельности. Существуют следующие виды экологического аудита:

- определение соответствия субъекта хозяйственной деятельности природоохранным требованиям;
- оценка эффективности системы экологического менеджмента;
- оценка экологической безопасности используемого сырья, оборудования, технологий;
- оценка экономического ущерба от загрязнения;
- оценка опасности отходов;
- определение рациональности природопользования на конкретной территории;
- оценка энергопотребления и предложение путей по его снижению.

#### *Вопросы и задачи для самопроверки*

1. Дайте определение понятиям «воздействие на окружающую среду», «изменение ОС», «последствия изменения ОС».
2. Дайте определение понятию «загрязнение».
3. Приведите известные Вам классификации загрязнений.
4. Опишите масштабы нефтяного загрязнения Мирового океана.
5. Опишите масштабы загрязнения почв пестицидами.
6. Опишите масштабы загрязнения почв тяжелыми металлами.
7. Дайте определение понятию «оценка воздействия на ОС».
8. Какова цель ОВОС?
9. Перечислите основные принципы проведения ОВОС.
10. Дайте определение понятию «экологическая экспертиза».
11. Какой федеральный закон регламентирует проведение экологической экспертизы?
12. Каковы сроки проведения экологической экспертизы?
13. Перечислите принципы экологической экспертизы.
14. Дайте определение понятию «экологический аудит».
15. Перечислите виды экологического аудита.

### **2.4 Экономические механизмы природоохранной деятельности предприятий**

Самостоятельная работа студента состоит в изучении правовой основы экономических механизмов природоохранной деятельности предприятий, структуры платежей в области природопользования и охраны окружающей среды.

Принципы разработки эффективной концепции экономического механизма природопользования следующие.

1. Эффективная концепция рационализации природопользования и охраны окружающей среды и соответствующий экономический механизм природопользования в

секторах/комплексах могут быть разработаны и реализованы только после разработки концепции развития самих секторов/комплексов и всей экономики в целом.

2. Экономический механизм природопользования должен быть органической частью «глобального» экономического механизма, он не может быть локальным и охватывать только природоэксплуатирующие комплексы и отрасли. Данный механизм должен быть согласован с другими экономическими механизмами, действующими на последующих (после «природных») этапах природно-продуктовой вертикали, соединяющей первичные природные ресурсы с конечной продукцией. Тем самым экономический механизм природопользования (в узком смысле) должен стать частью общего механизма, регулирующего функционирование отдельных производств в природно-продуктовой вертикали, и быть ориентированным на конечные результаты.

3. Экономический механизм природопользования в секторах/комплексах должен формироваться на межсекторальной, межотраслевой и межрегиональной основе. Этот принцип можно проиллюстрировать на примере взаимозависимого характера развития агропромышленного и топливно-энергетического комплексов при альтернативных вариантах решения экологических проблем. В этих случаях эффективный экономический механизм природопользования может быть создан только на основе комплексного подхода.

Существует три типа экономических механизмов природопользования: компенсирующий (мягкий, пассивный) механизм; стимулирующий; жесткий («подавляющий»). При изучении темы необходимо уметь охарактеризовать каждый.

ФЗ "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ регламентирует методы экономического регулирования в ООС, плату за негативное воздействие на окружающую среду, предпринимательскую деятельность, осуществляемую в целях ООС, затрагивает вопросы экологического страхования, а также называет виды ответственности за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды и провозглашает обязанность полного возмещения вреда окружающей среде.

Ущерб, наносимый вследствие загрязнения природной среды - это фактическое проявление потерь: экологических, социальных, экономических. Различают прямой ущерб, т.е. ущерб вследствие непосредственного ухудшения здоровья и условий жизнедеятельности человека; и - косвенный ущерб - ущерб, как создание предпосылок для ухудшения жизнедеятельности человека или незаметного во времени и пространстве воздействия на потенциальные возможности природной составляющей в системе «общество - природная среда».

Ущерб можно представить также в виде отрицательного общественного потребления, т.е. затрат на ликвидацию негативного воздействия на окружающую среду. Ущерб может быть представлен в различных временных интервалах: одномоментный (авария), перманентный (эрозия, засорение почв), латентный (проявляется со временем)

Универсальной единой единицы измерения ущерба не существует, т.к. рассматривается воздействие на человека на разных уровнях.

Величина ущерба может определяться в соответствии с разными методиками. За основу определения экономического ущерба берется «Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды», разработанная в 1986г.

#### *Вопросы и задачи для самопроверки*

1. Дайте определение термину «экономика природопользования».
2. Перечислите принципы разработки эффективной концепции экономического механизма природопользования.
3. Опишите суть компенсирующего механизма природопользования.
4. Опишите суть стимулирующего механизма природопользования.

5. Опишите суть жесткого механизма природопользования.
6. Каковы методы экономического регулирования в охране ОС согласно ФЗ «Об охране окружающей среды»?
7. Какие виды негативного воздействия на ОС являются платными согласно ФЗ «Об охране окружающей среды»?
8. Какие виды ответственности за нарушение законодательства в области охраны ОС существуют?
9. Каково максимальное наказание согласно УК РФ за загрязнение вод?
10. Дайте определение понятию «ущерб ОС».
11. Каким образом можно рассчитать ущерб окружающей среде?
12. Каковы временные интервалы ущерба?

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

Учебным планом по дисциплине «Экология» предусмотрена следующая форма промежуточной аттестации: **экзамен**.

Промежуточная аттестация направлена на проверку конечных результатов освоения дисциплины.

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.