ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат:
2FC246F6C833D54EB0E94DC86683EC3124321638
Владелец: Глебов Владимир Владимирович
Действителен: с 07.09.2021 до 07.12.2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(филиал НГТУ)

А.В. Архипова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Рекомендовано Учёным советом Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева в качестве учебного пособия для студентов технических вузов

Нижний Новгород 2017

УДК 504

ББК 20.1я73

А877

Рецензент
кандидат химических наук, доцент Железнова Т.А.

Архипова А.В.

А877 **Экологический практикум:** учеб. пособие / А.В. Архипова; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2017. – 240 с.

В книге приведены методы и приёмы работы с класс-комплектом «ЭХБ», мини-экспресс-лабораторией «Пчёлка-У/м», тест-комплектами и тест-системами, полевой комплексной лабораторией «НКВ 3.100», ранцевой лабораторией «НКВ-Р/м», тест-комплектом «РК-БПК» с применением средств экспресс-контроля окружающей среды.

Практикум включает 24 лабораторные работы по темам «Воздух», «Вода», «Почва», «Окружающая среда и здоровье». Многие из описанных в пособии практических работ могут выполняться как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Пособие содержит методические рекомендации к проведению лабораторного экологического практикума с учётом современных методических и дидактических подходов.

Рис. 11. Табл. 52. Библиогр.: 26 назв.

УДК 504

ББК 20.1я73

© Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2017
© А.В. Архипова, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ……..... 7

ВВЕДЕНИЕ…….. 8

1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА……..... 10

1.1. Оборудование и оснащение лаборатории химии и экологии…….. 10

1.2. Класс-комплект «ЭХБ»……. 11

1.3. Мини-экспресс-лаборатория «Пчёлка-У/м»…… 15

1.4. Оборудование для полевых работ: тест-комплекты, ранцевые и портативные комплексные лаборатории…… 18

1.5. Тест-комплект для определения в воде содержания растворённого кислорода и биохимического потребления кислорода…… 22

2. ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ С ОСНОВАМИ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ……. 25

2.1. Общие правила работы в лаборатории химии и экологии……. 25

2.2. Техника безопасности при работе с химической посудой…….. 27

2.3. Техника безопасности при работе с реактивами и растворами…….. 29

2.4. Правила оказания первой помощи……... 30

2.5. Ликвидация очагов возгорания…… 30

2.6. Химическая демеркуризация помещения ГОСТ 12.4.ПЗ-82, СанПиН 4607-88……..... 32

2.7. Работа со спиртовками и сухим горючим……... 34

2.8. Техника выполнения анализов…… 35

3. ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА……... 40

4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ «ВОЗДУХ»…… 46
Лабораторная работа № 1.
Экологическая экспертиза техногенного загрязнения воздуха производственной зоны……. 51
Лабораторная работа № 2.
Определение содержания углекислого газа в воздухе с помощью индикаторных трубок ……. 61
Лабораторная работа № 3.
Определение загруженности улиц автотранспортом и оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта…….. 68
Лабораторная работа № 4.
Экспресс-анализ загрязненности воздуха аммиаком…… 76
Лабораторная работа № 5.
Определение запыленности воздуха помещений и различных зон города……... 80
Лабораторная работа № 6.
Наблюдение за составом атмосферных осадков…… 84

5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ «ВОДА»……. 91
Лабораторная работа № 7.
Определение органолептических показателей воды……. 97
Лабораторная работа № 8.
Определение кислотности воды…….. 104
Лабораторная работа № 9.
Количественное определение хлоридов в воде (модельном растворе, минеральной воде) и почвенной вытяжке…… 107
Лабораторная работа № 10.
Определение качества питьевой воды и её пригодности к хозяйственно-бытовому использованию……. 111
Лабораторная работа № 11.
Количественное определение общей жёсткости, ионов кальция и магния в воде…… 121
Лабораторная работа № 12.
Определение карбонатов, гидрокарбонатов, щёлочности в воде и почвенной вытяжке…….. 128
Лабораторная работа № 13.
Количественное определение общего железа в воде…… 134

Лабораторная работа № 14.
Количественное определение сульфатов в воде и почвенной вытяжке……... 137
Лабораторная вода № 15.
Определение в воде содержания растворённого кислорода и биохимического потребления кислорода……. 141

6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ «ПОЧВА»…….. 151
Лабораторная работа № 16.
Приготовление почвенных вытяжек для химического анализа…… 158
Лабораторная работа № 17.
Определение pH почвенной вытяжки и оценка кислотности почвы……... 162
Лабораторная работа № 18.
Оценка экологического состояния почвы по солевому составу водной вытяжки…….. 166
Лабораторная работа № 19.
Определение органического вещества в почве…….. 170
Лабораторная работа № 20.
Экологическая экспертиза техногенного загрязнения почвы и эколого-санитарные мероприятия по её рекультивации……... 172

7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ «ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЗДОРОВЬЕ»…….. 187
Лабораторная работа № 21.
Оценка качества продуктов питания на содержание в них нитратов и оценка их кислотности…….. 193
Лабораторная работа № 22.
Влияние кислотности среды на активность ферментов слюны…….. 198
Лабораторная работа № 23.
Влияние курения на свойства слюны…….. 200
Лабораторная работа № 24.
Воздействие алкоголя на свойства белка……... 206

ПРИЛОЖЕНИЯ……..... 211
Приложение 1…… 211
Приложение 2…… 212
Приложение 3…… 230
Приложение 4…… 231
Приложения 5…… 232

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……. 234

СПИСОК НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ…….. 236
Российские государственные стандарты (ГОСТ)…….. 236
Международные стандарты (ИСО)…….. 237
Санитарные правила и нормы (СанПиН)..……. 238
Природоохранные нормативные документы федерального уровня (ПНД Ф)…… 238
Методики количественного химического анализа вод (руководящие документы) (РД)……... 239

ПРЕДИСЛОВИЕ

Федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» определил необходимость всеобщего, комплексного и непрерывного экологического образования, направленного на развитие экологической культуры и формирование экологического мировоззрения, приоритетной составляющей которого является практическая экологическая деятельность обучающихся.

Целью данного пособия является изложение учебно-методических аспектов и практических методик эколого-аналитических исследований, которые ориентированы на развитие самостоятельных навыков обучаемого по овладению современными методами, технологиями и приборной базой для решения профессиональных задач. Экологические исследования, составляющие основу практикума, развивают познавательную активность обучаемого, обеспечивают преемственность и формируют межпредметные связи.

Настоящее руководство посвящено выполнению химических анализов воздуха, воды, почвенных вытяжек и продуктов питания по основным показателям с целью оценки их качества согласно санитарно-гигиеническим нормативам Российской Федерации.

Для оценки параметров окружающей среды применяются класс-комплект «ЭХБ», мини-экспресс-лаборатория «Пчёлка-У/м», тест-комплекты и тест-системы, полевая комплексная лаборатории «НКВ 3.100», ранцевая лаборатория «НКВ-Р/м», тест-комплект «РК-БПК». Данное оборудование рассчитано на выполнение практических работ по нескольким независимым компонентам, одновременно несколькими студентами. При работе с оборудованием осуществляется первичное экологическое обследование объектов окружающей среды, практическое ознакомление обучаемых с методами экологического исследования, с современными средствами экспресс-контроля и методиками их применения. Выполнение указанных в пособии практических работ предусмотрено как в полевых условиях (на обследуемом объекте), так и в лаборатории.

В пособии описаны правила отбора и подготовки проб воды и почвенных вытяжек к химическому анализу, процедуры анализов с указанием алгоритма выполнения, приведена полезная информация по исследуемой проблеме, даны ссылки на действующие нормативно-дидактические документы.

ВВЕДЕНИЕ

Данный экологический практикум предусматривает проведение лабораторных работ по изучению актуальных показателей, характеризующих экологическое состояние окружающей среды.

В пособии описаны основные характеристики используемого оборудования для оценки количественных и качественных параметров состояния окружающей среды с элементами математической обработки данных. Приведены конкретные методики и операции экологической диагностики и контроля качества воздуха, воды, почвы.

Практикум построен по принципу научности, методической достаточности, широты оцениваемых показателей, актуальности тематики работ, информационной и дидактической насыщенности изложения.

В структурном отношении учебное пособие включает семь глав:

- материально-техническая база экологического практикума;
- общие правила работы с основами техники безопасности;
- требования и методические рекомендации по оформлению экологического практикума;
- экологические исследования по теме «Воздух»;
- экологические исследования по теме «Вода»;
- экологические исследования по теме «Почва»;
- экологические исследования по теме «Окружающая среда и здоровье».

В настоящем практикуме приведено описание 24 лабораторных работ, базирующихся на апробированных унифицированных методиках и техниках, заимствованных из государственных стандартов, ведомственных нормативно-правовых документов и общепринятых профессиональных руководств по анализу.

Для понимания сущности экологических исследований все лабораторные работы сопровождаются теоретико-методическим пояснением проблемы, что способствует повышению системности знаний, доступности практических методик и алгоритмов обработки данных.

Главы включают вводную теоретическую часть по теме раздела с перечнем лабораторных работ, входящих в главу, с указанием оцениваемых показателей и методов анализа.

Глава 1 посвящена оснащению экологического практикума, которое формируется на материально-технической базе лаборатории химии и экологии, оснащенной специальным оборудованием и расходными материалами, первичными средствами пожаротушения и «Уголком по технике безопасности». В главе описаны основные характеристики, показатели и состав специального оборудования для проведения экспресс-контроля окружающей среды.

В главе 2 приведены общие правила работы в лаборатории химии и экологии и правила оказания первой помощи; описана техника безопасности при работе с химической посудой, реактивами и растворами, со спиртовками и сухим горючим; указаны правила ликвидации очагов возгорания и химической демеркуризации помещения. В главе также рассмотрены особенности техники выполнения анализов и работы с портативными комплектами (тест-комплектами, класс-комплектами, мини-экспресс-лабораторией, полевыми комплексными лабораториями).

В главе 3 приведены требования и методические рекомендации по оформлению экологического практикума: лабораторных работ, полевых исследований и анализов. Здесь же представлен образец отчёта по лабораторной работе.

В главах 4, 5, 6, 7 приведены лабораторные работы, которые включают краткие теоретические сведения по проблеме исследования, цели и задачи работы, перечень используемого оборудования, материалов и реактивов, задания к работе и индивидуальные технические задания, методику и технику выполнения исследования с указанием точного хода работы, требования к оформлению результатов исследования и анализа полученных данных, контрольные вопросы для защиты лабораторных работ, варианты заданий.

Пособие также содержит список учебно-методической литературы, нормативно-правовых документов, информационно-справочные приложения с нормативными данными для характеристики экологической ситуации по допустимым уровням загрязнения.

ГЛАВА 1
МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА

1.1. Оборудование и оснащение лаборатории химии и экологии

Экологический практикум проводится на материально-технической базе лаборатории химии и экологии, оснащенной специальным оборудованием и расходными материалами для проведения лабораторных работ. Перечень:

- аквадистиллятор электрический аптечный ДЭ-4-02-«ЭМО» тип 2 (СанПиН 2.1.4.1074-01, ГОСТ 15150-69);
- термометры ртутные лабораторные (ГОСТ 215-73);
- весы электронные ВСТ-150/5-0 (ГОСТ 24104);
- весы электронные Scout-Pro (внесены в Государственный реестр средств измерений, № 16315-08);
- барометры-анероиды метеорологические (ГОСТ 6466-53);
- сушильный и вытяжной шкафы (ГОСТ 7365-55, ГОСТ 22360-95);
- секундомеры механические (ГОСТ 8.423-81);
- микропроцессор портативный pH-метр «Марк-901» (ГОСТ 27987-88);
- электрифицированная демонстрационная таблица периодической системы Д.И. Менделеева ОХ-3М;
- таблицы растворимости веществ (стенды);
- термостатирующее устройство Т-501;
- нагреватели пробирок электрические (ГОСТ 23932Е);
- лабораторные бюретки для титрования (ГОСТ 29251-91);
- спиртовки лабораторные СЛ-2 (ГОСТ 26821-81);
- штативы ШХЛ (ГОСТ 10197-70);
- штативы для пробирок универсальные;
- сито с отверстиями диаметром 1 мм;
- электрические плитки с закрытой спиралью (ГОСТ 14919);
- химическая посуда (колбы, стаканы, воронки, пробирки, мензурки, ступки с пестиками);
- расходные материалы: скотч, фильтровальная, индикаторная и писчая бумага, маркеры, вата хлопчатобумажная, мыло техническое, химические реактивы;
- ёршики специальные для мытья химической посуды;
- аптечка первой помощи.

Лаборатория химии и экологии в соответствии со статьями 51 и 32 Закона РФ «Об образовании» оснащена первичными средствами пожаротушения:

- ящиком с песком укомплектованным совком;
- химическим покрывалом для тушения малых очагов возгорания;
- огнетушителем углекислотным ОУ-2-ВСЕ (ГОСТ Р 51057-2001);
- огнетушителем порошковым ОП-5(з)-АВСЕ (ГОСТ Р 51057-2001, ГОСТ 27331-87).

В лаборатории размещен «***Уголок техники безопасности»***, в котором представлены:

- стенд «Правила по технике безопасности при работе в химической лаборатории»;
- инструкция по охране труда при проведении лабораторных опытов и практических занятий (ИОТ-075-2010);
- инструкция по охране труда при проведении демонстрационных опытов по химии (ИОТ-076-2010);
- инструкция по охране труда при работе в кабинете химии (ИОТ-077-2010);
- методическое указание «Общие правила поведения и работы в химической лаборатории»;
- журнал «Инструктаж по технике безопасности (для кабинета химии)» (ГОСТ 12.0.0004-90).

1.2. Класс-комплект «ЭХБ»

Комплектом оборудования, предназначенным специально для проведения экологического практикума (лабораторного и полевого), является класс-комплект-лаборатория «ЭХБ». В состав комплекта «ЭХБ» входят лабораторные принадлежности, посуда, реактивы и материалы для демонстрационных опытов и самостоятельного проведения студентами экологических исследований основных сред – воздуха, воды, почвы, а также продуктов питания.

Класс-комплект «ЭХБ» состоит из двух основных частей: набора для учителя и набора учащегося с дидактическим материалом (14 шт.).

Набор для учителя «ЭХБ 8.300.1» (рис. 1.1*а*).

1. *Посуда, принадлежности и материалы*: бумага индикаторная универсальная (2 уп.), воронка *d* = 100-150 мл, колбы конические на 500 мл с пробкой (2 шт.), комплект самоклеющихся этикеток, контрольная шкала образцов окраски pH, стаканы одноразовые на 200 мл (12 шт.), фильтры бумажные (2 уп.).

а *б*

Рис. 1.1. Класс-комплект «ЭХБ»:
***а* – набор для учителя «ЭХБ 8.300.1»; *б* – набор ученический «ЭХБ 8.300.3»**

2. *Набор сухих химических реактивов для проведения экологических исследований* (табл. 1.1). Растворы из сухих реактивов готовятся лаборантом, разливаются во флаконы, на которые наклеиваются этикетки с указанием названия реактива, формулы, концентрации раствора и даты приготовления. Перед проведением лабораторных работ флаконы с готовыми реактивами раздаются студентам.

Таблица 1.1

Химические реактивы из класс-комплекта

№	Наименование	Формула	Кол-во
1.	Аммония роданид	NH_4CNS	50 г
2.	Аммония сульфат	$(NH_4)_2SO_4$	50 г
3.	Бария нитрат	$Ba(NO_3)_2$	50 г
4.	Железо (II) сульфат 7-водный	$FeSO_4 \times 7H_2O$	50 г
5.	Железо (III) хлорид 6-водный	$FeCl_3 \times 6H_2O$	50 г
6.	Жёлтая кровяная соль 3-водная	$K_4[Fe(CN)_6] \times 3H_2O$	50 г
7.	Известь хлорная	$CaOCl_2$	50 г
8.	Калия йодид	KI	50 г

Продолжение табл. 1.1

№	Наименование	Формула	Кол-во
9.	Калия карбонат (поташ) или натрия карбонат (сода)	K_2CO_3 (Na_2CO_3)	50 г
10.	Калия нитрат (селитра калийная)	KNO_3	50 г
11.	Калия хлорид	KCl	200 г
12.	Калия хромат	K_2CrO_4	50 г
13.	Кальция хлорид	$CaCl_2$	50 г
14.	Красная кровяная соль	$K_3[Fe(CN)_6]$	50 г
15.	Меди сульфат 5-водный (медный купорос)	$CuSO_4 \times 5H_2O$	50 г
16.	Свинца ацетат 3-водный	$Pb(CH_3COO)_2 \times 3H_2O$	50 г
17.	Серебра нитрат	$AgNO_3$	10 г
18.	Уголь активированный	C	25 г
19.	Желатин	–	50 г
20.	Крахмал	–	50 г
21.	Натрия гидроксид	NaOH	50 г
22.	Нефть	–	30 мл
23.	Раствор азотной кислоты (1:3)	HNO_3	30 мл
24.	Раствор соляной кислоты (1:2)	HCl	30 мл
25.	Кальция гидроксид	$Ca(OH)_2$	50 г
26.	Раствор аммиака 10%-ный (аммиачная вода)	–	30 мл
27.	Раствор дифениламина в серной кислоте	–	30 мл
28.	Раствор индикатора универсального	–	20 мл
29.	Раствор йода спиртовой 5%-ный	–	30 мл

3. *Набор самоклеющихся этикеток для раздаточных флаконов*. На этикетки наносится следующая информация: название реактива и его формула, концентрация раствора, дата приготовления.

4. *Тест-системы для оценки параметров воды, воздуха, почвы, продуктов питания* которые являются средствами сигнального химического экспресс-контроля (табл. 1.2). Принцип действия основан на впитывании анализируемого раствора гидрофильной основой теста, помещённой между полимерными плёнками, которые обеспечивают точную дозировку тестируемого раствора. Попавший на индикаторную полоску анализируемый компонент реагирует с находящимся на ней аналитическим реагентом с образованием окрашенного соединения; при

этом цвет и интенсивность окраски являются мерой концентрации анализируемого компонента в растворе.

Таблица 1.2

Тест-системы для экспресс-анализа

Оценка параметров воды, воздуха, почвы	Наименование тест-системы
Тест-системы для экспресс-анализа загрязнённости воды, модельных растворов, почвенных вытяжек, продуктов питания	Активный хлор
	Железо общее
	Медь
	Нитрат-тест
	pH
Тест-система для экспресс-анализа загрязненности воздуха аммиаком	Аммиак

Набор ученический для экологического практикума «ЭХБ 8.300.3» (рис. 1.1*б*) включает посуду и лабораторные принадлежности, используемые для выполнения практических работ, дидактический материал, тест-системы, растворы индикатора универсального и титранта. Состав набора приведен в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Класс-комплект «ЭХБ 8.300.3»

№	Наименование	Кол-во
1.	Воронка лабораторная *d* = 50-60 мм	1 шт.
2.	Держатель для пробирок	1 шт.
3.	Колба коническая на 50 мл с пробкой	2 шт.
4.	Комплект препаровальных инструментов – ножницы, пинцет, скальпель, игла препаровальная (2 шт.)	1 компл.
5.	Контрольная шкала образцов окраски начала и окончания титрования (для определения общей жесткости)	1 шт.
6.	Контрольная шкала образцов окраски (pH)	1 шт.
7.	Ложка (шпатель) пластмассовая	2 шт.
8.	Лоток-поднос для раздаточного материала	1 шт.
9.	Лупа	1 шт.
10.	Мешок полиэтиленовый объёмом 3-5 л	1 шт.
11.	Мундштук стеклянный	1 шт.
12.	Палочка стеклянная с резиновым наконечником	1 шт.
13.	Петля из нихромовой нити	1 шт.
14.	Пипетка-капельница (0,5-5 мл)	5 шт.
15.	Пробирка химическая	3 шт.
16.	Пробирка химическая с меткой «5 мл» и пробкой	4 шт.
17.	Раствор индикатора универсального	10 мл

Продолжение табл. 1.3

№	Наименование	Кол-во
18.	Раствор титранта (для определения жесткости)	10 мл
19.	Склянка с метками «2,5 мл», «5 мл», «10 мл»	2 шт.
20.	Стакан химический на 50 мл	2 шт.
21.	Стёкла покровные	10 шт.
22.	Стёкла предметные	3 шт.
23.	Столик для сухого горючего	1 шт.
24.	Тест-система «Нитрат-тест» (на 20 анализов)	1 шт.
25.	Тест-система «pH» (на 20 анализов)	1 шт.
26.	Тигель фарфоровый для тушения сухого горючего	1 шт.
27.	Тройник стеклянный Т-образный с резиновыми трубками	1 шт.
28.	Трубки стеклянные Г-образные, 100×25 мм	1 шт.
29.	Трубки стеклянные Г-образные, 50×25 мм	1 шт.
30.	Флаконы для реактивов и растворов с завинчивающимися пробками	3 шт.
31.	Цилиндр мерный на 50 мл	1 шт.
32.	Чашка Петри	2 шт.
33.	Штатив для пробирок универсальный	1 шт.

1.3. Мини-экспресс-лаборатория «Пчёлка-У/м»

Рис. 1.2. Мини-экспресс-лаборатория «Пчёлка-У/м»

Мини-экспресс-лаборатория «Пчёлка-У/м» (рис. 1.2) – портативная дидактико-методическая лаборатория, включающая простейшие индикаторные средства, специальные реактивы, принадлежности и приспособления для экспресс-контроля воды, атмосферных осадков и воздуха. Состав комплекта приведен в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Мини-экспресс-лаборатория «Пчёлка-У/м»

№	Наименование	Кол-во
1.	Аспиратор сильфонный	1 шт.
2.	Воронка лабораторная *d* = 50-60 мм	1шт.
3.	Губка поролоновая	1 шт.
4.	Индикаторные трубки на оксид углерода (IV)	6 уп.
5.	Камера полиэтиленовая (мешок с застёжкой молнией)	1 шт.
6.	Ложка (шпатель)	1 шт.
7.	Лупа	1 шт.
8.	Лоток-поднос для раздаточного материала	1 шт.
9.	Мешки полиэтиленовые	5 шт.
10.	Набор пипеток-капельниц	1 шт.
11.	Ножницы	1 шт.
12.	Очки защитные	1 шт.
13.	Перчатки защитные	3 пары
14.	Пинцет	1 шт.
15.	Пробирки мерные	2 шт.
16.	Предметные стёкла	5 шт.
17.	Салфетки бумажные	1 уп.
18.	Склянка с метками «5 мл», «10 мл», «20 мл»	2 шт.
19.	Стакан химический на 100 мл	1 шт.
20.	Фильтры бумажные	1 уп.
21.	Флакон для реактивов с навинчивающейся крышкой	1 шт.
22.	Штатив для пробирок универсальный	1 шт.
23.	Железо хлорное	2,0 г
24.	Известь хлорная	2,0 г
25.	Калия хлорид (навеска 38 г)	1 шт.
26.	Калия хромат	2,0 г
27.	Лимонная кислота	2,0 г
28.	Натрия нитрат	2,0 г
29.	Тест-система «Активный хлор»	1 уп.
30.	Тест-система «Железо общее»	1 уп.
31.	Тест-система «Нитрат-тест»	1 уп.
32.	Тест-система «pH»	1 уп.
33.	Тест-система «Хромат-тест»	1 уп.
34.	Тест система «Аммиак»	1 уп.

Мини-экспресс-лаборатория рассчитана на выполнение практических работ по нескольким независимым направлениям, одновременно несколькими студентами. При помощи лаборатории проводится первичное экологическое обследование объектов окружающей среды, практическое ознакомление обучаемых с методами экологического исследования, современными средствами экспресс-контроля и методиками их применения. «Пчёлка-У/м» позволяет выполнять практические работы как непосредственно на обследуемом объекте (в полевых условиях), так и в лаборатории при использовании предусмотренных в её составе приспособлений и вспомогательных средств.

Основные характеристики комплекта при контроле загрязненности воды (водных растворов, почвенных вытяжек) с помощью входящих в его состав тест-систем приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Основные характеристики тест-систем комплекта

Наименование тест-системы	**Определяемые компоненты**	**Диапазон определяемых концентраций*, мг/л**	**Индикационный эффект**
Активный хлор	Активный хлор в свободном и связанном видах (суммарно)	0-1,2-5-10-30-100	Синий
Нитрат-тест	Нитрат- и нитрит-анионы (NO_3^-, NO_2^-)	0-10-50-200-1000 по нитрат-аниону	Красный
Железо общее	Сумма катионов железа (Fe^{2+}, Fe^{3+})	0-20-50-100-1000	Бежево-коричневый
Хромат-тест	Хром (VI) в хромат- и бихромат-анионах (CrO_4^{2-}, $Cr_2O_7^{2-}$)	3-10-100-1000 по хрому (VI)	Сиреневый
pH	H^+	4,5-5,0-5,5-6,0-6,5-7,0-8,0-8,5-9,0-10,0-11,0 ед. pH	Шкала на этикетке
Аммиак	Аммиак	10-1000	От жёлтой к синей

*Диапазон определяемых концентраций может быть расширен посредством разбавления анализируемых проб.

Продолжительность выполнения анализов составляет от 10 до 30 мин в зависимости от вида анализа.

Параметры окружающей среды при применении индикаторных трубок (рабочие условия применения):

- температура воздуха – от -10 до 50^0C;
- относительная влажность воздуха – от 30 до 80%;
- атмосферное давление – от 680 до 780 мм рт. ст.

Имеющиеся в комплекте индикаторные средства и оцениваемые параметры приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Индикаторные средства и оцениваемые показатели

Объекты	Параметры	Средства контроля
Воздушная среда	Содержание углекислого газа, аммиака	Индикаторные трубки с аспиратором, тест-системы
Водная среда (вода водоёмов, почвенные вытяжки, модельные растворы)	pH, концентрация природных компонентов (солей) и загрязняющих веществ	Тест-системы для определения загрязнений в воде
Продукты питания (овощи, фрукты, соки, бутилированная вода)	Содержание нитратов	Тест-система «Нитрат-тест»
Почва	Кислотность и засолённость почвы	Тест-система «pH»

Количественный анализ выполняется с помощью индикаторных трубок (анализ воздуха), а также аналитических растворов и реактивов (анализ воды, почвенных вытяжек, модельных растворов). Полуколичественный и качественный анализ выполняется с помощью тест-систем (анализ воды, почвенных вытяжек, модельных растворов) и экспресс-теста на пары аммиака.

При использовании индикаторных трубок предел допускаемого значения относительной погрешности результата измерений концентраций загрязнителей в воздухе составляет ±25%. Точностные характеристики при контроле воды и водных растворов с помощью тест-систем не нормируются.

1.4. Оборудование для полевых работ: тест-комплекты, ранцевые и полевые комплексные лаборатории

Полевые работы проводятся с применением готовых титрованных и других аналитических растворов, которые входят в состав

соответствующих тест-комплектов, ранцевой лаборатории «НКВ-Р/м» и полевой комплексной лаборатории «НКВ 3.100» (ГОСТ 24902-81). Анализы с применением полевых лабораторий «НКВ 3.100» и тест-комплектов, согласно результатам метрологической аттестации, соответствующих МВИ (методикам выполнения измерений), выполняются при следующих рабочих условиях:

- диапазон рабочих температур окружающего воздуха – от 10 до 35 ^{0}C;
- атмосферное давление и относительная влажность воздуха не регламентируются, т.к. не являются параметрами, значимо влияющими на результаты анализа;
- требования по температуре проб воды и почвенных вытяжек отсутствуют, т.к. предполагается, что пробы имеют температуру окружающего воздуха.

Тест-комплект (рис. 1.3*а*) – портативная укладка для выполнения количественного или полуколичественного химического экспресс-анализа (воды, почвенных вытяжек) на содержание одного вещества в полевых, лабораторных и производственных условиях. Комплект представляет собой компактно уложенную подборку готовых расходных материалов на 100 анализов.

а *б*

Рис. 1.3. Оборудование для полевых работ:
***а* – тест-комплект; *б* – ранцевая лаборатория «НКВ-Р/м»**

В состав тест-комплектов входят: растворы реагентов и индикаторов, буферные растворы, капсулированные или таблетированные химикаты, мерные склянки для отбора и дозировки проб (от 2,5 до 100 мл), пипетки-капельницы, мерные пипетки и другие средства дозировки растворов, принадлежности, паспорт с описанием методики контроля. Комплект отличается удобством и простотой в использовании.

Перечень применяемых тест-комплектов для количественной оценки параметров воды, воздуха, почвы, продуктов питания: «Активный хлор», «Карбонаты», «Нитраты», «pH», «Мутность (прозрачность)», «Растворённый кислород», «Сульфаты», «ОЖ-1», «Хлориды», «Кислотность почвы», «Железо», «Кальций», «Цветность».

Тест-комплекты позволяют выполнять химический анализ, как правило, с использованием унифицированных типовых или модифицированных (упрощенных) методик на основе стандартных методов, а также тест-методов. Используются как самостоятельно, так и в составе ранцевых лабораторий (рис. 1.3*б*).

Полевая комплексная лаборатория «НКВ 3.100» (ТУ 4321-100-82182574-08) (рис. 1.4) предназначена для определения показателей качества воды и состава почвенных вытяжек в полевых и лабораторных условиях. НКВ позволяет выполнять контроль качества природных вод, как питьевого, так и рыбохозяйственного назначения, общая минерализация которых не превышает 3 г/л, методами анализа в соответствии с действующими ГОСТ 24902-81 и ГОСТ 18309-72.

Рис. 1.4. Полевая комплексная лаборатория «НКВ 3.100»

Перечень анализируемых параметров и характеристики лаборатории «НКВ 3.100» приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Характеристики «НКВ 3.100» по определяемым компонентам

Наименование определяемого показателя	**Диапазон определяемых концентраций**	**Метод определения**
Аммоний (NH_4^+)	1-1,0-2,6-5,0-7,0 мг/л 0,2-4,0 мг/л	Визуально-колориметрический
Водородный показатель (pH)	4,5-5,0-5,5-6,0-6,5-7,0-8,0-8,5-9,0-10,0-11,0 ед. pH	Визуально-колориметрический
Гидрокарбонат (HCO_3^-)	30-1200 мг/л	Титриметрический
Железо общее (сумма катионов Fe^{2+}и Fe^{3+})	0-0,1-0,3-0,7-1,0-1,5-2,0 мг/л, 0,05-2,0 мг/л	Визуально-колориметрический
Кальций (Ca^{2+})	2-500 мг/л	Титриметрический
Карбонат (CO_3^{2-})	30-1200 мг/л	Титриметрический
Карбонатная жёсткость (CO_3^{2-} и HCO_3^-)	2-2500 мг/л	Расчётный

Лаборатория «НКВ 3.100» рассчитана на выполнение анализов без применения электропотребляющего оборудования, специально для работ в экспедиционных условиях.

Объём пробы для анализа – от 1 до 25 мл. Продолжительность анализа по каждому показателю – не более 20 мин, производительность – не менее 100 анализов по каждому из определяемых показателей.

Лаборатория «НКВ 3.100» отличается простотой и удобством работы, а также полнотой и наглядностью процедур анализа.

Состав «НКВ 3.100».

- Аналитические реактивы и растворы: индикаторы, реагенты, буферные смеси, соли, капсулированные химикаты.
- Средства дозировки реагентов и растворов: колбы мерные, мерные склянки, пипетки мерные и капельные, цилиндр мерный, шприц-дозатор.
- Материалы: бумага индикаторная и фильтровальная.
- Посуда: воронки фильтровальная и делительная, колбы конические, стаканчик для выпаривания, палочка стеклянная, пробирки колориметрические и мутномерные.
- Принадлежности: термометр, линейка, ножницы, стойка-штатив, трубка гибкая, шпатель.

- Средства защиты: защитные перчатки, очки.
- Контрольные шкалы образцов окраски для визуального колориметрирования, водозащищённые.

1.5. Тест-комплект для определения в воде содержания растворённого кислорода и биохимического потребления кислорода

Тест-комплект для определения в воде содержания растворённого кислорода и биохимического потребления кислорода «РК-БПК» (рис. 1.5) предназначен для определения концентрации растворённого кислорода (РК) и биохимического потребления кислорода (БПК) в пробах поверхностных вод суши, нормативно-очищенной сточной и питьевой воды. «РК-БПК» позволяет проводить измерения РК в полевых, лабораторных и производственных условиях, измерения БПК в лабораторных условиях.

Диапазон измеряемых концентраций РК составляет от 0,1 мг O_2/л до 15 мг O_2/л.

Комплект применим при следующих параметрах окружающей среды:

- температура воздуха – от 10 до 35^0C;
- атмосферное давление и относительная влажность воздуха не регламентируется.

Рис. 1.5. Тест-комплект «РК-БПК»

Для выполнения одного измерения концентрации РК необходимо около 130 мл воды, для определения БПК – 500 мл.

Продолжительность анализа одной пробы на содержание РК составляет не более 20 мин.

Основные расходные материалы комплекта рассчитаны на выполнение не менее 100 анализов.

Тест-комплект представляет собой набор специальных реактивов, растворов, посуды, предусмотренных методикой выполнения анализа. Состав комплекта приведен в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Тест-комплект «РК-БПК»

№	Наименование	Кол-во
1.	Воронка	1 шт.
2.	Колба Кн-2-250-34-ХС, ГОСТ 25336	1 шт.
3.	Крахмал растворимый в капсулах по 0,25 г	10 капсул
4.	Мешалка стеклянная	4 шт.
5.	Пипетка для титрования вместимостью 10 мл	1 шт.
6.	Пипетка-капельница вместимостью 1 мл 3 мл	6 шт. 1 шт.
7.	Пробирка градуированная с пробкой	1 шт.
8.	Раствор йодида калия щелочной	100 мл
9.	Раствор крахмала стабилизированный (0,5%)	50 мл
10.	Раствор серной кислоты (1:2)	200 мл
11.	Раствор соли марганца	100 мл
12.	Раствор тиосульфата натрия стабилизированный (0,1 моль/л экв.)	100 мл
13.	Раствор тиосульфата натрия стабилизированный (0,02 моль/л экв.)	100 мл
14.	Склянки кислородные калиброванные с пробками: 1) склянка № 13 объём 141,1 мл; 2) склянка № 14 объём 143,1 мл; 3) склянка № 200 объём 134,1 мл	3 шт.
15.	Стойка-штатив	1 шт.
16.	Термометр	1 шт.
17.	Трубка пластиковая гибкая (сифон)	1 шт.
18.	Цилиндр мерный вместимостью 25 мл с пластмассовым основанием	1 шт.
19.	Чашка Петри	1 шт.
20.	Шприц с соединительной трубкой для титрования	1 шт.

Тест-комплект содержит стойку-штатив, устанавливаемую в рабочем положении вертикально в петлю нижней части корпуса открытого ящика и образующую штатив с элементами крепления для размещения пипетки со шприцем, которые используются для дозированного заполнения пипеток растворами и для титрования.

Применение несложных портативных методов и соответствующего оборудования (тест-комплектов, класс-комплектов, полевой комплексной лаборатории, мини-экспресс-лаборатории, тест-систем) позволяют получить ценную информацию о качестве воздуха и исследуемой воды, дать оценку состоянию водных объектов и почвы, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

В комплектах используются унифицированные методики гидрохимического анализа, которые обусловлены:

- применением визуально-колориметрического определения;
- упрощением и ускорением дозировки аналитических растворов;
- уменьшением объёма пробы для анализа;
- применением портативных средств дозировки растворов и проб.

Применяемые унифицированные методики анализа отвечают принципам единства и точности измерений; соответствуют действующим нормативным документам и общепринятым руководствам по анализу воздуха, воды и почвенных вытяжек.

ГЛАВА 2
ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ С ОСНОВАМИ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Большинство используемых методов оценки состояния окружающей среды являются химическими, так как основаны на использовании химических реакций. Работа в химической лаборатории всегда сопряжена с определенным риском. Наиболее вероятными источниками несчастных случаев являются неумелое обращение:

- с химическими веществами (отравление, химические ожоги, пожары, взрывы);
- лабораторными приборами (поражение электрическим током, термические ожоги и травмы);
- стеклянными приборами и посудой (порезы, химические ожоги).

При грамотной и осторожной работе этот риск сводится к минимуму, ведь большинство пожаров, отравлений и травм происходит исключительно по причине пренебрежения правилами техники безопасности или просто незнанию их. Поэтому необходимо усвоить соответствующие теоретические сведения и практически освоить основные операции проведения анализов. Для этого проводится обучение приёмам работы и правилам техники безопасности.

2.1. Общие правила работы в лаборатории химии и экологии

Перед тем как приступить к работе, необходимо подробно ознакомиться с настоящим пособием.

1. В лабораторию ***запрещается заходить в верхней одежде***, так как, снимая её, можно задеть склянки с реактивами и вспомогательное оборудование. ***Запрещается вешать одежду, головные уборы и другие предметы на лабораторное оборудование.***

2. ***Запрещается принимать пищу, жевать жевательную резинку.*** Воду можно пить только из предназначенных для этого стаканов. ***Запрещается пить воду из стоящих на столах колб с дистиллированной водой!***

3. ***Запрещается выносить из лаборатории и вносить в неё любые вещества***, кроме проб воды,

почвенных вытяжек, фруктов, овощей, соков, бутилированной воды для проведения анализов.

4. Посторонние лица допускаются в лабораторию в момент проведения эксперимента только с разрешения преподавателя или лаборанта.

5. За каждым студентом в лаборатории закрепляется рабочее место. Во время работы на столе должны находиться только необходимые приборы, лабораторные принадлежности и посуда, расходные материалы и реактивы, тетради для лабораторных работ, журналы наблюдений, учебные пособия. ***Сумки и другие вещи со стола необходимо убрать.***

6. ***Запрещается загромождать проходы портфелями (сумками).*** Перед выполнением эксперимента ***стулья необходимо задвинуть под столы.***

7. ***Студенты допускаются к выполнению лабораторной работы только после знакомства с инструкцией по технике безопасности, вводного инструктажа и сдачи зачета преподавателю.*** Факт сдачи зачета фиксируется в специальном журнале под личную подпись прошедших инструктаж. ***Студенты, не сдавшие зачет по технике безопасности, к работе не допускаются!***

8. Каждый ***студент должен знать, где в лаборатории находятся аптечка для оказания первой помощи, средства пожаротушения (ящик с песком, химическое покрывало, огнетушители) и «Уголок по технике безопасности».***

9. Студент выполняет работу только в присутствии лаборанта или преподавателя. ***Запрещается выполнять работу одному***, так как при несчастном случае некому будет оказать первую помощь.

10. Перед занятием студенту ***необходимо заранее ознакомиться с ходом проведения опытов по учебному пособию, отчетливо уяснить цели и задачи лабораторной работы, обдумав каждое действие.*** Приступать к выполнению опытов можно только после сдачи предварительного отчета по работе (название, цель опыта, ход выполнения работы с учётом правил техники безопасности).

11. Студентам ***категорически запрещается без разрешения преподавателя проводить какие-либо опыты, не относящиеся к данной работе, или изменять порядок проведения опыта.*** Следует помнить, что каждый, даже кажущийся внешне простым опыт может оказаться при необдуманном выполнении опасным.

12. ***Следует соблюдать все указания лаборанта или преподавателя*** по безопасному обращению с приборами, реактивами и посудой.

13. Во время работы ***необходимо соблюдать чистоту:*** обрывки бумаги, осколки стекла бросать в специальные пластмассовые ведра для мусора. ***После выполнения лабораторной работы необходимо тщательно промыть руки с мылом!***

14. ***Уходя из лаборатории, студент должен навести порядок на рабочем месте и сдать его лаборанту.***

2.2. Техника безопасности при работе с химической посудой

Работа студентов с тест-комплектами, полевыми и комплексными лабораториями, мини-экспресс-лабораториями происходит только под контролем преподавателя (или лаборанта).

Используемая посуда должна быть предварительно осмотрена.

Требования к химической посуде:

- ***посуда должна быть чистой***; при наличии посторонних примесей возможно протекание побочных (следовательно, неуправляемых) реакций, которые могут сопровождаться следующими ***опасными эффектами: взрывом, выплеском реактива или возгоранием***;
- ***посуда должна быть без трещин, сколов во избежание получения травм*** – порезов, химических ожогов (при нарушении целостности посуды реактив может попасть на руки).

Если посуда не отвечает данным требованиям, ее необходимо заменить, обратившись к лаборанту. В случае отказа, выполнять лабораторную работу запрещается!

Правила работы с посудой

В случае боя лабораторной посуды (или склянки с реактивами) ***нельзя собирать осколки руками. Использовать для этой цели щётку и совок!***

Работа с пипетками для титрования

Для заполнения пипетки реактивом её нижний конец опустите в склянку почти до дна сосуда (не касаясь его), реактив самопроизвольно наберется в пипетку до высоты жидкости в склянке. Закройте верхнее отверстие пипетки указательным пальцем, придерживая в то же время пипетку большим и средним пальцами.

Запрещается заполнение пипеток растворами путем всасывания ртом.

После работы с пипеткой её необходимо сразу промыть несколько раз проточной водой, затем дистиллированной (грязную пипетку не оставляйте на столе, поддоне или полке).

Нельзя выдувать последнюю каплю раствора из пипетки.

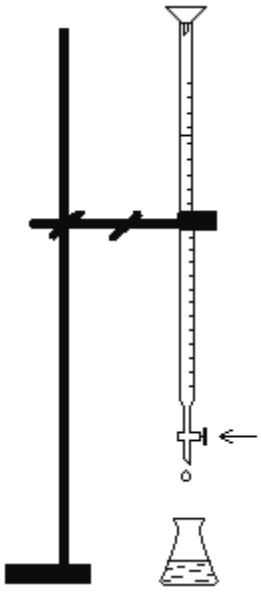
Работа с пипеткой-капельницей

Для того чтобы набрать реактив пипеткой-капельницей, необходимо предварительно сжать верхний расширенный конец пипетки (спустить из неё воздух) и только потом опустить другой её конец в склянку с реактивом, осторожно медленно ослабляя давление на пипетку. Набирайте указанное в работе количество реактива. После работы пипетку несколько раз промойте проточной и дистиллированной водой, для удобства можно использовать стакан.

Работа с пробирками и склянками

Пробирки и склянки относятся к тонкостенной посуде, поэтому при работе с ними необходимо соблюдать следующие правила:

- ***мыть при помощи специальных ёршиков, аккуратно их вкручивая без давления на дно;***
- ***запрещается удалять загрязнения с помощью пальцев;***
- ***закрывать пробкой аккуратно, без давления (при необходимости пробку вкручивать); пробирку держать, не зажимая в ладони***, во избежание порезов руки при нарушении целостности посуды;
- для удобства работы пробирки устанавливают в штатив.



Работа с бюретками

Бюретку медленно заполняют реактивом по стенке воронки во избежание образования воздушной пробки. В случае образования воздушной пробки реактив может перелиться через верхнюю часть воронки.

При поворачивании крана бюретки возможно незначительное смещение пробки в муфте крана, при этом реактив протекает в шлиф, что часто приводит к попаданию реактива на руки. Поэтому, работая с бюреткой, ***необходимо левой рукой придерживать***

муфту, а правой при поворачивании крана оказывать на него незначительное давление влево.

Так как бюретка относится к тонкостенной посуде, то она закрепляется в штативе не жёстко. Поэтому необходимо помнить, что ***при давлении на нее, она может выскочить из лапки штатива!***

2.3. Техника безопасности при работе с реактивами и растворами

Используемые при выполнении лабораторных работ реактивы и растворы предварительно необходимо осмотреть. *При осмотре проверьте:*

- *целостность и герметичность упаковки* растворов и реактивов;
- *соответствие выбранного для использования реактива (раствора) требованиям методики анализа; наличие хорошо и однозначно читаемой этикетки, меток на мерной посуде, контрольных шкал.*

При работе с реактивами и растворами ***запрещается:***

- ***пробовать на вкус*** любые реактивы и растворы (кроме указанных в органолептическом анализе);
- ***нюхать реактивы*** (кроме опытов, где это предусмотрено методикой проведения работы); вдыхание паров реактивов опасно – может вызвать отравление, ожог дыхательных путей или даже привести к летальному исходу вследствие паралича дыхательной системы;
- ***вдыхать пыль химикатов,*** находящихся в мелкокристаллическом состоянии***;***

- ***брать*** сыпучие реактивы руками и ***перемешивать растворы пальцами,*** а также ***закрывать пальцем отверстие пробирки или склянки*** (так как вы работаете с кислотами, высокотоксичными веществами и ядами!);
- уносить реактивы общего пользования на свое рабочее место;
- ***наклоняться над отверстием сосуда*** во избежание попадания брызг на лицо и одежду;
- оставлять открытыми склянки с реактивами; после проведения анализа склянки с реактивами необходимо герметично закрыть (***не путайте пробки от склянок!***), уложить в комплекты или раздаточные поддоны.

При работе с реактивами в капсулах необходимо:

- капсулу открывать в вертикальном положении;

- открывать капсулы легким выкручивающим движением, т.к. при сильном давлении капсула деформируется или ломается;
- после работы с капсулой тщательно промойте руки проточной водой с мылом.

При появлении в лаборатории запаха, свидетельствующего об утечке загрязнителя (при нарушении герметичности склянок или в случае их боя), необходимо эксперимент остановить, проветрить помещение, ликвидировав причины утечки.

При транспортировке склянок с реактивами (растворами) и принадлежностей располагайте их в укладочных ящиках на предусмотренных для них местах, т.к. это позволит обеспечить надёжную доставку компонентов для анализов к месту работы, исключить бой посуды и попадание внутрь контейнеров пыли и других загрязнителей.

2.4. Правила оказания первой помощи

1. ***При попадании реактива на кожу необходимо:***

- пораженное место ***промыть струей воды*** из-под крана;
- ***выяснить природу реактива;***
- ***при попадании кислоты*** реактив необходимо ***нейтрализовать жидким мылом и снова промыть водой;***
- ***при попадании щелочи*** реактив необходимо ***нейтрализовать раствором борной кислоты (из аптечки) и снова промыть водой.***

2. При мелких порезах стеклом, удалите осколки из раны, смойте кровь и перевяжите рану бинтом.

3. При попадании раствора кислоты (или щелочи) в глаза, их необходимо немедленно обильно промыть (в течение 3-5 мин) несильной струей воды так, чтобы она стекала от носа к виску; затем 2%-ным водным раствором соды (в случае щелочи – 3%-ным раствором борной кислоты из аптечки). Контактные линзы перед промыванием следует снять. Затем обязательно обратиться к врачу-специалисту.

4. В лаборатории бывают случаи, требующие неотложной медицинской помощи, – порезы рук стеклом, ожоги горячими предметами, концентрированными кислотами и щелочами. В таких ситуациях пострадавшего необходимо сопроводить к врачу.

2.5. Ликвидация очагов возгорания

Малые очаги возгорания

В соответствии с нормами противопожарной безопасности малые очаги возгорания рекомендуется тушить химическим покрывалом

(халатом) или засыпать песком. В химической лаборатории песок хранят в ящиках, снабженных совком.

Большие очаги возгорания

Большие очаги возгорания тушат при помощи углекислотного огнетушителя, который в условиях химической лаборатории представляет собой наиболее предпочтительное средство пожаротушения.

Углекислотный огнетушитель должен быть в каждой химической лаборатории независимо от наличия других средств пожаротушения!

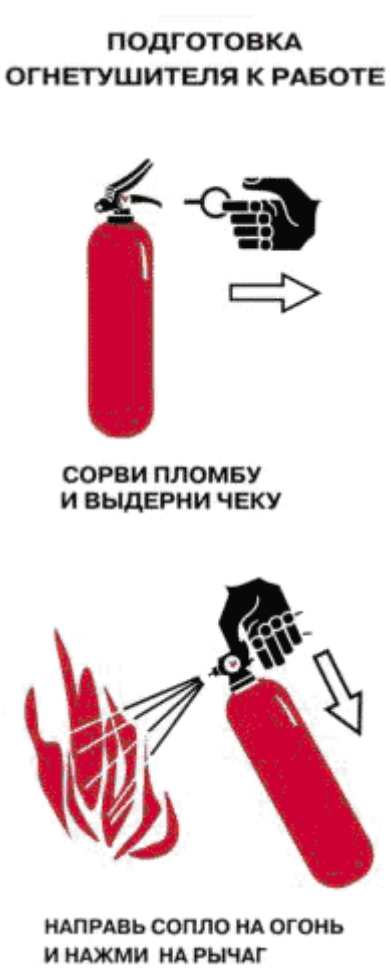
Очаг возгорания необходимо тушить с основания от себя, как показано на рисунке. Нельзя направлять струю в центр очага возгорания.

В тех случаях, когда очаг возгорания не удается быстро ликвидировать первичными средствами пожаротушения, немедленно вызовите пожарную команду.

В химической лаборатории очаги возгорания категорически запрещается тушить водой.

В некоторых случаях при пожаротушении применение воды приводит ***к усилению горения или увеличению площади горения,*** поскольку горючие жидкости всплывают и продолжают гореть на поверхности воды.

Необходимо помнить, что из-за сильного экзотермического эффекта при контакте с водой некоторых органических веществ ***происходит испарение воды с горючими продуктами реакции, и образование большого объема смеси горячих паров. При попадании на кожу человека это приводит к сильнейшим термохимическим ожогам!***



Тушение горящей одежды на человеке

При воспламенении одежды очень важно действовать быстро, без паники. ***Нельзя***

совершать резких движений и бегать в горящей одежде – это усиливает горение!

В случае незначительного возгорания одежды необходимо ***накрыть пострадавшего химическим покрывалом.***

Если огонь охватил большую часть одежды, нужно повалить пострадавшего на пол, чтобы пламя не распространялось к голове, и применить воздушно-пенный или химический пенный огнетушитель. ***Пену нельзя направлять на голову. Пострадавший должен закрыть глаза.***

Необходимо помнить:

- углекислотным огнетушителем нельзя пользоваться при тушении горящей одежды на человеке, т.к. снегообразная масса CO_2 при попадании на незащищенную кожу вызывает обморожение;
- в первую очередь необходимо спасать человека;
- нельзя накрывать одним химическим покрывалом очаг возгорания и пострадавшего.

2.6. Химическая демеркуризация помещения ГОСТ 12.4.ПЗ-82, СанПиН 4607-88

Небольшие проливы ртути в практике химических лабораторий встречаются относительно часто, поэтому ***при работе с термометром проявляйте осторожность!***

Помните, что термометр (в отличие от градусника) показания не держит, поэтому его не нужно встряхивать.

«Сбивая показания», можно случайно ударить термометр о поверхность стола или полки; при этом ртуть из разбитого термометра, падая с высоты на пол, раздробиться на мелкие шарики, которые «разбегутся» по помещению (ртуть – чрезвычайно подвижная жидкость!).

Пары ртути чрезвычайно токсичны.
ПДК паров ртути в воздухе рабочей зоны составляет 0,01 мг/м^3.

При вдыхании воздуха, содержащего пары ртути в концентрации 0,25 мг/м^3, последняя полностью задерживается в легких. Для сравнения: ПДК такого сильнодействующего ядовитого вещества, как фосген, составляет 6,5 мг/м^3. Поэтому при повреждении термометра пролитую ртуть необходимо собирать строго в соответствии с

правилами техники безопасности, т.е. провести ***химическую демеркуризацию помещения*** – *процесс очистки помещения от остатков ртути.*

Необходимо помнить, что даже один разбитый термометр в небольшом помещении может послужить причиной хронического отравления, если мероприятиям демеркуризации не уделять должного внимания.

Следует учитывать, что пары ртути адсорбируются штукатуркой, деревом, текстилем, линолеумом, стеклом, металлами и другими материалами. Поэтому стены, потолок, мебель в заражённом ртутью помещении становятся дополнительным источником выделения её паров.

Если в ходе эксперимента студент разбил термометр, и площадь поражения ртутью значительна, лабораторная работа останавливается, и студенты покидают помещение. Нарушитель техники безопасности в присутствии лаборанта проводит демеркуризацию помещения.

При демеркуризации помещение должно быть открытым, активно проветриваемым и со включенной тягой.

<u>Метод демеркуризации</u>

Крупные шарики ртути собирают при помощи двух листов бумаги, слегка смоченных водой (т.к. сухая бумага отталкивает ртуть).

Мельчайшие шарики ртути собирают при помощи медной проволоки, предварительно смоченной концентрированной азотной кислотой, т.к. ртуть растворяется в азотной кислоте с образованием нетоксичных продуктов, а также взаимодействует с медью с образованием амальгамы. ***При работе с открытой склянкой концентрированной азотной кислоты проявляйте осторожность: используйте резиновые перчатки и не вдыхайте пары кислоты!*** Для удаления продуктов реакции и капель кислоты поверхность тщательно промывают мыльным раствором.

Металлическая ртуть очень подвижна, поэтому она разбегается далеко от места падения, попадая в щели, трещины и прочие труднодоступные места. Между тем, даже небольшие количества ртути, оставшиеся в виде мелких, часто невидимых невооруженным глазом капель, за счет значительной поверхности интенсивно испаряются и быстро создают в замкнутом помещении (особенно при недостаточной

вентиляции) опасную для здоровья концентрацию паров. ***Поэтому для полной демеркуризации помещения необходимо возможную площадь «разбегания» ртути присыпать порошком серы*** и только на следующий день убрать серу с помощью щётки и совка.

2.7. Работа со спиртовками и сухим горючим

<u>Правила эксплуатации спиртовок</u>

1. ***Перед зажиганием спиртовки следует произвести её внешний осмотр.*** У готовой к работе спиртовки должен быть:

- корпус без трещин;
- фитиль вытащен на требуемую высоту, достаточно распушен, плотно входить в направляющую трубу держателя, иначе не исключена возможность вспышки паров внутри спиртовки;
- горловина и держатель фитиля совершенно сухими: если они смочены спиртом, то почти неизбежно произойдет взрыв паров внутри, следствием чего может быть нарушение целостности корпуса, выброс держателя, растекание спирта и пожар; поэтому ни в коем случае нельзя зажигать спиртовку с остатками спирта на внешней поверхности, а следует дать ей обсохнуть.

2. Спиртовку зажигают только от горящей спички. ***Нельзя зажигать спиртовку от другой спиртовки или от зажигалки!***

3. ***Нельзя дуть на горящую спиртовку! Тушат спиртовку, накрыв пламя колпачком.*** Колпачок должен находиться всегда под рукой.

4. ***Зажжённую спиртовку нельзя переносить с места на место.***

5. Нагревание на спиртовке производят следующим образом:

- ***запрещается при нагревании заполнять пробирку реактивом более чем на 1/3 ее объема***;
- ***пробирки при нагревании закрепляют в пробиркодержателе ближе к отверстию***;
- ***отверстие пробирки необходимо направлять от себя и окружающих***, так как возможен выброс реактива из пробирки;
- ***нельзя наклоняться над нагреваемой жидкостью***;
- необходимо ***сначала нагревать всю пробирку в течение 10 секунд***, перемещая ее над пламенем спиртовки ниже

зажима пробиркодержателя, затем приступить непосредственно к нагреванию содержимого пробирки;

- ***нельзя прикасаться дном пробирки к фитилю***;
- ***недопустимо нагревать пробирку на границе и выше уровня жидкости***, в противном случае пробирка лопнет;
- после нагревания пробирку ставят в штатив и только потом снимают пробиркодержатель, не касаясь руками горячей пробирки.

4. ***Запрещается оставлять без присмотра зажжённую спиртовку!***

<u>Работа с сухим горючим</u>

Зажигают таблетки сухого горючего спичкой, а тушат с помощью колпачка от спиртовки, керамического тигелька, накрыв таблетку сверху.

Запрещается переносить зажженное сухое горючее с места на место.

Недогоревшие таблетки издают неприятный запах, поэтому их лучше сжигать до конца или убирать сразу в вытяжной шкаф.

2.8. Техника выполнения анализов

Состав и свойства образцов воды определяются различными методами: органолептическим, визуально-колориметрическим, титриметрическим и расчётным. Характеристики почвенных вытяжек (солевых, водных) устанавливаются методами, используемыми для анализа соответствующих компонентов в воде.

Особенности выполнения органолептического анализа (определение запаха, вкуса, цветности, мутности). При выполнении анализа органолептическим методом необходимо корректно определять вкус, запах, цвет, степень мутности, используя собственные вкусовые ощущения, обоняние и зрение. При определении цвета и мутности следует обеспечивать освещение достаточное по его характеру, интенсивности и направленности; при определении запаха важным фактором является температура пробы.

Учитывая субъективный характер оценки при анализе органолептическими методами целесообразно выполнять анализ группой студентов. Сопоставив мнения нескольких студентов по поводу одного и того же образца, можно сделать более обоснованный вывод по результатам анализа.

Особенности выполнения визуально-колориметрического анализа. Визуально-колориметрический анализ *– оценка на глаз интенсивности окраски раствора-пробы сравнительно с печатной колориметрической шкалой, на которой воспроизведена окраска (цвет*

и интенсивность) модельных эталонных растворов заданных концентраций. Интенсивность окраски является мерой концентрации анализируемого вещества.

При выполнении анализа определение проводится в колориметрических пробирках с метками «5 мл» и «10 мл» или склянками с метками «10 мл» и «20 мл», показывающими объем, до которого следует наполнить пробирку анализируемым раствором-пробой, чтобы обеспечить подходящие условия для визуального колориметрирования.

Визуальное колориметрирование проводят как в вертикальном слое жидкости (смотря сверху через слой раствора), так и в проходящем свете (смотря сбоку). Способ визуального колориметрирования указывается в методике анализа и на колориметрической шкале. При колориметрировании сверху склянку (или пробирку) располагают на белом поле контрольной шкалы и при достаточном освещении наблюдают окраску раствора. За результат анализа принимают значение концентрации компонента, которое имеет ближайший по окраске образец колориметрической шкалы. В случаях, когда окраска раствора-пробы в колориметрической пробирке окажется имеющей промежуточную интенсивность между какими-либо образцами на контрольной шкале, результат анализа записывают в пределах «от___до___мг/л». Если окраска раствора-пробы в колориметрической пробирке окажется интенсивнее крайнего образца на шкале с максимальной концентрацией, результат анализа в этом случае записывают в виде: «более___мг/л».

Визуально-колориметрический анализ применяется при экспресс-контроле загрязнителей в воде, почвенных вытяжках, атмосферных осадках с помощью тест-комплектов, тест-систем, полевых лабораторий; в воздушной среде с помощью индикаторных трубок. Данные методы являются наиболее простыми и дешёвыми аналитическими средствами, с чувствительностью обычно на уровне 5-10 ПДК и являются средствами сигнального анализа. Определение носит качественный либо полукачественный характер. Тест-системы (нитрат-тест) позволяют оценивать также качество продуктов питания – овощей, фруктов, соков, зелени.

Особенности выполнения титриметрического анализа. *Метод титрования основан на количественном измерении объемов растворов веществ, вступающих между собой в реакцию, причём концентрация одного из них должна быть точно известна.* Раствор с известной концентрацией называется *титрованным раствором (титрантом)*. Определение проводят ***способом титрования:*** *титрант из измерительного сосуда постепенно, малыми порциями*

приливают к точно измеренному объёму раствора с неизвестной концентрацией. Титрование прекращается при достижении ***точки эквивалентности (ТЭ)*** *– момента окончания реакции, когда взаимодействующие вещества полностью прореагируют.* Точку эквивалентности определяют различными методами. Часто для этого используют индикаторы, которые добавляют к титруемому раствору. Тогда ТЭ определяется в момент изменения окраски индикатора. В процессе титрования раствор перемешивают стеклянной палочкой либо встряхиванием.

Для уверенного визуального определения момента окончания титрования окраску титруемой пробы сравнивают с окраской контрольной пробы. Переход окраски в прозрачных растворах лучше проводить на белом фоне (на фоне листа белой бумаги), при наличии мутности – на тёмном фоне.

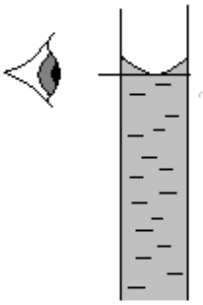
При выполнении анализа титриметрическим методом определение проводят в склянках или пробирках вместимостью 15-20 мл с метками «5 мл», «10 мл» или «20 мл». Требуемые объёмы растворов при титровании отмеряют с помощью измерительных сосудов: бюреток, мерных пипеток, шприцев-дозаторов, полимерных пипеток-капельниц (рис. 2.1).

а *б* *в* *г*

Рис. 2.1. Оборудование для титрования растворов:
***а* – бюретка с краном в штативе; *б* – мерные пипетки;**
***в* – шприц-дозатор; *г* – полимерная пипетка-капельница**

Следует иметь в виду, что измерение объёма раствора в бюретках и мерных пробирках проводится по нижнему краю поверхности мениска жидкости (в случае водных растворов он всегда вогнут). При этом глаз наблюдателя должен быть на уровне метки.

Необходимо знать, что вся мерная стеклянная посуда калибруется и градуируется при температуре 20^0С, поэтому для получения более точных результатов измерения объёмов, температура растворов-проб должна быть близка к 20^0С. Погрешности в измерении объёма за счёт теплового расширения или сжатия раствора становятся существенными при отклонении температуры на 2-3^0С.



Титриметрия имеет предел обнаружения 10^{-6} моль/л, точность – 1,0%. Существенным преимуществом анализа является точность, надёжность, доступность и низкая стоимость исследования.

Особенности работы с портативными комплектами для химического анализа (тест-комплектами, класс-комплектами, мини-экспресс-лабораторией, портативными комплексными и полевыми лабораториями). Перед тем как приступить к работе с комплектами, необходимо ознакомиться с требованиями к выполнению анализов и основными аналитическими операциями. Для этого в лабораторных условиях пройти обучение приёмам работы и правилам техники безопасности (см. главу 2 «Общие правила работы с основами техники безопасности»).

При проведении анализов по аттестованным МВИ следует руководствоваться порядком обработки результатов и контроля точности, описанным в конкретной методике, так как измерение является сложной процедурой, состоящей из более простых операций, каждая их которых выполняется определёнными средствами.

Точность выполнения анализа, в общем случае, определяется:

- *чистотой* используемой посуды при анализе;
- *точностью* отбора пробы, а также измерения объёмов титрованных и других растворов;
- *качеством* растворов, которое может ухудшиться при их загрязнении, хранении в негерметично закрытых склянках, в теплом месте или на свету; одной из распространённых ошибок при дозировке растворов является использование грязных пипеток, т.е. таких, которые уже использовались при дозировке другого раствора;
- *погрешностями* при снятии показаний при колориметрировании, титровании.

Относительная погрешность анализа, выполняемого с применением унифицированных титриметрических методик, составляет до ±30%.

Точность анализа, выполняемого с применением колориметрических методик, зависит от способа регистрации

интенсивности окраски пробы. При использовании цветной шкалы, т.е. при визуально-колориметрическом определении (*анализ полуколичественный*) относительная погрешность анализа составляет ±70% и более.

При анализе содержания компонентов в воде или почвенных вытяжках в полевых условиях выполняют не менее двух параллельных определений. ***Параллельные определения*** *– определения, которые выполняются одновременно либо последовательно при идентичных условиях (при тех же реактивах, растворах, посуде, из одной и той же пробы и т.п.).* По результатам определений при количественном анализе (титровании, пробном колориметрировании), рассчитывают *сходимость определений* (А) в процентах:

$$A = \frac{2 \times (P_1 - P_2)}{P_1 + P_2} \times 100,$$

где P_1 и P_2 – больший и меньший результаты соответственно из двух параллельных определений концентраций компонентов.

Для большинства ***макрокомпонентов*** *– компонентов, содержание которых в воде превышает 10 мг/л*, – рекомендуется значение сходимости до 10%; с содержанием от 10 до 1 мг/л – 10-15%; от 1 до 0,01 мг/л – 15-25%; менее 0,01 мг/л – 30%. В противном случае анализ повторяется. Определение считается количественным, если сходимость составляет от 10 до 30% (ГОСТ 24902-81), и полуколичественным при значениях сходимости на уровне 40-50% и более.

При визуально-колориметрическом определении анализ может считаться выполненным удовлетворительно, если не возникает сомнений в отнесении результатов обоих определений к одному и тому же образцу контрольной шкалы либо её диапазону.

Результатом анализа считают среднее арифметическое из двух параллельных определений, имеющих удовлетворительную сходимость. Таким образом, для получения результата анализа всегда следует выполнять несколько определений: выполнив первые два и получив удовлетворительную сходимость, выполнить третье определение; далее, определив, какой из полученных результатов является ошибочным, по оставшимся двум рассчитать среднее арифметическое как результат анализа.

При количественном анализе воды, при наличии трёх и более результатов определений, может быть рассчитано среднеквадратичное отклонение, характеризующее суммарную погрешность методики измерений (ГОСТ 24902-81, ГОСТ Р 51232-98).

ГЛАВА 3
ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА

С целью повышения качества учебного процесса при выполнении письменных работ студенты должны соблюдать единые требования, принятые для их оформления. В данной главе представлены требования и методические рекомендации по оформлению экологического практикума: лабораторных работ, полевых исследований и анализов.

Ведение документации по анализам и подготовки к ним

Введение документации по проводимым анализам и подготовительной работы к ним имеет большое значение для получения правильных результатов, систематизации данных, анализа погрешностей.

Рабочие тетради предназначены для фиксации текущих действий и операций (хода выполнения работы), а также условий их проведения (даты проведения, места взятия пробы или наблюдений, глубины взятия пробы, метеорологических условий в день отбора пробы или выполнения анализа, особенностей участка исследования). Таким образом, ведение рабочей тетради позволит уточнить или проверить правильность всех выполненных действий – отбора пробы, приготовления пробы к анализу, приготовления растворов, взятия навесок, выполнения расчётов и т.д.

Рабочая тетрадь ведётся в произвольной форме, но необходимо в ней скрупулёзно фиксировать все данные при проведении работы, не допуская потери важной информации. Точная запись позволит определить источник погрешностей или ошибок, выявить закономерности в работе и сделать обобщение опыта работы.

Протокол наблюдений (измерений, исследований и т.д.) является важным документом при проведении полевых работ и исследований. В протокол заносятся условия отбора проб и выполнения анализа (метеорологические условия, особенности местности и т.д.), а также дополнительные сведения, которые могут быть учтены при обобщении результатов. В протоколе необходимо отражать результаты исследований несколькими методами (если это предусмотрено методикой анализа) в сопоставимом виде.

Протокол может иметь приложения – фотографии, рисунки, схемы, таблицы и др. При необходимости протокол может быть подписан либо руководителем исследования, либо непосредственно студентом, выполнявшим исследование.

Приведём примерную форму протокола исследования качества воды, составленного на основе форм протоколов исследования качества воды поверхностных источников водоснабжения (ГОСТ 17.1.3.03-88).

Протокол исследования качества воды

Наименование источника (водоёма)_____
Место взятия пробы_____
Кем взята проба_____
Дата (число, час) взятия пробы_____
Метеорологические условия взятия пробы_____
Особенности местности_____
Условия хранения пробы_____
Дата и время проведения анализа_____
Определяемые показатели и результаты анализов_____

Наименование показателя	**Используемый метод (оборудование)**	**Результат**

Заключение (выводы)_____
Подпись_____ Дата_____

Отчёт по лабораторной работе

Лабораторная работа включает несколько этапов, на которых необходимо:

- сформулировать цель и задачи работы;
- ознакомиться с теорией, на которую необходимо опираться при проведении лабораторной работы;
- дать ответы на контрольные вопросы к лабораторной работе;
- ознакомиться с расходными материалами, реактивами, специальным лабораторным оборудованием и посудой;
- разобрать ход выполнения работы, тщательно проанализировав необходимые операции и технику работы с посудой, реактивами и лабораторным оборудованием;
- выделить необходимые для выполнения работы правила техники безопасности;
- выполнить эксперимент согласно указанной методике;
- записать полученные результаты по требуемой форме согласно методике работы;
- сделать выводы на основе полученных данных.

Лабораторную работу рекомендуется оформлять в соответствии с общепринятыми требованиями, согласно которым отчёт должен содержать следующие разделы: титульный лист (приложение 1); номер

и название лабораторной работы; краткие сведения из теории (ответы на контрольные вопросы); цели и задачи; оборудование, материалы и реактивы; ход выполнения работы (при необходимости); результаты исследований, записанных в соответствии с требованиями методики; выводы по результатам исследований. Ниже приведен образец отчёта (без титульного листа).

Лабораторная работа № 1

Экологическая экспертиза техногенного загрязнения воздуха производственной зоны

Загрязнение атмосферы – изменение состава атмосферы вследствие наличия в ней примесей.

Загрязняющее вещество – примесь, оказывающая неблагоприятное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Многотоннажные загрязнители атмосферного воздуха: различные твёрдые частицы (пыль, дым, сажа), угарный и углекислый газ, диоксид серы, оксиды азота, различные углеводороды, соединения фосфора, сероводород, аммиак, хлор, фтористый водород.

Основные источники загрязнения атмосферы:

- сжигание ископаемого топлива на электростанциях, в котельных и в двигателях автомобилей;
- промышленные предприятия и комплексы;
- животноводческие и птицеводческие фермы;
- производственные процессы, не связанные с сжиганием топлива, но приводящие к запылению атмосферы, например, вследствие эрозии почв, добычи угля открытым способом, взрывных работ.

Промышленные выбросы классифицируют по организации отвода и контроля:

- *организованные* – поступают в атмосферу через специальные газоходы, воздуховоды, трубы, вентиляционные шахты;
- *неорганизованные* – поступают в атмосферу из-за нарушения герметичности оборудования, нарушения технологии процесса.

Организованные выбросы на предприятии могут быть:

- *технологическими* – выбросы технологических процессов с высокой концентрацией примесей;
- *вентиляционными* – выбросы вытяжной вентиляции с низкой концентрацией загрязняющих веществ.

Источники промышленных выбросов делят на:

- *приподнятые* или *высокие* (трубы) – примеси выбрасываются выше циркуляционной зоны, возникающей при обтекании зданий воздушным потоком;
- *наземные* или *низкие* (вентиляционные шахты) – примеси попадают в циркуляционные зоны.

ПДК (предельно допустимая концентрация) – количество вредного вещества в объеме или массе конкретного компонента окружающей среды (воздухе, воде, почве), которое при постоянном или временном воздействии не оказывает влияние на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

Нормирование ведется в расчете на наиболее ранимые группы населения, к которым следует отнести детей, лиц старших возрастов или ослабленных болезнью, при этом сила воздействия должна быть ниже 4-го уровня, т.е. ниже защитно-приспособительных реакций в расчете на эти группы.

Санитарными нормами установлены следующие нормативы ПДК.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК$_{р.з.}$) – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов и при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, на протяжении всего стажа работы не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья.

Рабочая зона – пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места пребывания работников.

Среднесуточная (ПДК$_{сут}$) – концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно долгом (годы) воздействии.

Максимальная разовая (ПДК$_{раз}$) – концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест, которая не должна вызывать в течение 20 минут реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение активности головного мозга, световой чувствительности глаз и др.).

Синергизм – это комбинированное действие токсических веществ на организм, при совместном присутствии в воздухе или в воде, когда суммированный эффект превышает действие, оказываемое каждым компонентом в отдельности (т.е. целое больше суммы его отдельных частей). К загрязнителям, обладающих синергизмом, чаще всего относятся вещества близкие по химическому строению и характеру воздействия на организм человека.

При одновременном присутствии в воздухе (или воде) нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия

(*синергизмом*), сумма отношений их концентраций к ПДК не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_{(\text{раз})1}} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_{(\text{раз})2}} + \ldots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_{(\text{раз})n}} \langle 1,$$

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_{(\text{сут})1}} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_{(\text{сут})2}} + \ldots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_{(\text{сут})n}} \langle 1,$$

где C_1, C_2, …, C_n – фактические концентрации вредных веществ в воздухе или воде;

ПДК_1, ПДК_2, …, ПДК_n – предельно допустимые концентрации вредных веществ (максимально разовые или среднесуточные), мг/м^3.

Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами вредных веществ, не обладающих суммацией действия, определяется сравнением концентраций веществ с их ПДК:

$$C \le \text{ПДК}_{\text{раз}}; \; C \le \text{ПДК}_{\text{сут}}.$$

Цель работы: определить степень опасности вредных веществ в пробах атмосферного воздуха согласно нормативам $\text{ПДК}_{\text{раз}}$ и $\text{ПДК}_{\text{сут}}$ с учётом синергизма.

Задачи:

– изучить теоретические сведения об основных загрязнителях атмосферного воздуха;

– изучить нормативы максимально разовых и среднесуточных предельно допустимых концентраций ($\text{ПДК}_{\text{раз}}$ и $\text{ПДК}_{\text{сут}}$);

– ознакомиться с эффектом суммации действия различных вредных веществ;

– освоить метод определения степени опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Используемый материал: индивидуальные технические задания – данные анализа проб воздуха промышленной зоны.

Результаты работы.

Вариант № 6

Проба № 1

Вещество	Синергизм	C, мг/м^3	$\text{ПДК}_{\text{раз}}$, мг/м^3	$\text{ПДК}_{\text{сут}}$, мг/м^3	Норма	
Нитробензол	–	0,0064	0,08	0,08	+	+
Метилацетат	–	0,0065	0,07	0,07	+	+
Аммиак	+	0,012	0,2	0,2	+	+
Амилацетат	–	0,0245	0,1	0,1	+	+
Метанол	–	0,085	1,0	0,5	+	+
Сернистый ангидрид	+	0,002	0,5	0,05	+	+
Метилакрилат	–	0,0082	0,01	0,01	+	+
Триэтиламин	–	0,018	0,14	0,14	+	+
Хлорофос	–	0,0025	0,04	0,02	+	+

Суммацией действия обладает аммиак и сернистый ангидрид. Их вредное воздействие определяем по формулам:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_{(\text{раз})1}} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_{(\text{раз})2}} = \frac{0,012}{0,02} + \frac{0,002}{0,5} = 0,604 \langle 1;$$

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_{(\text{сут})1}} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_{(\text{сут})2}} = \frac{0,012}{0,2} + \frac{0,002}{0,05} = 0,64 \langle 1.$$

Вывод: 1) проба № 1 согласно нормативам $\text{ПДК}_{\text{раз}}$ отвечает норме, так как концентрации всех веществ ниже $\text{ПДК}_{\text{раз}}$ и норматив, рассчитанный для веществ, обладающих синергизмом (аммиак и сернистый ангидрит), меньше единицы;

2) проба № 1 согласно нормативам $\text{ПДК}_{\text{сут}}$ также отвечает норме.

Проба № 2

Вещество	Синергизм	C, мг/м^3	$\text{ПДК}_{\text{раз}}$, мг/м^3	$\text{ПДК}_{\text{сут}}$, мг/м^3	Норма	
Аммиак	–	0,0844	0,2	0,2	+	+
Диоксид азота	–	0,0645	0,085	0,085	+	+
Хлор	–	0,25	0,1	0,03	–	–
Ксилол	–	0,0144	0,2	0,2	+	+
Парахлоранилин	–	0,045	0,04	0,01	–	–
Стирол	–	0,0024	0,003	0,003	+	+
Амилон	–	0,8445	1,5	1,5	+	+
Хлорбензол	–	0,065	0,1	0,1	+	+
Оксид этилена	–	0,228	0,3	0,03	+	+
Этиалацетат	–	1,5	0,1	0,1	–	–

Вывод. В пробе № 2 нет веществ, обладающих суммацией действия, но концентрации таких веществ, как хлор, парахлоранилин и этилацетат, превышают нормативы ПДК, следовательно, данный воздух опасен для здоровья человека.

ГЛАВА 4
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ «ВОЗДУХ»

Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей природной среды, неотъемлемой частью среды обитания растений, животных и человека.

За сутки через лёгкие человека проходит примерно 10000 л воздуха.

В воздухе содержатся постоянные газы и большое количество веществ природного и антропогенного происхождения, количественный состав которых постоянно меняется. *Любое нежелательное изменение состава земной атмосферы в результате поступления в нее различных газов, паров, твёрдых частиц, вирусов, вегетативных форм и спор бактерий и грибов, а также их токсинов и продуктов жизнедеятельности и любое изменение параметров атмосферы (уровня радиации, шума и др.) называется* ***загрязнением воздуха.***

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), общее количество смертей, связанных с воздействием загрязненного воздуха на человека, как в помещениях, так и в атмосфере, достигает 7 млн. в год.

Загрязнение воздуха может быть:

- *физическим* – пыль и твердые частицы, радиоактивное излучение, электромагнитные волны и радиоволны, шумовое и тепловое загрязнение, вибрации;
- *химическим* – газообразные вещества, аэрозоли, тяжелые металлы и изотопы;
- *биологическим* – вегетативные формы и споры бактерий и грибов, вирусы, их токсины и продукты жизнедеятельности.

Примерно *10% загрязнителей попадают в атмосферу вследствие природных процессов*:

- вулканических извержений – пепел, аэрозоли кислот и солей, ядовитые газы и пары;
- брызг морской воды – соединения серы, аэрозоли солей;

- разложения растительных остатков – соединения серы и азота, углеводороды;
- лесных пожаров – вредные и токсичные газы, пары и аэрозоли.

Остальные *90% загрязнителей имеют антропогенное происхождение.* Основными их источниками являются:

- сжигание ископаемого топлива на электростанциях, в котельных (выбросы дыма) и в двигателях автомобилей (выхлопные газы);
- промышленные предприятия и комплексы;
- животноводческие и птицеводческие фермы;
- производственные процессы, не связанные с сжиганием топлива, но приводящие к запылению атмосферы, например, вследствие эрозии почв, добычи угля открытым способом, взрывных работ;
- утечка летучих органических соединений через клапаны, стыки труб на нефтеперегонных и химических заводах;
- хранение твердых отходов.

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются на:

- *газообразные* (диоксид серы, оксиды азота и углерода, углеводороды, радиоактивные инертные газы);
- *жидкие* (углеводороды, пестициды, кислоты и щелочи, растворы солей, диоксины и др.);
- *твердые* (тяжелые и радиоактивные металлы, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества).

Главные загрязнители атмосферного воздуха (аэрополлютанты) *– диоксид серы, оксиды азота и углерода, твердые частицы. Они составляют 98% от общего объема вредных выбросов.*

Загрязняющие вещества, попадая в атмосферу, переносятся на большие расстояния от источника, а затем возвращаются на поверхность земли в виде твердых частиц, капель или химических соединений, растворенных в атмосферных осадках.

Загрязнение воздушной среды оказывает непосредственное и косвенное отрицательное влияние на человека, живую и неживую природу, а также на инженерные объекты. Загрязнение воздействует на здоровье человека и на окружающую природную среду различными способами – от прямой и немедленной угрозы (смог) до медленного и постепенного разрушения различных систем организма. Диоксид серы, оксиды азота и углерода, твердые частицы приводят к легочным патологиям, тяжелые металлы – к онкологическим заболеваниям и к

генетическим изменениям. Тяжелые последствия *вызывает ядовитая смесь дыма, тумана и пыли* – ***смог***. Различают два типа смога: летний (лондонский) и зимний (лос-анджельский).

Зимний смог возникает при неблагоприятных погодных условиях (отсутствии ветра и температурной инверсии), в силу того, что дым и загрязняющие вещества не поднимаются вверх и не рассеиваются. Главным компонентом этого типа смога является сернистый газ (SO_2) в сочетании с аэрозолями серной кислоты; в нём практически не образуется каких-либо новых веществ, а его токсичность целиком зависит от исходных загрязнителей. Возникает смог в результате сжигания больших количеств топлива. Приводит к расстройству кровообращения, дыхания и нередко к смерти.

Летний (или фотохимический) смог возникает при интенсивном воздействии солнечной радиации на воздух, насыщенный выхлопными газами автомобилей, что приводит к образованию *фотооксидантов* (озона, органических перекисей, нитритов), которые значительно превышают по своей токсичности исходные атмосферные загрязнения. Фотохимический смог обостряет лёгочные и различные хронические заболевания, отрицательно действует на нервно-психическую сферу, раздражает слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта, легких и органов зрения.

Для защиты атмосферы от загрязнителей применяется ряд методов.

Оптимизация процесса горения – применение технологий, уменьшающих образование вредных веществ в самом процессе сжигания топлива. Прямое дожигание применяется для устранения из газовых потоков горючих компонентов, в основном органического происхождения, а также при больших объемах выбросов с низкой концентрацией и высокой температурой горючего газа.

Предварительная обработка топлива для снижения концентрации вредных веществ в самом топливе.

Методы очистки отходящих газов (выбросов):

- каталитический – окисление или восстановление компонентов под действием катализаторов до менее опасных соединений;
- абсорбционный (или адсорбционный) – поглощение вредных газообразных примесей жидким (или твёрдым) поглотителем (используют для улавливания паров растворителей, очистки выхлопных газов автомобилей, улавливания радиоактивных газов на АЭС и т.д.);
- очистка выбросов от аэрозолей (пыли, золы и сажи) сухими пылеуловителями, мокрыми или гидравлическими аппаратами, пористыми фильтрами, электрофильтрами;

Рассеивание газовых примесей в атмосфере применяется для снижения опасных концентраций до уровня соответствующего ПДК с помощью высоких труб. Рассеивание не является эффективным методом для защиты атмосферы, однако к нему до сих пор прибегают, чтобы снизить концентрацию токсичных соединений в приземном слое воздуха.

Степень атмосферного загрязнения (качественный и количественный состав загрязняющих веществ) сильно меняется во времени и пространстве. Эти изменения связаны как с особенностями источников поступления в воздух загрязняющих веществ, так и с влиянием метеорологических и топографических факторов: скорости ветра, температурных инверсий, давления, влажности воздуха, рельефа местности, расстояния от источника загрязнения. Поэтому для получения более полной сравнительной характеристики загрязнённости воздуха наблюдения за состоянием воздуха и атмосферных осадков следует проводить в разные времена года и во всех зонах города:

- зоне промышленных предприятий;
- селитебной зоне (зоне размещения жилищного фонда, общественных зданий, сооружений, дорог и площадей);
- зелёной зоне;
- санитарно-защитных зонах.

Наблюдения за атмосферными осадками включают: определение pH дождевой воды (снега, льда); проверку наличия в атмосферных осадках нитрит-, нитрат-, сульфит-, сульфат-ионов и тяжёлых металлов.

В соответствии с ГОСТ 17.2.4.02-81 «Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ» метод измерения концентраций вредных веществ должен обеспечивать определение на уровне 0,8 ПДК с суммарной погрешностью ±25% и отбором проб воздуха в течение от 20 до 30 минут при определении максимально разовых концентраций, а также круглосуточного отбора проб при определении среднесуточной концентрации. Круглосуточный отбор проводится прерывистым способом, т.е. через равные промежутки времени с последующим усреднением результатов измерений в сутки. Для достоверных результатов должно быть отобрано не менее 3-х проб воздуха.

В данном разделе выполняется 6 лабораторных работ (табл. 4.1) по оценке техногенного загрязнения воздуха, качества воздуха по некоторым показателям и наблюдению за составом атмосферных осадков.

Таблица 4.1

Тема лабораторной работы	**Оцениваемые показатели**	**Методы оценки**	**Номер работы**
Экологическая экспертиза техногенного загрязнения воздуха производственной зоны	Концентрации загрязнителей Качество воздуха	Расчётный	1
Определение содержания углекислого газа в воздухе с помощью индикаторных трубок	Концентрация CO_2	Линейно-колориметрический	2
Определение загруженности улиц автотранспортом и оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта	Количество авто-транспорта, Количество выбросов – CO, NO_2, углеводородов	Визуальный Расчётный	3
Экспресс-анализ загрязненности воздуха аммиаком	Концентрация NH_3	Визуально-колориметрический	4
Определение запылённости воздуха помещений и различных зон города	Степень запылённости	Визуальный	5
Наблюдение за составом атмосферных осадков	pH Концентрации NO_3^- и SO_4^{2-} SO_3^{2-}	Визуально-колориметрический	6

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
Экологическая экспертиза техногенного загрязнения воздуха производственной зоны

Краткие сведения из теории

Изменение состава атмосферы вследствие наличия в ней примесей определяется как ***загрязнение атмосферы****. Примесь, оказывающая неблагоприятное воздействие на окружающую среду и здоровье человека, получила название* ***загрязняющего вещества.*** Антропогенное загрязнение атмосферы преимущественно обусловлено промышленными и транспортными выбросами.

Техногенные выбросы в воздушную среду насчитывают десятки тысяч различных веществ. Однако ***наиболее распространенные и «многотоннажные» загрязнители*** сравнительно немногочисленны. Это *различные твёрдые частицы (пыль, дым, сажа), угарный (CO) и углекислый газ (CO_2), диоксид серы (SO_2), оксиды азота (NO и NO_2), различные углеводороды, соединения фосфора, сероводород, аммиак, хлор, фтористый водород.*

Промышленные выбросы классифицируют по организации отвода и контроля:

- *организованные* – поступают в атмосферу через специальные газоходы, воздуховоды, трубы, вентиляционные шахты;
- *неорганизованные* – поступают в атмосферу из-за нарушения герметичности оборудования, нарушения технологии процесса.

Организованные выбросы на предприятии могут быть:

- *технологическими* – выбросы технологических процессов с высокой концентрацией примесей;
- *вентиляционными* – выбросы вытяжной вентиляции с низкой концентрацией загрязняющих веществ.

Источники промышленных выбросов делят на:

- *приподнятые* или *высокие* (трубы) – примеси выбрасываются выше циркуляционной зоны, возникающей при обтекании зданий воздушным потоком;
- *наземные* или *низкие* (вентиляционные шахты) – примеси попадают в циркуляционные зоны.

По временным характеристикам выбросы подразделяются на:

- *залповые* – за короткий промежуток времени в воздух выбрасывается большое количество вредных веществ (по мощности в несколько раз превышающий средний выброс),

что обусловлено проведением особых специфических стадий технологического процесса;

- *импульсные* – вредные вещества выбрасываются в атмосферу отдельными порциями в очень короткий промежуток времени с большими временными отрезками;
- *периодические* – выбрасываются с небольшими интервалами;
- *непрерывные* – поступают в атмосферный воздух непрерывно без промежутков.

По температуре различают:

- *холодный выброс* с температурой примеси ниже температуры окружающего воздуха или равной ей;
- *нагретый* – с температурой выше температуры воздуха.

Классификацию выбросов по составу устанавливает ГОСТ 17.2.1.01-76, согласно которому выбросы в атмосферу характеризуются по агрегатному состоянию (газо- и парообразные, жидкие, твёрдые, смешанные); по химическому составу; по размеру частиц и по массе веществ, выбрасываемых в один час.

В качестве основного показателя чистоты атмосферного воздуха принята предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе. ПДК является утверждённым в законодательном порядке санитарно-гигиеническим нормативом.

ПДК *– количество вредного вещества в объеме или массе конкретного компонента окружающей среды (воздухе, воде, почве), которое при постоянном или временном воздействии не оказывает влияние на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.*

Так как гигиенический норматив должен защищать от неблагоприятного действия нормируемого загрязнителя каждого члена общества, а не «среднего» человека, то в связи с этим нормирование ведется в расчете на наиболее ранимые группы населения, к которым следует отнести детей, лиц старших возрастов или ослабленных болезнью, при этом сила воздействия должна быть ниже 4-го уровня, т.е. ниже защитно-приспособительных реакций в расчете на эти группы.

Санитарными нормами установлены следующие нормативы ПДК.

- ***Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК$_{р.з.}$)*** *– концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов и при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, на протяжении всего стажа работы не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья.*

Рабочая зона – пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места пребывания работников.

- ***Среднесуточная (ПДК$_{сут}$)*** *– концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно долгом (годы) воздействии.*
- ***Максимальная разовая (ПДК$_{раз}$)*** *– концентрация вредного вещества в воздухе населённых мест, которая не должна вызывать в течение 20 минут реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение активности головного мозга, световой чувствительности глаз и др.).*

Для некоторых загрязнителей характерно такое явление как синергизм.

Синергизм *– это комбинированное действие токсических веществ на организм, при котором суммированный эффект превышает действие, оказываемое каждым компонентом в отдельности (т.е. целое больше суммы его отдельных частей).*

При синергизме загрязнителей происходит взаимодействие первичных загрязнителей, в результате которого образуются вторичные загрязнители, более опасные для живых организмов. Например, оксид азота (II) и углеводороды выхлопных газов, соединяясь в присутствии солнечного света, образуют новые, более ядовитые вещества, известные под названием «фотохимического смога»; токсичность фтора в воде увеличивается в присутствии меди; диоксид серы (SO_2) становится токсичнее в 2-3 раза при поступлении в атмосферу промышленной пыли. К загрязнителям, обладающих синергизмом, чаще всего относятся вещества близкие по химическому строению и характеру воздействия на организм человека (приложение 2 табл. 1).

При одновременном присутствии в воздухе (или воде) нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (*синергизмом*), сумма отношений их концентраций к ПДК не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_{(\text{раз})1}} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_{(\text{раз})2}} + \ldots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_{(\text{раз})n}} \langle 1,$$

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_{(\text{сут})1}} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_{(\text{сут})2}} + \ldots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_{(\text{сут})n}} \langle 1,$$

где C_1, C_2, …, C_n – фактические концентрации вредных веществ в воздухе или воде;

ПДК_1, ПДК_2, …, ПДК_n – предельно допустимые концентрации вредных веществ (максимально разовые или среднесуточные), мг/м^3.

Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами вредных веществ, не обладающих суммацией

действия, определяется сравнением концентраций веществ с их ПДК (приложение 2 табл. 2):

$$C \leq \text{ПДК}_{\text{раз}};$$

$$C \leq \text{ПДК}_{\text{сут}}.$$

Таким образом, воздух тогда соответствует санитарно-гигиеническим требованиям, когда суммарный уровень загрязнения веществами при синергизме не превышает единицу, а уровень загрязнения по отдельным компонентам, не обладающих суммацией действия, ниже их ПДК.

Цель работы: *определить степень опасности вредных веществ в пробах атмосферного воздуха согласно нормативам* $\text{ПДК}_{\text{раз}}$ *и* $\text{ПДК}_{\text{сут}}$ *с учётом синергизма.*

Задачи:

– изучить теоретические сведения об основных загрязнителях атмосферного воздуха;

– изучить нормативы максимально разовых и среднесуточных предельно допустимых концентраций ($\text{ПДК}_{\text{раз}}$ и $\text{ПДК}_{\text{сут}}$);

– ознакомиться с эффектом суммации действия различных вредных веществ;

– освоить метод определения степени опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Используемый материал: индивидуальные технические задания – данные анализа проб воздуха промышленной зоны.

Ход работы

1. Ознакомьтесь с краткими сведениями из теории.

2. Изучите нормативы $\text{ПДК}_{\text{раз}}$ и $\text{ПДК}_{\text{сут}}$ вредных веществ в атмосферном воздухе.

3. Получите исходные данные фактических концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе (индивидуальные технические задания).

4. Из указанных веществ в пробе выберете вещества с суммацией действия, используя утверждённый список (приложение 2 табл. 1). Отметьте их в графе «Синергизм» табл. 4.2 знаком «+», остальные – знаком «–».

5. Используя максимально разовые и среднесуточные значения ПДК (приложение 2 табл. 2), определите степень опасности вредных веществ в атмосферном воздухе, соответственно обладающих и не обладающих суммацией действия при совместном содержании в пробе. Представьте необходимые расчёты.

6. Заполните табл. 4.2. В графе «Норма» ставьте «+», когда концентрации веществ не превышают их ПДК или суммарный уровень

меньше единицы при синергизме; «–» – когда превышают норматив ПДК или суммарный уровень больше единицы при синергизме.

Вариант 1

Проба № 1

Таблица 4.2

Результаты анализа

Вещества	**Синергизм**	***C*, мг/м^3**	**ПДК$_{раз}$, мг/м^3**	**ПДК$_{сут}$, мг/м^3**	**Норма**	

7. Сделайте вывод о качестве воздуха данной пробы согласно нормативам ПДК$_{раз}$ и ПДК$_{сут}$.

8. Аналогично обработайте пробу № 2.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Дайте определения понятиям «загрязнение атмосферы», «загрязняющие вещества»
2. Назовите «многотоннажные» загрязнители атмосферы.
3. Укажите основные источники загрязнения атмосферы.
4. Какие виды промышленных выбросов выделяют? Приведите соответствующие классификации.
5. Дайте классификацию источников промышленных выбросов.
6. Что такое ПДК? Из какого расчёта ведётся нормирование ПДК?
7. Нормативы ПДК, установленные санитарными нормами.
8. Что такое синергизм? Какие вещества обладают синергизмом?
9. Как определяется качество воздуха согласно санитарно-гигиеническим нормам?

Индивидуальные технические задания
ВАРИАНТ № 1

Проба воздуха № 1	**Проба воздуха № 2**
Диоксид азота – 0,0044 мг/м^3	Фенол – 0,005 мг/м^3
Бутан – 0,0125 мг/м^3	Ацетофенон – 0,0011 мг/м^3
Диэтиламин – 0,0025 мг/м^3	Бутилен – 0,958 мг/м^3
Изопропиловый спирт – 0,355 мг/м^3	Бутилацетат – 0,1254 мг/м^3
Ксилол – 0,175 мг/м^3	Винилацетат – 0,0358 мг/м^3
Метанол – 0,055 мг/м^3	Тетрагидрофуран – 0,2535 мг/м^3
Метилацетат – 0,055 мг/м^3	Формальдегид – 0,0112 мг/м^3
Моноэтиламин – 0,0075 мг/м^3	Фурфурол – 0,00354 мг/м^3
Пентан – 1,755 мг/м^3	Хлоропрен – 0,1545 мг/м^3
Пропиловый спирт – 0,0155 мг/м^3	Этилен – 2,5452 мг/м^3

ВАРИАНТ № 2

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Дивинил – 0,2524 мг/м^3	Циклогексан – 0,7214 мг/м^3
Этанол – 1,125 мг/м^3	Бензол – 0,854 мг/м^3
Этилбензол – 0,0025 мг/м^3	Тетрагидрофуран – 0,958 мг/м^3
Изооктиловый спирт – 0,055 мг/м^3	Толуол – 0,1445 мг/м^3
Циклогексан – 0,175 мг/м^3	Винилацетат – 0,0234 мг/м^3
Формальдегид – 0,005 мг/м^3	Циклогексанол – 0,0455 мг/м^3
Трихлорэтилен – 0,855 мг/м^3	Пиридин – 0,0453 мг/м^3
Тиофен – 0,5373 мг/м^3	Капролактам – 0,054 мг/м^3
Стирол – 0,002 мг/м^3	Изооктанол – 0,125 мг/м^3
Фурфурол – 0,0425 мг/м^3	Бутилен – 0,8533 мг/м^3

ВАРИАНТ № 3

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Анилин– 0,0345 мг/м^3	Сероводород – 0,0075 мг/м^3
Ксилол – 0,1252 мг/м^3	Сернистый ангидрид – 0,453 мг/м^3
Метанол – 0,0525 мг/м^3	Диоксид азота – 0,058 мг/м^3
Нафталин – 0,0015 мг/м^3	Ацетофенон – 0,004 мг/м^3
Пиридин – 0,0545 мг/м^3	Мезидин – 0,008 мг/м^3
Фенол – 0,0022мг/м^3	Нитробензол – 0,0005 мг/м^3
Винилацетат – 0,0655 мг/м^3	Диэтиламин – 0,0045 мг/м^3
Дихлорэтан – 0,875 мг/м^3	Бензин (нефтяной) – 1,054 мг/м^3
Ацетон – 0,0355 мг/м^3	Дикетен – 0,0085 мг/м^3
Хлоропрен – 0,125 мг/м^3	Тиофен – 0,7542 мг/м^3

ВАРИАНТ № 4

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Ацетальдегид – 0,0014 мг/м^3	Этилен – 1,855 мг/м^3
Ацетофенон – 0,0025 мг/м^3	Пропилен – 2,452 мг/м^3
Бутифос – 0,0012 мг/м^3	Бутилен – 2,544 мг/м^3
Диметиланилин – 0,0045 мг/м^3	Хлорофос – 0,008 мг/м^3
Метанол – 0,075 мг/м^3	Циклогексан – 1,456 мг/м^3
Аммиак – 0,0215 мг/м^3	Этилацетат – 0,0124 мг/м^3
Бутан – 0,025 мг/м^3	Циклогексанон – 0,0245 мг/м^3
Моноэтиламин – 0,0023 мг/м^3	Фенол – 0,0082 мг/м^3
Триэтиламин – 0,015 мг/м^3	Хлор – 0,022 мг/м^3
Уксусный ангидрид – 0,0025 мг/м^3	Толуол – 0,425 мг/м^3

ВАРИАНТ № 5

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Бензол – 0,2245 мг/м^3	Ацетон – 0,275 мг/м^3
Акролеин – 0,0252 мг/м^3	Фенол – 0,004 мг/м^3
Бензин (сланцевый) – 0,0025 мг/м^3	Диоксид азота – 0,0208 мг/м^3
Дикетен – 0,0065 мг/м^3	Пиридин – 0,0424 мг/м^3
Дихлорэтан – 0,8545 мг/м^3	Дивинил – 0,848 мг/м^3
Метанол – 0,0922мг/м^3	Уксусная кислота – 0,065 мг/м^3
Винилацетат – 0,1255 мг/м^3	Диоксид углерода – 2,245 мг/м^3
Метилацетат – 0,0052 мг/м^3	Стирол – 0,0024 мг/м^3
Нитробензол – 0,0065 мг/м^3	Хлор – 0,852 мг/м^3
Хлоропрен – 0,0598 мг/м^3	Пропилен – 2,7585 мг/м^3

ВАРИАНТ № 6

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Нитробензол – 0,0064 мг/м^3	Аммиак – 0,0844 мг/м^3
Метилацетат – 0,0065 мг/м^3	Диоксид азота – 0,0645 мг/м^3
Аммиак– 0,012 мг/м^3	Сернистый ангидрид – 0,25 мг/м^3
Амилацетат – 0,0245 мг/м^3	Ксилол – 0,0144 мг/м^3
Метанол – 0,085 мг/м^3	Парохлоранилин – 0,354 мг/м^3
Изопропилбензол – 0,0015 мг/м^3	Стирол – 0,0024 мг/м^3
Сернистый ангидрид – 0,002 мг/м^3	Амилон – 0,8445 мг/м^3
Метилакрилат – 0,0082 мг/м^3	Хлорбензол – 0,082 мг/м^3
Триэтиламин – 0,018 мг/м^3	Этилена окись – 0,228 мг/м^3
Хлорофос – 0,0025 мг/м^3	Этилацетат – 0,085 мг/м^3

ВАРИАНТ № 7

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Изооктиловый спирт– 0,045 мг/м^3	Кислоты конц. по H^+
Акролеин – 0,0152 мг/м^3	Серная – 0,0006 мг/м^3
Ксилол – 0,0825 мг/м^3	Соляная – 0,004 мг/м^3
Бутиловый спирт – 0,025 мг/м^3	Азотная – 0,003 мг/м^3
Мезидин – 0,0005 мг/м^3	Фталевый ангидрид – 0,024 мг/м^3
Нафталин – 0,002мг/м^3	Этиленсульфид – 0,048 мг/м^3
Изопропилбензол – 0,0124 мг/м^3	Уксусная кислота – 0,224 мг/м^3
Тиофен – 0,524 мг/м^3	Диоксид углерода – 1,475 мг/м^3
Хлорбензол – 0,0525 мг/м^3	Хлор – 1,224 мг/м^3
Этилбензол – 0,0082 мг/м^3	Эпихлоргидрин – 0,185 мг/м^3

ВАРИАНТ № 8

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Акролеин – 0,0034 мг/м^3	Сернистый ангидрид – 0,45 мг/м^3
Ацетон – 0,345 мг/м^3	Сероводород – 0,0064 мг/м^3
Аммиак– 0,122 мг/м^3	Пентан – 2,2585 мг/м^3
Ксилол – 0,0145 мг/м^3	Дикетен – 0,0744 мг/м^3
Метанол – 0,075 мг/м^3	Бензол – 1,354 мг/м^3
Нитробензол – 0,0005 мг/м^3	Толуол – 0,0824 мг/м^3
Сернистый ангидрид – 0,006 мг/м^3	Амилон – 1,8445 мг/м^3
Изооктанол – 0,0782 мг/м^3	Этиленсульфид – 0,432 мг/м^3
Бутифос – 0,0084 мг/м^3	Хлорбензол – 0,108 мг/м^3
Сероуглерод– 0,0044 мг/м^3	Формальдегид – 0,025 мг/м^3

ВАРИАНТ № 9

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Аммиак– 0,05 мг/м^3	Кислоты конц. по H^+
Бензол – 1,42 мг/м^3	Серная – 0,0001 мг/м^3
Бутифос – 0,0025 мг/м^3	Соляная – 0,004 мг/м^3
Ксилол – 0,025 мг/м^3	Азотная – 0,003 мг/м^3
Метанол – 0,5 мг/м^3	Метафос – 0,004 мг/м^3
Нафталин – 0,004мг/м^3	Моноэтиламин – 0,01 мг/м^3
Пентан – 25 мг/м^3	Нафталин – 0,002 мг/м^3
Стирол – 0,003 мг/м^3	Этилен – 2,475 мг/м^3
Этанол – 2,5 мг/м^3	Пропилен – 1,0 мг/м^3
Этилбензол – 0,03 мг/м^3	Амилон – 0,15 мг/м^3

ВАРИАНТ № 10

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Акролеин – 0,0034 мг/м^3	Сернистый ангидрид – 0,45 мг/м^3
Ацетон – 0,345 мг/м^3	Сероводород – 0,0064 мг/м^3
Тетрациклин– 0,004 мг/м^3	Фурфурол– 0,005 мг/м^3
Ксилол – 0,0145 мг/м^3	Этилен – 2,744 мг/м^3
Метанол – 0,075 мг/м^3	Бензол – 1,354 мг/м^3
Нитробензол – 0,0005 мг/м^3	Толуол – 0,0824 мг/м^3
Пенициллин – 0,005 мг/м^3	Метанол – 0,85 мг/м^3
Изооктанол – 0,0782 мг/м^3	Этиленсульфид – 0,432 мг/м^3
Динил – 0,001 мг/м^3	Хлорбензол – 0,108 мг/м^3
Сероуглерод– 0,0044 мг/м^3	Формальдегид – 0,025 мг/м^3

ВАРИАНТ № 11

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Диоксид азота – 0,0065 мг/м^3	Фенол – 0,003 мг/м^3
Бутан – 0,0355 мг/м^3	Ацетофенон – 0,0041 мг/м^3
Диэтиламин – 0,4 мг/м^3	Бутилен – 0,858 мг/м^3
Изопропиловый спирт – 0,555 мг/м^3	Бутилацетат – 0,52 мг/м^3
Ксилол – 0,275 мг/м^3	Винилацетат – 0,0667 мг/м^3
Метанол – 0,034 мг/м^3	Тетрагидрофуран – 0,1035 мг/м^3
Метилацетат – 0,0534 мг/м^3	Формальдегид – 0,0012 мг/м^3
Моноэтиламин – 0,0044 мг/м^3	Фурфурол – 0,00454 мг/м^3
Пентан – 1,845 мг/м^3	Хлоропрен – 0,2745 мг/м^3
Пропиловый спирт – 0,0235 мг/м^3	Этилен – 2,845 мг/м^3

ВАРИАНТ № 12

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Дивинил – 0,1513 мг/м^3	Циклогексан – 0,0214 мг/м^3
Этанол – 1,025 мг/м^3	Бензол – 0,454 мг/м^3
Этилбензол – 0,0045 мг/м^3	Тетрагидрофуран – 0,878 мг/м^3
Изооктиловый спирт – 0,032 мг/м^3	Толуол – 0,2345 мг/м^3
Циклогексан – 0,345 мг/м^3	Винилацетат – 0,0134 мг/м^3
Формальдегид – 0,004 мг/м^3	Циклогексанол – 0,043 мг/м^3
Трихлорэтилен – 0,645 мг/м^3	Пиридин – 0,0153 мг/м^3
Тиофен – 0,5636 мг/м^3	Капролактам – 0,074 мг/м^3
Стирол – 0,001 мг/м^3	Изооктанол – 0,146 мг/м^3
Фурфурол – 0,0325 мг/м^3	Бутилен – 0,4973 мг/м^3

ВАРИАНТ № 13

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Анилин– 0,0145 мг/м^3	Сероводород – 0,0097 мг/м^3
Ксилол – 0,725 мг/м^3	Сернистый ангидрид – 0,57 мг/м^3
Метанол – 0,0425 мг/м^3	Диоксид азота – 0,045 мг/м^3
Нафталин – 0,0023 мг/м^3	Ацетофенон – 0,003 мг/м^3
Пиридин – 0,0598 мг/м^3	Мезидин – 0,0075 мг/м^3
Фенол – 0,0034 мг/м^3	Нитробензол – 0,0046 мг/м^3
Винилацетат – 0,0455 мг/м^3	Диэтиламин – 0,0034 мг/м^3
Дихлорэтан – 0,975 мг/м^3	Бензин (нефтяной) – 1,0754 мг/м^3
Ацетон – 0,0465 мг/м^3	Дикетен – 0,0075 мг/м^3
Хлоропрен – 0,528 мг/м^3	Тиофен – 0,8742 мг/м^3

ВАРИАНТ № 14

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Ацетальдегид – 0,0064 мг/м^3	Этилен – 1,255 мг/м^3
Ацетофенон – 0,0055 мг/м^3	Пропилен – 2,492 мг/м^3
Бутифос – 0,0044 мг/м^3	Бутилен – 2,679 мг/м^3
Диметиланилин – 0,0056 мг/м^3	Хлорофос – 0,007 мг/м^3
Метанол – 0,045 мг/м^3	Циклогексан – 1,956 мг/м^3
Аммиак – 0,0367 мг/м^3	Этилацетат – 0,0194 мг/м^3
Бутан – 0,046 мг/м^3	Циклогексанон – 0,0345 мг/м^3
Моноэтиламин – 0,0048 мг/м^3	Фенол – 0,0062 мг/м^3
Триэтиламин – 0,059 мг/м^3	Хлор – 0,067 мг/м^3
Уксусный ангидрид – 0,0045 мг/м^3	Толуол – 0,125 мг/м^3

ВАРИАНТ № 15

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Бензол – 0,1775 мг/м^3	Ацетон – 0,375 мг/м^3
Акролеин – 0,0167 мг/м^3	Фенол – 0,007 мг/м^3
Бензин (сланцевый) – 0,0079 мг/м^3	Диоксид азота – 0,0365 мг/м^3
Дикетен – 0,048 мг/м^3	Пиридин – 0,0725 мг/м^3
Дихлорэтан – 0,7945 мг/м^3	Дивинил – 0,445 мг/м^3
Метанол – 0,0895 мг/м^3	Уксусная кислота – 0,085 мг/м^3
Винилацетат – 0,2257 мг/м^3	Диоксид углерода – 1,245 мг/м^3
Метилацетат – 0,0048 мг/м^3	Стирол – 0,0084 мг/м^3
Нитробензол – 0,0094 мг/м^3	Хлор – 0,457 мг/м^3
Хлоропрен – 0,0698 мг/м^3	Пропилен – 2,855 мг/м^3

ВАРИАНТ № 16

Проба воздуха № 1	Проба воздуха № 2
Нитробензол – 0,0044 мг/м^3	Аммиак – 0,0645 мг/м^3
Метилацетат – 0,0095 мг/м^3	Диоксид азота – 0,0445 мг/м^3
Аммиак– 0,027 мг/м^3	Сернистый ангидрид – 0,75 мг/м^3
Амилацетат – 0,0845 мг/м^3	Ксилол – 0,024 мг/м^3
Метанол – 0,045 мг/м^3	Парохлоранилин – 0,155 мг/м^3
Изопропилбензол – 0,0085 мг/м^3	Стирол – 0,0084 мг/м^3
Сернистый ангидрид – 0,001 мг/м^3	Амилон – 0,848 мг/м^3
Метилакрилат – 0,0066 мг/м^3	Хлорбензол – 0,012 мг/м^3
Триэтиламин – 0,065 мг/м^3	Этилена окись – 0,428 мг/м^3
Хлорофос – 0,0045 мг/м^3	Этилацетат – 0,055 мг/м^3

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
Определение содержания углекислого газа в воздухе с помощью индикаторных трубок, экспресс-анализ загрязненности воздуха отработанами газами автотранспорта

Краткие сведения из теории

Содержание углекислого газа (диоксида углерода, CO_2) в атмосфере по ***объёму составляет 0,034%.***

Содержание углекислого газа в Мировом океане в 100 раз выше, чем в атмосфере!

Естественные источники поступления углекислого газа в атмосферу:

- дыхание живых организмов (также клеточное дыхание некоторых микроорганизмов);
- минерализация органического вещества (после гибели организма его ткани подвергаются разложению редуцентами, при этом выделяется CO_2);
- извержение вулканов;
- дегазация воды Мирового океана.

К антропогенным источникам эмиссии CO_2 в атмосферу относятся:

- сжигание топлива (ТЭС, котельные, транспорт);
- некоторые виды промышленности (производство цемента, утилизация газов путём их сжигания в факелах).

Кроме того, к локальному повышению концентрации углекислого газа в атмосфере приводит масштабная вырубка лесов.

Потребление CO_2:

- процесс фотосинтеза;
- реакции с карбонатами океана:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2;$$

- поглощение гидробионтами (организмами гидросферы), которые создают свои скелеты, потом из них образуются донные известковые отложения;
- выветривание горных пород.

Таким образом, ***фотосинтезирующие организмы и карбонатная система гидросферы поддерживают примерно постоянное содержание углекислого газа в атмосфере Земли.*** В урбосистемах (особенно, мегаполисах) в результате деятельности человека содержание CO_2 в воздухе часто превышает ***0,3 – 0,4% об.***

Диоксид углерода не оказывает токсическое действие на живые организмы. Избыточное количество углекислого газа приводит к снижению активности человека и повышенной утомляемости. При содержании CO_2 в воздухе на уровне 5% появляются признаки удушья, так как увеличение концентрации углекислого газа сопровождается соответствующим снижением концентрации кислорода в воздухе.

Экспресс-анализ *атмосферного воздуха проводится при помощи индикаторных трубок, которые позволяют точно определить содержание соответствующего компонента в воздухе.* Индикаторные трубки известны со времён начала Первой Мировой войны, где они применялись для экспресс-анализа в воздухе паров отравляющего вещества – иприта. Современные индикаторные трубки – это сертифицированные средства экспресс-контроля, которые внесены в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации.

Индикаторные трубки находят широкое применение при количественном санитарно-химическом и экологическом контроле воздуха, а также входят в состав мини-экспресс-лабораторий для обучающихся в виду:

- простоты их применения;
- возможности получения количественной информации;
- точности определения с чувствительностью на уровне ±0,5 ПДК и погрешностью ±25% (ГОСТ Р 51712-2001);
- получения результата анализа непосредственно в точке отбора пробы, в связи с чем нет необходимости доставлять и хранить пробу воздуха;
- широкого назначения с унифицированной методикой применения;
- возможности проводить анализ нескольких сотен различных загрязнителей воздуха;
- хорошей наглядности эксперимента.

Индикаторная трубка представляет собой герметическую стеклянную трубку, заполненную твёрдым носителем, обработанным активным реагентом. В качестве носителей реактивов применяют различные порошкообразные материалы: силикагель, оксид алюминия, фарфор, стекло и другие.

В данной работе используются индикаторные трубки для газового количественного экспресс-контроля диоксида углерода в газо-воздушных средах – ТИ-[CO_2 – 2,0% об.] (ГОСТ Р 51712-2001, сертификат на ТИ зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под №24321-08) (рис. 4.1).

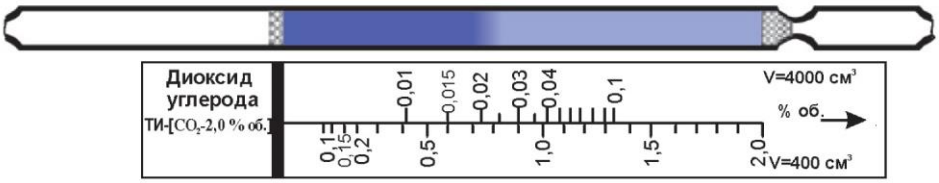


Рис. 4.1. Трубка индикаторная ТИ-[CO_2 – 2,0% об.]

Для прокачки воздуха через индикаторные трубки применяется аспиратор сильфонный АМ-5М [утвержден и зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 17958-98 и допущен к применению в Российской Федерации] (рис. 4.2). Аспиратор представляет собой сильфонный насос ручного действия, работающий на всасывание воздуха за счёт раскрытия пружинами предварительно сжатого сильфона.

Рис. 4.2. Аспиратор сильфонный ручной АМ-5М с индикаторной трубкой

Аспиратор сильфонный АМ-5М предназначен для просасывания (прокачивания) исследуемой газовой среды с целью измерения в комплекте с индикаторными трубками содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, рудничном воздухе, в атмосфере населенных пунктов, в промышленных выбросах предприятий, в выхлопах автомобилей.

При полном прокачивании аспиратором (за один рабочий ход) через индикаторную трубку проходит 100±5 $см^3$ воздуха. Основная приведённая погрешность аспиратора не более ±5%. Аспиратор по устойчивости к климатическим воздействиям по ГОСТ 15150-69 соответствует для работы при температуре окружающей среды от -10 до 50^0С.

Определение основано на линейно-колориметрическом методе. Сущность метода заключается в изменении окраски индикаторного

порошка в результате реакции с вредным веществом, находящемся в анализируемом воздухе, пропускаемом через трубку. *Момент окончания прокачивания контролируется по индикатору (около 1 мин): об окончании цикла прокачивания свидетельствует появление чёткого окрашивания индикатора.* Длина изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка пропорциональна концентрации вредного вещества. Концентрацию вещества измеряют по градуированной шкале, нанесённой на трубку (или прилагаемой отдельно).

При экспресс-анализе поправки на температуру и атмосферное давление чаще всего не проводятся из-за незначительности погрешности метода.

Лабораторная работа выполняется при помощи мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/м».

Цель работы: *оценка качества воздуха через количественное определение содержания в нём углекислого газа с помощью индикаторных трубок.*

Задачи:

– получить представление об естественном (фоновом) содержании CO_2 в атмосфере и его изменении в процессе антропогенной деятельности;

– освоить технику работы с индикаторными трубками и аспиратором;

– освоить методику определения качества воздуха через количественное определение содержания в нём углекислого газа.

Оборудование: комплект индикаторных трубок для определения углекислого газа и аспиратор из мини-экспресс-лаборатории, термометр, барометр.

Задания к работе

1. Ознакомьтесь с краткими сведениями из теории.

2. Внимательно прочитайте инструкцию по применению индикаторных трубок и аспиратора.

3. Схематично нарисуйте индикаторную трубку, указав основные части, направление просасывания воздуха, измерительную шкалу.

4. Отметьте первоначальный цвет наполнителя индикаторной трубки.

5. Обратите внимание на признаки непригодности индикаторных трубок: истёк срок хранения, обломаны концы, рассыпан наполнитель, имеется видимое расслоение наполнителя, на внутренней стороне трубки имеются следы влаги, изменилась первоначальная окраска наполнителя трубки.

6. Проверьте аспиратор на герметичность следующим образом: в гнездо аспиратора вставьте невскрытую индикаторную трубку и

сожмите сильфон до упора. Аспиратор считается герметичным, если в течение 5 мин высота сжатого сильфона практически не изменилась (определяется визуально).

7. Получите групповое (или индивидуальное) задание – указание места проведения экспресс-анализа: в помещении (компьютерный класс, лаборатория, коридор, спортзал и т.п.); вне помещения (парк, улица, дендрарий, сквер и т.п.).

8. Отметьте атмосферное давление, используя барометр.

Ход работы

1. С помощью термометра отметьте температуру воздуха на месте проведения экспресс-анализа.

2. Перед анализом индикаторные трубки выдержите на воздухе в течение 30 минут для принятия ими температуры окружающей среды.

3. Вскройте индикаторную трубку с обоих концов, используя специальное отверстие в подвеске аспиратора, так, чтобы не нарушить положения фильтров и слоя наполнителя.

Соблюдайте осторожность при вскрытии индикаторной трубки во избежание порезов осколками стекла!

4. Вставьте индикаторную трубку с помощью резиновой трубки в гнездо аспиратора стрелкой к последнему.

Измерение проводите не позднее 1 мин после разгерметизации трубки.

5. Для проведения цикла прокачивания быстро сожмите сильфон аспиратора до упора и отпустите его до полного натяжения цепочки.

Прокачайте через индикаторную трубку воздух помещения (улицы, парка и т.д.) в количестве, указанном в инструкции по применению индикаторной трубки, сделав требуемое количество циклов прокачивания аспиратором, не извлекая при этом трубку.

В присутствии диоксида углерода индикаторная масса изменит цвет с песочного на тёмно-сиреневый или тёмно-фиолетовый.

6. Выньте индикаторную трубку из отверстия аспиратора.

Показания трубки считывайте сразу после измерения, т.к. через некоторое время окраска изменится.

7. Отметьте длину прореагировавшего столбика наполнителя после прокачивания по изменению окраски наполнителя, для этого

расположите индикаторную трубку на белом фоне рядом со шкалой, изображённой на комплекте. Для точности оценки, сравните использованную и неиспользованную трубки. Определите величину концентрации (C_1) углекислого газа в мг/м^3 по границе столбика, изменившего окраску.

При размытости границы раздела окрашенного слоя отсчёт концентрации проведите по нижней и верхней частям границы. За результат измерения возьмите среднее значение показателей шкалы.

8. Для выполнения контроля в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.014-84 выполните не менее трёх замеров (используйте три индикаторных трубки) на одном месте. За результат анализа возьмите среднее арифметическое результатов трёх измерений.

9. Пересчитайте концентрацию CO_2 из мг/м^3 в объёмные % по формуле:

$$C_2 = \frac{C_1 \times 10^{-4} \times 24{,}3}{M},$$

где C_1 – концентрация газа в мг/м^3;

C_2 – концентрация газа в объёмных %;

M – молярная масса углекислого газа (M = 44 г/моль);

24,3 л/моль – молярный объём газа при 20^{0}С и 760 мм рт. ст.

При точном расчёте значения концентрации CO_2 следует учитывать поправку на температуру и давление, которые являются факторами, влияющими на результат анализа. Обычно результат измерения концентрации вещества в воздухе приводят к стандартным условиям, в качестве которых приняты температура воздуха 20^{0}С и атмосферное давление 760 мм рт. ст. Расчёт проводят по формуле:

$$C_3 = \frac{C_1 \times 760 \times (273 + t)}{P \times 293},$$

где C_3 – значение концентрации углекислого газа в воздухе, приведённое к нормальным условиям (в мг/м^3 либо об.%);

C_1 – значение концентрации углекислого газа, измеренное при помощи индикаторной трубки, выраженное в тех же единицах, что и C_3;

P и t – значение атмосферного давления (мм рт. ст.) и температуры (^{0}С) воздуха соответственно в момент анализа.

10. Занесите полученные результаты в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Результаты анализа

Место проведения анализа	Метеорологические условия анализа		Концентрация углекислого газа	
	Температура, ^{0}C	**Атмосферное давление, мм рт. ст.**	**C_1*, мг/м^3**	**C_2, % об.**
Улица				
Парк				
Аудитория				

*В зависимости от требований анализа (точности) запишите концентрацию углекислого газа с учётом поправки на давление и температуру (C_3).

11. Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы:
- о качестве воздуха по содержанию в нём углекислого газа;
- сложном (комплексном) характере аналитического определения углекислого газа в воздухе;
- факторах, влияющих на результат анализа в различных условиях: температуре (при повышении температуры увеличивается скорость реакции, но ухудшается адсорбция); влажности воздуха (влияет на равновесие процесса); освещенности (при пониженной освещенности затруднительно наблюдение индикационного эффекта и т.д.).

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Каково содержание CO_2 в атмосфере? Каким образом поддерживается постоянная концентрация углекислого газа в атмосфере?

2. Назовите источники поступления углекислого газа в атмосферу: естественные, антропогенные

3. Потребление CO_2 из атмосферы.

4. Почему содержание CO_2 в воздухе крупных городов превышает норму?

5. Оказывает ли углекислый газ токсическое действие на человека? Как влияет на человека его избыточное количество в воздухе?

6. Как осуществляется количественное определение углекислого газа в воздухе? (Назовите оборудование для экспресс-анализа воздуха.)

7. Перечислите преимущества экспресс-контроля воздуха при помощи индикаторных трубок.

8. Что представляют собой индикаторные трубки?

9. В чем суть линейно-колориметрического метода определения концентрации углекислого газа?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
Определение загруженности улиц автотранспортом и оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта

Краткие сведения из теории

Одним из наиболее распространённых источников загрязнения атмосферы является автомобильный транспорт. К выбросам автотранспорта относятся отработавшие (или отходящие, или выхлопные) газы (ОГ), картерные газы и топливные испарения. *При этом 95-99% вредных выбросов приходится на ОГ*, представляющих собой аэрозоль сложного состава, зависящего от режима работы двигателя.

Выхлопные газы автотранспорта составляют в настоящее время до 90% об. от суммы выбросов токсических веществ в городских экосистемах.

При идеальном сгорании смеси углеводородного топлива с воздухом в продуктах сгорания должны присутствовать лишь N_2, CO_2, H_2O. В реальных же условиях выхлопные газы содержат:

- продукты неполного сгорания – угарный газ, углеводороды, альдегиды, твёрдые частицы углерода, пероксидные соединения;
- продукты термических реакций взаимодействия азота с кислородом – оксиды азота;
- вещества, присутствующие в топливе – сернистый ангидрид, соединения свинца и т.п.

Все компоненты выхлопных газов (около 280) действуют синергетически, а иногда проявляют и эмерджентные свойства (наличие у системного целого особых новых свойств, не присущих его частям).

Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания содержат огромное количество токсичных соединений – бензапирен, альдегиды, оксиды азота, угарный газ, сернистый газ, соединения свинца и различные канцерогенные углеводороды. Особо опасны тетраэтилсвинец и бензапирен.

Количество вредных выбросов в выхлопных газах и их состав зависят от вида топлива и типа двигателя. Состав ОГ основных типов двигателей – бензинового двигателя с искровым зажиганием и дизеля с воспламенением от сжатия, – существенно различается, прежде всего,

по концентрации продуктов неполного сгорания, а именно угарного газа, углеводородов и сажи (табл. 4.4). Основными токсичными компонентами выхлопных газов дизелей являются оксиды азота и сажа.

Таблица 4.4

Состав выхлопных газов автомобильных двигателей

Компоненты выхлопного газа	Содержание по объёму, %		Примечание
	Двигатели бензиновые	Дизели	
Азот	74,0 – 77,0	76,0 – 78,0	нетоксичен
Кислород	0,3 – 8,0	2,0 – 18,0	нетоксичен
Пары воды	3,0 – 5,5	0,5 – 4,0	нетоксичен
Углекислый газ	5,0 – 12,0	1,0 – 10,0	нетоксичен
Угарный газ	0,1 – 10,0	0,01 – 5,0	токсичен
Углеводороды неканцерогенные	0,2 – 3,0	0,009 – 0,05	токсичен
Альдегиды	0 – 0,2	0,001 – 0,009	токсичен
Оксид серы (IV)	0 – 0,002	0 – 0,03	токсичен
Сажа, г/м^3	0 – 0,04	0,01 – 1,1	токсичен
Бензапирен, мг/м^3	0,01 – 0,02	до 0,01	канцероген

Коэффициенты выброса токсичных соединений для различных видов топлива представлены в табл. 4.5, нормы расхода топлива различными видами автотранспорта – в табл. 4.6.

Таблица 4.5

Коэффициенты вредных выбросов при сжигании автомобильного топлива

Вид топлива	Значение коэффициента		
	Угарный газ	Углеводороды	NO_2
Бензин	0,6	0,1	0,04
Дизельное топливо	0,1	0,03	0,04

Таблица 4.6

Нормы расхода топлива автотранспортом

Вид автотранспорта	Норма расхода топлива на 1 км (Y_i), л/км
Легковые а/м	0,11 – 0,13
Грузовые а/м	0,29 – 0,33
Автобусы	0,41 – 0,44
Дизельные грузовые а/м	0,31 – 0,34

При пробеге 15 тыс. км автомобиль в среднем сжигает 4350 кг кислорода, выбрасывает 3250 кг углекислого газа, 135 кг угарного газа, 93 кг углеводородов и 27 кг оксидов азота.

Работа транспорта приводит к формированию над городом дымопылевого купола, который влияет на изменение солнечной радиации, поступающей к поверхности Земли, температуру и влажность воздуха, направление и скорость ветра. Автомобильные выхлопы являются источником загрязнения почв и водоёмов. Установлено, что вдоль дорог с высокой интенсивностью движения загрязнению углеводородами и пылью, содержащей металлы, подвержена полоса шириной до 100 м.

Загрязнённый атмосферный воздух воздействует на здания, сооружения, вызывает усиленную коррозию стальной арматуры, чугунных и бронзовых памятников, разрушает старинные фрески. От выхлопных газов страдают растения, животные и человек. В то же время некоторые растения очищают атмосферу от вредных примесей.

Отметим влияние на здоровье человека основных вредных компонентов выхлопных газов.

- *Угарный газ* – высокотоксичное вещество; уже при концентрации CO в воздухе порядка 0,01-0,02% об. при вдыхании в течение нескольких часов возможно отравление, а концентрация 2,4 мг/м^3 через 30 мин приводит к обморочному состоянию. Угарный газ вступает в реакцию с гемоглобином крови, что приводит к кислородному голоданию, поражающему кору головного мозга и вызывающему расстройство высшей нервной деятельности.
- *Твердые частицы* вызывают различные заболевания дыхательных путей, раздражают кожные покровы, засоряют кожные железы.
- *Оксиды азота* приводят к кислородной недостаточности, оказывают прямое действие на центральную нервную систему.
- *Сернистый ангидрид* вызывает расстройство сердечно-сосудистой системы, легочно-сердечную недостаточность, нарушает деятельность почек, понижает иммунитет.
- *Сероводород* вызывает поражение нервной системы, дыхательных путей и глаз, острое и хроническое отравление с разного рода последствиями.
- *Ароматические углеводороды* в условиях острого воздействия поражают центральную нервную систему, вызывая сонливость, вялость, судороги.

- *Бензапирен* оказывает сильное канцерогенное и мутагенное действие.
- *Формальдегид* оказывает общетоксичное (поражение центральной нервной системы, органов зрения, печени, почек), сильное раздражающее аллергенное, канцерогенное, мутагенное действие.
- *Тетраэтилсвинец* поражает центральную нервную систему, воздействуют на кору головного мозга человека. Отравление тетраэтилсвинцом вызывает приступы паники и галлюцинации.

Воздействие атмосферных загрязнений на человека привело к патологической повышенной чувствительности организма. Широкое распространение получили хронический бронхит и аллергические воспаления альвеол, увеличилось число больных бронхиальной астмой, раком легкого, который по своей распространённости у мужчин вышел на первое место среди онкологических заболеваний. Потому сегодня так остро стоит проблема защиты воздушной среды от всех видов загрязнений. Многие страны, в том числе Россия, принимают различные меры по снижению уровня выбросов автотранспортом и уменьшению их токсичности.

Основные направления снижения уровня токсичности выхлопных газов автомобилей:

- более глубокая очистка бензина;
- замена бензина на более чистое топливо (пропан, этанол, газохол и др.);
- снижение концентрации тетраэтилсвинца в добавках к бензину или использование неэтилированного бензина;
- замена двигателей на более экономичные (дизельные) с более полным сгоранием горючего;
- сокращение сроков эксплуатации фильтров.

Несмотря на принимаемые меры, загрязнение воздуха только увеличивается, так как из года в год растёт число автомобилей. Поэтому сегодня изучение влияния автотранспорта на окружающую среду является архиактуальной задачей.

Для определения относительного загрязнения окружающего воздуха автотранспортом требуется в первую очередь учитывать интенсивность транспортных потоков. С этой целью проводится учёт количества машин в июле и феврале по определённым временным интервалам. Такими сроками могут быть промежутки времени: с 7 до 10 ч; с 10 до 13 ч; с 13 до 16 ч, с 16 до 19 ч, с 19 до 21 ч. Отсчёт количества машин ведётся в течение 30 мин каждого срока наблюдений.

При этом регистрируются отдельно грузовые автомобили с карбюраторным (бензиновым) и дизельным двигателями, легковые автомобили, автобусы. По собранным данным проводятся расчёты уровня загрязнения воздушной среды различными видами автотранспорта по известной методике.

Данная практическая работа даёт возможность оценить интенсивность движения на дорогах, уровень загрязнения воздуха выхлопными газами автотранспорта и сравнить в этом отношении различные автодороги

Цель: *ознакомление с методикой оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта на участке улицы и методикой оценки интенсивности движения на дороге.*

Задачи:

– ознакомиться с теоретическими сведениями о вредных выбросах автотранспорта;

– изучить отрицательное воздействие компонентов выхлопных газов на человека и экосистему в целом;

– освоить методику оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами автотранспорта и оценки интенсивности движения на автодороге.

Задание к работе

1. Получите групповое (или индивидуальное) внеаудиторное задание – конкретную улицу указанного населённого пункта (на выбор студента или усмотрение преподавателя) для оценки её загруженности автотранспортом.

2. В течение 30 мин посчитайте количество автомобилей, проехавших по улице в обоих направлениях, отмечая при этом вид транспорта: легковые, грузовые, дизельные автомобили (считаются условно по заранее принятым приближениям) и автобусы.

Сбор материала по загруженности улиц автотранспортом можете провести как путём разового подсчёта, так и более углубленного с замерами в 8, 13, 18 часов, а также в ночные часы. Из ряда замеров вычислите среднее значение. При этом интенсивность движения автотранспорта определите методом подсчёта автомобилей разных типов три раза по 30 мин в каждом из указанных сроков.

Ход работы

1. Укажите населенный пункт, улицу и время выполнения задания.
2. Приведите оценку улицы, указав:
   - тип улицы: городская улица с односторонней застройкой, жилая улица с двусторонней застройкой, магистральная улица, дорога с многоэтажной застройкой;

- наличие защитной полосы из деревьев (или её отсутствие).

3. Полученные данные по количеству автотранспорта внесите в учётную карточку (табл. 4.7).

4. Рассчитайте количество автомобилей в среднем за час, умножив исходное число на 2.

5. Определите общий путь (L_i) для каждого вида автотранспорта по формуле:

$$L_i = N_i \times L,$$

где L – путь, пройденный одним автомобилем, для расчетов принять L = 0,5 км;

N_i – количество автомобилей данного типа за 1 час.

6. Данные внесите в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Учетная карточка оценки транспортных потоков в населенном пункте

Тип автотранспорта	**Всего за 30 мин**	**За 1 ч, N_i**	**Общий путь, L_i**
Легковые а/м			
Грузовые а/м			
Автобусы			
Дизельные а/м			

7. Определите количество топлива (Q_i, л) для каждого вида транспорта. Количество топлива (Q_i, л), израсходованного отдельным видом транспорта, рассчитайте по формуле, взяв среднее значение Y_i (табл. 4.6):

$$Q_i = L_i \times Y_i.$$

8. Полученные результаты внесите в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Объемы израсходованного топлива

Тип автотранспорта	**N_i**	**Q_i**	
		Бензин	**Дизельное топливо**
Легковые а/м			
Грузовые а/м			
Автобусы			
Дизельные а/м			
Всего $\sum Q$			

9. Рассчитайте объемы выбросов вредных веществ в выхлопных газах автотранспорта, используя коэффициенты выбросов (табл. 4.5), и заполните табл. 4.9.

Таблица 4.9

Объемы выбросов

Вид топлива	**∑*Q*, л**	**Объемы вредных веществ (*V*), л**		
		Угарный газ	**Углеводороды**	**NO_2**
Бензин				
Дизельное топливо				
Всего				

10. Определите массы вредных веществ (в г) по формуле:

$$m_{\text{в-ва}} = \frac{V \cdot M}{V_M},$$

где M – молярная масса вещества, г/моль (молярную массу углеводородов принять равной 72 г/моль);

V_M – молярный объем газа при нормальных условиях (22,4 л/моль).

11. Рассчитайте объемы воздуха (в $м^3$), необходимые для разбавления объемов вредных веществ до безопасного уровня, используя соответствующие ПДК по формуле:

$$V_{\text{возд.}} = \frac{m_{\text{в-ва}} \cdot 1000}{\text{ПДК}_{\text{в-ва}}}.$$

Данные внесите в табл. 4.10.

Таблица 4.10

Сводная таблица по загрязняющим веществам

Загрязнитель	***V*, л**	***m*, г**	**$V_{\text{возд.}}$ для разбавления, $м^3$**	**Значение ПДК, $мг/м^3$**
Угарный газ				5
Углеводороды				100
NO_2				0,085

12. Определите среднюю интенсивность движения на дороге за сутки и средние объемы выбросов. Внесите данные в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Сводная таблица по улицам

Улица	Интенсивность движения	Объем, $м^3$		
		CO	Углеводороды	NO_2
1.				
2.				
3.				

13. Сравните суммарную загруженность различных улиц города, используя табл. 4.12. Дайте объяснение полученным различиям.

Таблица 4.12

Суммарная оценка загруженности улиц автотранспортом согласно ГОСТ 17.2.2.03-77

Загруженность улиц, тыс. автомобилей в сутки	Интенсивность движения
2,7 – 3,6	низкая
8 – 17	средняя
более 18	высокая

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Перечислите опасные компоненты выхлопных газов автомобилей. Назовите особо опасные загрязнители.
2. От чего зависит количество и состав вредных выбросов автотранспорта?
3. Какой вред окружающей среде и сооружениям наносят выхлопные газы автотранспорта?
4. Какой вред здоровью человека наносят выхлопные газы?
5. Каким образом осуществляется расчет количества вредных выбросов различными видами транспорта и оценка интенсивности движения на дороге.
6. Назовите основные направления снижения вредных выбросов автотранспортом.
7. Что такое стандарт ЕВРО? Какие стандарты ЕВРО вы знаете, и чем они отличаются друг от друга?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
Экспресс-анализ загрязненности воздуха аммиаком

Краткие сведения из теории

Аммиак – бесцветный газ с резким удушливым запахом, ядовит, является загрязнителем атмосферного воздуха, относится к числу пожаро- и взрывоопасных газов. ***Класс опасности – четвёртый*** (ГОСТ 12.1.007-76).

Важнейшим источником атмосферного аммиака является почва, так как аммиак является одним из продуктов деструкции органических веществ, находящихся в ней. Ежегодно из природных источников в атмосферу поступает около 85 млн. т NH_3.

Аммиак в небольших количествах присутствует в выбросах многих предприятий: нефтеперерабатывающих и нефтехимических; целлюлозно-бумажных комбинатов; медицинской промышленности; предприятий по производству удобрений, аммиака, азотной кислоты, взрывчатых веществ, растворителей, красителей, холодильного оборудования. Особенно большое количество аммиака образуется на животноводческих комплексах при распаде продуктов жизнедеятельности животных.

Антропогенный вклад в загрязнение атмосферы аммиаком ежегодно составляет всего около 5 млн. т, при этом средняя концентрация аммиака в воздухе крупного города может превышать норму в 1,5 раза.

По физиологическому действию на организм аммиак относится к группе веществ удушающего и нейротропного действия, способных при ингаляционном поражении вызвать токсический отёк лёгких и тяжёлое поражение нервной системы.

Пары аммиака сильно раздражают слизистые оболочки глаз и органов дыхания, а также кожные покровы, вызывая обильное слезотечение, боль в глазах, химический ожог конъюнктивы и роговицы, потерю зрения, приступы кашля, покраснение и зуд кожи.

При острых отравлениях аммиаком появляется насморк, першение и боль в горле, слюнотечение, охриплость голоса, гиперемия слизистых оболочек верхних дыхательных путей и глаз.

При тяжёлых отравлениях появляется сильный приступообразный кашель, удушье, головная боль, боль в желудке, рвота, наступает резкое расстройство дыхания и кровообращения.

Хроническое отравление аммиаком вызывает расстройство пищеварения, катары верхних дыхательных путей и ослабление слуха.

При длительном вдыхании паров аммиака и, когда его содержание в воздухе достигает ***500 мг/м³, возможен летальный исход.***

При попадании в глаза аммиачных растворов следует немедленно промыть глаза проточной водой (не менее 15 мин) или 2%-ным раствором борной кислоты. При попадании на кожу аммиачного раствора немедленно следует смыть его струёй воды. При поражении кожи газообразным аммиаком нужно примочить кожу 5%-ным раствором уксусной или лимонной кислоты. После оказания первой помощи пострадавшего направить в медицинский пункт.

Запах аммиака ощущается при концентрации 37 мг/м³.

Предельно допустимая концентрация аммиака в воздухе рабочей зоны производственного помещения составляет 20 мг/м³.

В атмосферном воздухе населённых пунктов и в жилых помещениях ***среднесуточная концентрация аммиака не должна превышать 0,04 мг/м³. Максимальная разовая концентрация в атмосфере – 0,2 мг/м³.*** Таким образом, ощущение запаха аммиака свидетельствует о превышении допустимых норм.

Данная работа выполняется с помощью мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/м», класс-комплекта «ЭХБ 8.300.1».

Цель работы: *изучение загрязненности воздуха аммиаком.*

Задачи:

– получить представление о природных и антропогенных источниках поступления аммиака в атмосферу;

– изучить теоретические сведения о физиологическом воздействии аммиака на организм человека;

– ознакомиться с правилами оказания первой помощи при попадании аммиака в глаза и на кожу;

– освоить технику работы с мини-экспресс-лабораторией;

– овладеть методикой определения качества воздуха через количественное определение содержания в нём аммиака.

Оборудование из комплектов: мешок полиэтиленовый объёмом 3-5 л, пипетка-капельница, ножницы, тест-система «Аммиак».

Реактивы: аммиачная вода (18-25%-ный раствор аммиака) или нашатырный спирт (10%-ный раствор аммиака).

Аммиачная вода относится к 8-му классу опасности.

Лабораторное оборудование: секундомер.

Ход работы.

1. Подготовьте полоску тест-системы, для этого отрежьте не более 2 мм индикаторной полоски из упаковки.

2. Поместите в расправленный полиэтиленовый мешок 1 каплю аммиачной воды, герметично закройте его и выдержите 2-3 мин для насыщения воздуха аммиаком.

Осторожно! Не вдыхайте пары аммиака!
Пары водного аммиака действуют таким же образом, как и газообразный аммиак: вызывают раздражение слизистых оболочек и кожных покровов.

3. Поместите подготовленную полоску в мешок, закрепив его на нитке (или скрепкой), и снова загерметизируйте мешок (полоска не должна соприкасаться с каплей аммиачной воды).

4. Отметьте время начала эксперимента пуском секундомера.

5. Отметьте по секундомеру время появления синего порогового окрашивания (индикационного эффекта).

6. Оцените уровень концентрации аммиака в воздухе в зависимости от времени возникновения пороговой окраски по табл. 4.13.

Таблица 4.13

Определение концентрации аммиака по тест-системе «Аммиак»

Время возникновения пороговой окраски, с	90	60	Менее 3
Концентрация аммиака, мг/м^3	10	100	1000

При промежуточном значении времени окрашивания запишите значение концентрации аммиака в пределах обозначенных в табл. 4.13. Например, если время появления синего окрашивания составляет 80 с, то запишите, что концентрация аммиака находится в пределах от 10 до 100 мг/м^3, ближе к 100 мг/м^3.

7. Занесите полученные результаты в табл. 4.14.

Таблица 4.14

Результаты анализа

Объём воздуха в мешке, м^3	**Количество капель аммиачной воды**	**Время появления индикационного эффекта, с**	**Концентрация паров аммиака в воздухе, мг/м^3**

8. Используя ПДК (приложение 2 табл. 2), проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод об уровне загрязнения воздуха аммиаком.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Дайте пояснение, почему аммиак имеет четвертый класс опасности?
2. Назовите источники атмосферного азота: природные и антропогенные.
3. Физиологическое действие аммиака на организм человека. Отравления аммиаком: острые, тяжёлые, хронические.
4. Первая помощь: при попадании аммиачных растворов в глаза и на кожу; при поражении газообразным аммиаком.
5. Назовите нормативы предельно допустимых концентраций аммиака в воздухе рабочей зоны, среднесуточной и максимально разовой.
6. Какой метод используется при количественном определении содержания аммиака в воздухе при выполнении данной работы (применяемое оборудование.)
7. Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при выполнении анализа?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
Определение запылённости воздуха помещений и различных зон города

Краткие сведения из теории

Запыленность воздуха – важнейший экологический фактор, сопровождающий нас повсюду. В 1 $см^3$ воздуха в закрытом помещении может содержаться более 100 пылинок различного размера, природы и степени опасности.

Пылью считаются любые твёрдые частицы, взвешенные в воздухе. Большое количество пылей образуется в результате естественных природных процессов, но не малая их доля имеет антропогенное происхождение. Химический состав частиц пылей различен – это песок, металлы, пестициды, углеводороды. Максимальный антропогенный вклад приходится на сульфаты.

По самым осторожным оценкам количество частиц ежегодно попадающих в воздушный бассейн Земли в результате деятельности человека составляет 4-6 млрд. тонн!

Пыль переносится на большие расстояния при распылении почв, при выбросах от цементных, керамических, металлургических заводов, предприятий по производству строительных материалов, а также от движущегося автотранспорта. В последнем случае это мелкие частички почвы и различных солей, продукты снашивания шин и размельчения асфальтового покрытия. Все частицы пыли оседают на листьях, вдыхаются человеком, вызывая нарушение работы дыхательных путей, силикозы, провоцируя кашель и слезотечение.

Безвредных пылей не существует!

Опасность пыли для человека определяется их природой и концентрацией.

Пыли делятся на две группы.

- *Мелкодисперсная пыль* – пыль, состоящая из легких и подвижных частиц размером до нескольких десятков и сотен микрон (1 микрон равен 10^{-3} мм). Такая пыль в воздухе находится длительное время.

- *Крупнодисперсная пыль* – пуль, состоящая из тяжёлых и малоподвижных частиц, быстро выпадает из воздуха при отсутствии ветра, образуя пылевые отложения. Отложения пыли являются источником вторичного загрязнения воздуха.

Пыль может содержать органические вещества (частицы биогенного происхождения – растительного, животного и антропогенного) и неорганические вещества (частицы почвы, строительных материалов, синтетических моющих средств и др.). На пыльных частицах могут поселяться вредные микроорганизмы, адсорбироваться частицы тяжелых металлов и органических веществ.

Наиболее токсичны пыли, содержащие сложные белковые молекулы и простейшие организмы (живые и отмершие) – например, пыль белково-витаминного концентрата, пыль хитинового покрова отмерших насекомых – мух, тараканов, муравьёв и т.п. Такие пыли вызывают аллергические реакции, как при вдыхании, так и при попадании на кожу. Некоторые виды пылей могут создавать взрывоопасные смеси с воздухом (древесная, хлопковая, мучная пыль).

Для понимания и сравнения степени опасности пылей различной природы в справочном приложении 2 табл. 3 приводятся значения ПДК взвешенных веществ.

Способность пыли растворяться в воде или кислотах позволяет определить её химический состав. Например, силикатная пыль (песок) не растворяется ни в воде, ни в растворах кислот; карбонатная пыль (известняк) растворяется в разбавленной соляной кислоте, но не растворяется в воде.

Зелёные насаждения выполняют важнейшую функцию – оздоровление воздуха города и улучшение его микроклимата.

1 га леса в течение года очищает от пыли и многих вредных примесей более 18 млн. м^3 воздуха; 1 га лиственного леса за год улавливает 100 т пыли, хвойного – до 40 т.

Наибольшее задержание пыли листьями отмечено у различных видов тополей, которые распространены в озеленительных посадках городов России. Тополя вообще являются наиболее устойчивыми из древесных пород к различным типам воздушных загрязнений.

Ценную информацию о запылённости воздуха может дать пыль на листве деревьев и кустарников из различных зон города. Для сравнения запыленности (контроля) отбираются листья деревьев, произрастающих в чистой зоне города (в дендрарии, парке) или пригороде.

В ходе выполнения данной лабораторной работы можно получить сравнительную информацию о запылённости различных помещений (на

разной высоте) и зеленных насаждений в дендрарии, сквере, парке, у дороги и жилых домов. Для этого используется липкая прочная лента (скотч), которая легко собирает на себя частички пылевых загрязнений, в результате чего они становятся хорошо различимыми.

Для характеристики сравнительной запылённости используйте табл. 4.15.

Таблица 4.15

Характеристика сравнительной запыленности

Характеристика запыленности прозрачной липкой ленты	Степень запыленности	Балл
Едва заметное наличие пылевых частиц	Незначительная	1-2
Заметное наличие пылевых частиц	Малая	3-4
Хорошо заметные скопления пылевых частиц, но не ухудшающих прозрачность ленты	Средняя	5
Большое количество пылевых скоплений, ухудшающих прозрачность ленты	Высокая	6-7
Очень большое количество пылевых скоплений, делающих ленту непрозрачной	Очень высокая	8-10

Цель работы: *изучение сравнительной запылённости воздуха помещений на разной высоте и запылённости различных зон города.*

Задачи:

– получить представление о запылённости воздуха как важном экологическом факторе;

– ознакомиться с ПДК для взвешенных частиц в воздухе и установить особо опасные пыли для здоровья человека;

– освоить методику оценки сравнительной запылённости воздуха помещений на разной высоте и различных зон города.

Материалы: лента прозрачная с липким слоем (скотч), писчая бумага.

Ход работы:

1. Соберите листья с деревьев на разных участках города (в парке, сквере и дендрарии, у дороги и жилых домов) и, по возможности, на разной высоте.

2. Приложите к поверхности листьев клейкую ленту (скотч).

3. Снимите плёнку с листьев вместе со слоем пыли и приклейте её на лист бумаги, подписав место произрастания растения и высоту расположения листа.

4. Проделайте аналогичные операции в указанном помещении (приклейте скотч к верхней поверхности шкафа, подоконнику и полу).

5. Оцените степень запылённости по табл. 4.15.

6. По результатам наблюдений заполните табл. 4.16 и 4.17.

Таблица 4.16

Результаты анализа запылённости различных зон города

Место в городе	Высота от поверхности почвы	Степень запыленности
У дороги		
В жилой зоне		
Парк		
Дендрарий		
Сквер		

Таблица 4.17

Результаты анализа запыленности помещения

Место в помещении	Высота от пола	Степень запыленности
Пол		
Подоконник		
Поверхность шкафа		

7. Сделайте вывод о степени и причинах запыленности помещений и различных зон города.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Что такое пыль? Почему запыленность воздуха является важным экологическим фактором?

2. Антропогенные источники происхождения пылей.

3. Какие группы пылей выделяют? Дайте им характеристики.

4. Назовите взвешенные частицы пылей. Какие из них являются самыми опасными? Ответ подтвердите значениями ПДК взвешенных частиц.

5. Почему зелёные насаждения выполняют функцию оздоровления атмосферного воздуха?

6. Как можно получить первичную информацию о запылённости различных зон города (или помещений)?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
Наблюдение за составом атмосферных осадков

Краткие сведения из теории

Дождевая вода обычно имеет слабокислую среду. Происходит это, как правило, вследствие растворения в ней диоксида углерода (углекислого газа, CO_2) с образованием угольной кислоты.

Массовые выбросы промышленностью и транспортом оксида серы (IV) (SO_2) и оксидов азота (NO_x) в атмосферу приводят к кислотным дождям, так как в результате взаимодействия этих оксидов с атмосферной влагой происходит образование сернистой (H_2SO_3), серной (H_2SO_4), азотистой (HNO_2) и азотной (HNO_3) кислот. *Ежегодный общемировой выброс кислотообразующих оксидов примерно оценивается в* ***400-500 млн. т (что на каждого жителя Земли составляет до 70 кг в год).***

Термин «кислотные дожди» ввел в 1872 г. английский инженер Роберт Смит в книге «Воздух и дождь: начало химической климатологии».

Сегодня термином ***"кислотные дожди" называют все виды метеорологических осадков – дождь, град, снег, туман, дождь со снегом, – pH которых меньше среднего значения pH дождевой воды, равного 5,6.***

Рекордно кислый дождь с pH = 1,5-1,7, который шёл в течение трёх суток, был зарегистрирован в 1979 г. в г. Уилинг (Западная Виргиния, США).

Выбросы кислотных оксидов являются причиной закисления огромных территорий, при этом из почвы выщелачиваются питательные вещества необходимые растениям. Кислотные осадки приводят к деградации лесов: попадая на защитный восковой покров листьев и хвои деревьев, кислоты разрушают его, что снижает устойчивость лесов к засухам, болезням, природным загрязнениям.

В Германии, где на одного жителя в год приходится около 160 кг выбросов кислотообразующих оксидов, повреждено до 90% хвойных деревьев.

Большой ущерб кислотные дожди наносят сельскохозяйственным культурам: повреждаются покровные ткани растений, изменяется обмен

веществ в клетках, замедляется рост и развитие, уменьшается сопротивляемость к болезням и паразитам, падает урожайность.

Были проведены исследования степени восприимчивости к кислотным дождям 18 видов сельскохозяйственных культур и 11 видов декоративных растений на ранних стадиях роста. Наиболее подверженными вредоносному воздействию оказались листья томатов, сои, фасоли, табака, баклажанов, подсолнечника и хлопчатника. Наименее восприимчивыми – озимая пшеница, кукуруза, салат, люцерна и клевер.

Наиболее чувствительны к кислотным дождям водные экосистемы. При pH = 5,8-6 гибнут ракообразные, улитки, моллюски, лосось, форель, насекомые, зоо- и фитопланктон. Если pH < 5, то погибают окунь, щука, угорь, начинается бурное развитие белого мха.

Ярким примером негативного воздействия кислотных осадков на водные экосистемы является *закисление озер* (Канада – 14 тыс. закисленных озер; США – 1 тыс. закисленных и 3 тыс. почти кислотных; Швеция – 14 тыс. закисленных, 2,2 тыс. озёр безжизненных).

Кислотные дожди не только убивают живую природу, но и разрушают памятники архитектуры. Прочный, твердый мрамор реагирует с раствором серной кислоты и превращается в гипс ($CaSO_4$). Смена температур, потоки дождя и ветер разрушают этот мягкий материал. Исторические памятники Греции и Рима в последние годы разрушаются прямо на глазах. На соборе Св. Павла в Риме слой портлендского известняка разъеден на 2,5 см. Более 100 тыс. ценнейших витражей, украшающих соборы во многих городах Европы, могут быть полностью утрачены в ближайшие 15-20 лет.

Страдают от кислотных дождей и люди, вынужденные потреблять питьевую воду, загрязненную токсическими металлами – ртутью, свинцом, кадмием и т.п.

В Российской Федерации проводится серьёзная работа по экологическому мониторингу атмосферных осадков. *Наблюдения за химическим составом и кислотностью осадков в России ведёт* ***131 станция,*** *отбирающая на химический анализ пробы, и* ***108 пунктов****, на которых в оперативном порядке измеряют только величину pH.* Пробы осадков на содержание от 11 до 20 компонентов анализируются в пяти лабораториях страны.

Система контроля загрязнения снежного покрова на территории России осуществляется ***на 625 пунктах****, обследующих площадь* ***в 15 млн. км^2.*** Пробы забирают на наличие сульфат-, сульфит-, нитрат- и нитрит-ионов, тяжелых металлов и определение значения pH.

Наблюдения за состоянием атмосферных осадков проводятся как в зоне промышленных предприятий, так и в зоне отдыха. В общем случае такие наблюдения могут включать: определение pH дождевой воды, снега, льда; проверку наличия в атмосферных осадках нитрат-, нитрит-, сульфит- и сульфат-ионов; тяжелых металлов.

Данная лабораторная работа выполняется с помощью класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3» и «ЭХБ 8.300.1», тест-системы «Нитрат-тест», тест-комплектов «Сульфаты» и «pH», полевой комплексной лаборатории «НКВ 3.100» и ранцевой лаборатории «НКВ-Р/м».

Цель работы: *изучение состава атмосферных осадков*.

Задачи:

– изучить теоретические сведения о кислотных дождях, причинах их образования, негативных воздействиях на экосистемы;

– освоить технику работы с класс-комплектом «ЭХБ», тест-комплектами и тест-системами, полевой комплексной лабораторией «НКВ 3.100»;

– провести наблюдения за состоянием атмосферных осадков.

Оборудование и реактивы из класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3»: ложка (шпатель) пластмассовая, ножницы, пинцет, колориметрические пробирки с пробками, штатив для пробирок универсальный, пипетки-капельницы (0,5 мл), контрольные колориметрические шкалы, лоток-поднос для раздаточного материала, тест-система «Нитрат-тест», раствор универсального индикатора.

Реактивы и материалы: раствор йода, раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте, насыщенный раствор хлорида бария, раствор соляной кислоты (1:5), бумага индикаторная универсальная, тест-комплекты «Сульфаты» и «pH», пробы атмосферных осадков (дождя, снега, льда).

Задание к работе

1. Заблаговременно получите (или обсудите с преподавателем) конкретную зону города для сбора атмосферных осадков.

Пробу осадков не следует брать вблизи источника значительных загрязнений атмосферы (котельных, ТЭЦ, открытых складов минералов и удобрений, транспортных узлов), так как проба будет испытывать значительное влияние указанных локальных источников антропогенных загрязнений.

2. Соберите дождевую воду (или возьмите пробу снега, льда) (ГОСТ 17.1.5.05-77).

Дождевую воду соберите в любую чистую ёмкость и храните в ней до анализа в закрытом виде. Падающий снег соберите в чистое ведро, дайте ему растаять и перелейте в чистую ёмкость с крышкой. Для анализа льда соберите чистые кусочки и отчистите их скальпелем со всех сторон. Очищенные кусочки льда поместите в стакан на 250 мл и оставьте на 10-15 мин. Слейте талую воду, ополосните кусочки дистиллированной водой, а затем перенесите их во второй стакан и дайте льду окончательно растаять при комнатной температуре. Полученную талую воду используйте для анализа.

Ход работы

Качественные реакции проводите в колориметрических пробирках, которые предварительно несколько раз ополосните анализируемой водой (дождевой, талой снеговой, талого льда). Затем наполните их исследуемыми пробами воды до метки «5 мл». Количественные измерения выполните с применением тест-комплектов и тест-систем.

Опыт 1. Определение pH

А. Индикаторной бумагой

1. Смочите полоску универсальной индикаторной бумаги исследуемой водой. Для этого наклоните пробирку с водой и опустите в неё один конец полоски бумаги, держа второй её конец пинцетом.

2. Выньте индикаторную бумагу из пробирки и сравните полученную окраску со шкалой. Определите pH исследуемой воды (дождевой, талой снеговой, талого льда) по шкале.

Б. Тест-комплектом «pH»

Более точное определение pH воды.

1. Добавьте в пробу пипеткой-капельницей 3 капли (около 0,06 мл) раствора универсального индикатора, закройте пробирку пробкой и встряхните.

2. Окраску раствора сразу же сравните с контрольной шкалой, выбирая ближайший по характеру окраски образец шкалы. Окраску наблюдайте сверху через открытое отверстие пробирки на белом фоне при достаточном освящении.

3. Полученный результат занесите в табл. 4.18.

Опыт 2. Обнаружение нитрат-ионов

Добавьте в пробирку с исследуемой водой 3 капли раствора дифениламина. При наличии в воде нитрат-ионов раствор окрасится в синий цвет

Соблюдайте осторожность при работе с раствором дифениламина в серной кислоте. При попадании его на руки, промойте руки с мылом.

Для количественного определения нитрат-ионов воспользуйтесь тест-системой.

1. Выньте индикаторную полоску тест-системы «Нитрат-тест» из упаковки и отрежьте от неё примерно 2 мм (**плёнку с индикаторной полоски не снимайте!**).

Не отрезайте слишком большой кусочек полоски – в этом нет необходимости. Будьте экономны!

2. Зажав отрезанную полоску пинцетом, окуните её в анализируемую воду и выдержите в пробе 5-10 с (основа тест-полоски должна впитать анализируемый раствор). Затем извлеките тест-полоску из пробы.

3. Через 3 мин сравните окраску рабочего участка с контрольной шкалой на обложке тест-системы и определите содержание нитрат-ионов в мг/л.

4. Полученные данные занесите в табл. 4.18.

Аналогично проводится анализ почвенной вытяжки на содержание нитрат-ионов

Результаты анализа позволяют определить ориентировочное значение концентрации нитрат-ионов (C, мг/кг) в почве. Расчёт проводят по формуле:

$$C = C_B \times 5,$$

где C_B – значение концентрации нитрат-ионов в водной вытяжке, определённое с помощью тест-системы, мг/л;

5 – коэффициент, равный отношению объёма воды в миллилитрах для приготовления вытяжки к массе сухого образца почвы в граммах, использованной для приготовления вытяжки.

Если при тестировании окраска рабочего участка тест-полоски оказалась интенсивнее максимального образца «1000 мг/л» на контрольной шкале. Вытяжку необходимо разбавить в 50 раз (к 49 мл чистой воды добавить с помощью пипетки 1 мл вытяжки). Например,

при тестировании разбавленной вытяжки окраска рабочего участка индикаторной полоски оказалась близка к образцу «200 мг/л». Следовательно, концентрация нитратов в первоначальной вытяжке ориентировочно составляет:

$$200 \times 50 = 10000 \text{ мг/л.}$$

Тогда ориентировочное содержание нитрат-ионов в образце почвы составляет:

$$C(NO_3^-) = 10000 \times 5 = 50000 \text{ мг/кг} = 50 \text{ г/кг} = 5\% \text{ масс.}$$

Опыт 3. Обнаружение сульфит-ионов

1. Добавьте в пробирку с анализируемой водой при помощи пипетки-капельницы 2 капли раствора йода.
2. При наличии в воде сульфит-ионов произойдет обесцвечивание раствора йода.
3. Запишите уравнение соответствующей реакции.

Опыт 4. Обнаружение сульфат-ионов

1. Добавьте в пробирку с анализируемой водой 10 капель раствора соляной кислоты и 2 капли раствора хлорида бария.

Соблюдайте осторожность: хлорид бария токсичен!

2. Наблюдайте в течение 3 мин помутнение раствора (при наличии в пробе сульфат-ионов).
3. Полученные результаты занесите в табл. 4.18.
4. Запишите уравнения протекающих реакций.

Количественное определение сульфат-ионов выполняется с помощью тест-комплекта «Сульфаты» (см. лабораторная работа № 14).

Таблица 4.18

Результаты анализа атмосферных осадков

Тип атмосферных осадков (дождевая вода, снег, лёд)	Место отбора пробы	Значение pH пробы	Содержание*		
			нитрат-ионов	сульфит-ионов	сульфат-ионов

*При наличии ионов в графе ставится «+», при их отсутствии – «–»; при количественном определении содержания ионов указывается их концентрация с соответствующей единицей измерения.

Используя полученные результаты анализов, сделайте вывод об экологической чистоте атмосферных осадков и о возможных источниках их загрязнения.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Объясните, почему дождевая вода имеет слабокислую среду?
2. Что такое «кислотные дожди»?
3. Как образуются кислотные дожди?
4. Негативные последствия кислотных дождей: закисление почв и водоёмов, деградация лесов, ущерб сельскохозяйственным культурам и памятникам архитектуры.
5. Экологический мониторинг атмосферных осадков в России.
6. Назовите основные направления снижения кислотности атмосферных осадков.
7. Какие методы анализа и какое оборудование используется при оценке состава атмосферных осадков в данной работе?
8. Какие качественные реакции вы использовали при анализе атмосферных осадков? Напишите их.

ГЛАВА 5
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ «ВОДА»

Дефицит пресной воды является мировой проблемой. Уже сейчас ее ***недостаток испытывают 20% городского и 75% сельского населения планеты.***

При сохранении нынешних темпов потребления, с учётом прироста населения и объёмов производства к 2100 г. человечество может исчерпать все запасы пресной воды.

Используемая в сельском хозяйстве вода (что составляет 70% от всего водопотребления) расходуется на образование растительной биомассы и испарение и, следовательно, не возвращается в водоёмы. Большая часть воды после ее использования в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве возвращается в природу в виде неочищенных или частично очищенных сточных вод.

Гидросфера служит естественным аккумулятором большинства загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу и литосферу. Это связано с большой растворяющей способностью воды, с круговоротом воды в природе, а также с тем, что водоёмы являются конечным пунктом на пути движения различных сточных вод.

Загрязнение вод проявляется:

- в изменении их физических и органолептических свойств (прозрачности, окраски, запаха, вкуса);
- появлении (или увеличении концентрации) солей, ионов тяжелых и радиоактивных металлов;
- сокращении концентрации растворенного кислорода;
- появлении патогенных микроорганизмов.

Основные виды загрязнения вод

Химические загрязнители (более 400 веществ) – нефть и нефтепродукты, ПАВ, пестициды, тяжелые металлы, нитраты, сульфаты, хлориды, органические и неорганические кислоты, углеводороды и др. Химическое загрязнение является наиболее распространенным, стойким и далеко распространяющимся.

Биологические загрязнители – вирусы (до 700 видов) и различные микроорганизмы (бактерии, водоросли и грибы). Этот вид загрязнений носит временный характер.

Физические загрязнители

- *Радиоактивное загрязнение.* Наиболее вредны «долгоживущие» радиоактивные изотопы – стронций-90, уран-233, радий-226, цезий-137. Радиоактивные вещества попадают в воды при сбрасывании радиоактивных отходов и при их захоронении на дне водоёмов, выпадении осадков.
- *Механическое загрязнение* (шлам, ил, глина) ухудшает органолептические показатели вод. Применительно к поверхностным водам выделяют еще *засорение твердыми отходами (мусором)*: остатками лесосплава, промышленными и бытовыми отходами.
- *Тепловое загрязнение* обусловлено сбросом теплых сточных вод. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава воды, что ведет к размножению анаэробных бактерий и выделению ядовитых газов (сероводорода и метана), ускоренному развитию микрофлоры («цветение воды») и повышенной продуктивности растительности («красные приливы»).

Основные источники загрязнения вод

Таблица 5.1

Промышленные сточные воды

Отрасль промышленности	Загрязнители
Нефте- и газодобывающая, нефтеперерабатывающая	Нефтепродукты, ПАВ, фенолы, аммонийные соли, сульфиды
Лесная и целлюлозно-бумажная	Сульфаты, углеводороды, смолистые и жирные вещества, кислоты, щелочи, красители
Машиностроительная, металлообрабатывающая, металлургическая	Тяжелые металлы, фториды, цианиды, нефтепродукты, фенолы
Химическая	Нефтепродукты, ПАВ, ароматические углеводороды, соли, кислоты, щелочи
Горнодобывающая, угольная	Флотореагенты, фенолы, хлориды, сульфаты, ионы тяжелых металлов
Легкая, текстильная, пищевая	ПАВ, нефтепродукты, органические красители, взвешенные вещества

Коммунально-бытовые сточные воды поступают из жилых и общественных зданий, прачечных, столовых, больниц и т.д. В них преобладают органические вещества и микроорганизмы.

Сельское хозяйство и животноводство. С территорий агроэкосистем смывается огромное количество пестицидов, нитратов, фосфатов, ионов аммония и калия, различных микроорганизмов и других загрязнителей.

Газодымовые выбросы (аэрозоль, пыль, сажа) оседают на поверхности водоемов.

Нефть и нефтепродукты попадают в водоёмы при утечках с нефтеналивных судов, при авариях и утечках на нефтепромыслах (несколько миллионов тонн ежегодно), сливах нефтесодержащих вод с танкеров.

Захоронение на дне морей загрязняющих веществ (дампинг).

Разработка полезных ископаемых на морском дне.

Кроме поверхностных вод загрязняются и *подземные воды* при просачивании промышленных и хозяйственно-бытовых стоков из хранилищ, отстойников и неисправных скважин.

Экологические последствия загрязнения водной среды

Присутствие загрязняющих веществ в водной среде оказывает влияние как на жизнедеятельность отдельных организмов, так и на функционирование всей водной экосистемы в целом.

Пресноводные экосистемы: падение устойчивости; закисление; снижение темпов роста гидробионтов; гибель популяций; катастрофический рост биомассы сине-зеленых водорослей («цветение воды»), выделяющих сильнейшие токсины; ухудшение качества воды.

Морские экосистемы: нарушение устойчивости; прогрессирующая ***эвтрофикация*** *– обогащение питательными веществами (биогенами), приводящее к повышенной продуктивности растительности*; накопление токсинов и канцерогенов в биоте, что приводит к возникновению мутагенеза и канцерогенеза; микробиологическое загрязнение прибрежных районов.

Защита гидросферы

Основные направления по защите гидросферы:

- предотвращение истощения пресных вод – это строгий контроль и регулирование режима водоотбора, рациональное использование;
- защита от загрязнения и засорения.

Наиболее действенным способом защиты поверхностных вод от загрязнения их сточными водами является разработка и внедрение безводной и безотходной технологии производства, начальным этапом

которой является создание *системы оборотного водоснабжения*, позволяющей создать замкнутый цикл использования производственных и бытовых сточных вод.

Переход от водяного охлаждения к воздушному позволяет сократить до 90% объёмов потребления воды в нефтехимической, химической, металлургической и других отраслях промышленности.

Разработка и внедрение систем водоподготовки на производстве позволяет продлить срок службы водоснабжающего и нагревательного оборудования в 2-3 раза, снизить энергопотребление водонагревательного оборудования на 30-50%, уменьшить расход воды на 20-30%.

Успешно применяются различные методы и способы очистки сточных вод (механические, физико-химические, химические), которые позволяют удалить нерастворимые примеси (до 90%), газы, растворенные минеральные и органические вещества. В большинстве случаев технологическая схема очистки и подготовки воды включает в себя следующие основные этапы:

- механическая очистка воды от нерастворимых примесей;
- обезжелезивание и деманганация воды;
- удаление органических загрязнений (обесцвечивание, дезодорация);
- умягчение воды;
- обессоливание;
- удаление микробиологических загрязнений;
- коррекция состава воды (щелочности, кислотности, содержания отдельных элементов).

Существуют так же и другие разновидности дополнительных методов подготовки воды, отличающиеся как назначением, так и потребительскими характеристиками.

Для очистки коммунально-бытовых стоков, а также стоков целлюлозно-бумажной, нефтеперерабатывающей и пищевой промышленности применяется биохимический метод. Процесс основан на способности микроорганизмов и мелких беспозвоночных животных использовать в процессе своей жизнедеятельности соединения сточных вод.

Для обеззараживания питьевой воды применяется хлорирование, озонирование и обработка ультрафиолетом.

Важные задачи в охране водных объектов выполняют водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы, которые предотвращают загрязнение, засорение и истощение, так как в них

ограничивается или полностью запрещается хозяйственная деятельность.

Экологический мониторинг качества воды

В данном разделе выполняется 9 лабораторных работ (табл. 5.2) по определению качества питьевой воды, анализу модельных растворов и почвенных вытяжек по некоторым показателям.

Таблица 5.2

Тема лабораторной работы	**Оцениваемые показатели**	**Методы оценки**	**Номер работы**
Определение органолептических показателей воды	Цветность, мутность, запах, вкус и привкус	Органолептическая оценка при помощи органов чувств (зрения, обоняния, вкуса)	7
Определение кислотности воды	pH	Визуально-колориметрический	8
Количественное определение хлоридов в воде (модельном растворе, минеральной воде) и почвенной вытяжке	Концентрация хлорид-ионов	Титриметрический	9
Определение качества питьевой воды и её пригодности к хозяйственно-бытовому использованию	Оценка качества воды	Расчётный	10
Количественное определение общей жёсткости, ионов кальция и магния в воде	Общая жёсткость Концентрация ионов кальция и магния	Титриметрический Трилонометрический Расчётный	11

Продолжение табл. 5.2

Тема лабораторной работы	**Оцениваемые показатели**	**Методы оценки**	**Номер работы**
Определение карбонатов, гидрокарбонатов, щёлочности в воде и почвенной вытяжке	Концентрация CO_3^{2-} и HCO_3^- Свободная ($Щ_{СВ}$) и общая ($Щ_О$) щёлочность Карбонатная жёсткость	Титриметрический Расчётный	12
Количественное определение ионов железа в воде	Общее железо	Колориметрический	13
Количественное определение сульфатов в воде и почвенной вытяжке	Концентрация сульфат-ионов	Титриметрический	14
Определение в воде содержания растворённого кислорода и биохимического потребления кислорода	Концентрация РК БПК	Титриметрический	15

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
Определение органолептических показателей воды

Краткие сведения из теории

Любое знакомство со свойствами воды начинается с определения её органолептических показателей. ***Органолептические показатели*** – *показатели воды, которые определяются при помощи органов чувств (зрения, обоняния, вкуса).*

К органолептическим характеристикам относятся: *цветность, мутность (или прозрачность), запах, вкус и привкус, пенистость.*

Органолептическая оценка дает много прямой и косвенной информации о составе воды, проводится быстро и без каких-либо приборов.

Органолептическая оценка качества воды – обязательная начальная процедура санитарно-химического контроля воды.

Из группы органолептических показателей для лабораторного практикума на аудиторных занятиях предлагаются для определения цветность, мутность, запах, вкус и привкус.

Цветность – *естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа, которые придают ей окраску от желтоватого до коричневого цвета.* Цветность воды зависит от свойств и структуры дна водоёма, характера водной растительности, прилегающих к водоёму почв и других факторов.

Для оценки цветности воды первоначально необходимо определить высоту столба пробы, при котором визуально будет обнаруживаться окраска. Принята следующая высота столба жидкости:

- *для воды водоёмов хозяйственно-питьевого водоснабжения – 20 см;*
- *культурно-бытового – 10 см.*

Наиболее простой *качественный метод оценки цветности* (ГОСТ 31868-2012) состоит в характеристике цвета воды в пробирке высотой 10-12 см (например, бесцветная, слабо-жёлтая, жёлтая, буроватая, зелёная и др.).

Определение цветности воды актуально только при оценке качества окрашенных природных вод и анализе сточных вод. ***Цвет у питьевой воды отсутствует*** (кроме стран с дефицитом питьевой воды или в зонах чрезвычайного экологического риска).

Мутность воды *обусловлена содержанием взвешенных в воде мелкодисперсных примесей – нерастворимых частиц различного происхождения.* Мутность воды – показатель, характеризующий уменьшение прозрачности воды.

Мутность воды подземных источников, как правило, невелика и вызвана взвесью гидроксида железа. В поверхностных водах мутность чаще вызвана присутствием глинистых или илистых частиц, а также фито- и зоопланктона. Мутность воды водоёмов зависит от времени паводка и меняется в течение года.

Мутность воды обуславливает некоторые другие характеристики воды:

- наличие осадка: отсутствует, незначительный, заметный, большой, очень большой (можно измерить в мм в заданном столбе жидкости);
- наличие или отсутствие взвешенных примесей (измеряется в мг/л);
- прозрачность, измеряется как высота столба жидкости, при взгляде сквозь который на белой бумаге можно различить стандартный печатный текст (шрифт высотой 3,5 мм).

Для определения мутности используется *визуальный метод* – оценка степени мутности столба воды высотой 10-12 см в колориметрической пробирке. *Мутность пробы качественно описывается следующим образом: не мутная, слабо мутная, мутная, очень мутная.* Данный метод применяется как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Запах воды *обусловлен наличием в ней летучих пахучих веществ, которые попадают в воду, как естественным путем, так и со сточными водами.* Практически все органические вещества имеют запах и передают его воде. Запах может быть придан воде живущими и отмершими организмами, растительными остатками, почвами, специфическими веществами, выделяемыми некоторыми водорослями и микроорганизмами, а также присутствием в воде растворенных газов – хлора, аммиака, сероводорода.

Запах по характеру подразделяют на две группы, определяя его субъективно по своим ощущениям:

- *естественного (природного) происхождения* (от влияния почв, наличия организмов, водной растительности): болотный, гнилостный, древесный, плесневый, рыбный, травянистый и т.п.;

- *искусственного (техногенного) происхождения* (от обработки воды, труб водоснабжения и т.д.): хлорный, металлический, нефтяной и т.п.

Обычно запах определяют при комнатной (20^0C) и при повышенной (60^0C) температуре воды. Запах можно характеризовать по происхождению, характеру проявления, интенсивности с оценкой в баллах.

Для питьевой воды допускается запах не более 2 баллов (СанПиН 2.1.4.559-96, ГОСТ 3351-74).

Вкус воды *вызывается наличием растворенных веществ и может быть солёным, кислым, горьким и сладким. Остальные вкусовые ощущения считаются привкусами (солоноватый, горьковатый, металлический, хлорный и т.п.).* Солёный вкус вызывается содержанием хлорида натрия, горький – сульфата магния, кислый – растворённой углекислотой. Незагрязнённые природные воды обладают только солоноватым и горьковатым привкусом. Вода может иметь также привкус: чернильный или железистый, вызванный солями марганца и железа; вяжущий, вызванный сульфатом кальция.

Оценка вкуса проводится лишь для питьевой воды при отсутствии подозрений на её загрязненность!

По нормам СанПиН 2.1.4.559-96 и ГОСТ 3351-74 ***для питьевой воды допускается значение привкуса не более 2 баллов.***

При интенсивности запахов и привкусов выше 2 баллов ограничивается водопотребление, т.к. сильные запахи и привкусы могут быть показателем загрязненности воды сточными водами или свидетельствовать о наличии биологически активных веществ, выделяемых сине-зелёными водорослями.

Вкус и привкус определяют в сырой (некипячёной) воде, за исключением воды из открытых водоёмов и источников, сомнительных в санитарном отношении.

Лабораторная работа выполняется при помощи класс-комплекта «ЭХБ 8.300.1» и «ЭХБ 8.300.3», полевой комплексной лаборатории «НКВ 3.100» и ранцевой лаборатории «НКВ-Р/м».

Цель работы: *знакомство с органолептической оценкой качества питьевой воды.*

Задачи:

– ознакомиться с органолептическими показателями воды;

– изучить санитарные нормативы органолептических показателей питьевой воды;

– освоить качественные методы оценки органолептических показателей воды.

Оборудование из класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3» и «НКВ 3.100»: пронумерованные пробирки с пробками, штатив для пробирок универсальный, лоток-поднос для раздаточного материала.

Реактивы: пробы питьевой воды; модельные растворы, приготовленные лаборантом (кипячёная вода, вода + соль, вода + сахар, вода + лимонный сок, вода + пищевая сода, вода + горчица).

Оборудование из класс-комплекта-лаборатории для экологических исследований воды, воздуха, почвы «ЭХБ 8.300.1»: стаканы одноразовые.

Задание к работе

Принесите на лабораторный практикум пробы воды из различных источников (водопроводную воду разных населённых пунктов, родниковую и артезианскую воду).

Опыт 1. Определение цветности (РД 52.24.497-2005)

Ход работы

1. Получите модельные растворы у лаборанта.
2. Заполните пробирки на 10-12 см различными пробами воды и модельными растворами.
3. Определите цвет воды (бесцветная, слабо-жёлтая, жёлтая, бурая, зелёная), рассматривая жидкость сверху на белом фоне при достаточном боковом освещении.
4. Запишите полученные результаты в сводную табл. 5.6.

Опыт 2. Определение мутности (прозрачности) (ИСО 7027:1990)

Ход работы

1. Возьмите пробирки с пробами воды и модельными растворами из предыдущего опыта.
2. Определите мутность воды, рассматривая пробирку сбоку на тёмном фоне при достаточном боковом освящении.
3. Полученные результаты занесите в табл. 5.6.

Опыт 3. Определение запаха воды

Дегустатор описывает запах субъективно, по своим ощущениям, указывая предположительно его происхождение и характеристику.

1. Пробирки с пробами воды и модельными растворами из предыдущего опыта закройте пробками.
2. Через 2-3 мин поочерёдно открывайте пробирки и определяйте запах воды.

Соблюдайте правила определения запаха неизвестных веществ!

3. Если запах сразу не ощущается или возникают затруднения его идентификации (запах не отчётливый), определение повторите. Для этого предварительно нагрейте воду (или модельный раствор) до температуры 60^0С, опустив пробирку в стакан с горячей водой. Пробку из пробирки предварительно выньте.

4. Запишите полученные результаты в табл. 5.6, используя для характеристики запаха табл. 5.3 и 5.4.

Таблица 5.3

Характеристики проявления запаха

Интенсивность проявления запаха	**Характер проявления запаха**	**Оценка интенсивности запаха**
Отсутствует	Не ощущается	0
Очень слабый	Слегка обнаруживается	1
Слабый	Замечается, если обратить внимание	2
Заметный	Легко замечается, вызывает неодобрительный отзыв о качестве воды	3
Отчётливый	Сразу обращает на себя внимание, заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает её непригодной для питья	5

Таблица 5.4

Род запаха

Характер запаха	**Примерный род запаха**
Ароматический	Огуречный, цветочный
Болотный	Илистый, запах тины
Гнилостный	Фекальный, сточный
Древесный	Запах мокрой древесины
Земельный	Прелый, свежевспаханной земли
Рыбный	Рыбьего жира, рыбы
Сероводорода	Тухлых яиц
Травянистый	Сена, свежескошенной травы
Неопределенный	Запах естественного происхождения, не подпадающий под чёткие определения

Опыт 4. Определение вкуса и привкуса воды

Определение вкуса и привкуса у питьевой воды проводите только при уверенности в её безопасности!

1. Налейте в одноразовый стакан 10-15 мл пробы воды (модельного раствора).

2. Наберите из стакана глоток воды, поддержите во рту 5 секунд, определите вкус (или привкус) и его интенсивность по 5-балльной шкале, используя табл. 5.5.

Жидкость не глотайте!

Таблица 5.5

Интенсивность вкуса и привкуса
ГОСТ 3351-74

Интенсивность вкуса и привкуса	**Характер проявления вкуса и привкуса**	**Оценка интенсивности вкуса и привкуса**
Нет	Не ощущается	0
Очень слабый	Сразу не ощущается, но обнаруживается при тщательной оценке	1
Слабый	Заметен, если обратить внимание	2
Заметный	Легко заметен и вызывает неодобрительный отзыв	3
Отчётливый	Обращает внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильный	Очень сильный, делает воду непригодной для питья	5

3. Проанализируйте все пробы.

4. Исследуйте за один раз не более 2-х проб, затем сделайте перерыв на 5 мин.

5. Занесите полученные результаты в табл. 5.6.

Проанализируйте полученные данные и сделайте вывод о качестве анализируемой воды, исходя из её органолептических показателей.

Таблица 5.6

Результаты анализа питьевой воды и модельных растворов

Тип пробы	Цветность	Мутность				Запах		Вкус (привкус)	
		наличие	осадок	примеси	прозрачность	интенсивность	характер	наличие	характер
Пробы питьевой воды									
Водопроводная									
Родниковая									
Артезианская									
Модельные растворы									
Кипячёная вода									
Вода + соль									
Вода + сахар									

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Что такое органолептические показатели воды? Какие характеристики воды относятся к данным показателям?
2. Объясните, почему органолептическая оценка качества питьевой воды является обязательной процедурой санитарно-химического контроля воды?
3. Чем может быть обусловлена и от чего зависит цветность воды?
4. Как определяется высота столба жидкости для визуального определения цветности воды?
5. Чем обусловлена мутность воды?
6. Какие дополнительные характеристики воды обуславливают её мутность?
7. Чем обусловлен запах воды?
8. На какие группы по характеру подразделяется запах?
9. Вкус и привкус воды.
10. При какой интенсивности запаха и вкуса ограничивается водопотребление и почему?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
Определение кислотности воды

Краткие сведения из теории

Кислотность воды определяется значением водородного показателя (pH). $pH = -\lg[H^+]$.

Диапазон кислотности воды при температуре 25^0C составляет от 0 до 14:

- 0 – максимально кислая среда;
- 7 – нейтральная среда;
- 14 – максимально щелочная.

В питьевой воде допускается значение pH в пределах от 6,0 до 9,0; в воде водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – от 6,5 до 8,5.

Величина pH природной воды определяется, как правило, соотношением концентраций гидрокарбонат-ионов и растворённого CO_2. Пониженное значение pH характерно для болотных вод за счёт повышенного содержания гуминовых и других природных кислот.

Причины изменения pH воды водоёмов:

- кислотные атмосферные осадки;
- промышленные сточные воды;
- характер почвогрунтов, где расположен водоём.

pH чистой воды при 25^0C равен 7, но когда вода находится на открытом воздухе, то в ней растворяется углекислый газ, и pH воды может измениться до 5,2. Таким образом, для того чтобы получить действительное значение кислотности воды, анализ необходимо проводить сразу после отбора пробы.

Изменение pH природной воды сверх допустимых пределов (более 8,5 и ниже 6,5) делает среду непригодной для существования большинства гидробионтов (водных организмов), особенно простейших. Такую воду также нельзя использовать для хозяйственно-бытовых нужд.

Вода с значением pH < 6,5 (с высокой кислотностью) становится корозионно-активной – выщелачивает из металлических труб ионы металлов (железо, марганец, медь, свинец). Поэтому вода с низким значением pH имеет металлический привкус и может содержать вредные примеси в опасных концентрациях, особенно, если она контактирует с трубами длительное время. Кроме того, такая вода разрушает металлический трубопровод, окрашивает бельё при стирке, окрашивает сливы и места протечек на кафеле.

Основной способ решить проблему высокой кислотности воды (низкого pH) – это использовать нейтрализатор кислотности. Чаще всего нейтрализацию проводят с помощью обычной соды, но при этом растёт количество натрия в воде. Существуют также и другие способы нейтрализации кислотности.

Вода с высоким значением pH > 8,5 (низкая кислотность) является жёсткой (см. лабораторную работу № 11).

Данная работа выполняется с помощью класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3» и «ЭХБ 8.300.1», тест-комплекта «pH», мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/м», полевой комплексной лаборатории «НКВ 3.100» и ранцевой лаборатории «НКВ-Р/м».

Предлагаемый *визуально-колориметрический метод* определения pH основан на реакции ионов водорода с универсальным индикатором в водной среде. Значение pH анализируемой воды определяют по окраске пробы, визуально сравнивая её с окраской образцов на контрольной шкале.

Диапазон определяемых значений водородного показателя – от 4,5 до 11 ед. pH. Объём пробы – 5 мл. Продолжительность анализа – не более 1 мин.

Цель работы: *изучение кислотности воды как фактора, характеризующего экологическое состояние водоёма и качество воды.*

Задачи:

– изучить теоретические сведения о кислотности природной воды;

– изучить методику оценки качества воды по кислотному показателю.

Оборудование: контрольная шкала образцов окраски растворов для определения pH, пипетка-капельница полимерная на 1 мл, пробирки колориметрические с меткой «5 мл», пробки для пробирок.

Реактивы и материалы: раствор универсального индикатора, пробы воды для анализа.

Задание к работе: заблаговременно получите задание по отбору проб воды конкретного водоёма.

Ход работы

1. Колориметрическую пробирку ополосните 3 раза анализируемой водой.

2. В пробирку налейте 5 мл анализируемой воды.

3. Добавьте пипеткой-капельницей 4 капли (около 0,08 мл) раствора универсального индикатора, закройте пробирку пробкой и встряхните.

4. Проведите визуальное колориметрирование пробы.

- Пробирку с пробой поместите на белое поле контрольной шкалы.

- Окраску наблюдайте сверху через открытое отверстие пробирки при достаточном освящении.
- Выберите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение pH, сравнивая окраску раствора с контрольными образцами шкалы.

5. Внесите результаты анализа всех проб лабораторного практикума в сводную табл. 5.7.

Таблица 5.7

Результаты анализа кислотности воды

Тип водоёма или источника	**Условия отбора пробы (время года, место отбора)**	**Значение pH**
Река		
Пруд		
Ручей		
Родник		
Дождевая вода		
Водопроводная вода		

6. Проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод об экологическом состоянии водоёма (качестве воды источника).

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Назовите нормативы pH для природных вод. Вода, с какими значениями pH, считается непригодной для гидробионтов и для хозяйственно-бытовых нужд?

2. Укажите причины изменения pH природных вод.

3. Что такое «закисление озер»? К каким последствиям оно приводит?

4. Каковы масштабы закисления озер (приведите соответствующие данные)?

5. Каким методом определяют pH воды?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9
Количественное определение хлоридов в воде (модельном растворе, минеральной воде) и почвенной вытяжке

Краткие сведения из теории

В воде хлор встречается преимущественно в форме хлоридов – NaCl, KCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$. Хлориды присутствуют практически во всех пресных поверхностных и грунтовых водах, а также в питьевой и минеральной воде, при этом их содержание варьирует в широких пределах: в проточных водоёмах содержание хлоридов обычно невелико – 20-30 мг/л; незагрязнённые грунтовые воды в местах с несолончаковой почвой обычно содержат до 50 мг/л; воды, фильтрующиеся через солончаковую почву, в 1 л могут содержать сотни и даже тысячи миллиграмм хлорид-ионов.

Присутствие большого количества хлоридов в воде может быть вызвано:

- растворением отложений солей из прилегающих грунтов;
- загрязнением реагентами и солью, нанесёнными на дороги с целью борьбы со снегом и льдом;
- сбросом сточных вод;
- эксплуатацией нефтяных скважин;
- ирригационным дренажом;
- загрязнением в результате вымывания твердых отходов;
- попаданием морской воды в прибрежные районы.

Содержание хлоридов в воде определяет её пригодность для питья. *Установлена ПДК по хлоридам для питьевой воды, воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, равная* **350 мг/л** (СанПиН 2.1.4.1074-01, СанПиН 2.1.4.559-96, СанПиН 2.1.4.544-96, ГОСТ 17.1.3.03-77).

Для воды водоёмов рыбно-хозяйственного назначения ПДК хлоридов составляет **300 мг/л.**

Лимитирующий показатель вредности – органолептический.

Высокие концентрации хлоридов в питьевой воде не оказывают токсическое воздействие на человека. Хлориды ухудшают органолептические показатели воды: вода приобретает солёный или горький вкус, что делает её малопригодной для питьевого водоснабжения.

Вода имеет солёный вкус при концентрации хлорида натрия выше 250 мг/л, а хлоридов кальция и магния – выше 1000 мг/л. Концентрация хлоридов выше 500 мг/л влияет на водно-солевой обмен в организме,

что приводит к повышению уровня хлоридов в крови, вызывает угнетение желудочной секреции, в результате чего нарушается пищеварение. Таким образом, контроль содержания хлоридов в воде водоемов имеет важное значение для оценки качества воды.

Солёные воды очень коррозионно-активны по отношению к металлам, пагубно влияют на рост растений и вызывают засоление почв. Поэтому содержание хлоридов в воде также определяет возможность ее использования в сельском хозяйстве, в том числе для парников и оранжерей. В зависимости от вида растений предельная концентрация хлоридов в воде для полива колеблется в пределах 50 – 300 мг/л.

Определение хлоридов в воде ведётся по методу Мора (ГОСТ 4245-72, ИСО 9297:1989). Принцип метода основан на осаждении хлорид-ионов нитратом серебра в присутствии хромата калия. При наличии в растворе хлоридов ионы серебра связываются с ними, а затем образуется хромат серебра оранжево-бурого цвета.

Метод определения массовой концентрации хлорид-ионов является титриметрическим и применяется для анализа питьевой и очищенных сточных вод (ПНД Ф 14.1:2.96-97). Определение основано на титровании хлорид-ионов раствором нитрата серебра при pH = 5,0-8,0, в результате чего образуется суспензия практически нерастворимого хлорида серебра:

$$Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow$$

В качестве индикатора используется хромат калия, который реагирует с избытком нитрата серебра с образованием хорошо заметного оранжево-бурого осадка хромата серебра по уравнению:

$$2Ag^+ + CrO_4^{2-} = Ag_2CrO_4\downarrow$$

При определении содержания хлоридов в почве их сначала извлекают из неё водой (в соотношении сухая почва : вода, равном 1:5) и далее анализируют почвенную вытяжку тем же методом, выражая концентрацию ионов в мг/кг почвы.

Диапазон измеряемых концентраций хлорид-ионов – от 10 до 1200 мг/л. Объём пробы составляет от 1 до 50 мл в зависимости от концентрации хлоридов в пробе. Продолжительность анализа – не более 10 мин.

Данная работа выполняется с помощью тест-комплекта «Хлориды».

Цель работы: *изучение хлоридов как естественных компонентов воды и почвы с использованием метода их количественного определения.*

Задачи:

– получить представление о содержании хлоридов в воде и его изменении в результате антропогенной деятельности;

– изучить теоретические сведения о нормативах качества по хлоридам для питьевой воды, воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения;

– ознакомиться с методикой качественного и количественного обнаружения хлоридов в воде.

Используемый материал: пробы воды из различных источников (водопроводная, родниковая, речная, дождевая), почвенная вытяжка, модельный раствор.

Оборудование и реактивы: пипетка для титрования на 2 мл, пипетка-капельница полимерная на 1 мл, склянка с меткой «10 мл» с пробкой, 0,05 н раствор нитрата серебра титрованный, раствор хромата калия (10%-ный), лоток-поднос для раздаточного материала.

Задание к работе

Принесите на лабораторный практикум 200-300 мл воды из источника (или водоёма), указанного преподавателем.

Ход работы

1. Ополосните склянку (вместе с пробкой) 3 раза анализируемой водой (почвенной вытяжкой или модельным раствором).

2. Налейте в склянку 10 мл анализируемой воды (или почвенной вытяжки).

3. Добавьте в склянку пипеткой-капельницей 3 капли раствора хромата калия.

4. Закройте склянку пробкой и встряхните, чтобы перемешать содержимое.

5. Проведите титрование пробы.

К содержимому склянки с помощью пипетки для титрования добавляйте по каплям (капли считайте!) раствор нитрата серебра при перемешивании до появления неисчезающей (в течение 15-20 секунд) оранжево-бурой окраски.

Осторожно! Нитрат серебра токсичен.
Второй класс опасности (ГОСТ 12.1.005-88).
Не допускайте попадания раствора на кожные покровы, слизистые оболочки, внутрь организма.
ПДК нитрата серебра в воздухе рабочей зоны – 0,5 мг/м^3.

6. Определите объём раствора, израсходованный на титрование ($V_{р\text{-}ра}$, мл), зная, что объём одной капли равен 0,02 мл.

7. Рассчитайте массовую концентрацию хлорид-ионов ($C_{хл}$, мг/л) по формуле:

$$C_{\text{хл}} = \frac{V_{\text{р–ра}} \times 35{,}5 \times C_{AgNO_3} \times 1000}{V_{\text{п}}},$$

где $V_{\text{р-ра}}$ – объём раствора нитрата серебра, израсходованный на титрование, мл;

C_{AgNO_3} – молярная концентрация раствора нитрата серебра (0,05 моль/л эквивалента);

35,5 г/моль – молярная масса хлорид-ионов;

1000 – коэффициент пересчёта единиц измерений из г/л в мг/л;

$V_{\text{п}}$ – объем пробы, взятый для анализа (10 мл).

Оформление работы

1. Запишите нормативы качества воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения по содержанию хлорид-ионов.

2. Укажите метод количественного определения содержания хлорид-ионов в воде.

3. Приведите качественные реакции, которые используются при определении хлорид-ионов.

4. Запишите ход выполнения работы.

5. Укажите источник взятия пробы воды (водопроводная; минеральная; бутилированная; речная, родниковая, озерная с указанием названия водоёма; дождевая или талый снег; почвенная вытяжка; модельный раствор).

6. Приведите расчёты по экспериментальным данным. Результаты округлите до целых чисел.

7. Сделайте вывод о качестве воды по данному показателю.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Содержание хлоридов в поверхностных водах.

2. Каков норматив качества воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения по содержанию хлорид-ионов?

3. Каким методом определяют массовую концентрацию хлорид-ионов в воде? Какие качественные реакции используются в данном методе?

4. Назовите источники обогащения природной воды хлорид-ионами?

5. Оказывает ли влияние на здоровье человека повышенное содержание хлорид-ионов в воде?

6. Как повышенное содержание хлорид-ионов влияет на качество питьевой воды?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10
Определение качества питьевой воды и её пригодности к хозяйственно-бытовому использованию

Краткие сведения из теории

Загрязнение водоёмов происходит в результате производственной и хозяйственной деятельности человека, которая ведёт к образованию сточных вод.

На промышленных территориях могут образовываться сразу три вида сточных вод:

- производственные;
- бытовые;
- атмосферные (стекающие с территории промышленного предприятия в результате выпадения атмосферных осадков).

Воды, которые использовались для производственных нужд и получили при этом дополнительные примеси с изменением своих начальных химических, физических и других свойств, называются ***производственными сточными водами.*** Производственные сточные воды образуются в результате использования воды в технологических операциях: для охлаждения (или нагрева) оборудования, промывки материалов, полуфабрикатов и готовой продукции; обогащения полезных ископаемых; гидроабразивной резки и др.

Количество производственных сточных вод, вид и содержание в них вредных веществ определяется:

- отраслью промышленности;
- мощностью предприятия;
- видом и режимом производственного процесса;
- расходом воды на единицу изготовленной продукции;
- возможностью повторного использования воды в технических целях;
- возможностью сброса сточных вод в водоёмы.

Водные объекты считаются загрязнёнными*, если показатели состава и свойств воды изменились под влиянием производственной деятельности и бытового использования населением и стали частично или полностью не пригодными для одного из видов использования (питьевая вода и вода хозяйственно-бытового назначения).*

Критерием загрязненности воды является:

- ухудшение ее качества вследствие изменения органолептических свойств;
- содержание вредных веществ для человека и животных;

- повышение температуры воды.

Загрязняющие вещества в сточных водах присутствуют в виде механических примесей, растворенных химических соединений, коллоидных растворов и эмульсий, концентрации которых могут значительно изменяться во времени.

Производственные сточные воды подразделяются на:

- *условно чистые*, которые используются для охлаждения технологического оборудования;
- *оборотные,* использующиеся в системах оборотного водоснабжения;
- *грязные,* которые требуют очистки перед их повторным использованием или сбросом в водоёмы.

К сбросу сточных вод в водоёмы предъявляются соответствующие нормативы. ***Запрещается сбрасывать сточные воды:***

- с утечками нефти и нефтепродуктов;
- загрязнение которых может быть устранено путём использования рациональной технологии и оборотного водоснабжения;
- содержащие ценные отходы, которые могут быть извлечены на данном или другом предприятии;
- содержащие производственное сырьё, реагенты, полупродукты и продукты производства в количествах, превышающих установленные нормативы технологических потерь;
- содержащие вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации;
- которые могут быть использованы в сельском хозяйстве;
- в заповедные водные объекты;
- без регистрации и получения разрешения в органах по регулированию использования и охраны вод; без согласования с органами санитарно-эпидемиологической службы и органами рыбоохраны.

Нормативы качества воды устанавливаются в зависимости от ***категории водного объекта:***

- первая категория – *водные объекты, использующиеся в качестве источника хозяйственно-бытового водоснабжения (ГОСТ 2761-84);*
- вторая категория – *водные объекты для купания, спорта и отдыха, а также, находящиеся в черте населённых мест.*

Показатели состава и свойств воды водного объекта в пунктах хозяйственно-бытового водопользования ***не должны превышать***

нормативы (ПДП) *(приложение 3 табл. 2), концентрации вредных веществ* ***не должны превышать их ПДК*** *(приложение 3 табл. 3).*

При поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности, ***сумма отношений их концентраций C_1, C_2, … C_n в водном объекте к соответствующим ПДК*** *(приложение 3 табл. 3)* ***не должна превышать единицы.*** Для максимально разовых концентраций:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_{(\text{раз})1}} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_{(\text{раз})2}} + \ldots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_{(\text{раз})n}} \langle 1,$$

для среднесуточных:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_{(\text{сут})1}} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_{(\text{сут})2}} + \ldots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_{(\text{сут})n}} \langle 1.$$

Требования к питьевой воде в Российской Федерации регламентируются СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды».

Цель работы: *определить качество питьевой воды и её пригодность к хозяйственно-бытовому водопользованию с учётом всех показателей.*

Задачи:

– изучить теоретические сведения об основных загрязнителях водных объектов;

– изучить нормативы показателей состава и свойств питьевой воды и воды хозяйственно-бытового назначения, а также лимитирующие показатели вредности веществ;

– ознакомиться с наименованием загрязнителей и их ПДК.

Используемый материал: варианты индивидуальных технических заданий – данные показателей и свойств проб питьевой воды.

Задания к работе

1. Ознакомьтесь с краткими сведениями из теории.

2. Изучите нормативы показателей состава и свойств питьевой воды, лимитирующие показатели вредности веществ, ознакомьтесь с наименованием загрязнителей и их ПДК.

3. Выполните задание по определению качества питьевой воды и её пригодности к хозяйственно-бытовому использованию.

- Сравните исходные показатели пробы воды с нормативами ПДП: если исходный показатель меньше ПДП ставьте «+» в графе «Норма» табл. 5.8; если больше ставьте «–».
- Аналогично сравните концентрации ингредиентов с их ПДК. Если вещества имеют одинаковый лимитирующий показатель (т.е. обладают синергизмом) предварительно проведите расчёты. Заполните табл. 5.9: в графе «Норма» ставьте «+»,

когда концентрация вещества меньше ПДК или суммарное отношение меньше единицы при синергизме; когда значения выше ставьте «–».

Вариант 1

Проба № 1

Таблица 5.8

Показатели состава и свойств питьевой воды

Наименование показателя	Исходный показатель	ПДП	Норма

Таблица 5.9

Концентрации вредных веществ в пробе

Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	*C*, мг/л	ПДК, мг/л	Норма

4. Сделайте вывод о качестве питьевой воды.

5. Аналогично обработайте вторую пробу воды.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Производственные сточные воды. Виды.

2. От чего зависит количество сточных вод, их вид и содержание в них вредных веществ?

3. Когда водные объекты считаются загрязнёнными? Назовите критерии загрязнённости воды.

4. Когда запрещается сбрасывать сточные воды в водоёмы?

5. Нормативы качества питьевой воды. Как они связаны с категориями водных объектов?

6. Как определяется качество питьевой воды?

7. Назовите показатели состава и свойств воды и их нормативы.

8. Какие лимитирующие показатели вредности выделяют при оценке качества питьевой воды?

9. Как определяется норматив качества воды, если вещества, содержащиеся в воде, имеют одинаковый лимитирующий показатель вредности? Приведите формулу.

ВАРИАНТ 1

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,044 мг/л Минеральный состав: 814 мг/л хлориды – 515 мг/л сульфаты – 299 мг/л pH = 4,7 ДДТ – 0,065 мг/л Мышьяк – 0,025 мг/л Свинец – 0,0035 мг/л Кобальт – 0,221 мг/л Медь – 0,8322 мг/л Пропилен – 0,025 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,46 мг/л Минеральный состав: 1206 мг/л хлориды – 856 мг/л сульфаты – 350 мг/л pH = 3,4 Кадмий – 0,002 мг/л Молибден – 0,015 мг/л Стронций – 0,522 мг/л Ртуть – 0,001 мг/л Бензонат калия – 6,22 мг/л Бутилен – 0,025 мг/л

ВАРИАНТ 2

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,15 мг/л Минеральный состав: 440 мг/л хлориды – 240 мг/л сульфаты – 200 мг/л pH = 6,1 Крезол – 0,001 мг/л Метанол – 1,25 мг/л Пиридин – 0,15 мг/л Хлорбензол – 0,002 мг/л Стрептоцид – 0,022 мг/л Капролактам – 0,85 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,23 мг/л Минеральный состав: 645 мг/л хлориды – 315 мг/л сульфаты – 330 мг/л pH = 3,2 Кадмий – 0,001 мг/л Молибден – 0,024 мг/л Стронций – 0,452 мг/л Ртуть – 0,0002 мг/л Бензонат калия – 4,32 мг/л Бутилен – 0,015 мг/л

ВАРИАНТ 3

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,38 мг/л Минеральный состав: 772 мг/л хлориды – 430 мг/л сульфаты – 342 мг/л pH = 7,5 Крезол – 0,0086 мг/л Метанол – 1,87 мг/л Пиридин – 0,25 мг/л Хлорбензол – 0,045 мг/л Стрептоцид – 0,0352 мг/л Капролактам – 0,679 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,28 мг/л Минеральный состав: 875 мг/л хлориды – 330 мг/л сульфаты – 545 мг/л pH = 6,8 Ацетон – 0,0234 мг/л Бензойная кислота – 0,025 мг/л Норсульфазол – 7,215 мг/л Ацетонитрил – 0,2156 мг/л Хлорбензол – 0,0032 мг/л Триэтиламин – 1,055 мг/л

ВАРИАНТ 4

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,14 мг/л Минеральный состав: 885 мг/л хлориды – 372 мг/л сульфаты – 513 мг/л pH = 3,5 Мышьяк – 0,0345 мг/л Свинец – 0,0045 мг/л Кобальт – 0,342 мг/л Медь – 0,652 мг/л Фтор (F^-) – 1,042 мг/л Титан – 0,032 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,28 мг/л Минеральный состав: 875 мг/л хлориды – 330 мг/л сульфаты – 545 мг/л pH = 4,2 Кадмий – 0,0012 мг/л Молибден – 0,0145 мг/л Стронций – 0,342 мг/л Ртуть – 0,0036 мг/л Никель – 0,025 мг/л Селен – 0,00002 мг/л

ВАРИАНТ 5

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,34 мг/л Минеральный состав: 582 мг/л хлориды – 302 мг/л сульфаты – 280 мг/л pH = 7,5 Изопрен – 0,002 мг/л Карбофос – 0,001 мг/л Нефть сернистая – 0,08 мг/л Октанол – 0,025 мг/л Скипидар – 0,042 мг/л Стирол – 0,042 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,18 мг/л Минеральный состав: 576 мг/л хлориды – 286 мг/л сульфаты – 290 мг/л pH = 5,8 Барий – 2,442 мг/л Железо – 0,145 мг/л Медь – 0,042 мг/л Толуол – 0,054 мг/л Фенол – 0,0002 мг/л Этилен – 0,412 мг/л

ВАРИАНТ 6

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,12 мг/л Минеральный состав: 840 мг/л хлориды – 370 мг/л сульфаты – 470 мг/л pH = 8,6 Керосин – 0,02 мг/л α-Нафтол – 0,03 мг/л Октанол – 0,04 мг/л Сероуглерод – 0,02 мг/л Тиофен – 0,852 мг/л Толуол – 0,242 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,28 мг/л Минеральный состав: 676 мг/л хлориды – 486 мг/л сульфаты – 190 мг/л pH = 4,4 Барий – 1,842 мг/л Железо – 0,234 мг/л Медь – 0,0252 мг/л Толуол – 0,064 мг/л Фенол – 0,0004 мг/л Этилен – 0,342 мг/л

ВАРИАНТ 7

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,32 мг/л Минеральный состав: 540 мг/л хлориды – 320 мг/л сульфаты – 220 мг/л pH = 7,8 Керосин – 0,015 мг/л Фурфурол – 0,054 мг/л Скипидар – 0,032 мг/л Хлорофос – 0,0025 мг/л Ксилол – 0,002 мг/л Октанол – 0,042 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,22 мг/л Минеральный состав: 642 мг/л хлориды – 342 мг/л сульфаты – 300 мг/л pH = 4,8 Титан – 0,012 мг/л Цинк – 0,022 мг/л Барий – 0,082 мг/л Железо – 0,064 мг/л Ацетон – 0,024 мг/л Фтор (F^-) – 0,442 мг/л

ВАРИАНТ 8

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,32 мг/л Минеральный состав: 530 мг/л хлориды – 320 мг/л сульфаты – 210 мг/л pH = 7,7 Бутилен – 0,115 мг/л Изопрен – 0,002 мг/л Керосин – 0,042 мг/л Ксилол – 0,0025 мг/л Нефть сернистая – 0,012 мг/л Октанол – 0,022 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,27 мг/л Минеральный состав: 765 мг/л хлориды – 565 мг/л сульфаты – 200 мг/л pH = 13,2 Диметиламин – 0,012 мг/л Диэтиламин – 0,432 мг/л Изокротонитрил – 0,012 мг/л Крезол – 0,0024 мг/л Метанол – 0,885 мг/л Нитроэтан – 0,424 мг/л

ВАРИАНТ 9

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,12 мг/л Минеральный состав: 410 мг/л хлориды – 270 мг/л сульфаты – 140 мг/л pH = 6,7 Бутилен – 0,175 мг/л Изопрен – 0,008 мг/л Керосин – 0,051 мг/л Ксилол – 0,0031 мг/л Нефть сернистая – 0,022 мг/л Октанол – 0,012 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,14 мг/л Минеральный состав: 885 мг/л хлориды – 645 мг/л сульфаты – 240 мг/л pH = 10,2 Диметиламин – 0,032 мг/л Диэтиламин – 0,132 мг/л Изокротонитрил – 0,042 мг/л Крезол – 0,0084 мг/л Метанол – 0,745 мг/л Нитроэтан – 0,124 мг/л

ВАРИАНТ 10

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,061 мг/л Минеральный состав: 920 мг/л хлориды – 520 мг/л сульфаты – 400 мг/л pH = 4,1 ДДТ – 0,005 мг/л Мышьяк – 0,005 мг/л Свинец – 0,0045 мг/л Кобальт – 0,021 мг/л Медь – 0,0322 мг/л Пропилен – 0,045 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,96 мг/л Минеральный состав: 779 мг/л хлориды – 660 мг/л сульфаты – 119 мг/л pH = 3,2 Кадмий – 0,003 мг/л Молибден – 0,025 мг/л Стронций – 0,342 мг/л Ртуть – 0,021 мг/л Бензонат калия – 5,35 мг/л Бутилен – 0,025 мг/л

ВАРИАНТ 11

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,45 мг/л Минеральный состав: 340 мг/л хлориды – 220 мг/л сульфаты – 120 мг/л pH = 6,4 Крезол – 0,002 мг/л Метанол – 1,45 мг/л Пиридин – 0,17 мг/л Хлорбензол – 0,003 мг/л Стрептоцид – 0,002 мг/л Капролактам – 0,65 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,33 мг/л Минеральный состав: 545 мг/л хлориды – 315 мг/л сульфаты – 230 мг/л pH = 3,7 Кадмий – 0,002 мг/л Молибден – 0,033 мг/л Стронций – 0,652 мг/л Ртуть – 0,0001 мг/л Бензонат калия – 4,75 мг/л Бутилен – 0,025 мг/л

ВАРИАНТ 12

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,88 мг/л Минеральный состав: 670 мг/л хлориды – 470 мг/л сульфаты – 200 мг/л pH = 6,5 Крезол – 0,0094 мг/л Метанол – 2,83 мг/л Пиридин – 0,85 мг/л Хлорбензол – 0,135 мг/л Стрептоцид – 0,0479 мг/л Капролактам – 0,874 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,99 мг/л Минеральный состав: 1075 мг/л хлориды – 830 мг/л сульфаты – 245 мг/л pH = 6,3 Ацетон – 0,0734 мг/л Бензойная кислота – 0,095 мг/л Норсульфазол – 4,213 мг/л Ацетонитрил – 0,1158 мг/л Хлорбензол – 0,0042 мг/л Триэтиламин – 2,075 мг/л

ВАРИАНТ 13

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,19 мг/л Минеральный состав: 985 мг/л хлориды – 672 мг/л сульфаты – 313 мг/л pH = 3,6 Мышьяк – 0,0335 мг/л Свинец – 0,0145 мг/л Кобальт – 0,142 мг/л Медь – 0,952 мг/л Фтор (F^-) – 1,092 мг/л Титан – 0,052 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,48 мг/л Минеральный состав: 575 мг/л хлориды – 330 мг/л сульфаты – 245 мг/л pH = 3,2 Кадмий – 0,0042 мг/л Молибден – 0,0245 мг/л Стронций – 0,142 мг/л Ртуть – 0,0016 мг/л Никель – 0,035 мг/л Селен – 0,00001 мг/л

ВАРИАНТ 14

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,44 мг/л Минеральный состав: 782 мг/л хлориды – 602 мг/л сульфаты – 180 мг/л pH = 7,7 Изопрен – 0,001 мг/л Карбофос – 0,007 мг/л Нефть сернистая – 0,096 мг/л Октанол – 0,085 мг/л Скипидар – 0,044 мг/л Стирол – 0,047 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,98 мг/л Минеральный состав: 476 мг/л хлориды – 276 мг/л сульфаты – 200 мг/л pH = 5,4 Барий – 2,342 мг/л Железо – 0,245 мг/л Медь – 0,082 мг/л Толуол – 0,084 мг/л Фенол – 0,0001 мг/л Этилен – 0,312 мг/л

ВАРИАНТ 15

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,92 мг/л Минеральный состав: 840 мг/л хлориды – 570 мг/л сульфаты – 270 мг/л pH = 6,6 Керосин – 0,015 мг/л α-Нафтол – 0,453 мг/л Октанол – 0,03 мг/л Сероуглерод – 0,152 мг/л Тиофен – 0,0463 мг/л Толуол – 0,257 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,38 мг/л Минеральный состав: 746 мг/л хлориды – 446 мг/л сульфаты – 300 мг/л pH = 4,5 Барий – 1,756 мг/л Железо – 0,356 мг/л Медь – 0,0152 мг/л Толуол – 0,054 мг/л Фенол – 0,0006 мг/л Этилен – 0,532 мг/л

ВАРИАНТ 16

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,18 мг/л Минеральный состав: 430 мг/л хлориды – 320 мг/л сульфаты – 110 мг/л pH = 4,7 Бутилен – 0,235 мг/л Изопрен – 0,015 мг/л Керосин – 0,092 мг/л Ксилол – 0,0045 мг/л Нефть сернистая – 0,082 мг/л Октанол – 0,025 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,87 мг/л Минеральный состав: 665 мг/л хлориды – 505 мг/л сульфаты – 160 мг/л pH = 3,2 Диметиламин – 0,062 мг/л Диэтиламин – 0,497 мг/л Изокротонитрил – 0,045 мг/л Крезол – 0,0033 мг/л Метанол – 0,185 мг/л Нитроэтан – 0,524 мг/л

ВАРИАНТ 17

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,055 мг/л Минеральный состав: 850 мг/л хлориды – 550 мг/л сульфаты – 300 мг/л pH = 5,1 ДДТ – 0,006 мг/л Мышьяк – 0,003 мг/л Свинец – 0,0055 мг/л Кобальт – 0,011 мг/л Медь – 0,0122 мг/л Пропилен – 0,061 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,76 мг/л Минеральный состав: 679 мг/л хлориды – 519 мг/л сульфаты – 160 мг/л pH = 3,7 Кадмий – 0,002 мг/л Молибден – 0,018 мг/л Стронций – 0,127 мг/л Ртуть – 0,001 мг/л Бензонат калия – 3,15 мг/л Бутилен – 0,018 мг/л

ВАРИАНТ 18

Проба воды № 1	Проба воды № 2
Содержание взвешенных частиц – 0,72 мг/л Минеральный состав: 340 мг/л хлориды– 220 мг/л сульфаты – 120 мг/л pH = 8,2 Керосин – 0,025 мг/л Фурфурол – 0,044 мг/л Скипидар – 0,06 мг/л Хлорофос – 0,0015 мг/л Ксилол – 0,003 мг/л Октанол – 0,032 мг/л	Содержание взвешенных частиц – 0,45 мг/л Минеральный состав: 755 мг/л хлориды – 415 мг/л сульфаты – 340 мг/л pH = 7,8 Титан – 0,005 мг/л Цинк – 0,013 мг/л Барий – 0,052 мг/л Железо – 0,074 мг/л Ацетон – 0,014 мг/л Фтор (F^-) – 0,142 мг/л

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11
Количественное определение общей жёсткости, ионов кальция и магния в воде

Краткие сведения из теории

В природе вода, прежде чем попасть в колодец или водопроводную сеть, просачивается через почву и насыщается в ней растворимыми и малорастворимыми минеральными солями. Природные воды *содержат сульфаты, гидрокарбонаты, хлориды кальция и магния* (*соли жёсткости*). Содержание других растворимых солей кальция и магния в природных водах обычно очень незначительно.

Общая жёсткость *– это суммарная жёсткость воды, т.е. общее содержание в ней растворимых солей кальция и магния.*

Жёсткость является важной технической характеристикой воды, так как определяет пригодность её для различных целей: для промышленности, сельского хозяйства, хозяйственно-бытовых нужд.

Выделяют два типа жёсткости.

- ***Временная (карбонатная)*** *– жёсткость, обусловленная присутствием в воде гидрокарбонатов. Устраняется кипячением, т.к. гидрокарбонаты при температуре более 60^0C разлагаются с образованием малорастворимых карбонатов:*

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2.$$

- ***Постоянная (некарбонатная)*** *– жёсткость, обусловленная хлоридами или сульфатами (эти соли устойчивы при кипячении воды). Устраняется добавлением соды, фосфата натрия и других реагентов.*

В Российской Федерации жёсткость воды обозначается как **Ж** и выражается в **градусах жёсткости (^{0}Ж).** Согласно ГОСТ Р 52029-2003 $1^0Ж = 20{,}04$ мг/л $[Ca^{2+}]$ и 12,15 мг/л $[Mg^{2+}]$.

Величина жёсткости воды может варьировать в широких пределах в зависимости от типа пород и почв, слагающих бассейн водосбора, а также от времени года и погодных условий.

По жёсткости вода считается:

- мягкой до 4^0Ж;
- средней жёсткости от 4 до 8^0Ж;
- жёсткой от 8 до 12^0Ж;
- очень жёсткой более 12^0Ж.

Российские нормативы (СанПиН 2.1.4.1074-01, ГОСТ Р 52407-2005) определяют норму жёсткости для питьевой воды и источников

централизованного водоснабжения **не более 7^0Ж с установленным значением для ионов кальция – 130 мг/л, ионов магния – 50 мг/л.** *Для хозяйственно-бытовых нужд норматив качества составляет* **не более 10^0Ж.**

Лимитирующий показатель вредности – органолептический.

Использование жесткой воды приводит:

- к образованию накипи при кипячении;
- образованию камней в почках, печени, желчном пузыре; нарушению кальциевого баланса в организме (заболеванию костей и крови);
- постепенному разрушению волокон при стирке, т.к. на тканях оседают нерастворимые соединения (стеараты кальция);
- образованию накипи на трубопроводах теплосетей, что приводит к повышению гидравлического давления за счёт уменьшения внутреннего диаметра трубопровода;
- ухудшению вкусовых качеств воды (щелочной вкус воды, горький вкус кофе);
- образованию отложений накипи на посуде, кафеле, сантехнике;
- уменьшению эффективности электронагревателей.

Метод определения общей жёсткости (ИСО 6058:1984, ГОСТ 4151-72, ГОСТ Р 52407-2005), как суммарной массовой концентрации катионов кальция и магния, является *титриметрическим* и пригоден для анализа питьевой, природной и нормативно-очищенной сточной воды, а также водных почвенных вытяжек (ПНД Ф 14.1:2.98-99, РД 52.24.395-2007). *Определение основано на реакции солей кальция и магния с реактивом – трилоном Б* (двунатриевой солью этилен-диаминтетрауксусной кислоты или ЭДТА) с образованием прочных комплексных соединений в щелочной среде:

$$Ca^{2+} + Na_2H_2R = Na_2CaR + 2H^+,$$
$$Mg^{2+} + Na_2H_2R = Na_2MgR + 2H^+,$$

где R – радикал этилендиаминтетрауксусной кислоты – $(^-OCCH_2)_2NCH_2CH_2N(CH_2CO^-)_2$.

Анализ проводят при pH = 10-10,5 в присутствии индикатора хромового темно-синего кислотного. Роль индикатора состоит в том, что при добавлении в анализируемую воду первоначально происходит реакция между индикатором и ионами кальция (и магния) с образованием соединения красного цвета:

$$2HInd + Ca^{2+} \rightarrow Ca(Ind)_2 + 2H^+$$
синий красный

Далее при титровании, по мере добавления ЭДТА, образуется более прочный бесцветный комплекс с кальцием (и магнием), при этом комплекс с индикатором разрушается и высвобождается индикатор, окрашивая раствор в синий цвет:

$$Ca(Ind)_2 + Na_2H_2R \rightarrow Na_2CaR + 2HInd$$

красный синий

Чувствительность трилонометрического метода составляет 0,2 ммоль/л. Метод достаточно точен: погрешность определения общей жёсткости при объёме пробы 10 мл не превышает $0{,}5^0$Ж; при объёме пробы 250 мл – $0{,}05^0$Ж. Диапазон измеряемых величин общей жёсткости – от 0,5 до 10^0Ж. При общей жёсткости более 10^0Ж необходимо проводить разбавление пробы дистиллированной водой. Объём пробы, необходимый для анализа, составляет для указанного диапазона жёсткости – 10 мл. При анализе раствора с пониженной величиной общей жёсткости объём пробы может быть увеличен до 250 мл.

Кальций – довольно распространённый ион природных вод, а в пресных водах – главнейший наряду с гидрокарбонат-ионом. В солёных водах кальций встречается преимущественно в виде сульфатов и хлоридов.

Метод определения концентрации ионов кальция аналогичен методу определения общей жёсткости с трилоном Б с той разницей, что анализ проводится в сильнощелочной среде (pH = 12-13) в присутствии индикатора мурексида (ИСО 6059:1984, РД 52.24.403-95). В присутствии ионов кальция раствор мурексида окрашивается в красный цвет за счёт образующегося пурпурата кальция (с ионами магния пурпурная кислота не реагирует). Пурпурат кальция – соединение нестойкое. При титровании такого раствора трилоном Б образуется прочное соединение кальция с трилоном Б, а ионы пурпурной кислоты освобождаются и окрашивают раствор в лиловый цвет. Раствор титруют до появления чётко выраженной лиловой окраски от первой капли трилона Б (точка эквивалентности).

Чувствительность метода – 1 мг/л. Точность – 3 мг/л, если содержание ионов кальция не превышает 100 мг/л; при более высоких концентрациях точность анализа составляет 9% относительных. Диапазон измеряемых концентраций кальция – от 2 до 500 мг/л при объёме пробы 10 мл.

Для определения количества магния в исследуемой воде можно применить расчётный (косвенный) метод, при котором концентрация магния рассчитывается как разность результатов определения общей жёсткости и концентрации ионов кальция:

$$C_{Mg}^{2+} = C_{ОЖ} - C_{нCa}^{2+}.$$

Пересчёт содержания магния из ммоль/л в мг/л производят умножением C_{Mg}^{2+} на эквивалентную массу магния, равную 12,15 г/моль.

Данная лабораторная работа выполняется с помощью класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3», тест-комплектов «ОЖ-1» и «Кальций», полевой комплексной лаборатории «НКВ 3.100».

Цель работы: *изучение общей жёсткости, содержания ионов кальция и магния в воде, как естественных параметров, с использованием методов количественного определения.*

Задачи:

– изучить теоретические сведения о жёсткости воды;

– изучить нормативы качества воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения по общей жёсткости;

– ознакомиться с методикой качественного и количественного определения общей жёсткости, содержания ионов кальция и магния в воде.

Используемый материал: пробы воды из различных источников (водопроводная, родниковая, речная, дождевая).

Опыт 1. Определение общей жёсткости воды.

Оборудование и реактивы: пипетка-капельница полимерная на 1 мл, склянка с меткой «10 мл» и пробкой, раствор титранта, контрольная колориметрическая шкала.

Задание к работе

Принесите на лабораторный практикум не менее 300 мл воды из предварительно указанного источника.

Ход работы

1. Ополосните мерную склянку (вместе с пробкой) 3 раза анализируемой водой.

2. Налейте в склянку 5 мл анализируемой воды.

3. Расположите склянку на белом фоне.

4. Проведете титрование

Добавляйте пипеткой-капельницей раствор титранта, считая капли и непрерывно перемешивая содержимое склянки. Титруйте до изменения цвета раствора от розового до сиренево-синего (сравнивайте окраску раствора с контрольной шкалой).

5. Для точности анализа повторите опыт.

6. Рассчитайте величину общей жёсткости воды в пробе ($C_{ОЖ}$) в ^{0}Ж (ммоль/л эквивалента) в зависимости от количества капель N по формуле:

$$C_{ОЖ} = 2 \times N.$$

Оформление работы

1. Запишите нормативы качества воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения по общей жёсткости.
2. Укажите метод количественного определения жёсткости воды.
3. Приведите качественные реакции, которые используются при определении общей жёсткости.
4. Запишите ход выполнения работы.
5. Укажите источник взятия пробы воды (водопроводная; минеральная; бутилированная; речная, родниковая, озерная с указанием названия водоёма; дождевая или талый снег).
6. Приведите расчёты по экспериментальным данным.
7. Запишите результаты в сводную табл. 5.10.

Опыт 2. Количественное определение ионов кальция

Оборудование и реактивы: пипетка-капельница полимерная на 1 мл (2 шт.), пипетка для титрования, стеклянная палочка, склянка с меткой «10 мл» и пробкой, бумага универсальная индикаторная, индикатор мурексид в капсулах, раствор соляной кислоты, раствор трилона Б (0,05 моль/л экв.), раствор гидроксида натрия.

Ход работы

1. Ополосните склянку (вместе с пробкой) 3 раза анализируемой водой.
2. Налейте в склянку 10 мл анализируемой воды.
3. Прибавьте по каплям раствор соляной кислоты при перемешивании стеклянной палочкой до pH = 4-5, контролируя величину pH по универсальной индикаторной бумаге.

Соблюдайте осторожность при работе с раствором соляной кислоты.
При попадании его на руки, промойте руки с мылом.

4. Прибавьте пипеткой 14 капель раствора гидроксида натрия.
5. Добавьте содержимое одной капсулы (0,02 г) индикатора мурексида. Раствор перемешайте стеклянной палочкой.
6. Проведите титрование раствором трилона Б, используя пипетку для титрования, считая капли и периодически перемешивая. Титруйте до перехода окраски в сине-фиолетовую. Изменение окраски наблюдайте на белом фоне при достаточном освещении.
7. Определите объём раствора трилона Б (в мл), израсходованный на титрование:

$$V_{тр} = 0{,}02 \times N,$$

где N – количество капель.

8. Рассчитайте нормальную концентрацию ионов кальция ($C_н$, ммоль/л) и массовую концентрацию эквивалента кальция (C_m, мг/л):

$$C_н = \frac{C_{тр} \times V_{тр} \times 1000}{V} = \frac{0,05 \times V_{тр} \times 1000}{10} = V_{тр} \times 5;$$

$$C_m = \frac{20,04 \times C_{тр} \times V_{тр} \times 1000}{V} = \frac{20,04 \times 0,05 \times V_{тр} \times 1000}{10} = V_{тр} \times 100,2,$$

где $C_н$ – нормальная концентрация ионов кальция в воде, ммоль/л;

C_m – массовая концентрация эквивалента кальция в воде, мг/л;

$C_{тр}$ – концентрация раствора трилона Б, моль/л;

$V_{тр}$ – объём раствора трилона Б, пошедшего на титрование пробы, мл;

V – объём пробы воды, мл;

20,04 – эквивалентная масса ионов кальция, г/моль;

1000 – коэффициент пересчёта единиц измерения из моль/л в ммоль/л.

9. Концентрацию ионов магния (в мг/л) определите по формуле:

$$C_{Mg^{2+}} = (C_{ОЖ} - C_{нCa^{2+}}) \times 12,15,$$

где 12,15 – эквивалентная масса ионов магния, г/моль.

Оформление работы

1. Запишите нормативы качества воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения по содержанию ионов кальция и магния.

2. Укажите методы определения концентрации ионов кальция и магния в воде.

3. Проведите расчёты по экспериментальным данным.

4. Занесите полученные результаты в сводную табл. 5.10.

Таблица 5.10

Результаты анализа

Тип источника или водоёма	**Общая жёсткость воды, ^{0}Ж**	**Массовая эквивалентная концентрация ионов, мг/л**	
		кальция	**магния**
Водопроводная вода (с указанием населенного пункта)			
Родниковая вода			
Почвенная вытяжка			
Модельный раствор			

5. Проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод об экологическом состоянии водоёма (качестве воды источника) по общей жёсткости, содержанию ионов магния и кальция.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Что такое общая жёсткость воды? В чем она измеряется.
2. Типы жёсткости. Как они устраняются?
3. К каким последствиям приводит использование жёсткой воды?
4. Каковы нормативы качества воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения по жёсткости и содержанию ионов кальция и магния в РФ?
5. Какими методами определяют общую жёсткость и содержание ионов кальция и магния в воде?
6. Какие качественные реакции используются в данных методах?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12
Определение карбонатов, гидрокарбонатов, щёлочности в воде и почвенной вытяжке

Краткие сведения из теории

Карбонаты и гидрокарбонаты составляют основу карбонатной системы природных вод, содержание которых в воде обусловлено:

- процессами растворения атмосферного CO_2;
- взаимодействием воды с находящимися в прилегающих грунтах известняками;
- протекающими в воде жизненными процессами всех водных организмов.

Карбонаты и гидрокарбонаты определяют щёлочность природных вод. Щёлочностью воды считается её способность взаимодействовать с водородными ионами сильной кислоты. Расход кислоты на титрование всех потребляющих водородные ионы анионов пропорционален их общему содержанию в воде и выражает общую щёлочность воды.

В обычных природных водах щёлочность определяется, как правило, лишь содержанием гидрокарбонатов щелочных металлов. В этом случае значение pH < 8,3. Наличие растворённых карбонатов и гидроксидов повышает значение: pH > 8,3.

Щёлочность, которая соответствует количеству кислоты, необходимой для понижения pH до 8,3, называется ***свободной щёлочностью.*** Количество титрованного раствора, израсходованного для достижения pH = 8,3, эквивалентно свободной щёлочности; *количество, необходимое для достижения pH = 4,5, эквивалентно* ***общей щёлочности.*** Если pH воды ниже 4,5, то её щёлочность равна нулю

Концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов позволяют также рассчитать ***карбонатную жёсткость воды****, представляющую собой суммарное содержание растворимых солей карбонатов и гидрокарбонатов.* Общая щёлочность практически тождественна карбонатной жёсткости и соответствует содержанию гидрокарбонатов.

Показатели ПДК для воды водоёмов хозяйственно-питьевого назначения составляют:

- **для гидрокарбонатов (HCO_3^-) – 1000 мг/л;**
- **для карбонатов (CO_3^{2-}) – 100 мг/л.**

Метод определения карбонат- и гидрокарбонат-ионов является титриметрическим. Метод пригоден для анализа питьевой, природной, минеральной лечебно-столовой воды, а также почвенных вытяжек.

Данный метод не применим для анализа вод, содержащих растворённый диоксид углерода (бутилированных вод), мутных вод, а также вод, содержащих сильные основания.

Поскольку содержание карбонат- и гидрокарбонат-ионов неразрывно связано с показателем щёлочности воды, аналитическое определение данных показателей аналогично и осуществляется в едином технологическом цикле. Определение основано на реакции карбонат- и гидрокарбонат-ионов с водородными ионами в присутствии, в качестве индикаторов, фенолфталеина и смеси бромкрезолового зелёного и метилового красного. Используя эти индикаторы, удаётся наблюдать две точки эквивалентности. В первой точке эквивалентности (pH = 8,3) в присутствии фенолфталеина проходит полное титрование гидроксид-ионов (если они присутствуют) и половинное (т.е. только до гидрокарбонатов) содержания карбонат-ионов. Во второй точке (pH = 4,5) заканчивается титрование карбонат-ионов, уже превратившихся в гидрокарбонаты, и происходит титрование всего количества гидрокарбонат-ионов.

Соответствующее количество кислоты, израсходованное на титрование по фенолфталеину ($V_Ф$), ***эквивалентно свободной щелочности*** **($Щ_{СВ}$).**

Количество кислоты, израсходованное на титрование по смешанному индикатору ($V_{СМ}$), – ***общей щёлочности*** **($Щ_О$).**

По результатам титрования определяют величину свободной и общей щёлочности воды, которые позволяют рассчитать концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов. Для титрования используют раствор соляной кислоты с точно известным значением концентрации – 0,05 моль/л, титрованный либо приготовленный из стандарт-титра.

Определение карбонат-иона основано на реакции:

$$CO_3^{2-} + H^+ \leftrightarrow HCO_3^-.$$

В случае присутствия в анализируемой воде гидроксид-ионов (для природных вод нехарактерно) протекает также реакция их нейтрализации:

$$OH^- + H^+ \leftrightarrow H_2O.$$

Определение гидрокарбонат-ионов проводится в интервале значений pH свыше 4,5 и основано на реакции:

$$HCO_3^- + H^+ \leftrightarrow CO_2 + H_2O.$$

Таким образом, при титровании по фенолфталеину в реакции с кислотой первоначально присутствующие в пробе ионы CO_3^{2-} превращаются в ионы HCO_3^- (т.е. потребление кислоты – ½ от общего

потребления на титрование карбонатов), а при титровании по смешанному индикатору – уже перешедшие в гидрокарбонаты CO_3^{2-} и изначально присутствовавшие в пробе HCO_3^-. Титрование может выполняться как параллельно в разных пробах, так и последовательно в одной и той же пробе.

Исходя из определённых в входе анализа эквивалентных концентраций карбонат- и гидрокарбонат-ионов рассчитывается карбонатная жёсткость в единицах ммоль/эквивалента.

При определении содержания карбонатов и гидрокарбонатов в почвенной вытяжке их сначала извлекают из почвы водой (соотношение сухая почва-вода – 1:5) и далее анализируют почвенную вытяжку тем же методом, выражая концентрацию ионов в мг/кг почвы.

Диапазон определяемых концентраций карбонатов и гидрокарбонатов – от 30 мг/л до 1200 мг/л.

Объём пробы составляет 10 мл, продолжительность анализа – не более 10 мин.

Лабораторная работа выполняется с помощью полевой комплексной лаборатории «НКВ 3.100».

Цель работы: *изучение карбонатов, гидрокарбонатов и щёлочности как природных показателей воды и почвы с использованием методов их количественного определения.*

Задачи:

– изучить теоретические сведения о карбонатах, гидрокарбонатах и щёлочности как природных показателях воды и почвы;

– изучить нормативы качества воды по содержанию карбонатов и гидрокарбонатов;

– ознакомиться с методикой количественного определения карбонатов и гидрокарбонатов в природной воде (почвенной вытяжке), а также определения их щёлочности.

Используемый материал: пробы воды из различных источников и почвенные вытяжки.

Оборудование и реактивы: раствор смешанного индикатора водный, раствор индикатора фенолфталеина, раствор соляной кислоты титрованный (0,05 моль/л), градуированные пипетки на 2, 5 и 10 мл с резиновой грушей, пипетка-капельница, склянка с меткой «10 мл».

Опыт 1. Определение свободной щёлочности

Ход работы

1. Ополосните мерную склянку 3 раза анализируемой водой или почвенной вытяжкой.

2. Налейте в склянку с помощью градуированной пипетки пробу воды или вытяжки до метки «10 мл».

3. Добавьте пипеткой 4 капли раствора фенолфталеина. Раствор перемешайте круговыми покачиваниями.

При отсутствии окрашивания раствора либо при слабо-розовом окрашивании считайте, что карбонат-ион в пробе отсутствует (pH пробы меньше 8,3).

4. Постепенно титруйте пробу на белом фоне с помощью градуированной пипетки раствором соляной кислоты до обесцвечивания, перемешивая пробу круговыми покачиваниями.

Соблюдайте осторожность при работе с раствором соляной кислоты.
При попадании его на руки, промойте руки с мылом.

5. Определите объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину ($V_Ф$, мл).

Раствор после титрования оставьте для дальнейшего определения в нём массовой концентрации гидрокарбонат-иона.

Опыт 2. Определение общей щёлочности

Ход работы

1. Возьмите оттитрованную пробу из первого опыта.

2. Добавьте пипеткой 1 каплю раствора смешанного индикатора. Раствор перемешайте круговыми движениями.

3. Постепенно титруйте пробу на белом фоне с помощью градуированной пипетки раствором соляной кислоты при перемешивании круговыми покачиваниями до перехода сине-зелёной окраски в серую.

4. Определите объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по смешанному индикатору ($V_{СМ}$, мл). При использовании раствора после титрования карбонат-иона значением $V_{СМ}$ необходимо считать суммарный объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование карбонат- и гидрокарбонат-иона (т.е. с учётом $V_Ф$, мл).

Расчёт щёлочности

Значение свободной щёлочности ($Щ_{СВ}$) и общей щёлочности ($Щ_{О}$) в ммоль/л эквивалента рассчитайте по формуле:

$$Щ_{СВ} = \frac{V_Ф \times C \times 1000}{V_п} = V_Ф \times 5,$$

$$Щ_{О} = \frac{V_{СВ} \times C \times 1000}{V_п} = V_{СВ} \times 5,$$

где $V_Ф$ и $V_{СМ}$ – объём раствора, израсходованный на титрование по фенолфталеину и смешанному индикатору соответственно, мл;

C – точная молярная концентрация раствора соляной кислоты, 0,05 моль/л;

$V_п$ – объём пробы воды, взятой для анализа, 10 мл;

1000 – коэффициент пересчёта единиц измерений из моль в ммоль.

При определении щёлочности путём последовательного титрования одной пробы значение $V_{СМ}$ включает значение $V_Ф$.

Расчёт массовой концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов

При расчёте карбонат- и гидрокарбонат-ионов сначала определите соответствующие значения молярных концентраций, используя приведённые в таблице соотношения между фактическими значениями свободной ($Щ_{СВ}$) и общей щёлочности ($Щ_О$).

Соотношение между свободной и общей щёлочностью	**Молярная концентрация гидрокарбонатов, $C_{ГК}$, ммоль/л**	**Молярная концентрация карбонатов, $C_К$, ммоль/л**
$Щ_{СВ} = 0$	$Щ_О$	0
$2Щ_{СВ} < Щ_О$	$Щ_О – 2Щ_{СВ}$	$Щ_{СВ}$
$2Щ_{СВ} = Щ_О$	0	$Щ_{СВ}$
$2Щ_{СВ} > Щ_О$	0	$Щ_О – Щ_{СВ}$
$Щ_{СВ} = Щ_О$	0	0

Примечание. Рекомендуемый порядок не применяйте для сильнозагрязнённых вод, и (или) если в воде присутствуют мешающие вещества.

Массовую концентрацию гидрокарбонатов ($C_{ГК}$, масс. в мг/л) и карбонатов ($C_К$, масс. в мг/л) в анализируемой пробе воды рассчитайте по формулам:

$$C_{ГК}, масс. = C_{ГК} \times 61,$$
$$C_К, масс. = C_К \times 60,$$

где $C_{ГК}$ и $C_К$ – молярная концентрация гидрокарбонатов и карбонатов соответственно, определённая по таблице, ммоль/л;

61 и 60 – молярная масса эквивалента гидрокарбонат- и карбонат-ионов соответственно в реакциях титрования, г/моль.

Полученные результаты округлите до целых чисел.

Пример расчёта. В первой пробе анализируемой воды объёмом 10 мл определили количество раствора кислоты, израсходованное на титрование по фенолфталеину: $V_Ф$ = 0,3 мл. Во второй пробе той же воды определили количество кислоты, израсходованное на титрование

по смешанному индикатору: $V_{СМ}$ = 2,5 мл. Рассчитываем значения свободной и общей щёлочности анализируемой воды:

$Щ_{СВ}$ = 0,3×5 = 1,5 ммоль/л, $Щ_О$ = 2,5×5 = 12,5 ммоль/л.

Далее по таблице определяем для случая $2Щ_{СВ} < Щ_О$:

$С_{ГК}$ = $Щ_О$ – $2Щ_{СВ}$ = 9,5 ммоль/л, $С_{ГК\ масс.}$ = 9,5×61 = 579,5 = 580 мг/л;

$С_К$ = $Щ_{СВ}$ = 1,5 ммоль/л, $С_{К\ масс.}$ = 1,5×60 = 90 мг/л.

Расчёт карбонатной жёсткости

Определите карбонатную жёсткость ($Ж_К$) в ммоль/л эквивалента по формуле:

$$Ж_К = С_К + С_{ГК},$$

где $С_К$ и $С_{ГК}$ – молярная эквивалентная концентрация карбоната и гидрокарбоната соответственно, определенная по таблице.

Если карбонатная жёсткость окажется больше общей жёсткости, считайте её равной последней. Для незагрязнённых поверхностных природных вод величину карбонатной жёсткости можно принимать равной величине общей щелочности (ммоль/л эквивалента).

Результаты расчётов занесите в сводную таблицу по форме:

Тип источника	**$Щ_{СВ}$**	**$Щ_О$**	**$С_{ГК\ масс.}$, мг/л**	**$С_{К\ масс.}$, мг/л**	**$Ж_К$, ммоль/л**
Водопроводная вода					
Почвенная вытяжка					

По результатам анализа сделайте вывод о качестве воды по определяемым показателям согласно нормативам.

Проверьте результаты расчёта: сумма потребления кислоты на все три формы должна быть равна общему потреблению кислоты.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Какими процессами обусловлено содержание карбонатов и гидрокарбонатов в природной воде?
2. Показатель щёлочности воды.
3. Что такое свободная и общая щёлочность?
4. Карбонатная жёсткость воды.
5. Назовите нормативы ПДК для карбонатов и гидрокарбонатов для водоёмов хозяйственно-питьевого назначения.
6. Метод определения карбонат- и гидрокарбонат-ионов.
7. На каких реакциях основан метод определения карбонат- и гидрокарбонат-ионов в данной лабораторной работе?
8. Имеет ли проба нулевую свободную щёлочность?
9. Является ли потребление кислоты при титровании по фенолфталеину равным общему потреблению кислоты при титровании?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13
Количественное определение общего железа в воде

Краткие сведения из теории

Железо – один из наиболее распространённых элементов в природе (занимает четвёртое место). Его содержание в земной коре составляет ***около 4,7% по массе***, поэтому железо по распространённости в природе ***называют макроэлементом***. Известно свыше 300 минералов, содержащих железо: магнитный железняк, бурый железняк, гематит, магнитный колчедан и др. *Железо также* ***является жизненно важным микроэлементом*** *для живых организмов и растений, т.е. элементом, необходимым в малых количествах для их жизнедеятельности.*

В воде в зависимости от условий железо может находиться в различных формах:

- в виде ионов Fe^{2+} и Fe^{3+};
- взвешенных нерастворимых в воде минеральных частиц различного состава;
- коллоидных растворов гидроксида железа;
- комплексных соединений.

Поэтому при анализе определяют *суммарное железо во всех его формах –* ***общее железо.***

ПДК общего железа в воде составляет *для водоёмов* (СанПиН 2.1.4.1074-01, СанПиН 2.1.5.980-00, ГОСТ 17.1.5.05, ГОСТ Р 51592):

- *хозяйственно-бытового назначения* – **0,3 мг/л**;
- *рыбохозяйственного назначения* – **0,05 мг/л.**

Лимитирующий показатель вредности – органолептический.

При концентрации железа выше 1 мг/л вода приобретает вяжущий привкус. Высокое содержание железа ухудшает органолептические свойства воды, делает воду непригодной в маслосыродельном и текстильном производстве, усиливает размножение железоусваивающих микроорганизмов в водопроводных трубах, что ведет к зарастанию труб.

В некоторых сточных водах железо встречается в больших количествах, например, в стоках травильных цехов, в сточных водах от крашения тканей.

Метод определения общего железа является *колориметрическим* (ГОСТ 4011-72), который основан на способности катиона железа (II) в интервале pH = 3-9 образовывать с орто-фенантролином комплексное оранжево-красное соединение (ПНД Ф 14.1:2.2-95). Интенсивность

окраски образующихся комплексов пропорциональна концентрации железа в растворе.

При наличии в воде ионов железа (III) они восстанавливаются до железа (II) солянокислым гидроксиламином в ацетатном буферном растворе при pH = 4,5-4,7 по реакции:

$$2Fe^{3+} + 2NH_2OH = 2Fe^{2+} + N_2 + 2H_2O + 2H^+.$$

Таким образом, в данном методе анализа определяется суммарное содержание ионов железа (II) и железа (III).

Окрашенная проба колориметрируется визуально по цветовой шкале. Диапазон определяемых концентраций железа в воде при визуально-колориметрическом определении – от 0,1 до 1,5 мг/л. Объём пробы составляет 10 мл. Продолжительность анализа – не более 20 мин.

Данная лабораторная работа выполняется с помощью тест-комплекта «Железо общее», класс-комплекта «ЭХБ 8.300.1», мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/м», портативной комплексной лаборатории «НКВ 3.100» и ранцевой лаборатории «НКВ-Р/м».

Цель работы: *исследование общего железа в воде с использованием метода количественного определения.*

Задачи:

– изучить теоретические сведения о содержании железа в воде;

– ознакомиться с нормативами качества воды по общему железу;

– ознакомиться с методикой количественного определения общего железа в воде.

Используемый материал: пробы воды из различных источников (водопроводная, родниковая, речная, дождевая).

Оборудование и реактивы: пипетка-капельница полимерная на 1 мл (4 шт.), пипетка для титрования, мерная склянка с меткой «10 мл» с пробкой, бумага индикаторная универсальная, контрольная цветовая шкала «Железо общее», раствор орто-фенантролина, раствор буферный ацетатный (pH = 4,5), раствор соляной кислоты (1:10), раствор солянокислого гидроксиламина, 10%-ный раствор гидроксида натрия.

Ход работы

1. Ополосните склянку (вместе с пробкой) 3 раза анализируемой водой.

2. Налейте в склянку 10 мл анализируемой воды.

3. Используя универсальную индикаторную бумагу, пипетку-капельницу и раствор соляной кислоты (либо раствор гидроксида натрия в зависимости от pH среды), доведите pH пробы до 4-5.

Соблюдайте осторожность при работе с раствором соляной кислоты.
При попадании его на руки, промойте руки с мылом.

4. Добавьте пипеткой-капельницей 5 капель солянокислого гидроксиламина. Склянку закройте и энергично встряхните.

Используйте для растворов разные (т.е. чистые) пипетки-капельницы!

5. Затем в пробу добавьте 1 мл ацетатного буферного раствора и встряхните.

Соблюдайте осторожность при работе с раствором ацетатного буферного – не вдыхайте реактив!
Он имеет резкий запах.

6. Прибавьте 0,5 мл орто-фенантролина и снова встряхните.
7. Раствор оставьте на 20 мин.
8. Проведите колориметрирование пробы.

Склянку с пробой поместите на белое поле контрольной шкалы и наблюдайте окраску раствора сверху вниз при достаточном освящении. Определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение концентрации общего железа в мг/л.

Оформление работы

1. Запишите нормативы качества воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения по общему железу.
2. Укажите метод количественного определения общего железа.
3. Приведите качественные реакции, которые используются при определении общего железа.
4. Запишите ход выполнения работы.
5. Укажите источник взятия пробы воды (водопроводная; минеральная; бутилированная; речная, родниковая, озерная с указанием названия водоёма).
6. Запишите данные визуально-колориметрического анализа.
7. Сделайте вывод о качестве воды по данному показателю.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Содержание железа в природе.
2. В каких формах встречается железо в воде?
3. Что такое «общее железо»? Почему ввели это понятие?
4. Каковы нормативы качества воды водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения по общему железу?
5. Каким методом определяют общее железо? Какие реакции используются в данном методе?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14
Количественное определение сульфатов в воде и почвенной вытяжке

Краткие сведения из теории

Сульфаты (главным образом, натрия, калия и кальция) – распространённые компоненты природных вод. В большинстве пресных вод их концентрация незначительна. В речных водах и в водах пресных озер содержание сульфатов часто колеблется от 5 до 60 мг/л, в дождевых водах – от 1 до 10 мг/л. В подземных водах содержание сульфатов нередко достигает значительно больших величин.

Естественными источниками сульфатов являются процессы:

- химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, в основном гипса ($CuSO_4$);
- окисления сульфидов и серы;
- отмирания живых организмов;
- окисления веществ растительного и животного происхождения.

Антропогенные источники сульфатов в воде:

- кислотные дожди: массовые промышленные и транспортные выбросы оксида серы SO_2 приводят к образованию сернистой и серной кислот;
- сульфат алюминия, который используется в качестве флоккулянта при очистке воды (в очищенную воду может дополнительно попадать 20-50 мг/л сульфатов);
- сточные воды коммунального хозяйства;
- сточные воды сельскохозяйственного производства;
- сточные воды многих отраслей промышленности, где технические процессы протекают с использованием серной кислоты (производство минеральных удобрений, химическая промышленность).

Сульфаты в питьевой воде не оказывают токсического воздействия на человека. Они также не оказывают вредного влияния на водных животных и растения, даже если их концентрация достигает 1 г/л, а для некоторых рыб до 10 г/л. Отмечено, что малые концентрации сульфатов стимулируют жизненные процессы гидробионтов.

Отрицательное влияние сульфатов:

- влияют на органолептические показатели воды: ухудшают её вкус (ощущение вкуса возникает при концентрации сульфатов 250 мг/л);

- вызывают отложение осадков в трубопроводах;
- при концентрации выше 500 мг/л ограничивается водопотребление, так как сульфаты придают воде горько-соленый вкус;
- неблагоприятно влияют на желудочную секрецию, приводя к нарушению процессов переваривания и всасывания пищи;
- в больших количествах вызывают раздражение слизистой оболочки глаз и кожи.

ПДК сульфатов в воде водоёмов: хозяйственно-питьевого назначения составляет ***350 мг/л***; рыбохозяйственного – ***300 мг/л.***

Лимитирующий показатель вредности – органолептический.

Определение сульфат-ионов основано на реакции сульфат-ионов с катионами бария с образованием белого осадка сульфата бария:

$$SO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4\downarrow$$

Для определения массовой концентрации сульфат-ионов в воде применяется титриметрический метод – титрование солью бария в присутствии ортанилового К (природоохранный нормативный документ федерального уровня – ПНД Ф 14.1:2.107-97). Образовавшийся в растворе после полного связывания сульфат-ионов (достижения точки эквивалентности) избыток ионов бария реагирует с индикатором ортаниловым К с образованием комплексного соединения, при этом окраска раствора изменяется от сине-фиолетовой до зеленовато-голубой. Титрование проводится при pH = 4. Метод применим при концентрациях сульфат-ионов от 50 до 300 мг/л. Объём пробы – 2,5 мл. Продолжительность анализа – не более 20 мин.

Данная лабораторная работа выполняется с помощью класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3» и «ЭХБ 8.300.1», тест-комплекта «Сульфаты», ранцевой лаборатории «НКВ-Р/м».

Цель работы: *изучение сульфатов, как естественных компонентов воды и почвы, с использованием метода их количественного определения.*

Задачи:

– получить представление о содержании сульфатов в воде и повышении их концентраций в процессе антропогенной деятельности;

– изучить теоретические сведения о нормативах качества по сульфатам в воде водоёмов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения;

– ознакомиться с методикой качественного и количественного определения сульфатов в воде.

Оборудование: тест-комплект «Сульфаты», воронка лабораторная, пипетки-капельницы полимерные на 1 и 3 мл, пипетка градуированная

для титрования, склянка мерная с меткой «2,5 мл», шпатель, фильтры бумажные.

Реактивы и материалы: бумага универсальная индикаторная, катионит КУ-2-084с, 0,1 н раствор гидроксида натрия, 0,1 н раствор соляной кислоты, 0,02 н раствор хлорида бария, раствор индикатора ортанилового К в этаноле, пробы воды или почвенные вытяжки.

Ход работы

Определение сульфат-ионов проводят в прозрачной воде.
При необходимости пробу профильтруйте!

1. Ополосните мерную склянку 3 раза анализируемой водой (почвенной вытяжкой).
2. Налейте в склянку 2,5 мл пробы воды (вытяжки).
3. Используя шпатель, внесите в пробу 0,2 г катионита (на кончике шпателя).
4. Закройте склянку и встряхивайте её в течение 3 мин.
5. Затем доведите pH пробы до 4 по универсальной индикаторной бумаге раствором гидроксида натрия (или соляной кислоты), прибавляя его с помощью пипетки-капельницы.

Соблюдайте осторожность при работе с раствором соляной кислоты.
При попадании его на руки, промойте руки с мылом.

6. Добавьте в склянку с анализируемой водой раствор ортанилового К до метки «5 мл». Закройте склянку пробкой и встряхните раствор.
7. С помощью пипетки для титрования постепенно, по каплям титруйте содержимое склянки раствором хлорида бария до появления неисчезающей (2-3 мин) голубой окраски, считая капли (N).

Соблюдайте осторожность: хлорид бария токсичен!

8. Определите объём хлорида бария, израсходованного на титрование (V, мл):

$$V = 0{,}02 \times N,$$

где N – число капель;
0,02 мл – объём одной капли.

9. Рассчитайте концентрацию сульфатов (в мг/л) в анализируемой воде по формуле:

$$C = \frac{48{,}03 \times V \times C_{BaCl_2} \times 1000}{V_п} = 384 \times V,$$

где 48,03 – эквивалентная масса сульфат-иона, г/моль;

V – объём раствора хлорида бария, используемого для титрования, мл;

C_{BaCl_2} – концентрация раствора хлорида бария, используемого для титрования, равная 0,02 моль/л;

1000 – коэффициент пересчёта единиц измерений из граммов в миллиграммы;

$V_п$ – объём пробы, взятый для титрования, $V_п$= 2,5 мл.

10. Результаты анализа внесите в сводную таб. 5.11.

Таблица 5.11

Результаты анализа

Тип источника или водоёма	**Концентрация сульфат-ионов, мг/л**
Почвенная вытяжка	
Дождевая вода	
Водопроводная вода (с указанием населенного пункта)	
Родниковая вода и т.д.	

11. Проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод об экологическом состоянии водоёма (качестве воды источника).

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Назовите естественные и техногенные источники сульфат-ионов в воде водоёмов.

2. Влияние содержания сульфат-ионов в воде на её качество? Оказывают ли сульфат-ионы токсическое влияние на организм человека?

3. Укажите ПДК сульфат-ионов и их лимитирующий показатель.

4. Каким методом определяют сульфат-ионы в воде? Какие качественные реакции лежат в его основе?

5. Какие меры осторожности необходимо соблюдать при проведении анализа?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15
Определение в воде содержания растворённого кислорода и биохимического потребления кислорода

Краткие сведения из теории

Растворенный кислород (РК) находится в природной воде в виде гидратированных молекул O_2, на содержание которого влияют две группы противоположно направленных процессов: одни увеличивают концентрацию кислорода, другие уменьшают. *К первой группе процессов, обогащающих воду кислородом, следует отнести*:

- процесс абсорбции кислорода из атмосферы;
- выделение кислорода водной растительностью в процессе фотосинтеза;
- поступление в водоёмы с дождевыми и снеговыми водами, которые обычно пресыщены кислородом.

Абсорбция кислорода из атмосферы происходит на поверхности водного объекта. Скорость этого процесса повышается с понижением температуры, с повышением давления и понижением минерализации воды.

Аэрация *– обогащение глубинных слоев воды кислородом* – происходит в результате перемешивания водных масс, вертикальной температурной циркуляции и т.д.

Фотосинтетическое выделение кислорода происходит при ассимиляции диоксида углерода водной растительностью (прикрепленными, плавающими растениями и фитопланктоном). Процесс фотосинтеза протекает тем сильнее, чем выше температура воды, интенсивность солнечного освещения и больше биогенных (питательных) веществ в воде. Продуцирование кислорода происходит в поверхностном слое водоема, глубина которого зависит от прозрачности воды (для каждого водоема и сезона может быть различной, от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров).

К группе процессов, уменьшающих содержание кислорода в воде, относятся реакции потребления его на окисление органических веществ:

- биологическое (дыхание организмов);
- биохимическое (дыхание бактерий, расход кислорода при разложении органических веществ);
- химическое (окисление содержащихся в воде примесей – Fe^{2+}, Mn^{2+}, NH_4^+, H_2S и др.).

Скорость потребления кислорода увеличивается с повышением температуры, количества бактерий и других водных организмов и веществ, подвергающихся химическому и биохимическому окислению. Кроме того, уменьшение содержания кислорода в воде может происходить вследствие выделения его в атмосферу из поверхностных слоев и только в том случае, если вода при данных температуре и давлении окажется пересыщенной кислородом.

В поверхностных водах содержание РК варьирует в широких пределах – от 0 до 14 мг/дм^3 – и подвержено сезонным и суточным колебаниям. Содержание РК зависит от температуры, атмосферного давления, степени турбулизации и минерализации воды, количества осадков и др. При каждом значении температуры существует равновесная концентрация кислорода (приложение 3 табл. 4).

Дефицит кислорода чаще наблюдается в водных объектах с высокими концентрациями загрязняющих органических веществ и в эвтрофированных водоемах, содержащих большое количество биогенных и гумусовых веществ.

Относительное содержание кислорода в воде, выраженное в процентах от его нормального содержания, называется ***степенью насыщения кислородом.***

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов:

- ***для питьевого и санитарного водопользования ПДК РК в пробе, отобранной до 12 часов дня в любой период года, составляет 4 мг/дм^3;***
- ***для водоемов рыбохозяйственного назначения ПДК РК в воде в зимний период (при ледоставе) – 4 мг/дм^3; в летний период и для ценных пород рыб – 6 мг/дм^3.***

Содержание РК в воде характеризует кислородный режим водоема и имеет важнейшее значение для оценки его экологического и санитарного состояния. Кислород должен содержаться в воде в достаточном количестве, обеспечивая условия для дыхания гидробионтов. Минимальное содержание РК составляет около 5 мг/дм^3. Понижение концентрации O_2 до 2 мг/дм^3 вызывает массовую гибель (замор) рыбы. Содержание РК является индикатором биологической активности (т.е. фотосинтеза) в водоеме. Неблагоприятно сказывается на состоянии гидробионтов и пересыщение воды кислородом в результате процесса фотосинтеза при недостаточно интенсивном перемешивании слоев воды.

Концентрация кислорода определяет направление и скорость процессов химического и биохимического окисления органических и неорганических соединений, что необходимо для самоочищения

водоемов, т.к. кислород участвует в процессах окисления органических и других примесей, разложения отмерших организмов. Снижение концентрации РК свидетельствует об изменении биологических процессов в водоеме, о загрязнении водоема интенсивно окисляющимися веществами (в первую очередь органическими) (табл. 5.12).

Таблица 5.12

Содержание кислорода в водоемах с различной степенью загрязненности

Уровень загрязненности воды и класс качества	**Растворенный кислород**		
	лето, мг/дм^3	**зима, мг/дм^3**	**% насыщения**
Очень чистые, I	9	14–13	95
Чистые, II	8	12–11	80
Умеренно загрязненные, III	7–6	10–9	70
Загрязненные, IV	5–4	5–4	60
Грязные, V	3–2	5–1	30
Очень грязные, VI	0	0	0

Определение РК в поверхностных водах включено в программы экологических наблюдений с целью оценки условий обитания гидробионтов, в том числе рыб, а также как косвенная характеристика оценки качества поверхностных вод и регулирования процесса очистки стоков.

Контроль содержания кислорода в воде – чрезвычайно важная проблема, в решении которой заинтересованы практически все отрасли народного хозяйства, включая черную и цветную металлургию, химическую промышленность, сельское хозяйство, медицину, биологию, рыбную и пищевую промышленность, службы охраны окружающей среды. Содержание РК определяют, как в незагрязненных природных водах, так и в сточных водах после очистки. Процессы очистки сточных вод всегда сопровождаются контролем содержания кислорода. Определение РК является частью анализа при определении другого важнейшего показателя качества воды – биохимического потребления кислорода (БПК).

Определение концентрации РК в воде проводится методом йодометрического титрования – методом Винклера, широко используемым и общепринятым при санитарно-химическом и экологическом контроле (ПНД Ф 14.1:2.101-97/2004, РД 52.24.419-95, ИСО 5813:1983). Метод определения концентрации РК основан на способности гидроксида марганца (II) окисляться в щелочной среде до

гидроксида марганца (IV), количественно связывая при этом кислород. В кислой среде гидроксид марганца (IV) снова переходит в двухвалентное состояние, окисляя при этом эквивалентное связанному кислороду количество йода. Выделившийся йод оттитровывают раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала в качестве индикатора.

Определение РК проводится в несколько этапов. Сначала в анализируемую воду добавляют соль Mn (II), который в щелочной среде реагирует с растворенным кислородом с образованием нерастворимого гидроксида Mn (IV) по уравнению:

$$2Mn^{2+} + O_2 + 4OH^- = 2MnO(OH)_2\downarrow.$$

Таким образом, производится фиксация (количественное связывание) кислорода. Так как растворенный кислород является весьма неустойчивым компонентом химического состава воды, то при отборе пробы необходимо избегать контакта воды с воздухом и фиксацию РК проводить сразу после отбора пробы.

Далее к пробе добавляют раствор сильной кислоты (соляной или серной) для растворения осадка и раствор йодида калия, в результате чего протекает химическая реакция с образованием свободного йода по уравнению:

$$MnO(OH)_2 + 2I^- + 4H^+ = Mn^{2+} + I_2 + 3H_2O.$$

Затем свободный йод оттитровывают раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала, который добавляют для определения момента окончания титрования (ТЭ). Реакции описываются уравнениями:

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} = 2I^- + S_4O_6^{2-},$$

$$I_2 + \text{крахмал} \rightarrow \text{синее окрашивание}.$$

О завершении титрования судят по исчезновению синей окраски (обесцвечиванию) раствора в точке эквивалентности. Количество раствора тиосульфата натрия, израсходованное на титрование, пропорционально концентрации растворенного кислорода.

В ходе анализа воды определяют концентрацию РК (в мг/л) и степень насыщения им воды (в %) по отношению к равновесному содержанию при данных температуре и атмосферном давлении.

В процессе биохимического окисления органических веществ в воде происходит снижение концентрации растворённого кислорода, и эта убыль косвенно является мерой содержания в воде органических веществ. Соответствующий показатель качества воды называется биохимическим потреблением кислорода (БПК).

БПК *– количество кислорода в мг, требуемое для окисления находящихся в 1 л воды органических веществ в аэробных условиях, без доступа света, при* 20^0C*, за определённый период в результате*

протекающих в воде биохимических процессов. Обычно определяют БПК за 5 суток инкубации ($БПК_5$), однако, содержание некоторых соединений более информативно характеризуется величиной БПК за 10 суток или за период полного окисления ($БПК_{10}$ или $БПК_{полн.}$). Инкубацию пробы проводят без доступа света (в тёмном месте). Ориентировочно принимают, что $БПК_5$ составляет около 70% $БПК_{полн.}$, однако эта величина может составлять от 10 до 90% в зависимости от окисляющегося вещества.

В поверхностных водах суши величина $БПК_5$ колеблется в пределах от 0,5 до 5 мг O_2/л; она подвержена сезонным и суточным изменениям, которые, в основном, зависят от температуры и от физиологической и биохимической активности микроорганизмов. Весьма значительны изменения БПК природных водоёмов при загрязнении сточными водами.

Предельно допустимое значение для $БПК_{полн.}$ составляет: для водоёмов хозяйственно-питьевого водопользования – 3 мг/л; для водоёмов культурно-бытового водопользования – 6 мг/л. Соответственно те же значения $БПК_5$ составляют примерно 2 мг/л и 4 мг/л.

Метод определения $БПК_5$ основан на измерении концентрации РК в воде до и после инкубации пробы в кислородной склянке при стандартных условиях (продолжительность инкубации – 5 суток при температуре 20 ± 1^0С без доступа света и воздуха). При этом пробу предварительно аэрируют для насыщения кислородом. При исследовании промышленных сточных вод, которые трудно подвергаются биохимическому окислению, используемый метод может применяться в варианте определения $БПК_{полн.}$.

Приведённая методика определения БПК является унифицированным вариантом методик согласно ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97, ИСО 5815-2:2003, РД 52:24.420-95.

Данная лабораторная работа выполняется с помощью тест-комплекта «РК-БПК». Диапазон измеряемых концентраций РК составляет от 1 до 15 мг/л, значений БПК – от 1 до 11 мг/л (оптимально – до 6 мг/л). Для выполнения одного измерения концентрации РК необходимо около 130 мл пробы воды, для определения $БПК_5$ – 500 мл (3 кислородные склянки). Продолжительность выполнения анализа одной пробы на содержание РК и БПК (без продолжительности аэрирования и инкубации пробы) составляет не более 20 мин.

Цель работы: *оценка качества воды через количественное определение содержания в ней растворённого кислорода и БПК.*

Задачи:

– получить представление об естественном содержании растворённого кислорода в поверхностных водах;

– изучить значение контроля растворённого кислорода в водоемах и сточных водах;

– изучить нормативы РК и БПК для водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования;

– освоить методику определения концентрации растворённого кислорода в воде и биохимического потребления кислорода.

Оборудование, материалы и реактивы из комплекта: воронка, колба коническая на 250 мл, мешалка стеклянная (4 шт.), пипетка градуированная для титрования на 10 мл со шприцем-дозатором и соединительной трубкой, пипетка-капельница полимерная на 1 мл (7 шт.) и на 3 мл, пробирка градуированная с пробкой, склянки кислородные калиброванные (объём около 130 мл) с пробками (3 шт.), стойка-штатив, термометр с ценой деления не более $0{,}5^0$С, трубка пластиковая гибкая (сифон), цилиндр мерный на 25 мл, чашка Петри, крахмал растворённый (в капсулах по 0,25 г), раствор йодида калия щелочной, раствор крахмала стабилизированный, раствор серной кислоты (1:2), раствор соли марганца, раствор тиосульфата натрия стабилизированный (0,1 моль/л эквивалента), раствор тиосульфата натрия стабилизированный (0,02 моль/л эквивалента).

Оборудование и материалы из лаборатории: барометр, мерные колбы на 100 мл, плитка электрическая лабораторная, палочка стеклянная, поддон, мерные цилиндры на 100 мл, дистиллированная вода.

Подготовка к проведению анализа

Подготовка к анализу включает приготовление растворов, неустойчивых при хранении (раствор крахмала стабилизированный имеет срок годности не более 1 мес.) и расходуемых в ходе анализа (раствор тиосульфата натрия).

Приготовление раствора крахмала

Рекомендуется готовить свежий раствор крахмала накануне выполнения лабораторной работы.

1. В коническую колбу поместите 50 мл дистиллированной воды. Из колбы с помощью мерного цилиндра перелейте 8 мл воды в пробирку.

2. В пробирку полностью перенесите содержимое капсулы с крахмалом. Закройте пробирку пробкой, содержимое взболтайте для образования суспензии крахмала.

3. Коническую колбу с оставшимся объёмом воды поставьте на плитку с закрытой спиралью и доведите воду до кипения. В кипящую

воду медленно, при помешивании стеклянной палочкой, добавляйте суспензию. Смесь доведите до кипения

4. Смесь охладите и храните во флаконе из-под раствора крахмала, поставляемого в комплекте. Раствор устойчив в течение 4-5 дней. Стабилизированный 2-3 каплями хлороформа – 1 месяц при 25^0С.

Приготовление раствора тиосульфата натрия 0,02 моль/л экв.

Отберите 20,0 мл раствора тиосульфата натрия (0,1 моль/л экв.) мерным цилиндром и перелейте в мерную колбу вместимостью 100 мл. Доведите объём раствора до метки «100 мл» дистиллированной водой. Перемешайте раствор. Раствор храните во флаконе из-под того же раствора, отметив дату его приготовления на этикетке.

Срок годности раствора – 3 месяца.

Опыт 1. Определение РК в воде

1. Получите индивидуальное или групповое задание – указание конкретного водоема для отбора пробы.

2. Измерьте и зафиксируйте температуру воды и атмосферное давление во время отбора пробы.

Точное измерение температуры и атмосферного давления необходимы для расчета степени насыщения пробы кислородом.

3. Ополосните водой из водоема 3 раза чистые калиброванные склянки с пробкой из состава комплекта.

4. Отберите пробу воды в прокалиброванную склянку с притёртой пробкой и стеклянной мешалкой; для этого склянку опустите на глубину 0,5 м, заполняя водой весь объём склянки, выньте и сразу закройте пробкой.

В склянке не должно остаться пузырьков воздуха. Склянка не должна оставаться открытой.

5. После этого сразу же на месте отбора проведите фиксацию кислорода:

– в склянку при помощи пипетки на 1 мл, погружая её до дна, внесите 1 мл раствора $MnCl_2$;

– другой такой пипеткой введите 1 мл щелочного раствора KI;

– склянку слегка наклоните на поддоне, осторожно закройте пробкой так, чтобы под пробкой не осталось пузырьков воздуха, при этом из склянки выльется 2 мл исследуемой воды, т.е. столько, сколько налили реактивов.

6. Содержимое склянки перемешайте встряхиванием с помощью имеющейся внутри мешалки, удерживая склянку рукой.

7. Склянку транспортируйте, уложив в комплект в перевёрнутом виде (проба должна находиться в тёмном месте не менее 10 минут и не более 24 часов для отстаивания).

Титрование пробы

1. Проведите растворение осадка:

– добавьте пипеткой 2 мл раствора серной кислоты (осадок не взмучивать!); пипетку вынимайте медленно по мере её опорожнения;

– закройте склянку пробкой и содержимое перемешайте до полного растворения осадка.

2. Из кислородной склянки в колбу для титрования на 250 мл перенесите цилиндром 50,0 мл обработанной пробы.

3. Заполните градуированную пипетку, закреплённую в стойке-штативе, раствором тиосульфата натрия (0,02 моль/л экв.) и титруйте пробу на белом фоне до слабо-жёлтой окраски.

4. Затем добавьте пипеткой 1 мл раствора крахмала (при этом раствор в колбе синеет) и продолжайте титровать до полного обесцвечивания раствора.

5. Определите общий объём раствора тиосульфата натрия ($V_{тс}$), израсходованного на титрование (как до, так и после добавления раствора крахмала): $V_{тс} = V_{исх.} - V_{кон.}$

<u>Расчёт массовой концентрации кислорода</u>

Концентрацию РК в анализируемой пробе воды ($C_{РК}$, мг O_2/л) рассчитайте по формуле:

$$C_{РК} = \frac{8 \times C_{ТС} \times V_{ТС} \times 1000}{V_{п}},$$

где $V_{ТС}$ – общий объём раствора тиосульфата, израсходованный на титрование, мл;

8 – эквивалентная масса кислорода, моль/л;

$C_{ТС}$ – концентрация титрованного стандартного раствора тиосульфата, 0,02 моль/л эквивалента;

$V_{п}$ – объём анализируемой пробы, 50 мл;

1000 – коэффициент пересчета единиц измерения из г/л в мг/л.

Примечание. В данном расчёте принимается, что потери растворённого кислорода в фиксированной форме при сливе излишков жидкости из склянки и при выполнении других операций много меньше результата измерений (пренебрежимо малы).

Расчёт степени насыщения воды кислородом

Величину равновесной концентрации кислорода в воде (C, мг/л), исходя из температуры воды, зафиксированной в момент отбора пробы, определите по приложению 3 табл. 4.

Степень насыщения воды кислородом (R, %) рассчитайте по формуле:

$$R = \frac{C_{\text{РК}} \times 100 \times 760}{C \times P},$$

где 100 – коэффициент пересчета единиц измерения из мг/л в %;

760 – нормальное атмосферное давление, мм рт. ст.;

C – величина равновесной концентрации кислорода в воде для условий отбора, определенная по приложению 3 табл. 4, мг/л;

P – фактическая величина атмосферного давления в момент отбора пробы, мм рт. ст.

Опыт 2. Определение $БПК_5$

1. Отберите пробу воды в 3 кислородные склянки и подготовьте к анализу как в опыте 1 (см. п. 1-7). За контрольную склянку примите результаты первого опыта.

2. Проведите аэрацию пробы (насыщение кислородом воздуха) не более чем за 15 мин до анализа:

– доведите температуру пробы до 20 ± 1^0С;

– поместите пробу в колбу на 200 мл, чтобы аэрируемая проба занимала не более 1/3 объёма сосуда;

– встряхивайте пробу в течение 10 мин.

3. Заполните анализируемой водой 3 кислородные склянки (одна склянка является запасной на случай получения ошибочного результата), поместите в темноте в кювету термостата пробкой вниз, под водяной затвор.

4. Выполните инкубирование проб, непрерывно термостатируя их при температуре 20 ± 1^0С в течение 5 суток.

5. Через 5 суток в инкубационных склянках определите и рассчитайте остаточное содержание кислорода ($C_{\text{и}}$) по методике первого опыта.

6. Рассчитайте среднее арифметическое значений $C_{\text{и}}$, полученных для склянок с инкубированной пробой.

7. Значение $БПК_5$ в мг/л определите по формуле:

$$БПК_5 = C_{\text{к}} - C_{\text{и}},$$

где $C_{\text{к}}$ – концентрация РК в контрольной склянке, мг/л;

$C_{\text{и}}$ – концентрация РК по истечении периода инкубации, мг/л.

Результаты анализа проб воды занесите в сводную табл. 5.13.

Таблица 5.13

Результаты анализа

Тип водоёма или источника	Условия опыта		$C_{РК}$, мг O_2/л	R, %	$БПК_5$, мг/л
	t, ^0C	$P_{атм.}$, мм рт. ст.			

Проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод об экологическом состоянии водоёма (или источника) по РК и $БПК_5$.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Назовите процессы, увеличивающие содержание растворённого кислорода в воде.
2. Перечислите процессы, понижающие концентрацию РК в воде.
3. От каких факторов зависит содержание РК в поверхностных водах?
4. Укажите нормативы РК.
5. Почему содержание РК в воде имеет важнейшее значение для оценки экологического и санитарного состояния водоёма?
6. Каким методом определяют РК в воде?
7. Что такое БПК? От чего зависит БПК?
8. Какие нормативы БПК выделяют?
9. Каким методом определяют БПК?

ГЛАВА 6
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ «ПОЧВА»

Проблемы оценки состояния животного и растительного мира, а также среды обитания человека в целом непосредственно связаны с вопросами оценки экологического состояния почвы.

Почвой *называется поверхностный слой суши, возникший в результате изменения горных пород под воздействием живых и мертвых организмов, солнечного тепла и атмосферных осадков.*

Для создания слоя почвы толщиной 2-3 см требуется при благоприятных условиях от 200 до 1000 лет!

В настоящее время ***только 30% почв не затронуто деятельностью человека, что является допустимым пределом***.

Антропогенное воздействие на почвы носит прямой и косвенный характер и обычно приводит к нарушениям почвы. ***Нарушение почвы*** – *это изменение её структуры, механического и химического состава, которое приводит к ухудшению функционирования агроэкосистем и протекания экологических процессов.*

Почвы крупных городов и промышленных зон представляют собой, как правило, искусственные образования, созданные путём постоянной подсыпки смеси естественного материала (глины, песка, торфа) и антропогенных продуктов (строительных, бытовых и промышленных отходов).

Естественные (ненарушенные) почвы сохранились лишь на окраинах городов и в пределах лесопарковых участков.

Типы нарушений почв

Отчуждение земель для несельскохозяйственных нужд: строительство промышленных объектов, городов, дорог; прокладка линий связи, трубопроводов; разработка месторождений и т.д. По данным ООН в мире только при строительстве дорог ежегодно безвозвратно теряется более 300 тыс. га пахотных земель.

Ежегодно в мире вследствие деградации и отчуждения земель теряется до 7 млн. га почвы!

Эрозия почв *– снос верхнего плодородного слоя и подстилающих пород.*

Водная эрозия происходит под воздействием поверхностного стока, дождевых и талых вод.

Ветровая эрозия – выдувание мелкозема верхних горизонтов, особенно в засушливый период, при сильных ветрах, в условиях отсутствия растительности.

При антропогенном воздействии выделяют следующие виды эрозий:

- промышленную (строительство различных объектов, и как следствие, уничтожение растительности и лесов);
- военную (воронки, траншеи);
- пастбищную (интенсивный выпас скота);
- ирригационную (прокладка каналов, нарушение норм полива);
- сельскохозяйственную (вырубка лесов, интенсивная распашка, нарушение приёмов агротехники).

Вторичное засоление и заболачивание почв развивается при неумеренном поливе орошаемых земель. Заболачивание сопровождается деградацией почв, накоплением неразложившихся остатков, снижением производительности лесов. При вторичном засолении и заболачивании почв исчезают многие виды растительных организмов, уменьшается генофонд популяций.

Засолению в мире подвержено около 40% орошаемых земель, в России – 18%.

Опустынивание *– необратимая деградация, приводящая к уничтожению естественных экосистем.* Причины: вырубка деревьев и кустарников; интенсивный выпас скота; интенсивная распашка (так же усиливает эрозию и засоление почв); нерациональное водопользование (падение уровня грунтовых вод); выжигание прошлогодней травы.

В мире опустыниванию подвержено более 1 млрд. га необратимо деградировавших почв!
Опустынивание угрожает 3,2 млрд. га земель, на которых проживают более 700 млн. человек.

Загрязнение почв. В результате загрязнения почвы снижается её плодородие, а сама почва может стать губительной средой для существующих и находящихся в контакте с ней организмов. Загрязнение почвы сопровождается распространением загрязнений в

другие среды и объекты окружающей среды – живой и косной природы. Наиболее характерными загрязнителями являются пестициды, минеральные удобрения, тяжелые металлы и др.

Пестициды. Установлено, что при применении пестицидов наряду с увеличением урожайности отмечается утрата плодородия и увеличение эрозии почв.

В России разрешено к применению около 100 различных пестицидов (Федеральный закон от 19.07.1997 г. №109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами») общим годовым объемом производства 100 тыс. т.
В США применяется более 900 видов пестицидов.

До 80% от всего количества вносимых в почву пестицидов адсорбируется почвенным гумусом, и они в этом состоянии практически не подвергаются биоразложению, из-за чего время их пребывания в почве значительно возрастает.

Минеральные удобрения. Почвы загрязняются минеральными удобрениями, так как растениями в среднем поглощается только около 50% от всего количества удобрений, вносимых в почву. Это приводит: к нарушению биогеохимического круговорота азота, фосфора и других элементов; подкислению почвы; снижению количества кислорода в почве; потере гумуса.

Отходы и отбросы. Огромные площади земель заняты под свалки, золоотвалы, хранилища, полигоны, могильники, которые интенсивно загрязняют почвы. В мире ежегодно образуется около 3 млрд. т. промышленных отходов, из которых 200 млн. т. – особо токсичных.

Планета превращается в стихийную свалку!

Газодымовые выбросы предприятий и транспорта в итоге попадают в почву. Почва обладает способностью накапливать опасные для здоровья человека загрязняющие вещества, например, тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий и др.). Почвы, находящиеся в непосредственной близости от автодорог, содержат значительное количество свинца – тридцатикратное превышение концентрации.

Нефть и нефтепродукты. Наибольший ущерб природе наносят аварии на магистральных нефтепроводах. Нефть, попадая в почву, вызывает значительные, порой необратимые изменения ее свойств, которые влекут за собой ухудшение состояния растительности и биопродуктивности земель. В результате нарушения почвенного

покрова и растительности усиливаются нежелательные природные процессы – эрозия и деградация почв.

Нормирование химического загрязнения почв устанавливается по предельно допустимым концентрациям ($ПДК_п$). По своей величине $ПДК_п$ значительно отличаются от принятых допустимых концентраций для воды и воздуха. Это отличие объясняется тем, что поступление вредных веществ в организм человека из почвы происходит через воздух, воду и растения.

$ПДК_п$ *– это такая концентрация вещества (в мг на кг почвы в пахотном слое), которая не должна вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на воду, воздух и здоровье человека, а также на способность почвы к самоочищению.*

По степени загрязнения почвы подразделяются на:

- *сильно загрязнённые* – почвы, в которых содержание загрязняющих веществ в несколько раз превышает $ПДК_п$, что существенно изменяет их физико-химические, химические и биологические характеристики, поэтому они имеют низкую биологическую продуктивность;
- *средне загрязнённые* – почвы, в которых установлено превышение $ПДК_п$ без существенных изменений их свойств;
- *слабо загрязнённые* – почвы, в которых содержание загрязняющих веществ не превышает $ПДК_п$, но выше естественного фона.

По характеру воздействия выделяют несколько видов нарушений почв (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Виды нарушений почв

Виды нарушений почв	**Последствия**
1. Сельскохозяйственные:	
– распашка полей;	Эрозия почвы.
– выпас скота;	Уплотнение земли, эрозия почвы.
– применение минеральных удобрений и пестицидов;	Химическое загрязнение почвы, гибель почвенных микроорганизмов, ухудшение физических и механических свойств почвы, падение плодородия, эрозия.
– мелиоративные работы.	Активная эрозия почвы, засоление и заболачивание.

Продолжение табл. 6.1

Виды нарушений почв	Последствия
2. Лесохозяйственные (лесомелиоративные и лесозаготовительные работы)	Активная эрозия, падение плодородия почвы на обезлесенных участках.
3. Промышленные	Отчуждение земли под застройку, загрязнение почвы промышленными выбросами и сбросами, складирование отходов, активная эрозия, нарушение плодородия.
4. Строительные	Отчуждение земли под застройку, эрозия почвы, загрязнение и засорение, подтопление и заболачивание.
5. Транспортные	Загрязнение выхлопными газами, отходами обслуживающих сервисов (мастерских, автомоек), засорение (отработанные шины, материалы), уплотнение верхнего покрова при движении транспорта вне дорог.
6. Рекреационные	Загрязнение и засорение, вытаптывание.

Защита почв

Для ***борьбы с эрозией почв*** применяется комплекс мер.

Агротехнические меры: беспахотное земледелие (применение культиваторов и землерезов); вспашка поперек склона; почвозащитные севообороты; узкополосный посев (чередование с лесными полосами или травами); посадка многолетних культур.

Лесомелиоративные: возведение лесополос; лесные насаждения на оврагах и балках; восстановление лесов.

Гидротехнические: устройство каналов, валов, канав; сооружение водотоков, лотков.

Гидротехнические мероприятия останавливают процесс эрозии сразу же после их проведения, агротехнические – через несколько лет, а лесомелиоративные – через 10-20 лет.

Для борьбы с заболачиванием почв применяются осушительные мелиорации: закрытый дренаж, открытые каналы или водозаборные сооружения, строительство дамб, перехват и сброс склоновых вод и др.

Для предупреждения вторичного засоления почв осуществляется: дренаж, регулировка подачи воды, дождевание, капельное и прикорневое орошение, гидроизоляция оросительных каналов.

Для предотвращения загрязнения почв пестицидами используются экологические методы защиты растений.

Изъятие пахотных земель допускается только в исключительных случаях в соответствии с действующим законодательством. При проведении строительных и иных работ, связанных с нарушением почвенного покрова, предусматривается снятие, сохранение и нанесение почвенного покрова на нарушенные земли.

Экологический мониторинг почв

В данном разделе выполняется 8 лабораторных работ (в том числе 3 работы из раздела «Вода») по приготовлению и анализу почвенных вытяжек (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Тема работы	Оцениваемые показатели	Методы анализа	Номер работы
Количественное определение хлоридов в воде (модельном растворе, минеральной воде) и почвенной вытяжке	Концентрация хлоридов	Титриметрический	9
Определение карбонатов, гидрокарбонатов, щёлочности в воде и почвенной вытяжке	Концентрации CO_3^{2-} и HCO_3^- Свободная ($Щ_{СВ}$) и общая ($Щ_О$) щёлочность Карбонатная жёсткость	Титриметрический Расчётный	12
Количественное определение сульфатов в воде и почвенной вытяжке	Концентрация сульфатов	Титриметрический	14
Приготовление почвенных вытяжек для химического анализа	Операции приготовления вытяжек	–	16

Продолжение табл. 6.2

Тема работы	Оцениваемые показатели	Методы анализа	Номер работы
Определение pH почвенной вытяжки и оценка кислотности почвы	pH	Визуально-колориметрический	17
Оценка экологического состояния почвы по солевому составу водной вытяжки	Концентрации хлорид- и сульфат-ионов	Титриметрический	18
Определение органического вещества в почве	Относительное содержание органического вещества в почве	Визуальный	19
Экологическая экспертиза техногенного загрязнения почвы и эколого-санитарные мероприятия по её рекультивации	pH	Расчётный Картографический	20

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16
Приготовление почвенных вытяжек для химического анализа

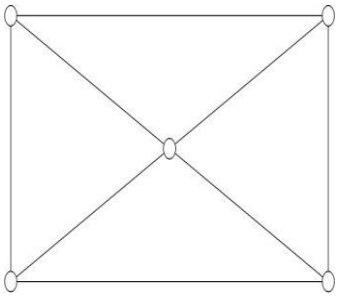
Краткие сведения из теории

Химическое исследование почвы проводится путём определения состава почвенных вытяжек, для приготовления которых необходимо взять пробы почвы на исследуемых участках местности и подготовить их к анализу.

Проба почвы *– это определенное количество почвы, взятое в соответствии с нормативно-технической документацией для исследования* (ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа»).

Отбор проб почвы начинается с выбора места для исследования, которое определяется в зависимости от поставленных целей, т.е. должно отвечать характерным условиям исследования. Место для изучения должно находиться в центральной, а не в краевой части территории. Оно не должно чем-либо выделяться на участке или быть нетипичным для избранных условий.

Различают точечную и объединенную пробы почвы. *Точечная проба* отбирается в одной точке местности на заданной глубине из одного места горизонта. *Объединенная проба* состоит из заданного количества точечных проб.



Наиболее распространённым методом отбора объединенной пробы почвы является *метод конверта*, при котором на контролируемом участке отбирают 5 точечных проб с глубины около 20 см (на штык лопаты). Точки должны быть расположены так, чтобы, мысленно соединенные прямыми линиями, давали рисунок запечатанного конверта (длина стороны квадрата может составлять от 2 до 10 м). Масса объединенной пробы должна составлять не менее 0,5 кг (из каждой точки не менее 0,1 кг).

Почвенные пробы упаковывают в полиэтиленовые мешки с этикеткой, где указывают:

- место взятия пробы (адрес, участок территории);
- дату (час) отбора, глубину взятия пробы;
- метеорологические условия в день отбора пробы;

- особенности участка (освещенность, применение удобрений, пониженность рельефа, наличие близлежащих свалок, мусора, сточных канав и др.).

Далее осуществляется подготовка пробы почвы к анализу, которая включает несколько этапов:

- смешивание точечных проб;
- измельчение почвы;
- подсушивание до сухого состояния;
- просеивание.

Химический анализ почвы начинают ***с приготовления почвенных вытяжек – переведения в раствор составных частей почвы.*** *В зависимости от цели анализа выделяют следующие типы вытяжек*.

Водная вытяжка используется для оценки засолённости почвы, главным образом, для аналитического определения содержания в почве: растворимых солей – хлоридов, сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов, нитратов, солей кальция; расчётным методом – солей магния, натрия и калия. Для её приготовления применяется дистиллированная вода. При приготовлении водной вытяжки для извлечения водорастворимых солей используют соотношение сухой почвы к воде как 1:5 (ГОСТ 26423).

Солевая вытяжка используется для определения величины pH, являющейся показателем обменной кислотности почвы. Приготавливают с помощью 0,1 н раствора хлорида калия. Для приготовления солевой вытяжки при извлечении обменных катионов используют соотношение количества сухой почвы к раствору хлорида калия как 1:2,5 (ГОСТ 26483).

Кислотная вытяжка применяется для определения содержания в почве нерастворимых в воде и солевом растворе компонентов – главным образом, тяжелых металлов, находящихся в почве в разных формах и переходящих в раствор только в сильнокислой среде. Для приготовления вытяжки обычно используют раствор азотной кислоты концентрацией 1,5 моль/л.

От правильности приготовления почвенных вытяжек во многом зависят результаты исследований. Количество приготовляемой почвенной вытяжки зависит от вида и числа выполняемых анализов. Для определения основных параметров вытяжек с использованием портативных полевых лабораторий и тест-комплектов необходимы объёмы вытяжек от 5 до 30 мл.

В данной работе рассматривается унифицированная методика приготовления почвенных вытяжек.

Лабораторная работа проводится как индивидуально, так и группой студентов при помощи класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3», полевой лаборатории «НКВ-Р/м», мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/м».

Цель работы: *ознакомиться с операциями отбора и приготовления проб почвы, приготовления почвенных вытяжек для их использования в дальнейших работах.*

Задачи:

– ознакомиться с методикой отбора проб почвы по методу конверта;

– приобрести навыки приготовления почвенных вытяжек.

Оборудование из комплекта: воронка стеклянная, палочка стеклянная, стакан на 50 мл, фильтр бумажный, цилиндр мерный на 50 мл, поддон, лопатка (или ложка).

Оборудование из лаборатории: электронные весы, стакан на 200 мл, штатив ШХЛ с кольцом, ступка с пестиком, сито с отверстиями диаметром 1 мм.

Реактивы и материалы: 0,1 н раствор хлорида калия, дистиллированная вода, образец почвы.

Задание к работе

1. Получите задание у преподавателя (указание участка местности для отбора образца почвы).

2. Возьмите объединенную пробу почвы весом 500 г по методу конверта с глубины 20 см.

3. Отберите из почвы инородные включения, камни, части растений.

4. Объединённую пробу упакуйте в полиэтиленовый мешок с этикеткой, где укажите место взятия пробы, дату отбора и глубину взятия пробы, метеорологические условия, особенности расположения участка (наличие мусора, автострады, пониженности рельефа и т.д.).

5. Дома распределите почву на поддоне слоем толщиной не более 2 см.

6. Просушите пробу на воздухе в сухом помещении в течение суток.

7. Просейте высушенную и измельчённую почву через сито (при необходимости предварительно измельчите ее в ступке).

[Возможен вариант, когда студентам раздаются стаканы с взвешенной и высушенной почвой (20-30 г) или модельный образец почвы.]

<u>Приготовление раствора хлорида калия для почвенной вытяжки</u>

Для работы требуется не более 500 мл раствора хлорида калия с эквивалентной концентрацией 1 моль/л (1 н). Навеску 38 г хлорида калия внесите в мерную колбу на 500 мл. В колбу налейте на ½ объёма дистиллированную воду, перемешайте содержимое до растворения соли, долейте воду до метки, раствор снова перемешайте.

Опыт 1. Приготовление солевой вытяжки (ГОСТ 26483-85)

Ход работы

1. Взвесьте пустой чистый стакан на 200 мл.
2. Поместите в стакан высушенную пробу примерно на 1/3 высоты и снова взвесьте его.
3. Определите массу почвы (m, г).
4. Добавьте к почве раствор хлорида калия в количестве $2{,}5 \times m$ мл (из расчёта 5 мл раствора на 2 г почвы). Объём раствора хлорида калия отмерьте с помощью мерного цилиндра.
5. Помешайте содержимое стакана в течение 3-5 мин с помощью стеклянной палочки.
6. Соберите установку для фильтрования: закрепите воронку с фильтром в штативе, под воронку поставьте чистый пустой стакан на 50 мл так, чтобы носик воронки касался стенки стакана.
7. Отфильтруйте содержимое стакана через бумажный фильтр, собирая готовую вытяжку в нижний стакан.
8. Обратите внимание на внешний вид вытяжки (цвет, мутность). Вытяжка должна быть однородной и не содержать частиц почвы.

Опыт 2. Приготовление водной вытяжки (ГОСТ 26483-85)

Приготовьте водную вытяжку по методике приготовления солевой вытяжки (см. опыт 1), используя вместо раствора хлорида натрия дистиллированную воду в соотношении $5 \times m$ мл (из расчёта 5 мл воды на 1 г почвы).

Солевую вытяжку далее используйте для определения кислотности почвы (лабораторная работа № 17), а водную вытяжку – для определения засолённости почвы (лабораторная работа № 18).

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Проба почвы.
2. Отбор проб почвы. Метод конверта.
3. Этапы подготовки пробы почвы для приготовления из нее почвенных вытяжек.
4. Что такое почвенная вытяжка?
5. Типы почвенных вытяжек: применение и приготовление.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 17
Определение pH почвенной вытяжки и оценка кислотности почвы

Краткие сведения из теории

Кислотность почвы *– важнейший экологический фактор, определяющий условия жизнедеятельности почвенных организмов и высших растений, а также аккумуляцию и подвижность загрязнителей в почве (в первую очередь металлов).* Для большинства грунтов значение pH находится в пределах от 6,0 до 7,5.

Изменение кислотности почвы в результате поступления в почву загрязняющих веществ в сторону уменьшения pH называется *подкислением почвы*, а в сторону увеличения pH – *подщелачиванием почвы* (ГОСТ 17.4.1.03-84), при этом подразумевается, прежде всего, техногенное происхождение загрязняющих веществ.

Выделяют следующие основные причины техногенного закисления почв:

- внесение в почву минеральных кислотообразующих удобрений;
- сброс кислотных сточных вод промышленных и агропромышленных предприятий в водоёмы, что приводит к закислению прилегающих к водоёму почв;
- кислотные осадки, при которых в почву попадают серная, сернистая, азотная и азотистая кислоты;
- кислотные бытовые сбросы (например, кислота из автомобильных аккумуляторов);
- разложение органических отходов и мусора.

При высокой кислотности угнетается рост и развитие многих сельскохозяйственных культур, подавляется жизнедеятельность микроорганизмов. Оптимальные значения pH почвы для выращивания основных сельскохозяйственных культур приведены в приложении 4 табл. 1.

Негативное влияние повышенной кислотности на растения обусловлено несколькими причинами, среди которых наибольшее значение имеют следующие:

- недостаток Ca^{2+} – необходимого для растений элемента питания;
- повышенная концентрация ионов Al^{3+}, Mn^{2+}, H^{+};
- изменение доступности растениям макро- и микроэлементов питания;

- изменение физических свойств почвы.

При высокой кислотности почвы для оптимального её использования в сельском хозяйстве необходимо проводить известкование почвы по расчётным нормам.

При экстремально высокой кислотности почвы, вызванной кислотным загрязнением, почва не может быть восстановлена естественным путём или известкованием. В таких случаях почву механически удаляют и заменяют качественной привезённой почвой.

Наряду с закислением может происходить и *подщелачивание почвы*, *которое происходит при поступлении в почву:*

- щелочных, щелочноземельных и тяжёлых металлов с выбросами металлургических заводов;
- аммиака с выбросами комбинатов по производству удобрений;
- щелочного аэрозоля с выбросами работающих на горючих сланцах теплоэлектростанций и др.

Масштабы этих загрязнений значительно меньше, чем закисления, и негативные последствия не столь значительны. Повышенная щелочность почв неблагоприятна для многих сельскохозяйственных культур. В условиях повышенной щелочности резко возрастает подвижность органических веществ, что приводит к обеднению почв гумусом.

При защелачивании почвы необходимо проводить её гипсование.

Повышенная или пониженная кислотность грунтов ускоряет почвенную коррозию металлов и их сплавов. Ежегодные потери металла вследствие протекания почвенной коррозии достигают 4%. Высококоррозионными являются торфяные и болотистые грунты, значение pH которых составляет 3-6, а также щелочные солончаки и суглинки с pH почвы 7,5-9,5. Очень агрессивной средой по отношению к сталям, свинцу, меди, цинку является чернозем, содержащий органические кислоты. Одна из самых агрессивных почв – подзолистая. Сталь в ней корродирует в 5 раз быстрее, чем в других грунтах.

Почвенной коррозии подвергаются трубопроводы, резервуары, сваи, опоры, кабеля, обсадные трубы скважин, всякого рода металлоконструкции, эксплуатируемые в почве.

Кислотность почвы определяют, измеряя величину pH солевой почвенной вытяжки.

В зависимости от величины pH солевой вытяжки различают следующие степени кислотности почв (табл. 6.3).

Таблица 6.3

Степень кислотности почв

pH солевой вытяжки (±0,5 ед. pH)	**Степень кислотности почвы**	**Встречаемость в природе**
4 и менее	Сильнокислая	Редко встречается в природе. Свидетельствует о техногенном кислотном загрязнении.
5	Кислая	Сложившиеся подзолистые и болотные почвы.
6	Слабокислая	Формирующиеся подзолистые и болотистые почвы, некоторые чернозёмы.
7	Нейтральная	Чернозёмы.
8 и более	Щелочная	Солонцеватые почвы. Свидетельствует о щелочном загрязнении почвы.

Данная работа выполняется с помощью класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3» и «ЭХБ 8.300.1», мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/м», полевой комплексной лаборатории «НКВ 3.100» и ранцевой лаборатории «НКВ-Р/м».

Цель работы: *изучение экологического состояния почвы через оценку её кислотности.*

Задачи:

– изучить теоретические сведения о кислотности почв, причинах техногенного закисления и защелачивания почв;

– освоить методику оценки кислотности почвы.

Оборудование из комплекта: пинцет, пипетка-капельница, пробирки (2 шт.), штатив для пробирок.

Реактивы и материалы: раствор индикатора универсального, готовые почвенные солевые вытяжки, pH-индикаторная бумага.

Ход работы

1. Налейте в две пробирки до метки «5 мл» почвенную вытяжку.
2. Добавьте в первую пробирку 3-5 капель раствора индикатора универсального.
3. Во вторую пробирку опустите пинцетом один конец индикаторной бумаги.
4. Результаты анализа определите по цветовой шкале значений pH для каждого образца почвы.

5. По результатам определения pH почвенных вытяжек каждым методом заполните табл. 6.4.

Таблица 6.4

Результаты анализа почвенных вытяжек

Место отбора пробы	Внешний вид вытяжки	pH солевой вытяжки	Оценка кислотности почвы

6. Проанализируйте полученные результаты и выделите возможные причины повышенной кислотности каждой пробы, исходя из особенностей расположения участков, где отбирались пробы почвы.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Почему кислотность почвы является важным экологическим фактором?
2. Как кислотность почв влияет на рост и развитие растений, а также жизнедеятельность почвенных организмов?
3. Какие выделяют почвы в зависимости от величины pH?
4. Назовите причины техногенного закисления почв.
5. Подщелачивание почвы: причины, масштабы, негативные последствия, методы устранения.
6. Почвенная коррозия.
7. Как определяют кислотность почв?
8. Какой метод определения pH почвенной вытяжки точнее?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 18
Оценка экологического состояния почвы по солевому составу водной вытяжки

Краткие сведения из теории

Засолённость почвы *обусловлена повышенным содержанием в ней легкорастворимых минеральных солей, что отрицательно сказывается на её физических и химических свойствах, создает неблагоприятные условия для почвенных микроорганизмов и многих растений.*

Сильнозасоленные почвы непригодны для выращивания сельскохозяйственных культур, так как на таких почвах задерживается их цветение и рост, что приводит к снижению урожайности. При больших концентрациях солей наступает гибель растений.

Основной признак засолённых (солонцеватых) почв – присутствие в почвенном растворе значительного количества катионов натрия и калия. Соответствующими анионами являются, в основном, хлорид, сульфат, гидрокарбонат и карбонат ионы. *В зависимости от вклада различных анионов в солесодержание почвенного раствора различают* ***хлоридное, хлоридно-сульфатное и смешанное засоление*** (табл. 6.5).

Таблица 6.5

Типы засолённости почв

Степень засолённости почв	**Тип засолённости почвы в зависимости от вида и массовой доли солей в сухой почве, %**		
	Хлориды	**Сульфаты**	**Гидро-карбонаты**
Хлоридное засоление			
Незасолённые	меньше 0,01	–	–
Слабозасолённые	0,01 – 0,05	–	–
Среднезасолённые	0,05 – 0,10	–	–
Сильнозасолённые	0,1 – 0,2	–	–
Солончаки	больше 0,2	–	–
Хлоридно-сульфатное засоление			
Незасолённые	меньше 0,01	меньше 0,10	–
Слабозасолённые	0,01	0,1 – 0,4	–
Среднезасолённые	0	0,4 – 0, 6	–
Сильнозасолённые	0,10	0,6 – 0,8	–
Солончаки	–	больше 0,8	–

Продолжение табл. 6.5

Степень засолённости почв	**Тип засолённости почвы в зависимости от вида и массовой доли солей в сухой почве, %**		
	Хлориды	**Сульфаты**	**Гидро-карбонаты**
Смешанное засоление			
Незасолённые	0,01	0,02	меньше 0,06
Слабозасолённые	0,01	0,05 – 0,1	0,1 – 0,2
Среднезасолённые	0,1	0,2	0,2 – 0,3
Сильнозасолённые	0,2	0,2	0,3 – 0,4
Солончаки	0,2	0,2	больше 0,4

Засоление почв может происходить как в силу естественных, так и антропогенных процессов. Естественное засоление почв происходит при переносе растворённых солей из грунтовых вод к поверхности. При испарении воды соль остаётся на поверхности почвы и, при определённых условиях, возникает зона засоления. Условиями, при которых возможно естественное засоление почвы, являются: наличие низин на местности, достаточная проницаемость грунтов, длительный и устойчивый характер процессов. При переувлажнении засолённых почв возможны также их осолонцевание и заболачивание.

Антропогенное засоление почвы происходит, главным образом, при орошении посевов водой с повышенной концентрацией солей – более 1 г/л (солёность воды большинства рек не превышает 0,2-0,3 г/л).

Засоление почвы в значительной степени обуславливает ряд глобальных и региональных экологических проблем:

- опустынивание;
- деградацию почвенно-растительного покрова;
- активизацию эрозионных процессов.

При выявлении сильного засоления почв сельскохозяйственных угодий необходимо проводить специальные гидромелиоративные мероприятия: орошение, дренаж, промывки и др.

Концентрацию легкорастворимых солей определяют в солевой вытяжке, проводя её химический анализ.

Лабораторная работа выполняется с помощью тест-комплектов «Хлориды» и «Сульфаты», ранцевой лаборатории «НКВ-Р/м».

Цель работы: *изучение засоленности почвы количественным методом.*

Задачи:

– изучить теоретические сведения о засоленности почв и её причинах;

– освоить методику количественной оценки засоленности почв.

Оборудование: пипетки для титрования, пипетки-капельницы полимерные на 1 мл, склянки с меткой «2,5 мл» и «10 мл», воронка лабораторная, шпатель.

Реактивы: 0,05 н раствор нитрата серебра титрованный, 10%-ный раствор хромата калия, бумага универсальная индикаторная, катионит КУ-2-084с, 0,1 н раствор гидроксида натрия, 0,1 н раствор соляной кислоты, 0,02 н раствор хлорида бария, раствор индикатора ортанилового К в этаноле, водные вытяжки из образцов почв.

Ход работы

1. Определите в почвенной вытяжке концентрацию, мг/л:

а) хлоридов – как описано в лабораторной работе № 9;

б) сульфатов – как описано в лабораторной работе № 14.

2. Умножьте каждое полученное значение концентрации в вытяжке на 5×10^{-4}, получив тем самым массовую долю соответствующей соли в почвенном образце в %.

[Значение коэффициента 5×10^{-4} определяется величиной отношения воды к почве (5:1) и коэффициента перевода единицы измерения из мг/л (в вытяжке) в массовые проценты (в сухой почве).]

Таблица 6.6.

Результаты химического анализа почвенной вытяжки

Результаты	**Содержание соли и соответствующий тип засоленности почвы**	
	Хлориды	**Сульфаты**
1. Концентрация в вытяжке, мг/л		
2. Массовая доля в сухой почве, %		
3. Концентрация в вытяжке, мг/кг		
4. Тип засоления		
5. Степень засоленности почвы	Незасоленная, слабозасоленная, среднезасоленная, сильнозасоленная, солончак (нужное отметить)	

3. Рассчитайте концентрацию определяемых компонентов в мг/кг по формуле:

$$C = C_{\text{В}} \times \frac{V}{m},$$

где $C_{\text{В}}$ – концентрация компонента в водной вытяжке, определённая с помощью тест-системы, мг/л;

V – объём воды или солевого раствора, использованного для приготовления вытяжки, мл;

m – масса воздушно-сухого почвенного образца, г.

4. Занесите результаты химического анализа вытяжек в табл. 6.6.

5. Сопоставьте полученные результаты с данными табл. 6.5. Определите тип и степень засоленности почвы, занесите их в табл. 6.6.

6. Сделайте вывод об экологическом состоянии почвы.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Что такое засоленность почвы? Основной признак засоленности почвы. На какие свойства почвы влияет засолённость?
2. Как засоленность почвы влияет на растения?
3. Какие соли оказывают наибольшее вредное влияние на растения?
4. Типы засолённости почв.
5. Засоление почв: естественное, антропогенное.
6. Экологические проблемы засоления почв.
7. Каким методом определяют засоленность почвы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 19
Определение органического вещества в почве

Краткие сведения из теории

Почва, или верхний поверхностный слой земной коры, формируется под воздействием различных факторов:

- почвообразующей породы;
- климата;
- жизнедеятельности растительных и животных организмов;
- антропогенных процессов.

Характерным свойством почвы, отличающим её от различных грунтов и пород, является ***плодородие.*** *Одним из необходимых условий плодородия почвы является наличие в ней* ***гумуса (перегноя) – сложного динамического комплекса органических соединений, содержащего питательные вещества, необходимые высшим растениям.***

Гумус находится в поверхностном слое почвы и придает ей тёмную окраску. Гумус является продуктом жизнедеятельности почвенных организмов, прежде всего бактерий и дождевых червей. Источником формирования органического вещества в почве являются растительные остатки и, в меньшей степени, остатки микрофауны и макрофауны. Состав и содержание органического вещества в почве изменяется в процессе почвообразования.

Микроорганизмы перерабатывают гумус в минеральные соли. Поэтому гумус служит запасом минеральных солей в почве. Чем больше гумуса, тем плодороднее почва. *Почвы, содержащие много гумуса, называются богатыми.* Мало гумуса в подзолистых почвах и в пустынных серозёмах (1-3%). Наиболее богаты гумусом черноземы (7-12%). Основатель отечественного почвоведения В.В. Докучаев считал чернозёмы главным богатством страны и называл чернозём «царём почв».

Простейший способ, с помощью которого можно определить примерное содержание в почве органического вещества, основан на его относительной лёгкости, в отличие от минеральных частиц, которые тонут при погружении образца почвы в воду. Частицы органического вещества всплывают к поверхности, приводя к расслаиванию взвеси.

Данная работа выполняется с помощью класс-комплекта «ЭХБ 8.300.1» и «ЭХБ 8.300.3», мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/м».

Цель работы: *изучение богатства почвы органическим веществом.*

Задачи:

– изучить теоретические сведения о содержании органического вещества в почве;

– ознакомиться с простейшим методом определения относительного содержания органического вещества в почве.

Оборудование из комплектов: линейка, ложка, стеклянная палочка.

Оборудование из лаборатории: лабораторный стакан объемом на 1000 мл, вода дистиллированная.

Материалы: образцы почв из разных зон города и участков.

Ход работы

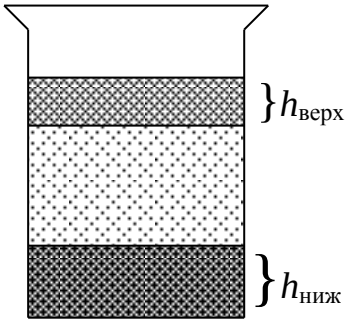
1. В стакан на 1000 мл поместите образец почвы объёмом около 300 мл.

2. Добавьте дистиллированной воды до метки 1000 мл.

3. Содержимое стакана помешайте стеклянной палочкой для смачивания почвы и выхода пузырьков воздуха.

4. Дождитесь расслоения взвеси в стакане.

5. Измерьте линейкой значения высоты слоев отстоявшейся и всплывшей почвы линейкой.



6. Рассчитайте величину:

$$\frac{h_{верх.}}{h_{ниж.}}$$

7. Выполните подобный эксперимент с каждым образцом почвы.

8. Результаты измерений высоты слоёв почвы для каждого образца внесите в таблицу по следующей форме:

Образец пробы	**Высота слоя почвы в стакане, мм**		$\frac{h_{верх.}}{h_{ниж.}}$
	Верхнего слоя ($h_{верх.}$)	**Нижнего слоя ($h_{ниж.}$)**	
№ 1			
№ 2			
№ 3			

9. Сопоставьте данные таблицы и сделайте вывод об относительном богатстве испытанных образцов почвы органическим веществом.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Назовите факторы формирования почвы.

2. Плодородие почвы. Источники органического вещества в почве.

3. Какие почвы называются богатыми и почему?

4. Объясните, почему часть почвы всплыла, а другая часть опустилась на дно сосуда в виде осадка?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 20
Экологическая экспертиза техногенного загрязнения почвы и эколого-санитарные мероприятия по её рекультивации

Краткие сведения из теории

Кислотность почвы *– важный экологический фактор, определяющий условия жизнедеятельности почвенных организмов и высших растений, а также накопление и подвижность загрязнителей в почве (в первую очередь металлов).* Для большинства почв значение pH находится в пределах от 6,0 до 7,5.

Возрастающая кислотность почвенного покрова – одна из острейших проблем современности. Процесс подкисления почв приобретает глобальные масштабы, вызывая негативные агро- и геохимические последствия.

Закисление почвы *– изменение кислотно-основных свойств почвы, вызванное природным почвообразовательным процессом, поступлением загрязняющих веществ, внесением кислых удобрений и другими видами антропогенного воздействия.*

Значительное влияние на кислотность почв оказывает техногенное загрязнение атмосферы продуктами горения ТЭЦ, газовых котельных, транспорта, которые приводят к образованию кислотных дождей. Кислотные дожди отмечаются в 10-15 км и более от источника промышленного выброса.

При высокой кислотности почв угнетается рост сельскохозяйственных культур, так как большинство растений предпочитают слабокислые и нейтральные почвы. Кроме того, при повышенной кислотности подавляется жизнедеятельность многих микроорганизмов, что приводит к снижению естественного плодородия почв. Для восстановления плодородия необходимо проводить эколого-санитарные мероприятия рекультивации почв.

Рекультивация почвы *– комплекс мер по экологическому и экономическому восстановлению почвы, плодородие которой в результате человеческой деятельности существенно снизилось.*

Рекультивацию почвы при закислении проводят в несколько этапов:

- проведение экологической экспертизы техногенного загрязнения почвы;
- построение картограммы почвы вокруг источника загрязнения;

- выработка рекомендаций по применению культурных растений с учётом зон почвы по значению кислотности на картограмме;
- известкование почвы по рассчитанным нормам.

Для экологической экспертизы техногенного загрязнения почвы отбор образцов осуществляется вокруг источника загрязнения (промышленного комплекса) в радиусе 10 км по четырем (север, восток, юг, запад) или восьми направлениям с поверхности и на глубине 20 см по 300-500 г. Из отобранных проб готовятся солевые вытяжки, определяется их кислотность pH-метром, лакмусовым индикатором или титрованием стандартными растворами. Результаты измерений заносят в специальные учётные карточки, где регистрируется расстояние от промышленного комплекса с соответствующей кислотностью образца почвы (табл. 6.7).

Таблица 6.7

Трансформация pH почвы по направлениям

Указанное направление

Расстояние от источника техногенного загрязнения, км	X_1	X_2	……..	X_n
pH почвенных вытяжек	Y_1	Y_2	……..	Y_n

По полученным данным строится картограмма исследуемой территории. Для построения картограммы почвы необходимо:

1) начертить квадрат размером 10×10 см (приняв, что 1 км равен 0,5 см);

2) провести оси координат через центр квадрата (центр – это источник загрязнения);

3) указать направления – север, юг, запад, восток;

4) затем, руководствуясь правилами, указанными в табл. 6.8, провести границы контуров отдельных зон с одинаковыми показателями значений pH (рис. 6.1);

5) для дальнейшей работы с картограммой выделенные зоны нумеруются.

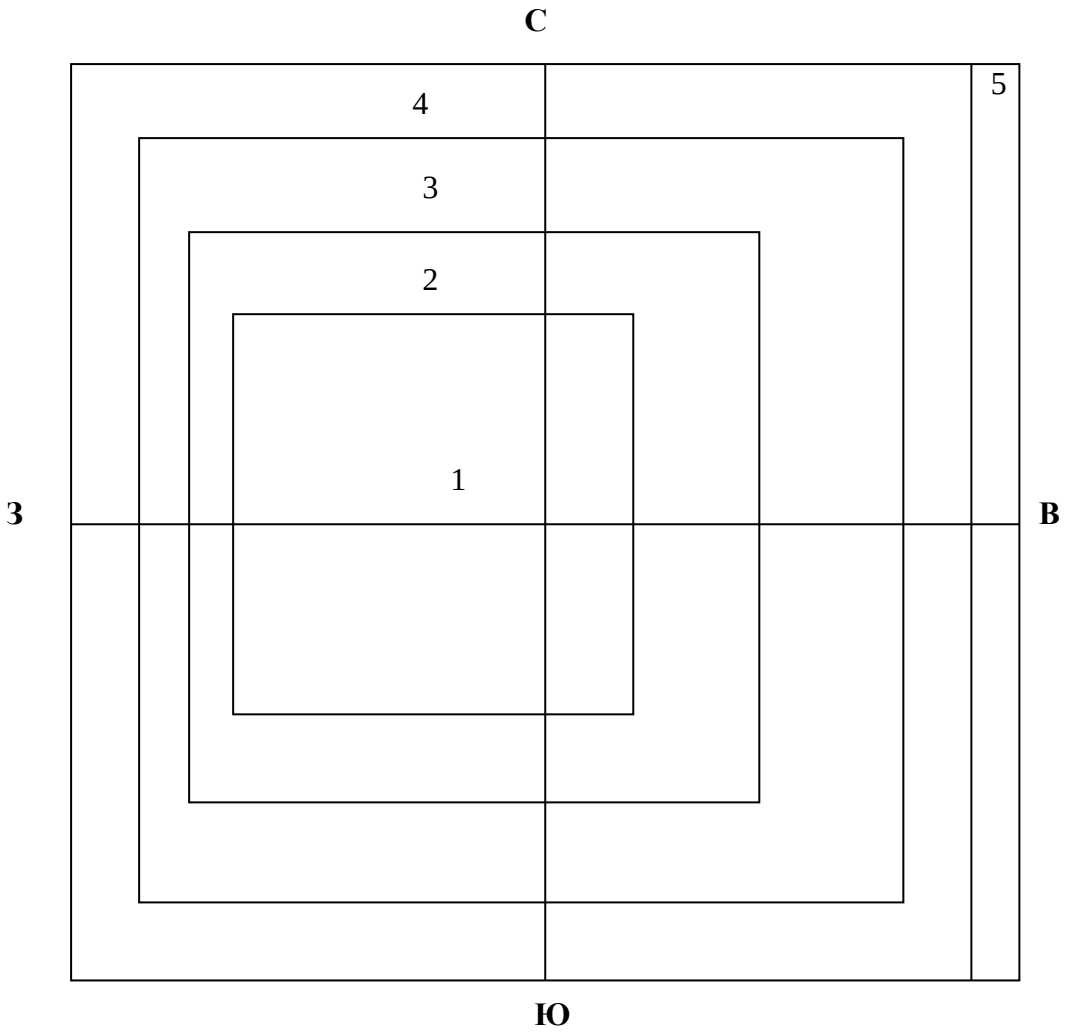


Рис. 6.1. Картограмма кислотности почвы

Таблица 6.8

Зоны почвы по значениям кислотности

№ зоны	Цвет	Кислотность почвы	pH вытяжки
1	красный	очень кислая	4,0 и ниже
2	розовый	сильнокислая	4,1 – 4,5
3	оранжевый	среднекислая	4,6 – 5,0
4	жёлтый	слабокислая	5,1 – 5,5
5	зелёный	близкая к нейтральной	5,6 – 6,0
6	темно-зелёный	нейтральная	более 6,0

Характеристика вредного воздействия кислотности почвы на растения оценивается с помощью табл. 6.9.

Таблица 6.9

Воздействие кислотности почвы на продуценты

pH среды	Уровень влияния
3,0 и ниже	полная гибель растений
3,1 – 4,0	некроз и повреждение растений
4,1 – 5,5	частичное нарушение фотосинтеза
больше 5, 5	нормальное развитие

Рекомендации по применению культурных растений на кислых почвах даются на основании данных об отношении растений к pH среды, установленных Д.Н. Прянишниковым (приложение 4 табл. 1).

Улучшение эколого-санитарного состояния почвы осуществляется не химически чистой известью, а так называемыми известковыми удобрениями (табл. 6.10).

Таблица 6.10

Характеристика известковых удобрений

Вид удобрения	Влажность (В), %	Примеси, (П), %	Особенности применения
Молотый известняк или известковая мука ($CaCO_3$)	4	15 (глина, песок)	под все культуры
Молотый доломотизированный известняк ($CaCO_3$+ $MgCO_3$)	7	17 (глина)	под бобовые, картофель, лён, корнеплоды
Мергель ($CaCO_3$, иногда $MgCO_3$)	30	25 (песок, глина)	под все культуры
Молотый мел ($CaCO_3$)	27	12 (глина)	под все культуры
Известковый туф ($CaCO_3$)	23	23 (глина, песок)	под все культуры
Гажа или озёрная известь ($CaCO_3$)	24	11 (песок)	под все культуры
Торфотуфы и торфогамма ($CaCO_3$)	33	55 (торф)	для почв с низким содержанием органики
Доломитовая мука ($CaCO_3$+ $MgCO_3$)	12	4 (песок)	не требует размола, под все культуры
Дефенат (отходы свеклосахарного производства) ($CaCO_3$)	19	13 (органика)	для почв с низким содержанием органики

Вычисление норм известковых удобрений производят по концентрации ионов водорода [H^+] в пахотном горизонте по следующей методике.

1. Определение массы 1 га почвы, кг:

$$m = \rho \times h \times S,$$

где ρ = 1,5 г/см^3 (объёмная масса почвы);

h = 20 см (глубина пахотного слоя);

S = 100000000 см^3 (площадь 1 га пахотного горизонта).

2. Определение массы ионов водорода в массе 1 га почвы:

$$m_{H^+} = m \times [H^+],$$

где [H^+] – содержание ионов водорода в 100 г почвы.

3. Определение нормы чистого известкового удобрения для нейтрализации, $Н_{уд}$ (в тоннах):

$$Н_{уд} = m_{H^+} \times Э,$$

где Э – эквивалент известкового удобрения, необходимого для нейтрализации 1 г-экв. ионов водорода.

4. Так как в удобрениях содержится значительное количество примесей и влаги, то рассчитанная норма удобрения на нейтрализующие ионы водорода должна быть увеличена.

Используя данные табл. 6.10, рассчитывают дозу удобрения по уравнению:

$$Д = \frac{100 \times Н}{100 - (В + П)},$$

где В – влажность удобрения, %;

П – примесь в удобрениях, %.

Задача. Установите эколого-санитарную дозу известкового туфа при содержании 6,7 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

Решение:

1. $m = \rho \times h \times S$ = 1,5×20×100000000 = 3000000000 г = 3000000 кг.

2. Если в 100 г почвы содержится 6,7 мг ионов водорода, значит в 1 кг почвы – 67 мг или 0,067 г, тогда

$$m_{H^+} = m \times [H^+] = 0{,}067 \times 3000000 = 201000 \text{ г} = 201 \text{ кг}.$$

3. Э($CaCO_3$) = 50 г/моль (эквивалент известкового туфа необходимого для нейтрализации 1 г ионов водорода). Следовательно, на нейтрализацию всех ионов водорода в пахотном слое 1 га норма удобрения рассчитывается по уравнению:

$$Н_{уд} = m_{H^+} \times Э = 201 \times 50 = 8850 \text{ кг} = 8{,}85 \text{ т}.$$

4. $$Д = \frac{100 \times Н}{100 - (В + П)} = \frac{100 \times 8{,}85}{100 - (23 + 23)} = \frac{885}{54} = 16{,}4 \text{ т/га}.$$

Полученная доза 16,4 т/га полностью нейтрализует 6,7 мг ионов водорода в 100 г почвы, восстанавливая естественное эколого-санитарное состояние загрязненной почвы.

Ответ. Эколого-санитарная доза известкового туфа равна 16,4 т/га.

Цель работы: *усвоить принципы и технику проведения экологической экспертизы техногенного загрязнения почвы и, в частности, трансформацию параметров её кислотности; разработать эколого-санитарные мероприятия по рекультивации почвы.*

Задачи:

– закрепить теоретические знания об основных техногенных загрязнителях почвы;

– изучить методику проведения экологической экспертизы техногенного загрязнения почвы;

– освоить методику построения картограмм почвы;

– освоить методы эколого-санитарных мероприятий по рекультивации почвы на индивидуальном техническом задании.

Используемый материал: техническое задание для проведения экологической экспертизы техногенного загрязнения почвы и эколого-санитарных мероприятий по её рекультивации.

Ход работы

1. Ознакомьтесь с краткими сведениями из теории.
2. Изучите методику проведения экологической экспертизы техногенного загрязнения почвы.
3. Получите индивидуальное техническое задание по трансформации pH почвы по направлениям вокруг промышленного комплекса. Занесите данные в отчёт с указанием варианта.
4. Занесите в отчёт табл. 6.8 «Зоны почвы по значениям кислотности».
5. Используя данные технического задания:
   - постройте картограмму кислотности почв исследуемой территории вокруг предприятия – источника техногенных выбросов;
   - пронумеруйте зоны почвы;
   - запишите название картограммы.
6. По полученной картограмме сделайте следующие выводы.
   - Определите, в каком направлении (северном, северно-западном и др.) от промышленного комплекса происходит наибольшее загрязнение почвы. Укажите зоны почвы, входящие в данный сектор.

- Укажите наиболее благоприятное направление от промышленного комплекса. Перечислите зоны данного направления.
- Используя диагностические данные табл. 6.9, охарактеризуйте вредное воздействие кислотности всех указанных зон на растения.
- Используя данные приложения 4 табл. 1, дайте рекомендации по регенерации загрязненных почв путём применения культурных растений с учётом кислотности каждой выделенной зоны на картограмме.

7. Получите индивидуальное техническое задание (задачу) по проведению эколого-санитарных мероприятий изменения параметров почвы.

8. Установите эколого-санитарную дозу указанного в техническом задании известкового удобрения для изменения параметров почвы (её регенерации).

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Кислотность почвы.
2. Закисление почвы. Причины повышенной кислотности почв.
3. Как влияет кислотность почвы на жизнедеятельность растений и микроорганизмов?
4. Рекультивация почвы.
5. Этапы эколого-санитарных мероприятий изменения параметров почвы.
6. Что такое картограмма почвы? Как строится картограмма? Какие анализы необходимо провести для этого?
7. Известкование почвы. Назовите виды известковых удобрений.

ВАРИАНТ 1

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,5	3,5	3,6	3,9	4,0	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,6	3,7	3,8	4,0	4,3	4,4	4,6	4,9	5,2	5,5

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,2	4,4	4,5	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8	6,2	6,5

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,5	4,9	5,0	5,3	5,5	5,8	5,9	6,2	6,4	6,8

Задача. Установите эколого-санитарную дозу дефената при содержании 6,4 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 2

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,7	3,2	3,2	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,5	4,8

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,2	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8	5,0	5,2

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,4	4,5	4,5	5,0	5,2	5,5	5,6	5,8	6,0	6,2

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,3	4,5	5,0	5,3	5,5	5,8	5,9	6,2	6,4	6,5

Задача. Установите эколого-санитарную дозу мергеля при содержании 5,5 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 3

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,4	4,5	4,5	5,0	5,2	5,5	5,6	5,8	6,0	6,2

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,2	4,5	4,8	5,3	5,5	5,8	5,9	6,2	6,4	6,5

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,7	3,2	3,2	3,5	3,8	4,0	4,2	4,3	4,5	4,8

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,2	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8	5,0	5,2

Задача. Установите эколого-санитарную дозу известковой муки при содержании 4,7 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 4

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,3	4,5	4,8	5,0	5,2	5,4	5,5	5,8	6,2	6,5

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,2	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8	5,0	5,2

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,7	3,2	3,2	3,5	3,8	4,0	4,5	4,7	4,8	5,0

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,8	4,0	4,5	5,0	5,2	5,5	5,6	5,8	6,0	6,2

Задача. Установите эколого-санитарную дозу озёрной извести при содержании 6,2 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 5

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,4	4,5	5,0	5,3	5,5	5,8	5,9	6,2	6,4	6,8

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,7	3,2	3,2	3,5	3,8	4,0	4,2	4,3	4,5	4,8

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,1	4,3	4,5	5,0	5,2	5,5	5,6	5,8	6,0	6,2

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,2	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8	5,0	5,2

Задача.Установите эколого-санитарную дозу дефената при содержании 4,8 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 6

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,8	4,0	4,3	4,5	4,8	5,0	5,4	5,5	6,2	6,5

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,5	3,5	3,8	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8	5,0	5,5

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,2	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8	5,0	5,2

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,3	4,4	4,5	5,0	5,2	5,5	5,6	5,8	6,0	6,2

Задача. Установите эколого-санитарную дозу мергеля при содержании 4,9 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 7

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,2	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8	5,0	5,2

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,4	4,5	4,5	5,0	5,2	5,5	5,6	5,8	6,0	6,2

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,9	3,3	3,5	3,5	3,8	4,2	4,4	4,5	4,8	4,8

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,2	5,5	5,8	6,0	6,4

Задача. Установите эколого-санитарную дозу молотого известняка при содержании 5,9 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 8

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,2	3,5	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,2

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,0	4,3	4,5	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,5	4,9	5,0	5,3	5,5	5,8	5,9	6,2	6,4	6,8

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	5,8	5,9	6,2	6,4	6,5

Задача. Установите эколого-санитарную дозу гажи при содержании 5,8 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 9

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,5	4,9	5,0	5,3	5,5	5,7	5,9	6,2	6,4	6,7

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,6	3,9	4,5	5,0	5,5	5,8	5,9	6,2	6,4	6,5

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,6	2,9	3,0	3,3	3,5	3,8	4,2	4,7	5,4	5,5

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,4	4,7	5,2	5,4	5,8

Задача. Установите эколого-санитарную дозу дефената при содержании 6,3 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 10

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,5	4,9	5,0	5,3	5,5	5,7	5,9	6,2	6,4	6,7

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,6	3,9	4,5	5,0	5,5	5,8	5,9	6,2	6,4	6,5

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,6	2,9	3,0	3,3	3,5	3,8	4,2	4,7	5,4	5,5

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,4	4,7	5,2	5,4	5,8

Задача. Установите эколого-санитарную дозу мергеля при содержании 5,6 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 11

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,5	4,7	5,0	5,2	5,3	5,5	5,8	6,0	6,4	6,5

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,4	4,7	5,2	5,4	5,8

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,8	3,0	3,0	3,3	3,5	3,7	4,2	4,5	5,0	5,5

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,5	3,5	3,7	4,2	4,4	4,5	4,8	5,2	5,4	5,5

Задача. Установите эколого-санитарную дозу известковой муки при содержании 6,1 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 12

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,8	3,0	3,0	3,3	3,5	3,7	4,2	4,5	5,0	5,5

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,2	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,7	6,2	6,4	6,8

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,6	3,0	3,2	3,3	3,5	3,8	4,2	4,4	4,8	5,2

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,5	3,5	3,7	4,2	4,4	4,5	4,8	5,2	5,4	5,5

Задача. Установите эколого-санитарную дозу озёрной извести при содержании 6,5 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 13

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,8	3,0	3,0	3,3	4,0	4,1	4,2	4,5	4,8	5,0

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,2	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,7	6,2	6,4	6,8

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,6	3,0	3,2	3,3	3,5	3,8	4,2	4,4	4,8	5,2

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,5	3,5	4,2	4,3	4,4	4,6	4,8	5,2	5,4	5,5

Задача. Установите эколого-санитарную дозу известкового туфа при содержании 6,6 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 14

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,8	3,8	4,0	4,3	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,8

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,4	4,5	4,8	5,0	5,4	5,4	5,8	6,0	6,4	6,6

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	2,8	3,0	3,2	3,4	3,5	3,8	4,2	4,4	4,8	5,4

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,2	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,7	6,2	6,4	6,8

Задача. Установите эколого-санитарную дозу молотого мела при содержании 6,0 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 15

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,3	3,3	3,5	3,5	3,8	4,0	4,3	4,5	4,8	5,2

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,4	4,5	4,5	4,8	5,2	5,4	5,5	5,8	6,0	6,2

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,6	3,8	4,2	4,4	4,6	4,8	5,2	5,4	5,8	6,0

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,2	5,5	6,0	6,2	6,4

Задача. Установите эколого-санитарную дозу известковой муки при содержании 5,4 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ВАРИАНТ 16

Северное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,1	3,3	3,5	3,6	3,8	4,2	4,4	4,5	4,8	5,5

Западное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,2	4,3	4,5	4,8	5,0	5,4	5,5	5,8	6,0	6,4

Восточное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	3,6	3,8	4,2	4,4	4,5	4,8	5,2	5,4	5,8	6,0

Южное направление

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	4,3	4,4	4,5	4,8	5,2	5,4	5,8	6,0	6,2	6,7

Задача. Установите эколого-санитарную дозу гажи при содержании 5,3 мг ионов H^+ в 100 г почвы.

ГЛАВА 7
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ «ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЗДОРОВЬЕ»

В Уставе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) записано, что ***«здоровье является состоянием полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов».***

ВОЗ отмечает, что здоровье зависит от различных факторов (рис. 7.1): образа жизни, генетических факторов, работы органов здравоохранения, состояния окружающей среды. Таким образом, здоровье населения в пределах биологической нормы является функцией как экономических, социальных, так и экологических условий.

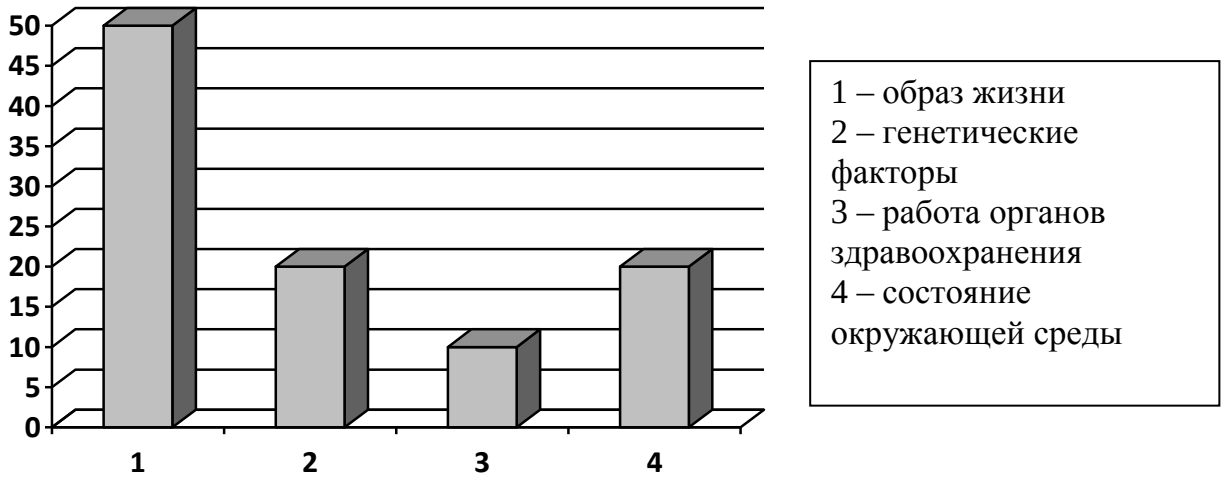


Рис. 7.1. Зависимость здоровья населения от различных факторов (данные указаны в %)

Среди факторов окружающей среды, воздействующих на здоровье человека, в первую очередь следует отметить загрязнение атмосферного воздуха, воды и продуктов питания.

По данным ВОЗ, в мире примерно около 80% случаев заболеваний и смертей связано с загрязнением воды и продуктов питания.

Многочисленные антропогенные загрязнители окружающей среды всегда потенциально опасны для человека. Избыток тех или иных элементов в организме приводит к заболеванию, а попадание в живой организм некоторых веществ нередко приводит к тяжёлым последствиям (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Загрязнение окружающей среды и возможные нарушения здоровья человека

Источник загрязнения	Подвергающийся загрязнению компонент	Основные загрязнители	Возможные нарушения здоровья
ТЭС	Воздух	Пыль, зола	Уменьшение ёмкости лёгких, повреждение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей, заболевания кожи
		Сажа	Повышение заболеваемости раком лёгких, кожи, крови
		Сернистый ангидрид	Общее отравление организма, проявляющееся в изменении состава крови, поражении органов дыхания, нарушении обмена веществ, повышении артериального давления
		Оксиды азота	Резкое раздражение лёгких и дыхательных путей, возникновение в них воспалительных процессов, понижение кровяного давления
Предприятия по производству свинца	Воздух Вода	Аэрозоли соединений свинца	Изменение защитных механизмов организма, нарушение работы сердечно-сосудистой системы, интоксикация ЦНС, расстройства психики, функциональные нарушения печени, почек, желудочно-кишечного тракта, отставание физического развития у детей
Предприятия по производству цинка	Воздух Вода Биота	Соединения цинка, фенол, оксиды азота, ртуть, свинец, кадмий	Увеличение общей заболеваемости, респираторные заболевания

Продолжение табл. 7.1

Источник загрязнения	**Подвергающийся загрязнению компонент**	**Основные загрязнители**	**Возможные нарушения здоровья**
Предприятия по производству ртути	Воздух Вода Биота	Пары ртути и её соединения	Нервно-психические нарушения, повышение общей заболеваемости, необратимые поражения ЦНС и мозга. У детей: гипертония, повышенная пораженность зубов кариесом
Предприятия по производству цемента	Воздух Вода Биота	Оксиды кремния, кальция и магния, мышьяк, ртуть, свинец, фтор	Повышение заболеваемости органов дыхания, пищеварения, горла, носа, уха, слизистой глаз. Кожные заболевания
Текстильные предприятия	Воздух	Хлопковая пыль	Респираторные заболевания (бронхит)
Авто-транспорт	Воздух Вода	Угле-водороды, бензапирен	Раздражение дыхательных путей, появление тошноты, головокружение, сонливость, понижение иммунитета
		Угарный газ	Блокирование гемоглобина крови, приступы коронарной недостаточности
		Оксиды азота	Резкое раздражение лёгких и дыхательных путей, возникновение в них воспалительных процессов
		Озон	Раздражение слизистой оболочки глаз, хронические изменения в лёгких
		Аэрозоль свинца	Свинцовая интоксикация, вплоть до летального исхода. Неврологические расстройства

Здоровье человека также в большей мере определяется его способностью адаптироваться к изменяющимся условиям среды. *Под адаптацией понимается процесс активного приспособления человека к окружающей среде, направленный на обеспечение, сохранение и продолжение нормальной жизнедеятельности в условиях данной среды.* Приспособление может осуществляться за счет биологических и внебиологических (поведенческих) механизмов и заканчиваться состоянием полной адаптированности к условиям среды, т.е. состоянием здоровья, в противном случае – болезнью.

Сегодня больше половины населения планеты живёт в искусственной среде – урбосистеме (городах). *С экологической точки зрения город – это переуплотненный биоценоз, оторванный от природных процессов.* Человек, живущий в городе, болеет гораздо чаще, чем сельский житель по ряду причин.

- Городской житель ведёт значительно менее подвижный образ жизни.
- Воздух в городе сильно загрязнен различными газами, тяжелыми металлами и прочими вредными компонентами.
- Городской житель постоянно контактирует с огромным количеством людей, поэтому вероятность "подхватить" инфекцию у него значительно выше. В городах чаще вспыхивают эпидемии.
- Жизнь среди большого количества людей постоянно ведет к возникновению конфликтных и стрессовых ситуаций, что в свою очередь приводит к возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, язвы желудка и т.д.
- Чрезмерный шум городов может стать причиной нервного истощения, психической угнетенности, вегетативного невроза, язвенной болезни, расстройства эндокринной и сердечно-сосудистой систем.

Высокая плотность населения в городах, загрязнение среды, психоэмоциональная нагрузка, информационное изобилие, оторванность от естественной природной среды ***являются причинами «болезней века» и постоянного их роста:***

- сердечно-сосудистых;
- онкологических;
- аллергических;
- психических расстройств;
- ожирения;
- нарушения биоритмов;
- генетических изменений.

Наблюдается постоянное «омоложение» и рост многих форм патологий. Сегодня всё больше молодых мужчин и женщин страдают «старческим» слабоумием (маразмом) – болезнью Альцгеймера – тяжёлым нейродегенеративным заболеванием, приводящем к полному распаду личности. Самый ранний случай зафиксирован в 28 лет. Альцгеймеровский маразм «появился ниоткуда» в начале 1980-х годов и сегодня уровень маразматиков превосходит уже в 10 раз.

«Помолодело» и другое нейродегенаративное заболевание головного мозга – болезнь Паркинсона. Она возникает уже у молодых людей в возрасте от 20 до 40 лет – ранний паркинсонизм.

За последнее время помолодела онкология – повышается процент заболевших до 40 лет.

Здоровье населения зависит от работы органов здравоохранения – медицины и фармакологии. Сегодня медфарминдустрия полностью находится под контролем корпораций. Всю трагедию медицинской парадигмы показывает статья «Врачи являются третьей ведущей причиной смерти в США» в «Журнале Американской Медицинской Ассоциации (JAMA)» от 26 июля 2000 г. (JAMA.2000;284(4): 483-485. doi:10.1001/jama.284.4.483). Исследования данных по медицине показали, что ***современная медицина приносит больше вреда, чем пользы!*** Медицина является ведущей причиной смерти в США – 783 тыс. 986 в год. Только официальных зарегистрированных осложнений, связанных с приёмом лекарств в больницах США составляет 2,2 млн. в год. Число прописанных антибиотиков, которые заведомо не действуют – 20 млн. в год. Число напрасных операций и медицинских процедур в США – 8,9 млн. в год.

Поскольку изменения в состоянии здоровья зависят не только от возраста людей, их профессиональной деятельности и исходного уровня здоровья, а также от индивидуально-поведенческой ориентации и социально-гигиенических условий жизни, то необходимо говорить о культуре здорового образа жизни. Так возникло новое ответвление биоэкологии – валеология (российский учёный И.И. Брехман, 1980 г.).

Валеология *– наука о причинах, формировании, сохранении и укреплении здоровья.* Как учебная дисциплина она представляет собой совокупность знаний о здоровье и здоровом образе жизни человека. Главной целью валеологии является оздоровление человеческого организма путём привлечения людей к здоровому образу жизни. Сегодня валеологические знания приобретают особую актуальность, в связи с тем, что качество здоровья испытывает неуклонную тенденцию к ухудшению. Поэтому валеология должна применяться в детских садах, школах, высших учебных заведениях.

В данном разделе выполняется 4 лабораторные работы (табл. 7.2), в которых даётся оценка качеству продуктов питания по содержанию в них нитратов, изучается воздействие химических факторов на организм человека на примерах влияния кислотности среды, никотина табачного дыма и алкоголя на белки и ферменты.

Таблица 7.2

Тема работы	**Оцениваемые показатели**	**Методы анализа**	**Номер работы**
Оценка качества продуктов питания на содержание в них нитратов и оценка их кислотности	Концентрация нитратов, pH	Визуально-колориметрический	21
Влияние кислотности среды на активность ферментов слюны	Активность фермента	Визуально-колориметрический	22
Влияние курения на свойства слюны	Активность фермента	Визуально-колориметрический	23
Воздействие алкоголя на свойства белка	Денатурация белка	Визуальный	24

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 21
Оценка качества продуктов питания на содержание в них нитратов и оценка их кислотности

Краткие сведения из теории

Проблема оценки загрязненности продуктов питания химическими веществами имеет непосредственное отношение к качеству продуктов питания – овощей, фруктов, зелени, соков, бутилированной воды.

Содержание нитратов в продуктах питания стало одним из важных показателей их качества.

Говоря о нитратах, подразумеваются в основном нитраты натрия, калия, кальция и магния. Нитраты являются естественными компонентами почвенного раствора и водных экосистем. Они хорошо растворимы в воде: в 1 л воды или почвенной влаги при 20^0С может раствориться до 88 г $NaNO_3$ или 126 г $Ca(NO_3)_2$. Нитрат-анионы не связываются частицами почвы, поэтому они очень подвижны в естественных условиях и легко разносятся грунтовыми водами. Попадая в растения, нитраты частично усваиваются ими.

Загрязнение почв и поверхностных вод соединениями азота обусловлено бесконтрольным использованием азотных удобрений (в основном нитратов) в сельском хозяйстве. Нитратные удобрения (аммиачная, калийная и натриевая селитры) следует вносить в почву, строго соблюдая агротехнические рекомендации. В противном случае основная масса нитратов попадает в водоёмы, вызывая их загрязнение и ускоренную эвтрофикацию.

Нарушение агротехнических норм и правил приводит к избыточному содержанию нитратов в фруктах, овощах, зелени, что приводит к снижению их качества. Существуют виды овощных культур с большим и малым содержанием нитратов. Так, накопителями нитратов являются семейства тыквенных, капустных, сельдерейных. Наибольшее их количество содержится в петрушке, укропе, сельдерее; наименьшее – в томатах, баклажанах, чесноке, зелёном горошке, винограде, яблоках.

Данные о допустимом содержании нитратов в овощах, фруктах и зелени приведены в приложении 5 табл. 1.

Для «самоочищения» овощей и фруктов от нитратов существенным является срок их хранения. Так, зимой и особенно весной нитраты в

количествах, превышающих ПДК, можно встретить лишь в свежей зелени.

Смертельная доза нитратов для человека составляет 8-15 г.
Допустимое суточное потребление – не более 5 мг на 1 кг массы тела человека.
ПДК нитратов в воде водоёмов – 45 мг/л; в почве – 130 мг/кг.
Класс опасности – 3-ий.

Сами по себе нитраты относительно малотоксичны. В биологической среде в результате биохимических реакций они превращаются в нитриты. ***Нитриты токсичнее нитратов в 450 раз.*** Поступая в кровь, они взаимодействуют с гемоглобином крови и блокируют его дыхательную функцию, превращая часть гемоглобина в метгемоглобин, не способный переносить кислород от легких к тканям. При образовании большого количества метгемоглобина (30-40%) возникает кислородное голодание тканей, что может вызвать поражение центральной нервной системы. При содержании в крови 15-20% метгемоглобина у человека возникает легкая слабость, головная боль, синюшность.

Нитриты в желудочно-кишечном тракте человека (в кислой среде) взаимодействуют с соединениями, имеющими вторичные аминогруппы, и превращаются в *N*-нитрозоамины, которые являются канцерогенными соединениями, т.е. способствуют образованию злокачественных опухолей.

Даже если продукт содержит в себе допустимую концентрацию нитратов, его неумеренное употребление может нанести вред организму. Зная концентрацию нитратов в продукте питания и количество продукта, употреблённое в пищу в течение дня, можно рассчитать потреблённое количество нитратов. Таким образом, измерив концентрацию нитратов в продуктах питания, можно не только определить их пригодность для питания, но и оценить допустимые количества потребления.

Другим важным показателем качества продуктов питания является их кислотность. Человек может быть здоров, если в его организме нормально протекает обмен веществ. Основной показатель обменных процессов в организме – это кислотно-щелочной баланс. Нормальное значение pH крови находится в пределах 7,37-7,47. Сдвиг pH ниже 7,37 свидетельствует о переокислении (ацидозе), а выше 7,47 – о переощелачивании (алкалозе) организма. Поэтому еще с давних времен *пищу разделяли на кислую и щелочную. Если первая несет*

болезни и приводит к старению, то вторая дает силы и продлевает годы.

Щелочная пища должна в вашем рационе в три раза превышать кислую.

Продукты в зависимости от их кислотных и щелочных свойств делятся на четыре группы:

- ***сильно закисляющие организм***: мясо (все мясные изделия), рыба, сыр, мороженое, шоколад, конфеты, кондитерские изделия, продукты из белой муки, алкоголь, кофе, газированные напитки, консервы;
- ***закисляющие***: яйца, все молочные продукты (кроме сыра и мороженого), орехи, продукты из муки грубого помола, сахар, бобовые;
- ***ощелачивающие***: фрукты, овощи, грибы, зелёный чай;
- ***сильно ощелачивающие:*** арбуз, зелёный лук, брокколи, зелень, травяной чай, мята.

В данной работе осуществляется оценка качества фруктов, овощей, зелени, соков и бутилированной воды по содержанию в них нитратов, а также оценка их кислотности. Работа выполняется с помощью тест-систем «Нитрат-тест» и «pH», класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3» и «ЭХБ 8.300.1», мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/м».

Задание к работе: за несколько дней до занятия студентам даётся задание принести различные овощи, фрукты, зелень, купленные в магазине или с собственного участка. Их заранее следует вымыть и обсушить. Также можно принести соки и бутилированную воду.

Цель работы: *оценка качества продуктов питания и формирование навыков рационального потребления продуктов на основе сведений о содержании в них нитратов и их кислотности.*

Задачи:

– ознакомиться с теоретическими сведениями содержания нитратов в овощах, фруктах, зелени, соках и бутилированной воде;

– изучить допустимые нормы содержания нитратов в овощах, фруктах и зелени;

– получить представления о кислотности овощей и фруктов;

– освоить методику оценки качества продуктов питания на основе сведений о содержании в них нитратов.

Оборудование: ножницы, пинцет, скальпель, чашка Петри, тест-системы «Нитрат-тест» и «pH», фильтровальная бумага.

Образцы для тестирования: овощи, фрукты, зелень, бутилированная вода, соки.

Ход работы

1. Отрежьте небольшой кусочек фрукта (или овоща), нарежьте его на мелкие кусочки, чтобы выступил сок.

2. Выньте сухими руками полоску тест-системы «Нитрат-тест» из упаковки и отрежьте кусочек индикаторной полоски размером не более 2 мм.

Не отрезайте слишком большой кусочек тест-полоски – в этом нет необходимости. Будьте экономны!

Плёнку с индикаторной бумаги не снимайте! Полимерная плёнка выполняет функцию дозатора.

3. Зажав отрезанную полоску пинцетом, смочите её выделившимся соком (или окуните в сок, бутилированную воду).

4. Через 3 мин сравните окраску рабочего участка полоски с контрольной шкалой на обложке тест-системы.

5. Результаты анализов занесите в сводную табл. 7.3.

Предельно допустимые уровни содержания нитратов в продуктах растительного происхождения (СанПиН 42-123-4619-88) возьмите из приложения 5 табл. 1.

6. Промойте скальпель, пинцет и насухо протрите их фильтровальной бумагой.

7. Аналогично проведите анализ продуктов на кислотность тестом «pH».

8. Результаты анализов занесите в сводную табл. 7.3 по указанной форме, используя данные приложения 5 табл. 2.

9. Сделайте вывод о пригодности исследуемых продуктов питания по содержанию в них нитратов, а также проанализируйте их кислотность. Обязательно укажите условия выращивания растений – закрытый (теплица) или открытый грунт, – так как нормы нитратов для таких культур различны. Допустимое содержание нитратов в продукции, получаемой в теплицах выше, чем при выращивании в открытом грунте.

Таблица 7.3

Результаты исследования качества продуктов

Продукт	**ПДК нитратов, мг/кг**	**Фактическое содержание нитратов, мг/кг**	**Установленное значение pH**	**Фактическое значение pH**
Яблоки				
Петрушка				
Груша				

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Назовите причины загрязнения почв и поверхностных вод нитратами. Каковы причины повышенного содержания нитратов в продуктах питания?
2. Почему нитрат-анион очень подвижен в естественных условиях?
3. Содержание нитратов в различных растениях.
4. Как влияет повышенное содержание нитратов на организм человека?
5. Почему нитриты токсичнее нитратов?
6. Назовите нормы потребления нитратов, ПДК нитратов в водоёмах и почве.
7. Как можно уменьшить содержание нитратов в потребляемых продуктах?
8. Закисляющие и ощелачивающие продукты.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 22
Влияние кислотности среды на активность ферментов слюны

Краткие сведения из теории

В качестве индикатора последствий воздействия химических факторов на организм человека служат *амилазы* – соединения, относящиеся к классу ферментов. Название этого фермента происходит от греческого слова "amylon", что в переводе на русский означает "крахмал". В человеческом организме амилаза содержится в слюне, в крови, поджелудочном и желудочном соках.

Как и другие ферменты, амилазы имеют белковую природу и проявляют каталитические свойства, влияя на скорость биохимических реакций. Амилаза представляет собой фермент гидролазу, который расщепляет сложные углеводы. Активность амилазы обусловлена её способностью ускорять реакцию гидролиза крахмала и гликогена. Расщепление крахмала начинается в полости рта под действием амилазы слюны. Так как каждый фермент проявляет максимум своего каталитического действия при строго определённом значении pH среды, то при повышенной кислотности происходит снижение активности амилаз.

pH-оптимум ферментов слюны человека составляет 6,8-7,0.

О степени расщепления крахмала можно судить по реакции крахмала с раствором йода в течение времени. На этой реакции и основан метод оценки активности амилазы в зависимости от кислотности среды, который предлагается в данной лабораторной работе. Работа выполняется с помощью класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3».

Цель работы: *изучение влияния фактора кислотности на активность ферментов слюны.*

Задачи:

– ознакомиться с теоретическими сведениями о каталитической активности амилазы слюны;

– изучить методику оценки каталитической активности амилазы слюны в зависимости от кислотности среды.

Оборудование из комплекта: пипетки-капельницы 6 шт., пробирки 3 шт., маркер, штатив для пробирок, стакан с меткой «10 мл».

Реактивы и материалы: раствор слюны, раствор крахмала, раствор йода, раствор соляной кислоты (1:10), 0,5%-ный раствор гидроксида натрия, дистиллированная вода, pH-индикаторная бумага, одноразовые стаканы, мерный цилиндр.

Ход работы

1. Приготовьте раствор слюны:

- если необходимо (для удаления остатков пищи) ополосните рот 2-3 раза водой;
- наберите в рот 10 мл дистиллированной воды, подержите полминуты и соберите полученный раствор в стакан с меткой «10 мл»;
- доведите объём с помощью дистиллированной воды до 10 мл.

2. Пронумеруйте три пробирки: № 1 – контрольная; № 2 и № 3 – опытные.

3. Нанесите с помощью маркера и линейки на пронумерованные пробирки три метки сверху вниз на равном расстоянии (через 2 см).

4. Налейте последовательно, используя пипетки:

- в пробирку № 1 до первой метки – раствор слюны, до второй – воду, до третьей – раствор крахмала;
- в пробирку № 2 до первой метки – раствор слюны, до второй – раствор соляной кислоты, до третьей – раствор крахмала;

Соблюдайте осторожность при работе с раствором соляной кислоты.
При попадании его на руки, промойте руки с мылом.

- в пробирку № 3 до первой метки – раствор слюны, до второй – раствор гидроксида натрия, до третьей – раствор крахмала.

5. Оставьте все пробирки на 20 мин для протекания биохимической реакции гидролиза крахмала.

6. С помощью индикаторной бумаги определите pH растворов в пробирках № 2 и № 3. Запишите полученные результаты.

7. Добавьте в каждую пробирку по две капли раствора йода.

8. Для предотвращения взаимодействия йода со щелочью, нейтрализуйте содержимое пробирки № 3, внося по каплям раствор соляной кислоты (2-4 капли). За результатами нейтрализации следите по изменению окраски индикаторной бумаги.

9. Наблюдайте за окраской растворов во всех пробирках.

10. Обработайте результаты эксперимента и сделайте выводы: охарактеризуйте активность ферментов слюны в пробирке № 1 (контрольной), а также в опытных пробирках № 2 и № 3 по изменению интенсивности или исчезновению окраски раствора.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Каталитические свойства амилазы слюны.
2. Характер влияния кислотности среды на активность амилазы.
3. Какие реакции используются в данном методе анализа? Зачем в пробирки добавляется йод?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 23
Влияние курения на свойства слюны

Краткие сведения из теории

Табачный дым состоит из фракции газа и смолы. В его состав входит около 4 тыс. различных компонентов, *около 100 из них – опаснейшие канцерогены* (рис. 1). Еще столько же – *смертельные яды*: синильная кислота, формальдегид, мышьяк, цианид и другие. Также в табачном дыме обнаружены *радиоактивные вещества*: свинец, висмут и полоний.

Техногенный риск от 20 выкуренных сигарет в день равен 500 рентген облучения за год.

Токсические соединения из сигаретного дыма поражают печень, почки, железы внутренней секреции. Первыми страдают самые важные органы: сердце, мозг и легкие.

Рис. 7.2. Некоторые опасные компоненты сигаретного дыма

Активным веществом сигарет является никотин. По степени пристрастия никотин сходен с героином, а его негативные последствия для здоровья популяции в целом гораздо серьезнее. Систематическое курение табака приводит к развитию наркотической зависимости; при этом никотин относится к списку разрешенных к употреблению веществ, но *с научной точки зрения никотин является наркотиком, который в несколько раз вреднее марихуаны*. Коварство сигарет в том, что люди не замечают момента появления зависимости, тем более, что курение табака легально.

Табак – это генное оружие!
Никотин разрушает мужские хромосомы, изменяет генетический код, который передаётся детям.

Никотин из легких в мозг *проникает всего за 7-10 секунд, стимулируя выработку естественных опиатов организма, включая допамин* – мозг доволен и требует повторения, так как приятный психостимулирующий эффект длится не более 30 мин. Таким образом, создается физическая зависимость, которая порождает неприятные симптомы, когда уровень никотина в организме падает. Кроме того, из-за быстрого привыкания к наркотизирующему действию никотина, курильщикам требуется все больше сигарет для достижения чувства благополучия. Поэтому курение убивает не сразу, а постепенно, год за годом, воздействуя на все системы и органы. Токсины отравляют нервную систему, встраиваются в обмен веществ и накапливаются в тканях. Через некоторое время *у курящих проявляются первые признаки хронического отравления:* ухудшается кровообращение, снижается концентрация внимания, появляются неврологические расстройства, заболевания сердечно-сосудистой системы и легких.

Легкие человека, который выкуривает полпачки сигарет в день, чернеют уже на второй год систематического курения.

Никотин оказывает психотропное нейротоксическое действие, возбуждает ЦНС, вызывает спазм сосудов. Вследствие сосудистого спазма нарушается питание тканей кислородом, что приводит к повышенному риску ранних инфарктов и инсультов. Нарушение кровообращения сказывается и на состоянии кожи, зубов, волос и ногтей. У курящих чаще возникают воспалительные заболевания и нарушение зрения.

Курение имеет непосредственное отношение к раку легкого, слизистой рта, гортани, пищевода, мочевого пузыря, лоханки почки, поджелудочной железы, шейки матки. Между курением и развитием острого лейкоза существует прямая зависимость: примерно в 20% случаев острый миелолейкоз вызван курением.

Человек, выкуривающий ежедневно 2 пачки, может заболеть раком легкого в 15 раз чаще, чем некурящий.

Курение является этиологическим фактором развития острого бронхита, бронхиальной астмы, гастрита, язвы желудка.

Хроническая интоксикация никотином вызывает атеросклероз, ишемическую болезнь сердца.

Всем известно влияние никотина при «хроническом» курении. Однако, мало кто знает, что возможно и острое отравление никотином.

Смертельная доза никотина для человека колеблется от 0,5 мг до 1 мг на 1 кг массы тела. Токсическая концентрация никотина в крови – около 5 мг/л, смертельная – 5-22 мг/л (в зависимости от индивидуальных свойств организма).

Это означает, если одномоментно выкурить пачку сигарет, человек может погибнуть от острого отравления.

Вред курения сказывается и на поведении человека в обществе, его отношении к действительности. С началом никотинового синдрома человек становится раздражительным, вспыльчивым, рассеянным, внимание его ослабляется, память нарушается. Для таких людей характерны бессонница, причудливые сны, лабильность настроения, дереализация, нарушение личностного функционирования. Эти проявления связаны с таким нейротропным ядом, как алкалоид никотина.

Подростки, начинающие курить с 12-13 лет, отстают в школе от сверстников во многом потому, что *ухудшается работа головного мозга*, так как токсические соединения табачного дыма убивают клетки мозга, разрушая его.

Помните: не только активное, но и пассивное курение убивает, ведь безопасного количества никотина для человека не существует!

В современном мире появились новые «увлечения» – курительные смеси (спайсы) и электронные сигареты.

Мода на курительные смеси началась в 2004 г., а уже к 2007 г. она охватила практически все страны мира. Курительные смеси содержат синтетическое наркотическое вещество (каннабиноид – активное вещество гашиша и марихуаны), которое оказывает влияние на психику человека и вызывает тяжёлую интоксикацию организма.

В процессе употребления курительных смесей происходит изменение сознания курильщика, сопровождающееся галлюцинациями. Человек полностью теряет контроль над своими действиями, потому становится чрезвычайно опасным.

Курительные смеси занесены в списки запрещенных веществ во многих странах. В 2010 г. постановлением Правительства РФ веден запрет на производство, хранение и сбыт курительных смесей. В перечень психотропных и наркотических веществ были внесены 298 растений, содержащих сильнодействующие наркотические и ядовитые вещества, и 23 синтетических каннабиноида. В соответствии с действующим законодательством лица, осуществляющие незаконный оборот (приобретение, хранение, изготовление, перевозку, переработку, сбыт) указанных наркотических средств, будут привлекаться к уголовной ответственности сроком до 20 лет (ст. 228.1 УК РФ).

Электронные сигареты (ЭС) отличаются от обычных тем, что нет процесса горения и вещества втягиваются не с дымом, а с паром. И многим это даёт основание утверждать, что ЭС безопаснее обычных сигарет (или сигар), так как в них нет вредных веществ, образующихся в процессе горения. Так рождаются опасные мифы. Приведём некоторые аргументы против ЭС.

- ЭС – это новый виток наркомании.
- **Вред от никотина такой же, как и от обычных сигарет.** Количество же никотина в отдельных «крепких» разновидностях жидкостей для курения может достигать 25 мг на один миллилитр.
- ЭС содержат «умеренно опасные» вещества, но **в чудовищных концентрациях.**
- Увеличивается длительность процесса «курения» и частота употребления, так как отсутствуют психологические, поведенческие и законодательные ограничения.
- Некоторые вещества цитотоксичны, т.е. запускают программу **самоуничтожения клеток** (апоптоз).
- ЭС **доставляют никотин непосредственно в легкие**, так как происходит не курение, а ингаляция.
- ЭС создают социальный имидж курения – некую «элитарность». Возникла новая субкультура: вейперы считают себя модными и современными.
- Отсутствие регулирования и стандартов надзора за производством электронных сигарет.

- Не проведены исследования о влиянии компонентов раствора ЭС при длительной ингаляции на здоровье.
- Использование ЭС **не избавляет от никотиновой зависимости**, как заявляют производители, напротив, формирует её у вейперов.
- К «курению» электронных сигарет приобщаются не только взрослые, но и подростки, дети, беспрепятственно используя их в общественных местах и даже в школах. Воспрепятствовать этому в силу отсутствия законодательного запрета на их применение и распространение невозможно.

И если мы говорим об экологии, сохранении жизни на планете, то необходимо начинать с себя, с заботы о своём здоровье и своей жизни.

С 2014 г. в РФ наблюдается ежегодное снижение рынка табачных изделий.
В 2014 г. в России было зафиксировано резкое падение продаж табачных изделий на 10%.

В данной лабораторной работе рассматривается одно из проявлений вредного влияния никотина на организм человека. При курении ухудшается способность слюны к гидролитическому расщеплению крахмала. Это ухудшение может быть вызвано как снижением активности содержащихся в слюне ферментов амилаз, так и снижением их концентрации в слюне из-за пониженной секреции (выделения ферментов в слюну особыми железами).

Данная работа выполняется с помощью класс-комплекта «ЭХБ 8.300.3» и «ЭХБ 8.300.1».

Цель работы: *изучение пагубного влияния курения на организм человека через изменение свойств слюны курильщика.*

Задачи:

– ознакомиться с теоретическими сведениями о пагубном влиянии курения табака, спайсов и электронных сигарет на организм человека;

– освоить методику оценки активности амилазы слюны;

– изучить влияние никотина на активность амилазы.

Оборудование из комплекта: пипетки 4 шт., пробирки 2 шт., штатив для пробирок, стакан с меткой «50 мл», маркер, одноразовые стаканы.

Реактивы и материалы: растворы слюны (некурящего и курильщика), раствор крахмала, раствор йода, дистиллированная вода, мерный цилиндр, стакан на 200 мл.

Ход работы

1. Приготовьте раствор слюны некурящего студента:

- если необходимо (для удаления остатков пищи) ополосните рот 2-3 раза водой;
- наберите в рот 10 мл дистиллированной воды, подержите полминуты и соберите полученный раствор в стакан с меткой «10 мл»;
- доведите объём с помощью дистиллированной воды до 10 мл.

2. Аналогично приготовьте раствор слюны курильщика. Проба слюны берется сразу после выкуренной сигареты.

3. Пронумеруйте пробирки и нанесите с помощью маркера и линейки по две метки снизу вверх на равном расстоянии (через 2 см).

4. Налейте последовательно, используя пипетки:

- в пробирку № 1 до первой метки – раствор слюны некурящего, до второй – раствор крахмала;
- в пробирку № 2 до первой метки – раствор слюны курильщика, до второй – раствор крахмала.

5. Добавьте в пробирки по 2 капли раствора йода.

6. Поставьте обе пробирки в стакан с тёплой водой.

7. Через 10 мин наблюдайте за изменением интенсивности синего окрашивания растворов. Оцените скорость изменения окраски в каждой пробирке.

8. Сделайте вывод о влиянии никотина на активность ферментов слюны по их способности к расщеплению крахмала.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Назовите вредные компоненты сигаретного дыма.
2. Является ли никотин наркотиком?
3. Какие органы человека поражает никотин?
4. Вредное влияние никотина на организм человека.
5. Назовите смертельные дозы никотина для человека.
6. Как влияет никотин на поведение человека?
7. Как влияет никотин на активность ферментов слюны по их способности к расщеплению крахмала?
8. Объясните используемый в работе способ проверки активности слюны к гидролитическому расщеплению крахмала.
9. Какое вещество является реактивом на крахмал и почему?
10. Опасность употребления курительных смесей. Законодательные меры по запрету спайсов.
11. Электронные сигареты. Приведите аргументы против ЭС.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 24
Воздействие алкоголя на свойства белка

Краткие сведения из теории

Алкоголь *(пиво, вино, водка, коктейли, энергетические напитки)* – ***наркотический*** *(вызывающий зависимость),* ***протоплазматический*** *(разрушающий клетки изнутри),* ***нейротропный*** *(поражающий нервную систему) и* ***мутагенный*** *(вызывающий мутации)* ***яд.***

Обратите внимание, как за 20 лет поменяли определение этилового спирта по ГОСТ.

- ГОСТ 18300-72 Пункт 5.1. Этиловый спирт – легковоспламеняющаяся, бесцветная жидкость с характерным запахом, ***относится к сильнодействующим наркотикам,*** вызывающим сначала возбуждение, а затем ***паралич нервной системы.***
- ГОСТ 5964-82 Пункт 4. Этиловый спирт – легковоспламеняющаяся жидкость с характерным запахом, ***относится к сильнодействующим наркотикам.***
- ГОСТ 5964-93 Пункт 7. Этиловый спирт – легковоспламеняющаяся жидкость с характерным запахом.

Вас убивают целенаправленно!

Алкоголь – внутриклеточный яд, разрушающе действующий на все системы и органы человека! В клетках печени этанол превращается в уксусный альдегид, который в несколько раз токсичнее этилового спирта. При систематическом употреблении спиртных напитков даже небольшие дозы алкоголя резко увеличивают концентрацию уксусного альдегида, теряется самоконтроль и появляется тяга к очередной дозе алкоголя взамен быстро распавшейся.

Безвредной дозы пива, вина или водки не существует!

Алкоголь разрушает мозг, убивая нейроны. После четырёх лет употребления алкоголя головной мозг становится «сморщенным» из-за гибели миллиардов нейронов.

Систематическое употребление алкоголя приводит к уменьшению массы головного мозга!
У женщин потеря вещества мозга, наступает быстрее, чем у мужчин.

Алкоголь подавляет функцию коры головного мозга, поведением человека начинают управлять подкорковые образования: *человек становится агрессивным, проявляются его низменные биологические инстинкты, падает нравственность, наступает деградация личности.*

Алкоголь угнетает активность нервных клеток, развивается заторможенность, происходит замедление речи, нарушается умственная деятельность, снижается концентрация внимания, повышается возможность получения травм, несчастных случаев и смертельных исходов.

Под влиянием даже самых малых доз алкоголя ухудшаются умственные способности и память. Всего 25 г водки ухудшают запоминание на 60-70%.

Полное восстановление функций головного мозга после употребления алкоголя происходит через 18-20 дней. Таким образом, *если люди употребляют алкоголь два раза в месяц, то их мозг не способен работать на уровне возможностей, данных им природой.*

Алкоголь (этиловый спирт) – генное оружие.

При употреблении алкоголя он задерживается в половых железах, где его у женщин на 35%, а у мужчин на 55% больше, чем в крови. Даже однократный приём алкоголя объёмом 250-300 мл снижает концентрацию в крови мужского полового гормона тестостерона в 4 раза и соответственно снижает половую функцию. Уже через час после приёма алкоголя он обнаруживается в семени у мужчины и в яичниках у женщины (*у женщин репродуктивный материал не обновляется – женщина рождается с определенным набором яйцеклеток!*). При слиянии мужской и женской половых клеток, отравленных алкоголем, получаются неполноценные зародыши.

Более 90% детей с психическими и физическими отклонениями рождены от родителей, которые начали пить в школьном возрасте.

Алкоголь один из ведущих факторов риска смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Хроническая алкогольная интоксикация сокращает продолжительность жизни мужчин, имеющих заболевания сердечно-сосудистой системы, в среднем на 17 лет.

Злоупотребление алкоголем способствует развитию и прогрессированию гипертонии, ишемической болезни сердца,

образованию тромбов в артериях, развитию инсультов головного мозга, инфаркта миокарда. Алкоголь является причиной развития гастрита, жировой дистрофии печени, острого и хронического гепатита, цирроза печени, хронической почечной недостаточности, анемии; способствует развитию язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, острой пневмонии; усугубляет течение гепатитов В и С; подавляет иммунитет. У любителей алкоголя чаще встречается туберкулёз лёгких.

По данным ВОЗ, алкоголь вызывает у человека более 60 заболеваний и расстройств.

Ещё более опасен пивной алкоголизм. Пиво является эффективнейшим оружием массового поражения. Оно вызывает отравление этиловым спиртом и сивушными маслами, приводит к синдрому «винного сердца», нарушает гормональную систему человека, разрушает печень быстрее, чем другие спиртные напитки.

Мужчины – любители пива – замещают мужской гормон тестостерон на женский, содержащийся в пиве, от чего меняется их облик: расширяется таз; жир на теле откладывается по женскому типу – на бёдрах, животе и ягодицах; разрастаются грудные железы; меняется характер – исчезает активность, стремление к победе, слабеет воля, развивается апатия, безразличие к окружающему, импотенция.

Пиво – это смесь алкоголя с наркотиками – марихуаной, гашишем, морфином.

Для возникновения алкогольной зависимости у подростков, употребляющих пиво, достаточно 1,5-2 года. При пивном алкоголизме уменьшается продолжительность жизни: если алкоголизм сокращает жизнь в среднем на 20-22 года, то пивной – на 25-27 лет.

В пиве также обнаружены канцерогены, вызывающие раковые заболевания. Один литр пива оказывает на организм такое же действие, как и 87 мл водки, а по суммарному токсическому действию превышает токсичность водки. Слабоалкогольные напитки особенно опасны для подростков и женщин, так как именно через них они быстро приобщаются к употреблению алкоголя – формируется привычка, переходящая в зависимость.

Вино кроме этилового спирта содержит пропиловый, изопропиловый и бутиловый спирт (эти спирты содержатся также в пиве), которые являются ядами. *Допустимые нормы этих*

ядов в водоёмах, пригодных для бытового использования, в десятки и сотни раз ниже, чем концентрация их в винах.

Любители вина страдают хроническим алкоголизмом в 4 раза чаще, чем лица, употребляющие водку. Влечение к вину проявляется сильнее, а течение винного алкоголизма более злокачественное. Чаще, чем при водочном алкоголизме, наступают приступы белой горячки.

Энергетические напитки содержат до 9% алкоголя и ударные дозы кофеина – психоактивного, стимулирующего вещества, – поэтому быстро формируется алкогольная зависимость от малых доз.

Помните!

1. ***Алкоголь в любых видах – это яд!*** Отдельные полезные свойства алкогольных изделий не могут превысить их вред, поэтому недопустимо рекомендовать их употребление в лечебных или пищевых целях.

2. ***Алкоголь вреден в любых дозах!***

3. ***Алкоголь вызывает психическую и физическую зависимость, приводит к инвалидности и преждевременной смерти.***

4. ***Алкоголь вызывает моральную и умственную деградацию, разрушает семьи, приводит к преступлениям.***

5. ***Алкоголь приводит к рождению неполноценного потомства.***

6. ***Пропаганда раннего приобщения к «культуре» пития в семье вредна и опасна для подрастающего поколения, так как способствует «воспитанию» будущих потребителей алкоголя.***

7. ***Пропаганда алкоголя в кинематографе работает на «воспитание» потребителей алкоголя*** *и на увеличение производства и продажи алкоголя.*

В данной лабораторной работе рассматривается действие алкоголя на структуру белка, вызывающее его денатурацию.

Работа выполняется с помощью класс-комплекта «ЭХБ 3.800.3».

Цель работы: *изучение воздействия алкоголя на свойства белка.*

Задачи:

– получить теоретические сведения о вреде алкоголя на организм человека;

– изучить влияние алкоголя на белок.

Оборудование из комплекта: пипетка-капельница, пробирки 2 шт., штатив для пробирок, воронка стеклянная.

Реактивы и материалы: этиловый спирт, яйцо куриное, дистиллированная вода, стакан на 200 мл, стеклянная палочка,

неплотный ватный фильтр, мерная пробирка, мерный цилиндр, воронка лабораторная.

Задание к работе: студентам даётся задание принести на занятие куриное яйцо.

Ход работы

1. Приготовьте раствор яичного белка:
   - к 25 мл яичного белка (одно куриное яйцо) добавьте 100 мл дистиллированной воды;
   - смесь размешайте до растворения;
   - профильтруйте через ватный фильтр.
2. Налейте в две пробирки по 2 мл раствора яичного белка.
3. В одну пробирку добавьте 5 мл воды, в другую – столько же этилового спирта.
4. Сравните полученные растворы и сделайте вывод о воздействии алкоголя на белок.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Каким ядом является алкоголь?
2. Почему любой алкоголь и в любой дозе опасен?
3. Почему алкоголь является генным оружием?
4. Чем опасен пивной алкоголизм?
5. Вред от употребления вина и энергетических напитков.
6. Что необходимо знать об алкоголе, чтобы эффективно противостоять пропаганде его употребления?
7. Как воздействует алкоголь на свойства белка. Почему во второй пробирке выпал осадок?

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ
ОТЧЁТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Арзамасский политехнический институт
(филиал НГТУ)

Кафедра технологии машиностроения

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

**Экологическая экспертиза
техногенного загрязнения воздуха
производственной зоны**

Выполнил:
студент группы_____
Ф.И.О._____
Проверил:
доцент, к.х.н._____

Арзамас, 20___г.

Приложение 2
Таблица 1

Сочетание вредных веществ, обладающих суммацией действия (синергизм)

1.	Ацетон и фенол
2.	Ацетальдегид и винилацетат
3.	Ацетон, фурфурол, формальдегид и фенол
4.	Ацетон, акролеин и фталевый ангидрид
5.	Ацетон и ацетофенон
6.	Аэрозоли пентоксид ванадия и окисей магния
7.	Аэрозоли пентоксид ванадия и сернистый ангидрид
8.	Аэрозоли пентоксид ванадия и триокиси хрома
9.	Бензол и ацетофенон
10.	Валериановая, капроновая и масляная кислоты
11.	Вольфрамовый и сернистый ангидрид
12.	Гексахлоран и фазолон
13.	Диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота и фенол
14.	Диоксид серы и аэрозоль серной кислоты
15.	Диоксид серы, триоксид серы, аммиак и оксиды азота
16.	Изопропилбензол и гидроперекись изопропилбензола
17.	Изобутенилкарбинол и диметилвинилкарбинол
18.	Метилгидропиран и метилентетрагидропирен
19.	Озон, оксид азота (IV), формальдегид
20.	Оксид углерода, диоксид азота, формальдегид и гексан
21.	Сернистый ангидрид и фенол
22.	Сернистый ангидрид и оксид азота (IV)
23.	Сернистый ангидрид и фтористый водород
24.	Сернистый ангидрид и аэрозоль серной кислоты
25.	Сернистый ангидрид и сероводород
26.	Сернистый ангидрид и никель металлический
27.	Сернистый ангидрид, оксид углерода и этил конверторного пр-ва
28.	Сернистый и серный ангидриды, аммиак, оксиды азота
29.	Сероводород и динил
30.	Сильные минеральные кислоты (серная, соляная, азотная и др.) в концентрации по водородному иону
31.	Уксусная кислота и уксусный ангидрид
32.	Фенол и ацетофенон
33.	Фурфурол, метанол, этанол
34.	Циклогексан и бензол
35.	Этилен, пропилен, бутилен и амилен
36.	2,3-Дихлор-1,4-нафтохинон и 1,4-нафтохинон

Приложение 2

Таблица 2

Предельно допустимые концентрации веществ в атмосферном воздухе

№	Вещества	ПДК, мг/м^3	
		Максимально разовая	Среднесуточная
1.	Азотная кислота:		
	по молекуле	0,4	0,4
	по водородному иону	0,006	0,006
2.	Акролеин	0,03	0,03
3.	α-Метилстирол	0,04	0,04
4.	α-Нафтохинон	0,005	0,005
5.	Амилацетат	0,1	0,1
6.	Амилон	1,5	1,5
7.	Аммиак	0,2	0,2
8.	Анилин	0,05	0,05
9.	Ацетальдегид	0,01	0,01
10.	Ацетон	0,35	0,35
11.	Ацетофенон	0,003	0,003
12.	β-Диэтиламиноэтилмеркаптан	0,6	0,6
13.	Бензол	1,5	0,8
14.	Бензин (нефтяной, в пересчёте на С)	5,0	1,5
15.	Бензин (сланцевый, в пересч. на С)	0,05	0,05
16.	Бутан	200	–
17.	Бутилацетат	0,1	0,1
18.	Бутилен	3,0	3,0
19.	Бутиловый спирт	0,1	–
20.	Бутифос	0,01	0,01
21.	Высшие алифатические амины	0,003	0,003
22.	Валериановая кислота	0,03	0,01
23.	Ванадия пятиоксиь	–	0,002
24.	Венилацетат	0,15	0,15
25.	Гексаметилендиамин	0,001	0,001
26.	Гексахлорциклогексан	0,03	0,03
27.	Дивинил	3,0	1,0
28.	Динил	0,01	0,01
29.	Дикетен	0,007	–
30.	Диметиланилин	0,0055	0,0055
31.	Диметилсульфид	0,08	
32.	Диметиламин	0,7	–
33.	Диметилформамид	0,03	0,03
34	Дихлоэтан	3,0	1,0
35.	2,3-Дихлор-1,4-нафтохинон	0,05	0,05

Продолжение приложж. 2 табл. 2

№	Вещества	ПДК, мг/м^3	
		Максимально разовая	Среднесуточная
36.	Диэтиламин	0,05	0,05
37.	Изопропилбензол	0,014	0,014
38.	Изооктанол	0,15	–
39.	Изооктиловый спирт	0,15	0,15
40.	Изопропилбензола гидроперекись	0,007	0,007
41.	Изопропиловый спирт	0,6	0,6
42.	Капролактам	0,06	0,06
43.	Капроновая кислота	0,01	0,005
44.	Карбофос	0,015	–
45.	Ксилол	0,2	0,2
46.	Малеиновый ангидрид	0,2	0,05
47.	Марганец и его соединения	–	0,01
48.	Масляная кислота	0,015	0,01
49.	Мезидин	0,003	0,003
50.	Метанол	1,0	0,5
51.	Метафос	0,008	–
52.	Метахлорфенилизоцианат	0,005	0,005
53.	Метилакрилат	0,01	0,01
54.	Метилмеркаптан	$9 \cdot 10^{-6}$	–
55.	Метилметакрилат	0,1	0,1
56.	Монометиланилин	0,04	0,04
57.	Монотиоэтиленгликоль	0,07	0,07
58.	Монометиламин	0,01	0,01
59.	Моноэтаноламин	0,5	0,5
60.	Метилацетат	0,07	0,07
61.	Мышьяк (неорганические вещества)	–	0,003
62.	Нафталин	0,003	0,003
63.	Нитробензол	0,008	0,008
64.	Нитрохлорбензол (пара- и орто-)	–	0,004
65.	Окситетрациклин	0,1	–
66.	Парахлоранилин	0,04	0,01
67.	Парахлорвинилизоционат	0,0015	0,0015
68.	Пентан	100,0	25,0
69.	Пенициллин	0,05	0,0025
70.	Пиридин	0,08	0,08
71.	Пропилен	3,0	3,0
72.	Пропиловый спирт	0,3	0,3
73.	Пыль нетоксическая	0,5	0,15
74.	Ртуть металлическая	–	0,0003

Продолжение приложж. 2 табл. 2

№	Вещества	ПДК, мг/м^3	
		Максимально разовая	Среднесуточная
75.	Сажа (копоть)	0,15	0,05
76.	Свинец и его соединения (кроме тетраэтилсвинца)	–	0,0007
77.	Серная кислота:		
	по молекуле	0,3	0,1
	по водородному иону	0,006	0,002
78.	Сернистый ангидрид	0,5	0,05
79.	Свинец сернистый	–	0,0017
80.	Сероводород	0,008	0,008
81.	Синильная кислота	–	0,01
82.	Соляная кислота		
	по молекуле	0,2	0,2
	по водородному иону	0,006	0,006
83.	Стирол	0,003	0,003
84.	Тетрагидрофуран	0,2	0,2
85.	Тетрациклин	0,01	0,01
86.	Тиофен	0,6	–
87.	Толуилендиизоционат	0,05	0,02
88.	Толуол	0,6	0,6
89.	Триэтиламин	0,14	0,14
90.	Трихлорэтилен	4,0	1,0
91.	Оксид углорода (II)	3,0	1,0
92.	Углерод четыреххлористый	4,0	2,0
93.	Уксусная кислота	0,2	0,06
94.	Уксусный ангидрид	0,1	0,03
95.	Фенол	0,01	0,01
96.	Формальдегид	0,035	0,012
97.	Фосфорный ангидрид	0,15	0,05
98.	Фталевый ангидрид (пар, аэрозоль)	0,1	0,1
99.	Фтористые соединения:		
	а) газообразные (HF, SiF_4);	0,02	0,005
	б) хорошо растворимые неорганические фториды;	0,03	0,01
	в) плохо растворимые неорганические фториды;	0,2	0,03
	г) при совместном присутствии фтора и фторосолей	0,03	0,01
100.	Фурфурол	0,05	0,05
101.	Хлор	0,1	0,03

Продолжение приложж. 2 табл. 2

№	Вещества	ПДК, мг/м^3	
		Максимально разовая	Среднесуточная
102.	Хлорбензол	0,1	0,1
103.	Хлоропрен	0,1	0,1
104.	Хлоранилин (мета-)	–	0,01
105.	Хлорофос	0,04	0,02
106.	Хлортетрациклин кормовой	0,05	0,05
107.	Хлоргидратокситетрациклин	0,01	–
108.	Хром (Cr^{3+}, в пересчёте на CrO_3)	0,0015	0,0015
109.	Циклогексан	1,4	1,4
110.	Циклогексанол	0,06	0,06
111.	Циклокексанон	0,04	–
112.	Циклогексаноноксим	0,1	–
113.	Эпихлоргидрин	0,2	0,2
114.	Этанол	5,0	5,0
115.	Этилацетат	0,1	0,1
116.	Этилбензол	0,02	0,02
117.	Этиленсульфид	0,5	–
118.	Этилен	3,0	3,0
119.	Оксид этилена	0,3	0,03
120.	Этиленимин	0,001	0,001
121.	Фреоны	100,0	10,0

Приложение 2

Таблица 3

Значение предельно допустимых концентраций для взвешенных веществ (пылей) различной природы

Тип взвешенного вещества	**$ПДК_{сут.}$, мг/м^3**
1. Взвешенные вещества	0,15
Неорганические вещества	
2. Хлорид натрия	0,15
3. Пыль фосфоцементная	0,5
4. Цемент	0,02
5. Сажа	0,05
6. Свинец и его соединения	0,0003
7. Угольная зола ТЭС	0,02
Органические вещества и препараты бытовой химии	
8. Текстолит	0,04
9. Бытовое средство «Пемолюкс»	0,02
10. СМС типа «Кристалл» (поалкилсульфонату натрия)	0,01
Биогенные вещества	
11. Белок пыли витаминно-белкового концентрата	0,001
12. Комбикорм	0,01
13. Пыль меховая (пух, шерсть)	0,03
14. Хлопок	0,05
15. Хитин	0,0005
16. Сушенный панцирь креветки	0,0001
17. Углеродные волокнистые материалы на основе гидратцеллюлозы	0,05

Приложение 3

Таблица 1

Некоторые показатели качества питьевой воды и воды поверхностных источников хозяйственно-питьевого назначения (СанПиН 2.1.4.559-96, СанПиН 2.1.4.544-96, ГОСТ 17.1.3.03)

Показатель	**Норматив качества**	**Метод определения**	**Диапазон определяемых концентраций**	**Объём пробы для анализа, мл**
Органолептические показатели				
1. Запах	не более 2 баллов	органолептический	–	–
2. Вкус и привкус	не более 2 баллов	органолептический	–	–
3. Цветность	–	визуальный	–	10-12
4. Мутность	–	визуальный	–	10-12
Химический состав				
1. pH	6,5-8,5	визуально-колориметрический	4,5-5,0-5,5-6,0-6,5-7,0-8,0-8,5-9,0-10,0-11,0 ед. pH	
2. Алюминий (Al^{3+})	0,5 мг/л	визуально-колориметрический	0-0,5-2,0-6,0 мг/л	10
3. Аммоний (NH_4^+)	2,5 мг/л	визуально-колориметрический	0-0,2-0,7-2,0-3,0 мг/л	5
4. Железо общее (Fe^{2+} и Fe^{3+})	0,3 мг/л	визуально-колориметрический	0-0,1-0,3-0,7-1,0-1,5 мг/л	10
5. Кальций (Ca^{2+})	200 мг/л	титриметрический	2-500 мг/л	2,5-250
6. Магний (Mg^{2+})	100 мг/л	расчётный	–	–
7. Натрий и калий (сумма катионов Na^+ и K^+)	200 мг/л	расчётный	–	–
8. Общая жёсткость (Ca^{2+} и Mg^{2+})	10^0Ж	титриметрический	0,05-20^0Ж	2,5- 250

Продолжение приложж. 3 табл. 1

Показатель	**Норматив качества**	**Метод определения**	**Диапазон определяемых концентраций**	**Объём пробы для анализа, мл**
9. Сумма тяжёлых металлов	0,1 мкмоль/л	визуально-колориметрический	0-0,1-0,3-0,5-1,0 мкмоль/л	25
10. Гидро-карбонат (HCO_3^-)	1000 г/л	титриметрический	30-1200 мг/л	10
11. Карбонат (CO_3^{2-})	100 г/л	титриметрический	30-1200 мг/л	10
12. Карбонатная жёсткость	20^0Ж	расчётный	–	–
13. Нитрат (NO_3^-)	45 мг/л	визуально-колориметрический	0-1,0-5-10-20-45 мг/л	6
14. Нитрит (NO_2^-)	0,1 мг/л	визуально-колориметрический	0-0,02-0,1-0,5-2,0 мг/л	5
15. Сульфат (SO_4^{2-})	500 мг/л	титриметрический	30-300 мг/л	10
16. Фосфаты (по PO_4^{3-})	3,5 мг/л	визуально-колориметрический	0-0,5-1,0-3,5-7,0 мг/л	10
17. Фторид (F^-)	0,7-1,5 мг/л	визуально-колориметрический	0-0,2-0,7-2,0 мг/л	2,5
18. Хлорид (Cl^-)	350 мг/л	визуально-колориметрический	4-1200 мг/л	1-250

Приложение 3

Таблица 2

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов хозяйственно-питьевого водопользования (нормативы ПДП)

№	Показатели состава и свойств воды	Категория водопользования
		Для хозяйственно-бытового водоснабжения
1.	Взвешенные вещества	Для водоёмов, содержащих **более 30 мг/л** природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания взвешенных веществ в воде **в пределах 5 %.** Взвеси со скоростью выпадения **более 0,4 мм/с** для проточных водоёмов и **более 0,2 мм/с** для водохранилищ *к спуску запрещаются*.
2.	Плавающие примеси (вещества)	На поверхности водоёма ***не должны обнаруживаться*** *плавающие плёнки, пятна минеральных масел и скопление других примесей.*
3.	Запахи, привкусы	Вода не должна приобретать запахи и привкусы интенсивностью **более 2 баллов,** обнаруживаемых непосредственно или при последующем хлорированием.
4.	Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике **высотой 20 см**.
5.	Температура	Летняя температура воды в результате спуска сточных вод **не должна повышаться более, чем на 3^0С** по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет.
6.	Реакция среды	**pH не должна выходить за пределы 6,5 – 8,5.**
7.	Минеральный состав	**Не должен превышать** сухого остатка **1000 мг/л** в том числе **хлоридов 350 мг/л и сульфатов 500 мг/л.**

Продолжение приложж. 3 табл. 2

№	Показатели состава и свойств воды	Категория водопользования
		Для хозяйственно-бытового водоснабжения
8.	Растворённый кислород	**Не должен быть менее 4 мг/л** в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч. дня.
9.	Биохимическая потребность в кислороде	Полная потребность воды в кислороде при 20^0С **не должна превышать 3,0 мг/л.**
10.	Возбудители заболеваний	Вода **не должна содержать** возбудителей заболеваний.
11.	Ядовитые вещества	**Не должны содержаться** в концентрациях, могущих оказать прямо или косвенно вредное действие на организмы и здоровье населения.

Приложение 3

Таблица 3

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде хозяйственно-питьевого водопользования

№	Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
1.	Адипат натрия	**Санитарно-токсикологический**	1,0
2.	Акриловая кислота	–«–	0,5
3.	Аллил цианистый	–«–	0,1
4.	Анилин	–«–	0,1
5.	Ацетонциангидрин	–«–	0,001
6.	Ацетофенон	–«–	0,1
7.	Бензол	–«–	0,5
8.	Бериллий (Be^{2+})	–«–	0,0002
9.	Бром	–«–	0,2
10.	Ванадий (V^{5+})	–«–	0,1
11.	Винилацетат	–«–	0,2
12.	Висмут ($Bi^{3+)}$	–«–	0,5
13.	Висмут ($Bi^{5+)}$	–«–	0,1
14.	Вольфрам	–«–	0,1
15.	Гексаметилендиамин	–«–	0,01
16.	Гексахлорбензол	–«–	0,05
17.	Гексоген	–«–	0,1
18.	Гидразин	–«–	0,01
19.	Гидроперекись изопропилбензола	–«–	0,5
20.	Гептиловый спирт	–«–	0,0005
21.	ДДТ	–«–	0,1
22.	Диизопропиламин	–«–	0,5
23.	Диизопропилбензол	–«–	0,05
24.	Диметиламин	–«–	0,1
25.	Диметилдиоксан	–«–	0,005
26.	Диметилдитикарбомат	–«–	0,5
27.	Диметилфенилкарбинол	–«–	0,05
28.	Динитрил адипиновой кислоты	–«–	0,1
29.	Динитродиэтиленгликоль	–«–	1,0
30.	Динитротолуол	–«–	0,5
31.	2,4-Динитрофенол	–«–	0,03
32.	Дихлоризобутилен	–«–	0,4
33.	1,2-Дихлорпропан	–«–	0,4
34.	Дихлорпропилен	–«–	0,4
35.	Диэтиламин	–«–	2,0

№	Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
36.	Диэтиленгликоль	–«–	1,0
37.	Диэтиловый эфир малеиновой к-ты	–«–	1,0
38.	Диэтилртуть	–«–	0,0001
39.	Изокротонитрил	–«–	0,1
40.	Изопропиламин	–«–	2,0
41.	Кадмий (Cd^{2+})	–«–	0,01
42.	Кротонитрил	–«–	0,1
43.	Кобальт (Co^{2+})	–«–	1,0
44.	Крезол	–«–	0,004
45.	Метакриламид	–«–	0,1
46.	Метанол	–«–	3,0
47.	Метакриловая кислота	–«–	1,0
48.	Метилацетат	–«–	0,1
49.	Метилметакрилат	–«–	0,01
50.	Моноэтаноламин	–«–	0,5
51.	Молибден (Mo^{6+})	–«–	0,5
52.	Монометиламин	–«–	1,0
53.	Мышьяк (As^{3+})	–«–	0,05
54.	Натриевая соль *п*-хлорбензосульфокислоты	–«–	2,0
55.	β-нафтол	–«–	0,4
56.	Никель	–«–	0,1
57.	Нитробензол	–«–	0,2
58.	Нитраты	–«–	10,0
59.	Нитрил акриловой кислоты	–«–	2,0
60.	Нитропропан	–«–	1,0
61.	Нитрофенол	–«–	0,06
62.	Нитроэтан	–«–	1,0
63.	Нитрохлобензол	–«–	0,05
64.	Нитроциклогексан	–«–	0,1
65.	Ниловый спирт	–«–	0,01
66.	*п*-хлорбензойная кислота	–«–	5,0
67.	Перхлоратаммония	–«–	5,0
68.	α-пиколин	–«–	0,05
69.	Пиридин	–«–	0,2
70.	Пиперидин	–«–	0,06
71.	Ртуть (Hg^{2+})	–«–	0,005
72.	Свинец (Pb^{2+})	–«–	0,1
73.	Селен (Se^{6+})	–«–	0,001

№	Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
74.	Силикат натрия	–«–	50,0
75.	Стронций	–«–	2,0
76.	Сурьма (Sb^{3+})	–«–	0,05
77.	Теллур (Te^{2+})	–«–	0,01
78.	Тетрахлорбензол	–«–	0,01
79.	Трихлорбензойная кислота	–«–	1,0
80.	Трифторхлорпропан	–«–	0,1
81.	Триэтиламин	–«–	2,0
82.	Триэтиленгликольдинитрат	–«–	1,0
83.	Уротропин	–«–	0,5
84.	Фенилгидразин	–«–	0,01
85.	Формальдегид	–«–	0,05
86.	Фреон	–«–	10,0
87.	Фторид-ион	–«–	1,5
88.	Хлоранилин	–«–	0,2
89.	Хлораль	–«–	0,2
90.	Хлорбензол	–«–	0,02
91.	Цианиды	–«–	0,1
92.	Циклогексан	–«–	0,1
93.	Циклогексанол	–«–	0,5
94.	Циклогексанон	–«–	0,2
95.	Циклогексен	–«–	0,02
96.	Четырёххлористый углерод	–«–	0,3
97.	Эпихлоргидрин	–«–	0,01
98.	Этиленгликоль	–«–	1,0
99.	Этилмеркурхлорид	–«–	0,0001
100.	Аммиак	**Общесанитарный**	2,0
101.	Ацетон	–«–	0,1
102.	Бензойная кислота	–«–	0,2
103.	Бутилацетат	–«–	0,1
104.	Винилметиладипат	–«–	0,2
105.	Диамидвалоновой кислоты	–«–	1,0
106.	Дибутилфторат	–«–	0,2
107.	Диметилформамид	–«–	10,0
108.	Диоктилфторат	–«–	1,0
109.	Изобутилацетат	–«–	0,5
110.	Изобутиловый спирт	–«–	1,0
111.	Капролактам	–«–	1,0
112.	Масляная кислота	–«–	0,5

№	Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
113.	Молочная кислота	–«–	0,5
114.	Муравьиная кислота	–«–	0,1
115.	Моноэтиловый эфир этиленгликоля	–«–	1,0
116.	Натриевая соль пропионовой кислоты	–«–	0,5
117.	Норсульфозол	–«–	1,0
118.	Пропиленгликоль	–«–	0,5
119.	Синтетические жирные кислоты	–«–	0,5
120.	Резорцин	–«–	0,1
121.	Стрептоцид	–«–	0,5
122.	Сульгин	–«–	0,01
123.	Сульфодимезин	–«–	1,0
124.	Терефталевая кислота	–«–	0,1
125.	Титан (Ti^{4+})	–«–	0,1
126.	Тринитротолуол	–«–	0,5
127.	Трихлорацетат натрия	–«–	5,0
128.	Триэтиленгликоль	–«–	0,5
129.	Уксусная кислота	–«–	0,5
130.	Фталевая кислота	–«–	0,5
131.	Хлор активный	–«–	0,1
132.	Цинк (Zn^{2+})	–«–	1,0
133.	Аллиловый спирт	**Органолептические**	0,1
134.	Аллил хлористый	–«–	0,3
135.	Алдрин	–«–	0,002
136.	Амины жирного ряда ($C_7 – C_9$)	–«–	0,1
137.	Амины жирного ряда ($C_{10} – C_{15}$)	–«–	0,04
138.	Амины жирного ряда ($C_{16} – C_{20}$)	–«–	0,03
139.	*о*-Аминофинол	–«–	0,01
140.	*п*-Аминофинол	–«–	0,05
141.	Анилид салициловой кислоты	–«–	2,5
142.	Ацетальдегид	–«–	0,2
143.	Ацетонитрил	–«–	0,7
144.	Ацетофос	–«–	0,03
145.	Барий (Ba^{2+})	–«–	4,0
146.	Бензин	–«–	0,1
147.	Бензонат калия	–«–	7,5
148.	Бутадиен	–«–	0,05
149.	Бутилакрилат	–«–	0,01
150.	Бутилбензол	–«–	0,1

№	Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
151.	Бутилен	–«–	0,2
152.	Бутиловый спирт	–«–	1,0
153.	Бутиловый эфир метакриловой кислоты	–«–	0,02
154.	Гексахлоран	–«–	0,02
155.	Гексахлорбутадиен	–«–	0,01
156.	Гексахлорбутан	–«–	0,01
157.	Гексахлорциклопентадиен	–«–	0,001
158.	Гексахлорэтан	–«–	0,01
159.	Гидрохинон	–«–	0,2
160.	Диизобутиламин	–«–	0,07
161.	Диметилдихлорвинилфосфат	–«–	1,0
162.	Диметилсульфид	–«–	0,01
163.	Диметилтерефталат	–«–	1,5
164.	Диметилфенол	–«–	0,25
165.	Динитробензол	–«–	0,5
166.	Динитронафталин	–«–	1,0
167.	Динитрохлорбензол	–«–	0,5
168.	Дипропиламин	–«–	0,5
169.	Дихлоранилин	–«–	0,05
170.	Дихлорбензол	–«–	0,002
171.	Дихлорбутен	–«–	0,05
172.	Дихлоргидрин	–«–	1,0
173.	Дихлорметан	–«–	7,5
174.	Дихлорфенол	–«–	0,002
175.	Дихлорциклогексан	–«–	0,02
176.	Дихлорэтан	–«–	2,0
177.	Диэтаноламин	–«–	0,8
178.	Диэтилдитиофосфорная кислота	–«–	0,2
179.	Диэтилдитиофосфорный калий	–«–	0,5
180.	Диэтилфенилмочевина (централит)	–«–	0,5
181.	Диэтиловый эфир	–«–	0,3
182.	ДДМ закрепитель	–«–	0,5
183.	Железо (Fe^{3+})	–«–	0,5
184.	Изобутилен	–«–	0,5
185.	Изопрен	–«–	0,005
186.	Изопропилбензол	–«–	0,1
187.	Изопропиловый спирт	–«–	0,25
188.	Изопропилфенилкарбомат	–«–	0,2

Продолжение приложж. 3 табл. 3

№	Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
189.	Карбин	–«–	0,03
190.	Карбофос	–«–	0,05
191.	Керосин	–«–	0,1
192.	Ксантогенат бутиловый	–«–	0,001
193.	Ксилол	–«–	0,05
194.	Малеиновая кислота	–«–	1,0
195.	Медь (Cu^{2+})	–«–	1,0
196.	Метилакрилат	–«–	0,02
197.	Метилбензонат	–«–	0,001
198.	Метилмеркаптан	–«–	0,0002
199.	α-Метилстирол	–«–	0,1
200.	Метилэтилкетон	–«–	1,0
201.	Моноизобутиламин	–«–	0,04
202.	Монопропиламин	–«–	0,5
203.	Монохлоргидрин	–«–	0,7
204.	Моноэтиламин	–«–	0,5
205.	α-Монохлорпропионовая кислота	–«–	0,8
206.	Натриевая соль монохлорпропионовой кислоты	–«–	2,0
207.	Натриевая соль трихлорпропионовой кислоты	–«–	1,0
208.	Нафтеновые кислоты	–«–	0,3
209.	α-Нафтол	–«–	0,1
210.	Нефть сернистая	–«–	0,1
211.	Нефть прочная	–«–	0,3
212.	Нитрометан	–«–	0,005
213.	Октанол	–«–	0,05
214.	Пентахлорбутан	–«–	0,02
215.	Пентахлорпропан	–«–	0,03
216.	Пентахлорфенол	–«–	0,3
217.	Пикриновая кислота	–«–	0,5
218.	Пирогаллол	–«–	0,1
219.	Пирокатехин	–«–	0,1
220.	Полиэтилсилоксан	–«–	10,0
221.	Пропилбензол	–«–	0,2
222.	Пропилен	–«–	0,5
223.	Пропиловый спирт	–«–	0,25
224.	Сероуглерод	–«–	1,0
225.	Скипидар	–«–	0,2

Продолжение приложж. 3 табл. 3

№	Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
226.	Стирол	–«–	0,1
227.	Тетрагидрохинон	–«–	0,05
228.	Тетранитрометан	–«–	0,5
229.	Тетрахлоргептан	–«–	0,0025
230.	Тетрахлорнонан	–«–	0,003
231.	Тетрахлорпентан	–«–	0,005
232.	Тетрахлорпропан	–«–	0,01
233.	Тетрахлорундекан	–«–	0,007
234.	Тетрахлорэтан	–«–	0,2
235.	Тиофен	–«–	2,0
236.	Тиофос	–«–	0,003
237.	Толуол	–«–	0,5
238.	Трибутилфосфат	–«–	0,01
239.	Трихлорбензол	–«–	0,03
240.	Трихлорпентен	–«–	0,04
241.	Трихлорпропан	–«–	0,07
242.	Трихлорпропионовая кислота	–«–	0,01
243.	Триэтаноламин	–«–	1,4
244.	Трихлоэтилен	–«–	0,5
245.	Трихлорфенол	–«–	0,004
246.	Фенол	–«–	0,001
247.	Фурфурол	–«–	1,0
248.	Хлоропрен	–«–	0,1
249.	Хлорофос	–«–	0,05
250.	Этилакрилат	–«–	0,005
251.	Этилен	–«–	0,5
252.	Этилбензол	–«–	0,01
	Поверхностно-активные вещества (ПАВ)		
253.	Алкилбензосульфонаты	–«–	0,5
254.	Алкилсульфаты	–«–	0,5
255.	Алкилсульфонаты	–«–	0,5
	Флотореагенты		
256.	АНП-2	–«–	0,4
257.	АПН	–«–	0,05
258.	ОП-7	–«–	0,4
259.	ОП-10	–«–	1,5
260.	ОПС-Б	–«–	2,0

№	Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
261.	ОПС-М	**Общесанитарный Санитарно-токсикологический**	0,5
262.	Т-66	–«–	0,2
	Флокулянты		
263.	ВА-2 (полистирольный)	–«–	0,5
264.	ВА-2-Т (поливинилтолуольный)	–«–	0,5
265.	ВА-102	–«–	2,0
266.	ВА-212	–«–	2,0
267.	Полиакриламид	–«–	2,0

Приложение 3

Таблица 4

Зависимость равновесной концентрации кислорода в воде от температуры (атмосферное давление – 760 мм рт. ст.)

t^0C	Растворённый кислород (в мг/л) при изменении температуры на десятые доли ^{0}C									
^{0}C	00	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,65	14,61	14,57	14,53	14,49	14,45	14,41	14,37	14,33	14,29
1	14,25	14,21	14,17	14,13	14,09	14,05	14,02	13,98	13,94	13,90
2	13,86	13,82	13,79	13,75	13,71	13,68	13,64	13,60	13,56	13,53
3	13,49	13,46	13,42	13,38	13,35	13,31	13,28	13,24	13,20	13,17
4	13,13	13,10	13,06	13,03	13,00	12,96	12,93	12,89	12,86	12,82
5	12,79	12,76	12,72	12,69	12,66	12,52	12,59	12,56	12,54	12,49
6	12,46	12,43	12,40	12,36	12,33	12,30	12,27	12,24	12,21	12,18
7	12,14	12,11	12,08	12,05	12,02	11,90	11,96	11,93	11,90	11,87
8	11,84	11,81	11,78	11,75	11,72	11,70	11,67	11,64	11,61	11,58
9	11,55	11,52	11,49	11,47	11,44	11,41	11,38	11,35	11,33	11,30
10	11,27	11,24	11,22	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,03
11	11,00	10,98	10,95	10,93	10,90	10,87	10,85	11,82	10,80	10,77
12	10,75	10,72	10,70	10,67	10,65	10,62	10,60	10,57	10,55	10,52
13	10,50	10,48	10,45	10,43	10,40	10,38	10,36	10,33	10,31	10,28
14	10,26	10,24	10,22	10,19	10,17	10,15	10,12	10,10	10,08	10,06
15	10,03	10,01	9,99	9,97	9,95	9,92	9,90	9,88	9,86	9,84
16	9,82	9,79	9,77	9,75	9,73	9,71	9,69	9,67	9,65	9,63
17	9,61	9,58	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,44	9,42
18	9,40	9,38	9,36	9,34	9,32	9,30	9,29	9,27	9,25	9,23
19	9,21	9,19	9,17	9,15	9,13	9,12	9,10	9,08	9,06	9,04
20	9,02	9,00	8,98	8,97	9,85	8,93	8,91	8,90	8,88	8,86
21	8,84	8,82	8,81	8,79	8,77	8,75	8,74	8,72	8,70	8,68
22	8,67	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58	8,56	8,55	8,53	8,52
23	8,50	8,48	8,46	8,45	8,43	8,42	8,40	8,38	8,37	8,35
24	8,33	8,32	8,36	8,29	8,27	8,25	8,24	8,22	8,21	8,19
25	8,18	8,16	8,14	8,13	8,11	8,11	8,08	8,07	8,05	8,04
26	8,02	8,01	7,99	7,98	7,96	7,95	7,93	7,92	7,90	7,89
27	7,87	7,86	7,84	7,83	7,81	7,80	7,78	7,77	7,75	7,74
28	7,72	7,71	7,69	7,68	7,60	7,65	7,64	7,62	7,61	7,59
29	7,58	7,56	7,55	7,54	7,52	7,51	7,49	7,48	7,47	7,45
30	7,44	7,42	7,41	7,40	7,38	7,37	7,35	7,34	7,32	7,31

Приложение 4

Таблица 1

Оптимальные значения pH почвы для основных сельскохозяйственных культур

Растение	Оптимальные значения pH	Растение	Оптимальные значения pH
Овес	5,0 – 7,7	Картофель	5,0 – 5,5
Рожь озимая	5,5 – 7,5	Сахарная свекла	7,0 – 7,5
Пшеница яровая	6,0 – 7,5	Люцерна	7,0 – 8,0
Пшеница озимая	6,3 – 7,6	Клевер	6,0 – 7,0
Ячмень	6,8 – 7,5	Донник	6,5 и более
Кукуруза	6,0 – 7,0	Люпин	4,5 – 6,0
Просо	5,5 – 7,5	Тимофеевка	5,6 и более
Гречиха	4,7 – 7,5	Капуста	6,7 – 7,4
Горох	6,0 – 7,0	Свекла столовая	6,8 – 7,5
Соя	6,5 – 7,1	Томаты	6,3 – 6,7
Горчица	Около 7	Редис, репа	5,5 и более
Лен	5,9 – 6,5	Морковь	5,5 – 7,0
Подсолнечник	6,0 – 6,8	Огурцы	6,0 – 7,9
Конопля	7,1 – 7,4	Салат	6,0 – 7,0
Чай	4,8 – 6,2	Хлопчатник	6,5 – 9,0

Приложение 5

Таблица 1

Предельно допустимые уровни содержания нитратов в продуктах растительного происхождения (СанПиН 42-123-4619-88)

Наименование продукта	**Предельно допустимое содержание нитратов, мг/кг**	**Наименование продукта**	**Предельно допустимое содержание нитратов, мг/кг**
Абрикос	60	Лук зел. (закр. грунт)	800
Апельсин	60	Манго	60
Арбуз	60	Мандарин	60
Баклажан	300	Морковь ранняя	400
Банан	200	Морковь поздняя	250
Виноград	60	Нектарин	60
Гранат	60	Огурец (откр. грунт)	150
Грейпфрут	60	Огурец (закр. грунт)	400
Груша	60	Перец сладкий (откр. грунт.)	200
Дыня	90	Перец сладкий (закр. грунт.)	400
Зелень (откр. грунт)	2000	Персик	60
Зелень (закр. грунт)	3000	Помидор (откр. грунт)	150
Кабачок	400	Помидор (закр. грунт)	300
Картофель	250	Редис	1500
Капуста ранняя	900	Редька	1000
Капуста поздняя	500	Свекла	1400
Киви	60	Слива	60
Клубника	100	Тыква	200
Лимон	60	Хурма	60
Лук (реп.)	80	Черешня	60
Лук зел. (откр. грунт)	600	Яблоко	60

Приложение 5

Таблица 2

Водородный показатель pH сырой растительной пищи

Наименование продукта	**Значение pH**	**Наименование продукта**	**Значение pH**
Абрикос	3,3 – 4,8	Кукуруза	5,9 – 7,3
Авокадо	6,3 – 6,6	Курага	3,4 – 3,8
Апельсин	3,0 – 4,0	Лайм	1,8 – 2,0
Арбуз	5,2 – 5,6	Лимон	2,2 – 2,4
Артишок	5,5 – 6,0	Лук-порей	5,5 – 6,2
Банан	4,5 – 5,2	Малина	3,2 – 3,6
Батат	5,3 – 5,6	Манго	5,8 – 6,0
Бобы	5,6 – 6,5	Маслины	6,0 – 7,0
Брокколи	5,3	Морковь	5,9 – 6,3
Виноград	3,5 – 4,5	Нектарин	3,9 – 4,2
Вишня	3,2 – 4,5	Оливки	3,6 – 3,6
Горох	5,8 – 6,4	Персик	3,4 – 4,1
Грейпфрут	3,0 – 3,7	Питьевая вода	6,5 – 8,0
Груша	3,6 – 4,0	Помидор	4,3 – 4,9
Дыня	6,0 – 6,7	Свекла	4,9 – 6,6
Ежевика	3,9 – 4,5	Сельдерей	5,7 – 6,0
Изюм	2,8 – 3,0	Спаржа	6,0 – 6,7
Капуста	5,2 – 5,4	Тыква	4,8 – 5,2
Картофель	5,6 – 6,0	Финики	6,5 – 8,5
Клубника	3,0 – 3,9	Черника	3,1 – 3,4
Клюква	2,3 – 2,5	Шпинат	5,5 – 6,8
Кокос	5,5 – 7,8	Укроп	5,5 – 6,5
Красный перец	4,6 – 5,2	Яблоко	3,3 – 3,9
Крыжовник	2,8 – 3,1		

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипова А.В. Экология: учеб. пособие / А.В. Архипова; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Н.Новгород, 2013. – 146 с.

2. Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В. Экология. Природа – Человек – Техника: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2001. – 343 с.

3. Приказ Росгидромета № 421 от 08.06.2014 г. «О совершенствовании государственной сети наблюдений за химическим составом и кислотностью атмосферных осадков и снежного покрова».

4. Муравьев А.Г. Оценка экологического состояния природно-антропогенного комплекса: учебно-методическое пособие. – Изд. 2-е, дополн., расширенное – СПб.: Кримас+, 2000. – 128 с.

5. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. – Изд. 2-е, перераб. – СПб.: Крисмас+, 2012. – 264 с.

6. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.

7. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учебное пособие / Т.И. Прожорина [и др.]. – Воронеж: Издательство «Истоки», 2010. – 304 с.

8. Руководство по применению мини-экспресс-лаборатории «Пчёлка-У/м» и её модификаций при учебных экологических исследованиях / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. – Изд. 4-е, переаб. и дополн. – СПб.: Крисмас+, 2012. – 144 с.

9. Муравьев А.Г., Пугал Н.А., Лаврова В.Н. Экологический практикум: учебное пособие с комплектом карт-инструкций / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. – 3-е изд., испр. – СПб.: Крисмас+, 2012. – 176 с.

10. Коробкин В.И. Экология: учебник для вузов / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – Изд. 17-е, доп. и перераб. – Ростов н/Д.: Феникс, 2011. – 600 с.

11. Экология: учеб. пособие для бакалавров / Под общ. ред. А.В. Тотая. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 411 с.

12. Горелов А.А. Экология: учеб. пособие для вузов / А.А. Горелов. – М.: Юрайт-М, 2001. – 312 с.

13. Коробкин В.И. Экология в вопросах и ответах: учеб. пособие / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – 2-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 576 с.

14. Алексеев В.С. Экология: учеб. пособие / В.С. Алексеев. – М.: Издательство РИОР, 2005. – 160 с.

15. Миркин Б.М. Основы общей экологии: учеб. пособие / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. – М.: Университетская книга, 2005. – 240 с.

16. Реймерс Н.Ф. Экология: теория, законы, правила, принципы и гипотезы / Н.Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.

17. Николайкин Н.И. Экология: учебник для вузов / Н.И. Николайкин [и др.]. – 3-е изд. – М.: Дрофа, 2004. – 624 с.

18. Куражсковский Ю.Н. Основы всеобщей экологии. – Ростов н/Д.: Издательство РГУ, 1992. – 144 с.

19. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие для вузов / Ю.В. Новиков. – М.: ГРАНД: Фаир-пресс, 2005. – 736 с.

20. Потапов А.Д. Экология: учебник / А.Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 2000. – 448 с.

21. Елькин А.Б. Экология: комплекс учебно-методических материалов / А.Б. Елькин, Л.И. Молвина; Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2006. – 96 с.

22. Платонов А.В. Экология (термины, определения, законы): учебное пособие / А. В. Платонов. – Н. Новгород, 2009. – 209 с.

23. Архипова А.В. Экология: сборник заданий: учеб. пособие / А.В. Архипова; Н.Новгород, 2014. – 256 с.

24. Голубев В.И. Автомобильные проблемы. – М.: Открытое решение, 2006. – 112 с.

25. Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство. / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. – Изд. 2-е, перераб. и дополн. – СПб.: Крисмас+, 2008. – 216 с.

26. Комплексная экологическая практика школьников и студентов. Программы. Методики. Оснащение: учебно-методическое пособие. / Под ред. проф. Л.А. Коробейниковой. – Изд. 3-е, переаб. и дополн. – СПб.: Крисмас+, 2002. – 268 с.

СПИСОК НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Российские государственные стандарты

ГОСТ 215-73. Термометры ртутные стеклянные лабораторные. Технические условия.

ГОСТ 24104. Весы лабораторные. Общие технические требования.

ГОСТ 6466-53. Барометры-анероиды метеорологические. Технические условия.

ГОСТ 27987-88. Анализаторы жидкости потенциометрические ГСП. Общие технические условия.

ГОСТ 8.423-81. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Секундомеры механические.

ГОСТ 12.4.ПЗ-82. Работа с ртутью. Требования безопасности.

ГОСТ 17.1.5.05-77. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.

ГОСТ 24902-81. Вода хозяйственно-питьевого назначения. Общие требования к полевым методам анализа.

ГОСТ 18309-72. Вода питьевая. Метод определения полифосфатов.

ГОСТ 17.1.3.03-77. Охрана природы. Гидросфера.

ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 17.2.2.03-77. Охрана природы. Атмосфера.

ГОСТ 12.1.014-84. Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества.

ГОСТ 1030. Вода хозяйственно-питьевого назначения. Полевые методы анализа.

ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности.

ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа.

ГОСТ 4151-72. Вода питьевая. Метод определения общей жёсткости.

ГОСТ 4245-72. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов.

ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

ГОСТ 17.2.4.02-81. Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.

ГОСТ 17.4.1.02-77. Охрана природы. Гидросфера.

ГОСТ 17.4.1.03-84. Охрана природы. Почвы.

ГОСТ 18300-72. Спирт этиловый ректификованный технический.

ГОСТ 5964-82. Спирт этиловый. Правила приёмки и методы анализа.

ГОСТ 5964-93. Спирт этиловый. Правила приёмки и методы анализа.

ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы.

ГОСТ 26423-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение её pH по методу ЦИНАО.

ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.

ГОСТ Р 51712-2001. Трубки индикаторные. Общие технические условия.

ГОСТ Р 52029-2003. Вода. Единицы жёсткости

ГОСТ Р 52407-2005. Вода питьевая. Методы определения жёсткости.

ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

Международные стандарты (ИСО)

ИСО 7027:1990. Качество воды. Определение мутности.

ИСО 6058:1984. Качество воды. Определение суммарного содержания кальция и магния. Титриметрический метод с применением ЭДТА.

ИСО 9297:1989. Качество воды. Определение содержания хлорида. Титрование нитратом серебра с применением хромата в качестве индикатора (метод Мора).

ИСО 5813:1983. Качество воды. Определение содержания растворённого кислорода. Йодометрический метод.

ИСО 6059:1984. Качество воды. Определение содержания кальция. Титриметрический метод с применением ЭДТА.

ИСО 5815-2:2003. Качество воды. Определение биохимической потребности в кислороде по истечении *n* суток ($БПК_n$). Часть 2. Метод контроля неразбавленных растворов.

Санитарные правила и нормы

СанПиН 4607-88. Санитарные правила при работе с ртутью, её соединениями и приборами с ртутным заполнением.

СанПиН 2.1.4.559-96. Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.

СанПиН 2.1.4.544-96. Питьевая вода и водоснабжение населённых мест. Требования к качеству воды централизованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.

СанПиН 2.1.4.1074-01.Питьевая вода и водоснабжение населённых мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

СанПиН 42-123-4619-88. Допустимые уровни содержания нитратов в продуктах растительного происхождения.

Природоохранные нормативные документы федерального уровня

ПНД Ф 14.1:2.96-97. МВИ массовой концентрации хлоридов в пробах природных и очищенных сточных вод аргентометрическим методом.

ПНД Ф 14.1:2.98-99. МВИ жёсткости в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом.

ПНД Ф 14.1:2.2-95. МВИ массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах с ортофенантролином.

ПНД Ф 14.1:2.107-97. МВИ содержаний сульфатов в пробах природных и очищенных сточных вод титрованием солью бария в присутствии ортанилового К.

ПНД Ф 14.1:2.101-97/2004. МВИ массовой концентрации растворённого кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод йодометрическим методом.

ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97. МВИ биохимической потребности в кислороде после *n* дней инкубации ($БПК_{полн.}$) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах.

Методики количественного химического анализа вод (руководящие документы)

РД 52.24.497-2005. Цветность поверхностных вод суши. МВИ фотометрическим и визуальным методами.

РД 52.24.395-2007. Жёсткость воды. МВИ титриметрическим методом с трилоном Б.

РД 52.24.403-95. Методические указания. Комплексонометрические определения кальция в водах.

РД 52.24.419-95. Методические указания. Йодометрическое определение растворённого кислорода в водах.

РД 52.24.420-95. Методические указания. Определение в водах биохимического потребления кислорода скляночным методом.

АРХИПОВА АННА ВИКТОРОВНА

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Под редакцией автора
Компьютерная вёрстка автора
Художественное оформление Т.И. Архипова

Подписано в печать Формат
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 15
Уч.-изд. л. Тираж 80 экз. Заказ

Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева
Типография НГТУ.
Адрес университета и полиграфического предприятия:
603950, г. Нижний Новгород, ул. К. Минина, 24.