

**И.С. Коротченко**

## **ЭКОЛОГИЯ**

**Методические указания к лабораторным работам**



**Красноярск 2015**

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

**И.С. Коротченко**

# **ЭКОЛОГИЯ**

*Методические указания к лабораторным работам*

Красноярск 2015

*Рецензент*

*И.Ю. Борцова, канд. биол. наук, доц. каф. ботаники, физиологии и защиты растений ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»*

**Коротченко, И.С.** Экология: метод. указания к лабораторным работам / И.С. Коротченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 76 с.

Методические указания подготовлены в соответствии с ФГОС ВПО, рабочей программой дисциплины «Экология». Издание включает 9 лабораторных работ, содержащих небольшое теоретическое введение, связанное с экспериментом и облегчающее усвоение материала; типовые прописи лабораторных работ по важнейшим аспектам экологических проблем. С целью оптимизации контроля подготовленности к занятию в конце каждой лабораторной работы приведены контрольные вопросы.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 260100.62 (19.03.02) «Продукты питания из растительного сырья», 151000.62 (15.03.02) «Технологические машины и оборудование» очной и заочной форм обучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Красноярского государственного аграрного университета

© Коротченко И.С., 2015

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ.....	6
Лабораторная работа № 1. Оценка экологического состояния окружающей среды по асимметрии листьев (2 часа).....	8
Лабораторная работа № 2. Методы измерения абиотических факторов окружающей среды (определение pH, содержания кислорода, хлоридов в воде) (2 часа) .....	15
Лабораторная работа № 3. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха веществами, попадающими в окружающую среду в результате работы автотранспорта (2 часа) .....	20
Лабораторная работа № 4. Уменьшение содержания хлорофилла в листьях растений – биоиндикационный признак неблагоприятных условий среды. Определение хлорофилла фотометрически (2 часа).....	28
Лабораторная работа № 5. Модель рационального питания (определение суточных энерготрат и составление рациона питания, обеспеченности организма витаминами и микроэлементами) .....	36
Лабораторная работа № 6. Загрязнение пищевых продуктов нитратами и их определение в различных овощных культурах в зависимости от вида, сорта, органа, ткани (2 часа).....	46
Лабораторная работа № 7. Оценка радиационного состояния окружающей среды (2 часа).....	52
Лабораторная работа № 8. Моделирование механизма парникового эффекта (2 часа) .....	59
Лабораторная работа № 9. Влияние кислотных осадков на объекты живой и неживой природы (2 часа).....	65
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	71
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	73

## ВВЕДЕНИЕ

Экология в процессе своего развития в настоящее время выступает как мировоззренческая наука, как специальная наука и как наука, реализующаяся в междисциплинарной области знаний.

Овладение практическими навыками по экологии позволит лучше усвоить материал, разобраться в вопросах прикладной экологии, а также дать возможность реализации научных исследований в самых разных областях экологии: экологического мониторинга загрязнения окружающей среды, агроэкологии и др.

Цель дисциплины «Экология» – формирование ценностных ориентаций мировоззренческого уровня, отражающих объективную целостность и значимость природы и базовых экологических знаний, необходимых для обеспечения профессиональной деятельности.

Задачи:

- изучение структуры и закономерностей функционирования экологических систем;
- изучение закономерностей действия экологических факторов на биологические, природные, природно-антропогенные объекты и биосферу;
- изучение механизмов саморегуляции, существующих в экосистемах, и антропогенных факторов их нарушающих;
- изучение механизмов обеспечения экологической безопасности, рационального природопользования и реализации концепции устойчивого развития;
- практическое использование теоретического материала в рамках профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- основные экологические понятия;
- взаимоотношения организма и среды, экологии и здоровья человека;
- глобальные проблемы окружающей среды;
- экологические принципы рационального использования природных ресурсов и охраны природы;
- основы экономики природопользования;
- основы экологического права и международного сотрудничества в области окружающей среды;

уметь:

– применять знание законов экологии и экологического законодательства;

– выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения;

владеть:

– навыками принятия оптимальных решений, минимизирующих негативное воздействие результатов человеческой деятельности на окружающую среду.

Методические указания содержат девять лабораторных работ по всему курсу экологии. Прежде чем приступить к лабораторной работе, необходимо ознакомиться с лабораторным оборудованием, с методикой проведения основных лабораторных операций, с правилами техники безопасности при этом, а также теоретическим материалом по этой теме, который приводится к каждой лабораторной работе. После выполнения работы письменно ответить на вопросы для самоконтроля. Отчет по лабораторной работе выполняется в тетради для выполнения лабораторных работ и сдается согласно приложению 1; для защиты работы нужно письменно ответить на вопросы в конце каждой работы.

В методических указаниях в приложении 1 приведена схема оформления отчета, а в приложении 2 – список химической посуды и оборудования, необходимых для проведения опыта.

Закреплению учебного материала способствуют приводимые после каждой работы контрольные вопросы.

## **ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ**

1. Перед приходом на занятия ознакомиться с темой занятия по данным методическим указаниям, учебникам, лекциям.
2. Перед проведением опытов прочитать описание, выяснить непонятные вопросы у преподавателя.
3. Соблюдать все необходимые меры предосторожности, указанные в специальной инструкции по технике безопасности.
4. Рабочее место содержать в чистоте и порядке, не загромождать ненужными предметами.
5. Перед уходом из лаборатории привести рабочее место в порядок, выключить воду и электроприборы.
6. При пользовании реактивами необходимо держать их закрытыми и открывать только во время применения. Закрывая склянки, не путать пробки.
7. Неизрасходованные реактивы не сливать обратно в склянки.
8. Без разрешения преподавателя не проводить опыты, не предусмотренные в руководстве.
9. Все опыты с ядовитыми веществами проводить в вытяжном шкафу.
10. При нагревании растворов в пробирке пользоваться держателем, помещать пробирку так, чтобы ее отверстие было направлено в сторону от работающего соседа.
11. Не наклоняться над нагреваемой жидкостью во избежание попадания брызг в лицо.

### **Меры первой помощи при несчастных случаях**

В лаборатории бывают случаи, требующие неотложной медицинской помощи: порезы рук стеклом, ожоги горячими предметами, кислотами, щелочами. В серьезных случаях необходимо сопроводить пострадавшего к врачу.

Основные правила первой помощи сводятся к следующему:

1. При мелких порезах стеклом удалите осколки из раны, смойте кровь, продезинфицируйте раствором йода и перевяжите бинтом.
2. При ожоге рук или лица реактивом смойте реактив большим количеством воды, затем в случае ожога щелочью – 1 %-м раствором уксусной кислотой, в случае ожога кислотой – 3 %-м раствором гид-

рокарбоната натрия, а затем опять водой. Одежду, соприкасавшуюся с реактивами, следует снять.

3. При ожоге горячей жидкостью или горячим предметом обожженное место промойте проточной холодной водой в течение 5–10 мин.

4. При попадании химического вещества в глаза их необходимо обильно промыть в течение 10–15 мин струей холодной воды так, чтобы она стекала от носа к виску. Веки пораженного глаза во время промывания должны быть осторожно развернуты. Контактные линзы перед промыванием следует снять.

5. При попадании яда внутрь необходимо вызвать рвоту принятием теплого раствора поваренной соли (3–4 чайные ложки на стакан воды) и затем надавить пальцем на заднюю часть зева, давая пострадавшему пить большое количество теплой воды. Если пострадавший потерял сознание или же отравление вызвано проглатыванием растворителя, кислоты или щелочи, то рвоту вызывать нельзя. Пострадавшего перенести на свежий воздух и оставить в спокойном положении в тепле.

6. При поражении электрическим током необходимо быстро освободить пострадавшего от действия тока путем отключения электроэнергии общим рубильником. Вынести пострадавшего на свежий воздух и при необходимости сделать ему искусственное дыхание и массаж сердца. Немедленно вызвать скорую помощь.

## **Лабораторная работа № 1**

### **Оценка экологического состояния окружающей среды по асимметрии листьев (2 часа)**

В основу методики, используемой при выполнении данной работы, положена теория стабильности развития (морфогенетического гомеостаза), разработанная российскими учеными А.В. Яблоковым, В.М. Захаровым и др. в процессе исследований последствий радиоактивного заражения, в том числе после Чернобыльской аварии. Эти ученые доказали, что стрессирующие воздействия различного типа вызывают в живых организмах изменения гомеостаза (стабильности) развития, которые могут быть оценены по нарушению морфогенетических процессов.

Главными показателями изменений гомеостаза морфогенетических процессов являются показатели флуктуирующей асимметрии – ненаправленные различия между правой и левой сторонами различных морфологических структур, в норме обладающие билатеральной симметрией. Такие различия обычно являются результатом ошибок в ходе развития организма. При нормальных условиях их уровень минимален, возрастает при любом стрессирующем воздействии, что и приводит к увеличению асимметрии.

Особенностью стабильности развития является то, что она в большой степени зависит от общей генетической перестройки организма, что особенно важно при оценке последствий радиационного воздействия.

Оценка флуктуирующей асимметрии билатеральных организмов хорошо зарекомендовала себя при определении общего уровня антропогенного воздействия. Традиционные методы, оценивающие химические и физические показатели, не дают комплексного представления о воздействии на биологическую систему, тогда как биоиндикационные показатели отражают реакцию организма на все многообразие действующих на него факторов, имея при этом биологический смысл.

Оптимальным объектом биоиндикации антропогенных воздействий данным методом являются растения. Животные, особенно высшие, подходят для биоиндикации подобного рода в меньшей степени. Во-первых, они намного сложнее организованы, и стабильность их развития зависит от большего числа факторов. Во-вторых, они находятся на более высоких ступенях пищевой пирамиды и менее под-

вержены загрязнению почвенной и воздушной сред. Наконец, животные подвижны и в меньшей степени связаны с конкретным участком территории.

Растения же, как продуценты экосистемы, в течение всей своей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию почвенной и воздушной сред, наиболее полно отражающих весь комплекс стрессирующих воздействий на экосистему.

Работа начинается с выбора точек исследования – четырех-пяти площадок, желательно находящихся на одной линии по мере удаления от потенциального источника загрязнения в вашей местности – населенного пункта, промышленного предприятия или автомагистрали. Желательно располагать площадки по линии преобладающих ветров – в ту сторону, куда ветер сносит потенциальные загрязняющие вещества.

Дистанция между площадками зависит от мощности источника загрязнения. Если это большой населенный пункт с промышленными предприятиями и многочисленным автотранспортом, то расстояния между площадками могут быть в пределах 1 км (дальняя площадка будет удалена от города на 5 км). Если это, например, небольшая котельная, работающая на угле, то расстояния между площадками могут быть в пределах 400–800 м. Если это автотрасса, то 20–200 м (в зависимости от интенсивности потока автотранспорта).

Для выполнения полевой работы студентов разбивают на группы по 2–3 человека, каждой из которых преподаватель дает задание обследовать одну из выбранных на местности площадок.

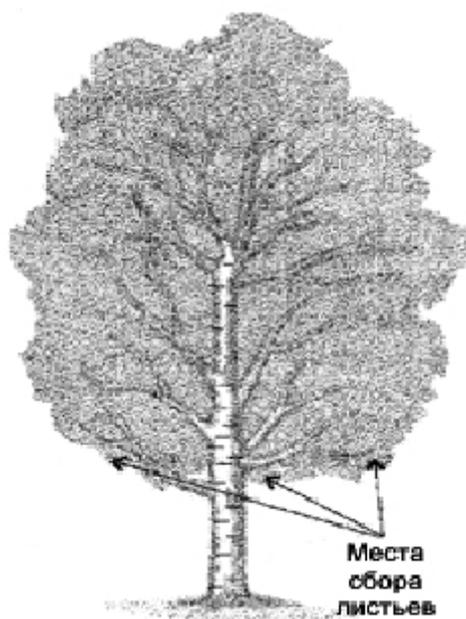
Теоретически, как было уже сказано во введении, исследования флуктуирующей асимметрии можно проводить на любых билатеральных (симметрично организованных) объектах – будь то животные или растения. Однако, чем проще устроен организм и чем он крупнее, тем проще проводить измерения. Исходя из этого, удобным для организации подобных исследований модельным объектом являются листья листопадных деревьев. Это могут быть такие виды деревьев, как клены, тополя или березы.

Проводить сбор материала можно после завершения интенсивного роста листьев до периода опадения листвы. Сбор листьев должен проводиться с растений, находящихся в примерно одинаковых экологических условиях по уровню освещенности, влажности, типу биотопа. Например, одна из площадок сбора не должна находиться на опушке, а другая – в лесу.

Для анализа используют только средневозрастные растения.

Сбор листьев производится с 10 близко растущих деревьев – по 10 листьев с каждого дерева, всего – 100 листьев с одной площадки.

Листья берутся из нижней части кроны на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток (рис.1). При этом стараются задействовать ветки разных направлений: с севера, юга, запада и востока.



*Рисунок 1 – Места сбора листьев*

Листья стараются брать примерно одного, среднего для данного вида размера. Листья с одного дерева связывают ниткой по черешкам и складывают в пакеты. Каждый пакет (выборка) снабжается этикеткой, на которой указывают дату, место сбора (делая максимально подробную привязку на местности), номер площадки, а также автора (авторов) сбора.

Проведя полевые сборы, группы студентов начинают обработку собранного материала, обобщая результаты.

**Цель работы:** экспресс-оценка качества окружающей среды по флуктуирующей асимметрии листовой пластины травянистых и древесных форм растений.

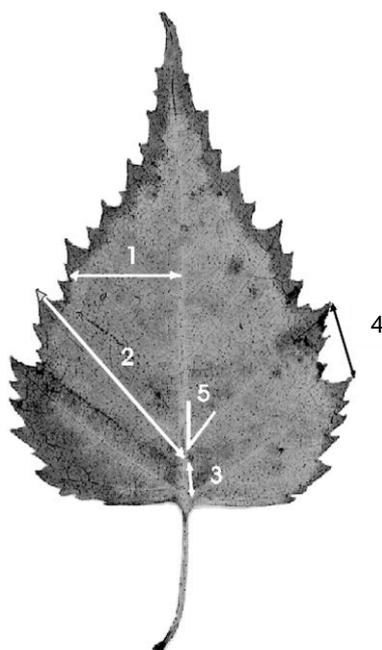
**Оборудование, реактивы, материалы:** курвиметр (линейка); транспорт; гербарий (фото) листьев или свежие листья; индивидуальное задание.

## Ход работы

1. В лабораторных условиях с каждого листа снять показатели по пяти параметрам (рис. 2).

При выполнении исследований выполнить следующие операции. Для измерения лист растения поместить перед собой брюшной (внутренней) стороной вверх. Брюшной стороной листа называют сторону листа, обращенную к верхушке побега. С каждого листа снимают показатели по пяти промерам с левой и правой сторон листа.

Для исследований требуются циркуль-измеритель, линейка и транспортир. Промеры 1–4 снимаются циркулем-измерителем, угол между жилками (признак 5) измеряется транспортиром. Для этого центр основания окошка транспортира совмещают с точкой ответвления второй жилки второго порядка от центральной жилки. Эта точка соответствует вершине угла.



*Рисунок 2 – Схема морфологических признаков, используемых для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*): 1 – ширина левой и правой половинок листа. Для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки. Потом разгибают лист, и по образовавшейся складке измеряется расстояние от границы центральной жилки до края листа; 2 – длина жилки второго порядка, второй от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих же жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка*

Кромку основания транспорта надо совместить с лучом, идущим из вершины угла и проходящим через точку ответвления третьей жилки второго порядка. Второй луч, образующий измеряемый угол, получают, используя линейку. Этот луч идет из вершины угла и проходит по касательной к внутренней стороне второй жилки второго порядка.

2. Результаты исследований занести в таблицу (см. табл. 1). Произвести расчет средней относительной величины асимметрии листа (см. табл. 2).

Для мерных признаков величина асимметрии у растений рассчитывается как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса мерных признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывается как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенное к числу используемых признаков. Такая схема обработки используется для растений. В таблицах 1–2 на примере березы приводится расчет средней относительной величины асимметрии на признак для 5 промеров листа у 10 растений.

Таблица 1 – Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием мерных признаков (промеры листа)

№ п/п	Номер признака*									
	1		2		3		4		5	
	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа
1	18	20	32	33	4	4	12	12	46	50
2	20	19	33	33	3	3	14	13	50	49
3	18	18	31	31	2	3	12	11	50	46
4	18	19	30	32	2	3	10	11	49	49
5	20	20	30	33	6	3	13	14	46	53
6	12	14	22	22	4	4	11	9	39	39
7	14	12	26	25	3	3	11	11	34	40
8	13	14	25	23	3	3	10	8	39	42
9	12	14	24	25	5	5	9	9	40	32
10	14	14	25	25	4	4	9	8	32	32

\*Описание признаков см. рис. 2

Сначала для каждого промеренного листа вычисляются относительные величины асимметрии для каждого признака по формуле (1). Для этого модуль разности между промерами слева (L) и справа (R) делят на сумму этих же промеров:

$$|L-R|/|L+R|. \quad (1)$$

Например: лист №1 (табл. 1), признак 1

$$|L-R|/|L+R| = |18-20|/|18+20| = 2/38 = 0,052.$$

Полученные величины заносятся во вспомогательную таблицу 2, графы 2–6.

Затем вычисляют показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков.

Например, для листа 1 (см. табл. 2):

$$(0,052+0,015+0+0+0,042)/5 = 0,022.$$

Результаты вычислений заносят в графу 7 вспомогательной таблицы.

На последнем этапе вычисляется интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляют среднюю арифметическую всех величин асимметрии для каждого листа (значения графы 7). Это значение округляется до третьего знака после запятой. В нашем случае искомая величина равна:

$$(0,022+0,015+0,057+0,061+0,098+0,035+0,036+0,045+0,042+0,012)/10 = 0,042.$$

Таблица 2 – Образец вспомогательной таблицы для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке (пример заполнения таблицы)

№ п/п	Номер признака					Величина асимметрии листа
	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7
1	0,052	0,015	0	0	0,042	0,022
2	0,026	0	0	0,037	0,010	0,015

## Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
3	0	0	0,2	0,044	0,042	0,057
4	0,027	0,032	0,2	0,048	0	0,061
5	0	0,048	0,33	0,037	0,071	0,098
6	0,077	0	0	0,1	0	0,035
7	0,077	0,019	0	0	0,081	0,036
8	0,037	0,042	0	0,111	0,037	0,045
9	0,077	0,020	0	0	0,111	0,042
10	0	0	0	0,059	0	0,012
Величина асимметрии в выборке:						X=0,042

**Задание:** Провести экспресс-оценку загрязнения окружающей среды по изучению флуктуирующей асимметрии листьев. Сделать вывод о качестве среды обитания живых организмов в соответствии с таблицей 3. Составить карту состояния окружающей среды для города.

Ответить письменно на контрольные вопросы.

Таблица 3 – Шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы (Захаров В.М., 2000)

Балл	Качество среды	Величина показателя стабильности развития
I	Условная норма	< 0,040
II	Растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов	0,040 - 0,044
III	Загрязненные районы	0,045 - 0,049
IV	Сильно загрязненные районы	0,050 - 0,054
V	Крайне неблагоприятные условия, растения находятся в сильно угнетенном состоянии	> 0,054

### Контрольные вопросы

1. Что такое флуктуирующая асимметрия?
2. Какие организмы могут быть использованы в данном методе?
3. Какие факторы окружающей среды влияют на показатель асимметрии живых организмов?
4. Что такое биоиндикация?
5. Назовите оптимальные объекты для биоиндикации антропогенных воздействий.

## Лабораторная работа № 2

### Методы измерения абиотических факторов окружающей среды (определение рН, содержания кислорода, хлоридов в воде) (2 часа)

Природная и питьевая вода содержит огромное количество компонентов, находящихся в низких (менее 1 %) и ультранизких (менее 0,0000001%) концентрациях. В естественных условиях состав вод регулируется природными процессами, в то же время в результате хозяйственной деятельности человека происходит значительное изменение состава природных вод.

Природная вода находится в непрерывном взаимодействии с окружающей средой. Она растворяет органические и неорганические примеси, содержащиеся в почве, атмосфере, растительности и т. п. Среди растворенных примесей в воде есть кислород  $O_2$ , являющийся необходимым для жизни всех представителей водной фауны и флоры. Однако кислород – сильный окислитель, в его присутствии значительно возрастает скорость коррозии металлического оборудования, находящегося в контакте с природной водой. Поэтому его содержание в воде строго регламентируется и тщательно контролируется.

Измерение рН при контроле качества природной и питьевой воды проводится практически повсеместно. Реальная концентрация ионов водорода выражается в единицах водородного показателя или рН.

Шкала рН идет от 0 (крайне высокая кислотность), через точку 7 (нейтральная среда) до 14 (крайне высокая основность). Эти цифры – отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода, выраженной в граммах на литр. Например, рН = 1 означает, что концентрация  $H^+$  составляет  $10^{-1}$ , или 0,1 г/л; рН = 2 –  $10^{-2}$ , или 0,01 г/л, и т.д. В точке рН = 7 концентрация  $H^+$  составляет  $10^{-7}$  (0,0000001) г/л, но при этом концентрация  $OH^-$  такая же.

Для всего живого в воде (за исключением некоторых кислотоустойчивых бактерий) минимально возможная величина рН = 5; дождь, имеющий рН < 5,5, считается кислотным. В отсутствие любых загрязнителей у дождевой воды обычно слабокислая реакция (рН = 5,6), поскольку в ней легко растворяется углекислый газ из воздуха с образованием слабой угольной кислоты. У пресноводных озер, ручьев и прудов рН воды обычно составляет 6–7, и организмы адаптированы именно к этому уровню. В питьевой воде допускается рН = 6–9. Болотная вода бывает обычно кислая (рН = 4–5) за счет

органических кислот, а нормальная, чистая вода имеет значение, близкое к нейтральному (6,5–8,5). Принято считать, что значение рН от 5,5 до 8,5 является оптимальным для развития водных форм жизни. Резкое изменение рН в водоеме может привести к растворению в воде некоторых соединений и отравлению водных организмов. Если значение рН неожиданно сдвинулось в кислую или щелочную сторону, следует обратить внимание на возможные промышленные выбросы [Физико-химические методы..., 1997].

**Цель работы:** освоить некоторые методы измерения абиотических факторов окружающей среды на примере определения рН, содержания растворенного кислорода, хлоридов в воде.

**Оборудование, реактивы, материалы:**

Опыт 1. Пробы воды из разных источников, универсальная индикаторная бумага.

Опыт 2. 1) Стеклянные емкости с притертыми пробками (емкость 100–150 мл); 2) конические колбы на 250–300 мл; 3) бюретки для титрования; 4) штативы; 5) пипетки на 1,2 мл; 6) груши; 7) фильтровальная бумага; 8) чашки Петри; 9) сульфат или хлорид марганца (II) раствор, растворяют 200 г  $MnSO_4 \cdot 2H_2O$  (или 240 г  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$  или 212,5 г  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ ) в дистиллированной воде и доводят объем до 500 мл; 10) щелочной раствор KI: а) растворяют 75 г KI в 50 мл дистиллированной воды; б) растворяют 250 г NaOH или 350 г KOH в 250 мл дистиллированной воде, оба раствора смешивают и доводят объем до 500 мл; 11) серная кислота пл. 1,84 г/мл, разбавленный раствор 1:1; 12) тиосульфат натрия  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ , 0,02 N; 13) крахмал, 1 %-й раствор (заварить).

Опыт 3. Серебро азотнокислое, 0,01 н раствор готовить следующим образом: 11,7 г  $AgNO_3$  поместить в мерную колбу емкостью 1000 мл, растворить в бидистилляте и довести до 1 л.

Титр раствора определяют титрованием 10 мл 0,01 раствора NaCl в присутствии 5–6 капель 5 %-го раствора калия хромовокислого до появления оранжевого оттенка раствора. Нормальность раствора серебра ( $P_{Ag}$ ) рассчитать по формуле

$$P_{Ag} = V_1 \cdot N_1 / V \quad (2)$$

где  $V_1$  – объем раствора натрия хлористого, мл;

$N_1$  – нормальность раствора натрия хлористого, мл;

$V$  – объем раствора серебра азотнокислого, пошедший на титрование, мл.

Натрий хлористый, 0,01 н раствор, готовить из фиксанала. Калий хромовокислый, 5 %-й раствор. Растворить 50 г  $K_2Cr_2O_7$  чДА в небольшом объеме бидистиллята и прибавить раствор нитрата серебра до начала образования красного осадка. После двухчасового отстаивания раствор отфильтровать и довести бидистиллятом до 1 л

### Ход работы

#### Опыт 1. Определение рН в пробе воды

Полоску индикаторной бумаги поместить в пробирку, содержащую примерно 5 см<sup>3</sup> исследуемой воды. Окраску индикаторной бумаги сравнить со шкалой.

#### Опыт 2. Содержание кислорода в пробе воды

1. Пробы воды (аквариумная, горячая питьевая, дождевая, холодная питьевая) отобрать в стеклянные емкости (100–150 мл) с притертой пробкой. Для этого вода должна переливаться через край склянки. Заполненную до краев склянку закрыть притертой пробкой, чтобы под ней не было пузырьков воздуха.

2. Склянки поместить в чашки Петри и зафиксировать кислород. При этом в склянки, ближе к дну, при помощи пипетки внести 1 мл раствора  $MnSO_4$  или  $MnCl_2$  и 1 мл щелочного раствора KI. Отмечается выпадение осадка бурого цвета. Склянки закрыть пробками (при этом из них выльется 2 мл исследуемой воды в чашку Петри), затем содержимое склянок перемешать путем перевертывания.

3. Перед титрованием (через 10 мин, так как осадок должен хорошо осесть) к пробе прилить 2 мл  $H_2SO_4$  (1:1). Раствор соляной кислоты внести пипеткой в нижнюю часть склянки (при этом часть жидкости сливается через край, что для определения значения не имеет).

Склянку закрыть пробкой и содержимое тщательно перемешать.

При этом осадок  $Mn(OH)_3$  бурого цвета должен раствориться. После этого, для титрования, всю пробу перелить в коническую колбу вместимостью 200–250 мл и титровать 0,02N раствором тиосульфата натрия при непрерывном помешивании до слабо-желтого цвета, после чего добавить 1 мл 1 %-го раствора крахмала и продолжить титровать до исчезновения синей окраски.

4. Количество  $Na_2S_2O_3$ , израсходованное на титрование выделившегося йода, эквивалентно количеству кислорода в растворе.

5. Рассчитать количество растворенного в воде кислорода. Расчет содержания растворенного в воде кислорода производят по формуле

$$X = A \cdot N \cdot 8 \cdot 1000 / V_1 - V_2, \quad (3)$$

где  $X$  – содержание растворенного в воде кислорода, мг/л;  
 $A$  – объем тиосульфата натрия, пошедший на титрование пробы, мл;  
 $N$  – нормальность тиосульфата натрия с учетом поправки;  
 $8$  – эквивалентная масса кислорода, соответствующая 1 мл 1Н раствора тиосульфата натрия, г;  
 $V_1$  – объем пробы, взятой для титрования, мл (100–150);  
 $V_2$  – объем реактивов, добавленный до образования  $Mn(OH)_2$ , (2мл);  
 $1000$  – множитель для перевода в мг.

Опыт 3. Определение содержания хлоридов в пробе воды

Отобрать мерной колбой емкостью 100 мл анализируемую воду в колбу емкостью 250 мл, прилить 5 капель 5 %-го раствора калия хромокислого и оттитровать раствором серебра азотнокислого до перехода лимонно-желтой окраски в оранжево-желтую.

Содержание хлорида ( $Cl^-$ ), мг-экв/л, рассчитать по формуле

$$Cl^- = a \cdot N \cdot 1000 / V, \quad (4)$$

где  $a$  – количество раствора серебра азотнокислого, пошедшее на титрование анализируемой воды, мл;  
 $N$  – нормальность раствора серебра азотнокислого;  
 $1000$  – коэффициент пересчета объема с миллилитра на литр;  
 $V$  – объем воды, взятой на анализ.

**Задание:** Сравнить рН, содержание кислорода, хлоридов в нескольких пробах воды (дистиллированная, водопроводная, из природного источника).

Результаты экспериментов занести в таблицу 4.

Ответить письменно на контрольные вопросы.

Таблица 4 – Схема записи результатов

Проба воды	рН	X, мг/л	Cl <sup>-</sup> , мг-экв/л

## **Контрольные вопросы**

1. Какими показателями характеризуется качество воды?
2. Как организовать наблюдение за состоянием водных объектов?
3. Как влияет изменение содержания кислорода на организмы-гидробионты?
4. Охарактеризуйте основные источники загрязнения воды.
5. Перечислите абиотические факторы в водной среде обитания.

### **Лабораторная работа № 3**

#### **Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха веществами, попадающими в окружающую среду, в результате работы автотранспорта (2 часа)**

Автомобильный транспорт относится к основным источникам загрязнения окружающей среды. В крупных городах на долю автотранспорта приходится более половины объема вредных выбросов в атмосферу. Уровни загрязнения воздуха оксидами азота и углерода, углеводородами и другими вредными веществами на большинстве автомагистралей в 5–10 раз превышают предельно допустимые концентрации.

При сжигании в автотранспортных установках топлива в воздух выбрасывается с продуктами сгорания и сернистый ангидрид, который, соединяясь с атмосферной влагой, образует сернистую и серную кислоты, попадающие, в конечном счете, и в почву, и в воду. Подобные агрессивные вещества оказывают сильное вредное влияние, прежде всего, на растительный мир, угнетая леса на больших территориях. Скапливаясь в воздухе, они угрожают также животному миру и человеку, интенсивно разрушают металлические конструкции, лакокрасочные покрытия, бетонные и каменные сооружения. Большой вред наносится зданиям, мостам, архитектурным памятникам и другим сооружениям.

Доля отработавших газов автомобилей в загрязнении атмосферного воздуха больших городов изменяется в зависимости от времени и пропорциональна интенсивности движения транспортных средств. Минимальная концентрация вредных веществ наблюдается в ночные часы, когда их содержание в воздухе в несколько раз меньше, чем днем. Максимальная концентрация отмечается в часы пик. Атмосфера улиц самоочищается в результате проветривания. При одной и той же интенсивности движения большее загрязнение воздуха отмечается в районах, плотно застроенных высокими зданиями, и вдоль дорог с узкой проезжей частью.

В автомобильных двигателях химическая энергия топлива преобразуется в тепловую, а затем в механическую работу. Процесс высвобождения химической энергии реализуется посредством горения, при котором реагенты энергоносителя соединяются с кислородом. В продуктах окислительных реакций содержатся: оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, соединения свинца,

бенз(а)пирен, оксиды серы, углеводороды и другие побочные продукты горения.

В транспортном машиностроении в той или иной степени используется ртуть. Заражение среды обитания ртутью представляет большую опасность. Установлено, что ртуть не только расстраивает здоровье, но и нарушает генетический аппарат, оказывая отрицательное воздействие на последующие поколения.

*По воздействию на организм человека* компоненты отработавших газов подразделяются:

1) на **токсичные** – оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, соединения свинца;

2) **канцерогенные** – бенз(а)пирен;

3) **раздражающего действия** – оксиды серы, углеводороды.

Влияние перечисленных компонентов отработанных газов на организм человека зависит от их концентрации в атмосфере и продолжительности действия.

*Оксид углерода* при вдыхании попадает в кровь и образует комплексное соединение с гемоглобином – карбоксигемоглобин. Оксид углерода реагирует с гемоглобином в 210 раз быстрее, чем кислород, что приводит к развитию кислородной недостаточности. Признаками кислородной недостаточности являются нарушения в ЦНС, поражения дыхательной системы, снижение остроты зрения. Увеличенные среднесуточные концентрации оксида углерода способствуют возрастанию смертности лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

*Оксид углерода* в воздухе в зависимости от степени концентрации вызывает слабое отравление через 1 ч (концентрация  $C = 0,05$  об.%), потерю сознания через несколько вдохов ( $C = 1$  об.%).

Из оксидов азота наибольшую опасность представляет *диоксид азота*  $\text{NO}_2$ . Воздействие оксидов азота на человека приводит к нарушению функций легких и бронхов. Воздействию оксидов азота в большей степени подвержены дети и люди, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями.

*Оксиды азота* в воздухе в зависимости от концентрации вызывают раздражение слизистых оболочек носа и глаз ( $C = 0,001$  об.%), начало кислородного голодания ( $C = 0,001$  об.%), отек легких ( $C = 0,008$  об.%).

*Сернистый ангидрид* в воздухе даже в относительно низких концентрациях увеличивает смертность от сердечно-сосудистых за-

болеваний, способствует возникновению бронхитов, астмы и других респираторных заболеваний.

*Углеводороды* в результате фотохимических реакций с оксидами азота образуют смог. *Бенз(а)пирен*, попадая в организм человека, постепенно накапливается до критических концентраций и стимулирует образование злокачественных опухолей.

*Сажа* не представляет непосредственной опасности для здоровья человека. Сажа является адсорбентом канцерогенных веществ и способствует усилению влияния других токсических компонентов, например, сернистого ангидрида.

*Свинец* способен накапливаться в организме, попадая в него через дыхательные пути, с пищей и через кожу. Поражает ЦНС и кровеносные органы.

В первую очередь воздействию токсических составляющих отработавших газов подвергается водитель автомобиля. Анализ воздуха в кабинах транспортных средств показал, что концентрация оксида углерода (особенно в кабинах грузовых автомобилей) может превышать предельно допустимые нормы.

*Выбросы  $SO_2$*  являются причиной выпадения сернокислотных осадков, способствующих закислению почвы, воды и разрушению облицовки зданий. Возрастание концентрации оксида углерода опасно возникновением парникового эффекта, который приводит к возрастанию температуры воздуха у поверхности Земли.

Пути снижения вредного воздействия этих выбросов следующие: переход на газ или неэтилированный бензин (токсичность при этом снижается в 18–22 раза), повышение полноты сгорания за счет автоматического управления процессом, специальных систем и регулировок. Это сказывается и на расходе бензина. Замена карбюраторных двигателей, где это возможно, дизельными, дающими менее вредные выбросы.

Решение вопросов по созданию электротранспорта, в т.ч. по величине пробега с одной зарядки и снижению выбросов от аккумуляторных батарей. Перевод общественного транспорта на электрическую тягу там, где нет дефицита энергии (метро, троллейбусы и др.)

Значительна роль архитектурно-планировочных мероприятий и зеленых насаждений в снижении количества и уменьшении вредности выбросов. Специальные развязки и объезды, улучшение качества дорог и ликвидация ненужных участков торможения могут увеличить

среднюю скорость движения транспорта. При этом, если скорость возрастает, к примеру, с 20 до 60 км/ч, общее количество выбросов уменьшится в 4–5 раз, а наиболее вредных (например, бенз(а)пирена) – еще значительно. При остановке у светофоров выбросы вредных веществ увеличиваются в 1,5–2 раза даже по сравнению с движением на первой скорости. Дороги с интенсивным движением следует выносить за пределы жилых и рекреационных зон или хотя бы защищать эти зоны «зеленым щитом» от загазованности. Даже однорядная высадка деревьев с кустарниками (высотой 1,5 м) на ширине 3–4 м снижает уровень загазованности на 10–15 %, а при 4-х рядах шириной 30–50 м – на 60–70 %.

Определяющее влияние транспорта на состояние окружающей среды требует особого внимания к применению новых экологически чистых видов топлива. К ним относится, прежде всего, сжиженный или сжатый газ.

Кроме сжиженного (сжатого газа), многие специалисты предрекают большое будущее жидкому водороду, как практически идеальному, с экологической точки зрения, моторному топливу. Но существуют проблемы, связанные как со свойствами самого водорода, так и его производством. Как горючее для транспорта водород удобнее и безопаснее в жидком виде, где в пересчете на 1 кг он превосходит по калорийности керосин в 6,7 раза и жидкий метан в 1,7 раза. В то же время плотность жидкого водорода меньше, чем у керосина почти на порядок, что требует больших баков, которые необходимо теплоизолировать, что также влечет за собой дополнительный вес и объем. Высокая температура горения водорода приводит к образованию значительного количества экологически вредных окислов азота, если окислителем является воздух. Истинный перелом в мировой топливной базе на основе водорода может быть достигнут путем принципиального изменения способа его производства, когда исходным сырьем станет вода, а первичным источником энергии – солнце или сила падающей воды.

**Цель работы:** Изучить экспресс-методику определения степени загрязнения атмосферного воздуха токсическими веществами, содержащимися в выхлопных газах городского автотранспорта.

**Оборудование, реактивы, материалы:** калькулятор; ручка; блокноты; секундомер; линейка.

## Ход работы

1. Выбрать участок автотрассы вблизи учебного заведения (места жительства, отдыха) длиной 0,5–1 км, имеющий хороший обзор.

2. Определите число единиц автотранспорта, проходящего по участку в течение 20 мин. Получив у преподавателя, расчетные данные по длине участка, приступить к вычислениям. При этом заполнить таблицу 5.

Таблица 5 – Схема записи результатов

Тип автотранспорта	Всего за 20 мин	За 1 ч, $N_j$	Общий путь за 1 час, $L_j$ , км
Легковые автомобили (бензиновые, дизельные)			
Грузовые автомобили			
Автобусы (бензиновые, дизельные)			
Газели			

Количество выбросов вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, может быть оценено расчетным методом. Исходными данными для расчета количества выбросов являются:

– число единиц автотранспорта, проезжающего по выделенному участку автотрассы в единицу времени;

– нормы расхода топлива автотранспортом (средние нормы расхода топлива автотранспортом при движении в условиях города приведены в таблице 6).

Таблица 6 – Нормы расхода топлива

Тип автотранспорта	Удельный расход топлива $Y_j$ (л на 1 км) дизтопливо	Удельный расход топлива $Y_j$ (л на 1 км) бензин
Легковые автомобили	0,09–0,11	0,11–0,13
Автобусы дизельные	0,38–0,41	
Автобусы бензиновые		0,41–0,44
Грузовые автомобили	0,31–0,34	
Газель		0,15–0,17

Значения эмпирических коэффициентов (К), определяющих выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего, приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Коэффициенты выброса

Вид топлива	Значение коэффициента (К)		
	Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин	0,6	0,1	0,04
Дизельное топливо	0,1	0,03	0,04

Коэффициент К численно равен количеству вредных выбросов соответствующего компонента при сгорании в двигателе автомашины количества топлива, равного удельному расходу (л/км).

**Задание:**

1. Рассчитать общий путь, пройденный выявленным числом автомобилей каждого типа за 1 ч (L, км), по формуле

$$L_j = N_j \cdot L, \quad (5)$$

где j – обозначение типа автотранспорта;

L – длина участка, км;

N<sub>j</sub> – число автомобилей каждого типа за 1 ч.

2. Рассчитать количество топлива (Q<sub>j</sub>, л) разного вида, сжигаемого при этом двигателями автомашин, по формуле

$$Q_j = L_j \cdot Y_j, \quad (6)$$

Определить общее количество сожженного топлива каждого вида и занести результаты в таблицу 8.

Таблица 8 – Расход топлива

Тип автомобиля	L <sub>j</sub>	Q <sub>j</sub>	
		Бензин	Дизельное топливо
1. Легковые автомобили (бензиновые, дизельные)			
2. Автобусы дизельные			
3. Автобусы бензиновые			
4. Грузовые автомобили			
5. Газель			
Всего	ΣQ		

3. Рассчитать объем выделившихся загрязняющих веществ в литрах по каждому виду топлива, перемножая соответствующие значения  $\Sigma Q$  и эмпирические коэффициенты  $K$ . Занести результат в таблицу 9.

Таблица 9 – Объем выбросов

Вид топлива	$\Sigma Q$ , л	Количество вредных веществ, л		
		Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин				
Дизельное топливо				
Всего	(V), л			

Рассчитать массу выделившихся вредных веществ ( $m$ , г) по формуле

$$m = \frac{V \cdot M}{22,4}, \quad (7)$$

где  $M$  – молекулярная масса (для  $CO$  – 28, для  $NO_2$  – 46, средняя молекулярная масса для углеводородов – 43).

4. Сделать вывод, сравнив фактическую концентрацию выбросов, поступивших в атмосферу и ПДК (табл. 10).

5. Определить среднесуточную концентрацию вредных веществ ( $C_{cc}$ ,  $mg/m^3$ ) в атмосферном воздухе района, с учетом того, что объем используемого воздуха вблизи участка дороги длиной 100 метров составляет примерно 20 000  $m^3$ . Следует также учитывать большую интенсивность движения автотранспорта в дневное время.

Сопоставить полученные результаты с ПДК<sub>cc</sub> для каждого из вредных веществ и сделать вывод о степени антропогенного загрязнения атмосферы исследованного района.

По результатам работы оценить экологическую ситуацию на данном участке дороги и разработать мероприятия по уменьшению количества выбросов и по защите атмосферного воздуха и человека от их воздействия.

Ответить письменно на контрольные вопросы.

Таблица 10 – Схема записи результатов

Вид вредного выброса	Кол-во, л (объем)	Масса, г	Значение ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Среднесуточный ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Угарный газ			3,0	3,0	4
Углеводороды			0,1	1,5	3
Диоксид азота			0,04	0,04	2

### Контрольные вопросы

1. Какие вещества относятся к загрязнителям воздуха?
2. Какой вклад вносит автотранспорт в загрязнение объектов окружающей среды в городах?
3. Сравните загрязняющие вещества, выделяемые бензиновыми и дизельными двигателями. Какой тип топлива наносит больший вред окружающей среде?
4. Какие прямые критерии оценки состояния атмосферы вы знаете?
5. Как загрязнение воздуха воздействует на жизнедеятельность растительных и животных организмов?
6. Предложите комплекс мер, содействующих решению экологических проблем, связанных с автотранспортом.

## Лабораторная работа № 4

### Уменьшение содержания хлорофилла в листьях растений – биоиндикационный признак неблагоприятных условий среды. Определение хлорофилла фотометрически (2 часа)

Сведения относительно использования содержания хлорофилла (и других пигментов) как биоиндикационных признаков в литературе противоречивы. Ряд немецких ученых считает этот признак недостаточно информативным и специфичным, хотя первой стадией видимых хлорозов листьев как раз и является разрушение хлорофилла под влиянием неблагоприятных факторов. В то же время другие исследователи, в том числе русские и украинские, показали, что у чувствительных к загрязнению видов (липы, клена) наблюдается снижение содержания хлорофилла еще до появления видимых изменений и это может служить достаточно надежным неспецифическим биоиндикационным признаком.

Неспецифичность этого индикатора в том, что недостаток в почве азота, а также железа и других элементов, быстро сказывается на окраске листьев в результате разрушения хлорофилла в них, и этот признак очень часто используется для оценки низкого плодородия почв. Это надо учитывать и использовать этот показатель при биоиндикации в сочетании с другими признаками.

По нашим данным, для оценки степени загрязнения наземных экосистем или их составляющих листья следует собирать из средней части кроны в первой половине вегетации, учитывая условия произрастания (освещенность, минеральное питание, обводненность и др.). В качестве биоиндикаторов в городской среде рекомендуется использовать следующие газочувствительные виды: липу мелколистную, клен платанolistый, каштан конский, ель обыкновенную, сосну обыкновенную.

Метод основан на извлечении хлорофилла из листьев растворителями (спирт, ацетон) и определении его количества на фотоэлектроколориметре или спектрофотометре.

Фоторецепторная система фотосинтеза строится на основе двух важнейших типов химических соединений: 1) тетрапирролов, образующих циклическую структуру хлорофиллов (магнийпорфиринов), а также открытую структуру пигментов фикобилинов; 2) полиизопреноидов, образующих большой и разнообразный класс пигментов каротиноидов.

Для высших растений основными фотосинтетическими пигментами являются хлорофилл *a* и хлорофилл *b* (рис. 3). Центральный атом магния определяет уникальные функции молекулы хлорофилла в фотосинтезе, связанные с поглощением, запасанием и преобразованием энергии.

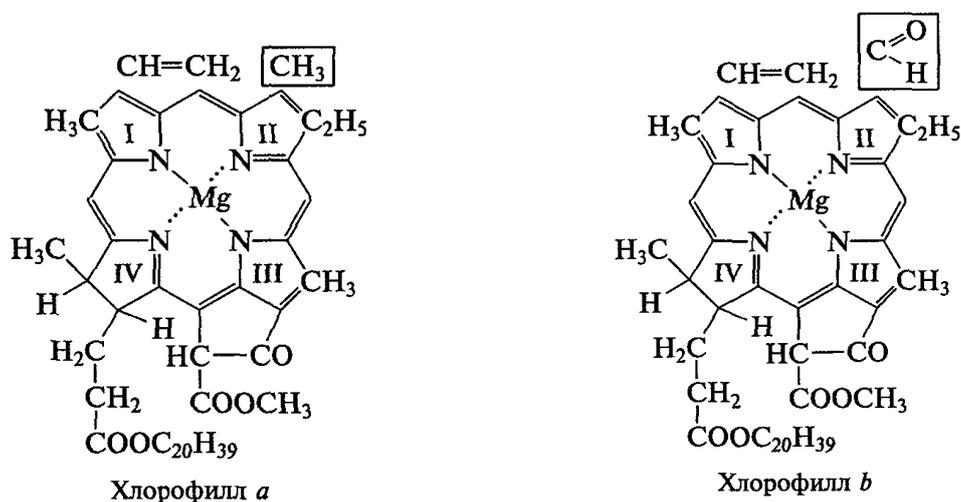


Рисунок 3 – Структура хлорофиллов *a* и *b*

Хлорофилл *a* – универсальный пигмент высших растений и водорослей. У некоторых водорослей (синезеленых, некоторых красных) он представляет единственную форму хлорофилла. Максимум поглощения в органических растворителях в красной области спектра находится при длинах волн 660–664 нм.

Хлорофилл *b* – дополнительный пигмент высших растений и водорослей, впервые появляется у эвгленовых водорослей, заменяя фикобилины. Отличается от хлорофилла *a* наличием альдегидной группы вместо метильной во втором пиррольном кольце. Красный максимум поглощения в ацетоне 645 нм.

Спектры поглощения магнийпорфиринов имеют два хорошо выраженных максимума поглощения в сине-фиолетовой (полоса Sore) и красной областях спектра (рис. 4). У хлорофилла *b* оба максимума расположены между максимумами поглощения хлорофилла *a*, что увеличивает области поглощаемой энергии хлоропластами высших растений.

Каротиноиды – большая и разнообразная группа желтых, оранжевых, красных пигментов, поглощающих коротковолновую часть видимой области спектра (400–550 нм) и выполняющих ряд очень важных функций в фотосинтезе.

По химической природе каротиноиды представляют собой полиизопреноидную цепь, состоящую из 40 атомов углерода, которая у большинства каротиноидов замыкается по концам в два ионовых кольца. Центральная часть молекулы, состоящая из 18 атомов углерода, представляет собой систему сопряженных связей, образуя основную хромофорную группу молекулы пигмента (рис. 4).

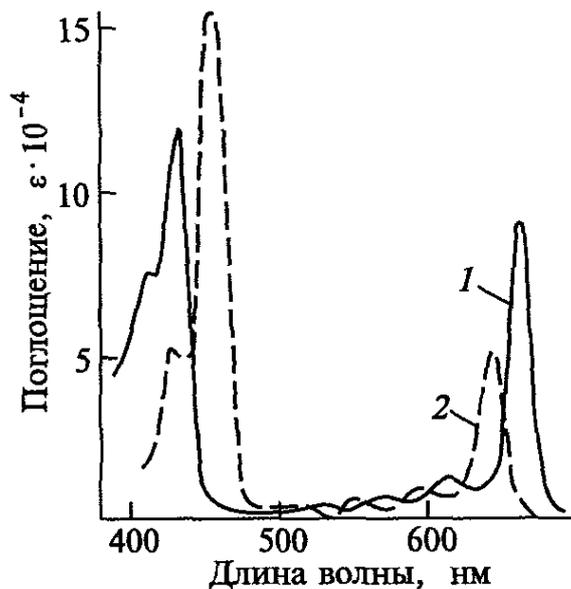


Рисунок 4 – Спектры поглощения хлорофиллов а (1) и в (2):  
 $\epsilon$  – удельный коэффициент экстинкции

В зависимости от содержания кислорода в молекуле каротиноида различают каротины (например,  $\beta$ -каротин), не содержащие кислорода, и ксантофиллы, содержащие кислород в форме гидроксигруппы или эпоксигруппы.

У высших растений главными представителями ксантофиллов являются лютеин, виолаксантин, зеаксантин и неоксантин (рис. 5).

Каротиноиды присутствуют в мембранах у всех фотосинтезирующих организмов, где они выполняют ряд важнейших функций в процессе фотосинтеза: антенную (дополнительные пигменты в процессе поглощения солнечной энергии), защитную (тушители триплетного хлорофилла и синглетного кислорода) и фотопротекторную (предохраняют реакционный центр от мощных потоков энергии при высоких интенсивностях света и стабилизируют липидную фазу тилакоидных мембран, защищая ее от переокисления).

Немаловажное значение при исследовании состояния растительности имеет изучение пластичности фотосинтетического аппара-

та, его возможности приспособляться к изменяющимся внешним условиям. Одним из информативных и наиболее распространенных параметров, характеризующих фотосинтетический аппарат, является его пигментный состав. Известно, что одним из биохимических показателей реакции растений на изменение факторов внешней среды, степени их адаптации к новым экологическим условиям является содержание хлорофиллов – главных фоторецепторов фотосинтезирующей клетки. Наиболее значимыми показателями являются: отношение хлорофиллов а и в и суммы хлорофиллов к каротиноидам.

Метод спектрофотометрии основан на регистрации характерных спектров поглощения отдельных групп пигментов.

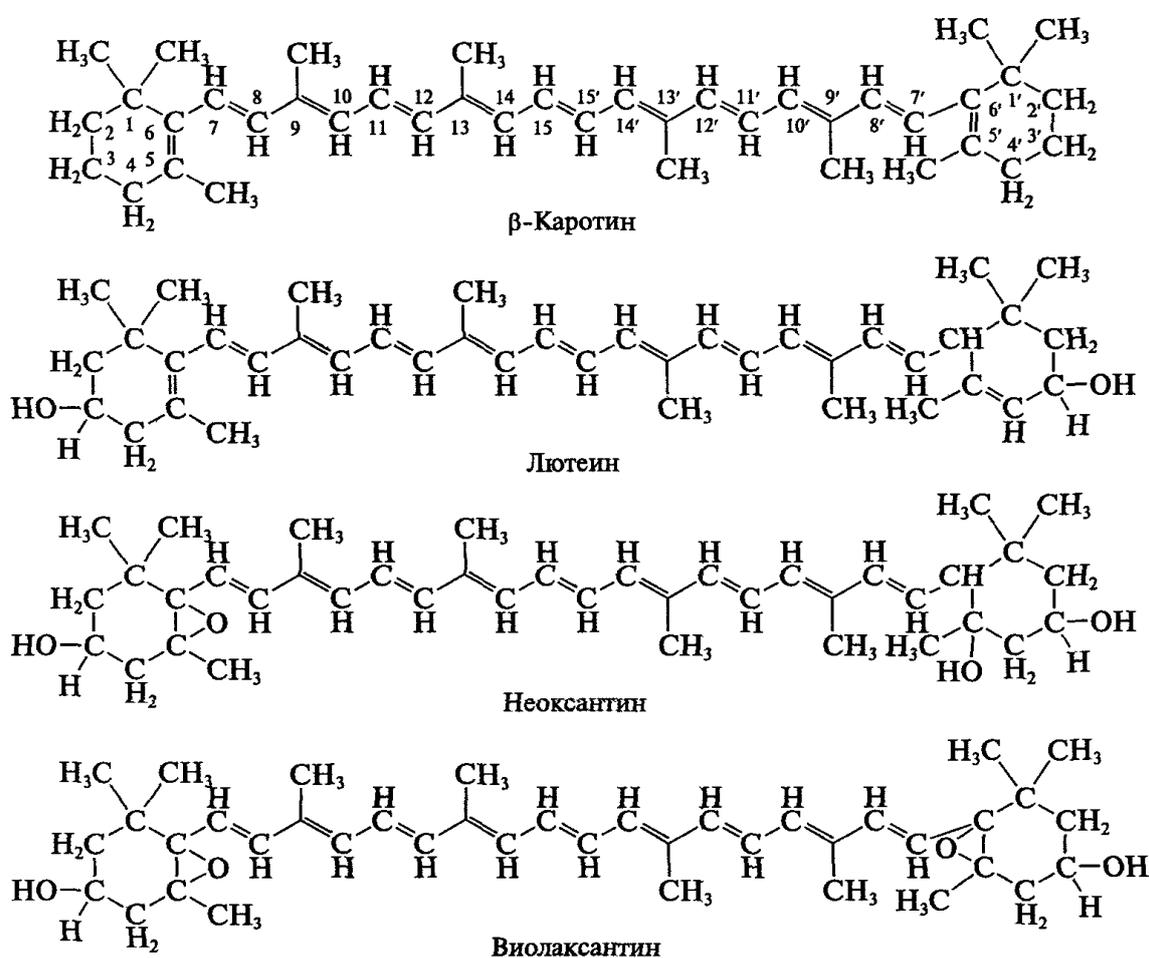


Рисунок 5 – Структура некоторых каротиноидов

**Общие принципы экстракции пигментов.** Пигменты могут быть экстрагированы из свежего и фиксированного материала. При выборе экстрагирующих веществ необходимо учитывать растворимость пигментов и возможность их выделения данным растворителем

из пигментно-липо-протеидного комплекса, в виде которого пигменты находятся в пластидах. В зависимости от химического строения различают растворители полярные (спирты, ацетон) и неполярные (петролейный эфир, гексан, бензин и др.). Степень полярности растворителя определяется величиной его дипольного момента. Хлорофиллы и каротиноиды, являясь в основном липофильными соединениями, хорошо растворяются во всех растворяющих липиды соединениях: ацетоне, спирте, эфире, бензине, петролейном эфире и т.д. Однако полное извлечение пигментов из растительного материала достигается только при использовании полярных растворителей или смесью полярных и неполярных растворителей. Полярные растворители, вызывая денатурацию белка и нарушая связи пигментов с липопротеидным комплексом, обеспечивают быструю экстракцию всех пигментов. Для выделения пигментов чаще всего используют 80 %-й ацетон или 90 %-й спирт. Экстракцию проводят возможно быстрее. Пигменты экстрагируют последовательно несколькими порциями чистого растворителя, отделяя каждый раз раствор пигментов центрифугированием. При растирании навески листьев с растворителем необходимо добавлять небольшое количество  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  или 1н раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$  для предотвращения разрушения пигментов. Вся подготовительная работа с пигментами ведется в затемненном помещении на холоде.

Для работы можно использовать и комнатные растения, выращенные специально в сосудах на гумусной почве с поливом водой и на малоплодородной почве с поливом раствором соли какого-либо тяжелого металла.

**Цель работы:** определить содержание хлорофиллов и каротиноидов, диагностирующее состояние растения.

**Оборудование, реактивы, материалы:**

80 %-й ацетон;  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  или 1н раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$ ; фарфоровые ступки и пестики; мерные пробирки на 10 мл; маркер по стеклу; аналитические весы; центрифуга; спектрофотометр; штатив для пробирок; увеличительные стекла (или лупы), карандаш, блокнот, компас.

### Ход работы

Определение хлорофилла в листьях можно проводить как на свежем, так и на фиксированном материале.

В ацетоновой вытяжке спектрофотометрическим способом определяются количественно хлорофилл *a*, *b* и каротиноиды.

Навески свежего растительного материала (30 мг) в трех повторностях как для растений, выращиваемых на дистиллированной воде, так и для образцов из среды, содержащей металл, тщательно растирают в фарфоровой ступке с небольшим количеством 80 %-го ацетона (1мл), чистого кварцевого песка и мела (или углекислого магния, или 1н раствора гидроксида аммония). Гомогенат переносят в предварительно пронумерованные центрифужные пробирки, обмывая ступку и пестик 2 мл ацетона и центрифугируют при 6–7 тысячах оборотов в течение 7 мин. Экстракт осторожно сливают в мерную пробирку на 10 мл. К осадку в центрифужной пробирке добавляют свежий 80 %-й ацетон, перемешивают раствор стеклянной палочкой и центрифугируют повторно. Надосадочную жидкость аккуратно сливают в соответствующую мерную пробирку с экстрактом, полученным после первого фильтрования, и доводят объем вытяжки чистым растворителем до 7 мл. Полученная ацетоновая вытяжка содержит сумму зеленых и желтых пигментов. Концентрация пигментов в вытяжке может быть определена на фотоэлектроколориметре по калибровочной кривой или непосредственно на спектрофотометре (СФ-26, СФ-46 и т.д.) с использованием для расчета концентрации пигментов соответствующих формул (Вернера, Арнона и др.). Для количественного определения часть полученного экстракта наливают в кювету спектрофотометра. Вторая кювета заполняется чистым растворителем (80 %-м ацетоном). Кюветы помещают в кюветную камеру спектрофотометра и определяют оптическую плотность (*D*) при длинах волн, соответствующих максимумам определяемых пигментов. Концентрация отдельных пигментов (хлорофиллов *a* и *b*) определяется двухволновым методом в общей смеси пигментов и сводится, таким образом, к следующему: с помощью спектрофотометра устанавливается величина оптической плотности (*D*) суммарной вытяжки пигментов при двух длинах волн, соответствующих максимумам поглощения пигментов в данном растворителе (в ацетоне – 665, 649).

Содержание суммы каротиноидов определяют в этой же вытяжке, измеряя величину оптической плотности (*D*) при длине волны 440,4 нм.

Показания спектрофотометра заносятся в таблицу 11.

Таблица 11 – Схема записи результатов

Образец	D440,5	D649	D665

Концентрация пигментов рассчитывается по формулам Вернера:

$$C_A(\text{мг/л}) = 11,63 \cdot D665 - 2,39 \cdot D649. \quad (8)$$

$$C_B(\text{мг/л}) = 20,11 \cdot D649 - 5,18 \cdot D665. \quad (9)$$

$$C_A + C_B(\text{мг/л}) = 6,45 \cdot D665 + 17,72 \cdot D649. \quad (10)$$

Содержание суммы каротиноидов рассчитывается по формуле Ветштейна:

$$C_{\text{кар}}(\text{мг/л}) = 4,695 \cdot D440,5 - 0,268(C_{a+b}, \text{ мг/л}). \quad (11)$$

Установив концентрацию пигмента в вытяжке, определяют его содержание в исследуемом материале с учетом объема вытяжки и массы пробы:

$$A = C \cdot V / P \cdot 1000, \quad (12)$$

где  $C$  – концентрация пигментов, мг/л;

$V$  – объем вытяжки пигментов, мл;

$A$  – содержание пигмента в растительном материале, мг/г свежего веса;

$P$  – навеска растительного материала, г.

Количество пигментов выражают в миллиграммах на единицу сырого или сухого веса, в процентах от сухого (сырого) веса, в миллиграммах на единицу площади листа (например, на  $\text{дм}^2$ ). Обычно в нормальных зеленых листьях содержание хлорофилла колеблется от 0,5 до 3 мг на 1 г свежего веса при отношении  $A/B = 2,5-3$ .

Содержание каротиноидов – 0,1–0,5 мг/г свежего веса.

**Задание:** провести экспресс-оценку качества воздуха по состоянию исследуемых растений в разных районах города, определить со-

держание хлорофиллов и каротиноидов в исследуемых растительных образцах, сделать вывод о применимости данных методов в биомониторинге состояния городской среды.

Ответить письменно на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем суть изменения пигментного комплекса хлоропластов при действии поллютантов на растения?
2. Почему каротиноиды более устойчивы к действию тяжелых металлов?
3. Как можно интерпретировать отношение хлорофиллы / каротиноиды?
4. Охарактеризуйте основные растворители, используемые для выделения пигментов.
5. Приведите классификацию хлорофиллов, укажите строение и свойства.

## Лабораторная работа № 5

### Модель рационального питания (определение суточных энерготрат и составление рациона питания, обеспеченности организма витаминами и микроэлементами)

Питание является важнейшим фактором, определяющим здоровье человека. Рациональное питание следует рассматривать как одну из главных составных частей здорового образа жизни, как средство алиментарной профилактики распространенных заболеваний и prolongation активного периода жизнедеятельности. Адекватное, сбалансированное фактическое питание обуславливает нормальный рост и развитие организма, адаптацию к воздействию окружающей среды, поддержание иммунитета, умственной и физической работоспособности.

В отличие от других факторов окружающей среды пища является сложным, многокомпонентным фактором. В зависимости от свойств и состава пища по-разному влияет на организм. С ее помощью можно изменить функцию и трофику тканей, органов и систем организма в сторону их усиления или ослабления. Возможность улучшения здоровья посредством питания на любом этапе онтогенетического развития является общепризнанной и показанной. Еще И.П. Павлов отмечал, что существенная связь живого организма с окружающей его природой осуществляется через известные химические вещества, которые должны поступать в состав данного организма с пищей.

Тесная связь организма с окружающей средой через пищу проявляется в обмене веществ и энергии (метаболизм). Оптимальность этой связи зависит от биологических, экологических (природно-исторических) и социально-экономических факторов.

Пища, являясь первой жизненной необходимостью организма, источником различных пищевых и вкусовых веществ, необходимых для обеспечения гомеостаза и поддержания жизненных функций на высоком уровне при различных условиях труда и быта, при определенных условиях может быть причиной и фактором передачи различных заболеваний инфекционной и неинфекционной природы.

При всех недостатках нашего питания, нарушениях режима, количества и качества принимаемой пищи, большинство из нас, как правило, не ощущает сколько-нибудь негативных последствий неправильного питания. У большинства людей сам организм достаточно

успешно помогает восстанавливать физиологическое равновесие на фоне каждодневного питания, весьма далекого от оптимального. Однако, ошибки в питании, а это может быть недостаточное по количеству и составу основных компонентов или избыточное питание, нарушение соотношения (баланса) отдельных пищевых веществ (нутриентов), недостаток важнейших незаменимых (эссенциальных) компонентов – незаменимых аминокислот, витаминов, микроэлементов и др., нарушение режима питания, рано или поздно дают о себе знать. Любые погрешности в питании всегда вызывают различного рода сбои в работе отдельных органов и систем организма, первоначально затрагивая некоторые обменные процессы. Но со временем постепенно изменяется и функциональное состояние этих органов или систем, что приводит к нарушению физиологического равновесия в организме и возникновению болезни, в основе которой лежит пищевой (алиментарный) фактор. К числу алиментарно-зависимых заболеваний можно отнести такие широко известные болезни, как ожирение, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет и многие другие заболевания. Несмотря на то, что для каждого из этих заболеваний существует определенная наследственная предрасположенность, она реализуется и может быть ускорена на фоне действия алиментарного фактора. В развитии практически всех заболеваний можно проследить большее или меньшее влияние различных алиментарных факторов.

Таким образом, проблемы питания и здоровья, питания и болезни тесно взаимосвязаны и их решение лежит в основе первичной и вторичной алиментарной профилактики различных заболеваний. В этой связи рациональное питание следует рассматривать как одну из главных составных частей здорового образа жизни и продления периода жизнедеятельности. Соблюдение законов рационального питания ведет к повышению устойчивости организма, на который оказывают влияние неблагоприятные факторы окружающей среды.

**Цель работы:** систематизировать и закрепить знания по основам рационального питания и освоить методы оценки адекватности фактического питания.

*Основной обмен* – обмен веществ в организме, обеспечивающий количество энергии, необходимое и достаточное для жизнеобеспечения организма в спокойном состоянии.

*Рацион* – количество и состав пищи, предназначенной на определенный срок. Существуют четыре основных физиологических

принципа составления сбалансированного с потребностями организма рациона:

1) калорийность суточного рациона конкретного человека должна соответствовать его энергетическим затратам;

2) содержание в рационе белков, жиров и углеводов должно быть равным, по крайней мере, минимальной потребности;

3) содержание в рационе витаминов, солей и микроэлементов должно быть равным, по меньшей мере, минимальной в них потребности;

4) содержание в рационе витаминов, солей и микроэлементов должно быть ниже токсического уровня.

**Оборудование, реактивы, материалы:** калькулятор; таблица химического состава пищевых продуктов и калорийности (приложение 3).

### Ход работы

*1. Расчет суточной потребности в энергии, получаемой с пищей*  
Дневная потребность в энергии  $A$  17 ккал/кг массы тела.

По таблице 12 определить общее необходимое количество энергии в зависимости от характера трудовой деятельности.

*2. Определение ориентировочного состава пищи и количества продуктов*

Руководствуясь основным соотношением компонентов питания (белки : жиры : углеводы – 1:1,4:4,1), рассчитать, какая доля энергии должна приходиться на белки, жиры и углеводы. Затем определить соотношение белков, жиров и углеводов в единицах массы, если известно, что при утилизации в организме 1 г белков выделяется 4 ккал, 1 г жиров – 9 ккал, а 1 г углеводов – 4 ккал энергии.

Руководствуясь данными таблицы 13, приложения 3 рассчитать примерное количество продуктов, необходимое для сбалансированного питания человека в сутки.

Полученные в ходе работы результаты занести в итоговую таблицу (табл. 23), сделать вывод о калорийности и примерном составе на сутки.

Таблица 12 – Расчет энергии в зависимости от характера трудовой деятельности человека

Группа	Характер труда	Необходимое количество энергии, ккал
I	<b>Низкий уровень общей нагрузки.</b> Работники умственного труда, административно-управленческий аппарат, бухгалтеры, научные работники, врачи, программисты, лица, не занимающиеся активно спортом	A+1/6A
II	<b>Подвижный образ жизни.</b> Студенты, работники сферы обслуживания, медсестры, швеи, агрономы, домохозяйки	A+1/3A
III	<b>Нагрузка средней тяжести.</b> Рабочие-станочники, слесари, работники коммунального обслуживания, пищевой промышленности, врачи-хирурги, лица, занимающиеся физическим трудом и спортом не более трех раз в неделю	A+1/2A
IV	<b>Тяжелая напряженная физическая работа.</b> Рабочие строительных специальностей, металлурги, работники газовой и нефтедобывающей промышленности, механизаторы, спортсмены при 5–6 тренировках в неделю	A+2/3A
V	<b>Очень тяжелая работа.</b> Каменщики, землекопы, бетонщики, грузчики и т.д.	2A

Таблица 13 – Некоторые соотношения компонентов условного рациона питания человека

Продукты	Содержание на 100 г продукта, г		
	белков	жиров	углеводов
Молочные	2,8	3,2	4,1
Мясные	15,1	16,0	
Мучные	9,5	1,0	68,9
Крупы	12,5	3,0	50
Картофель	1,9	3,0	16,0

### 3. Определение обеспеченности организма витаминами и микроэлементами

Организму человека необходимы практически все биогенные элементы. Но по оценке Института питания РАМН, в нашей пище все явственнее не хватает многих элементов, что вызвано особенностями переработки продуктов, длительностью их хранения, снижением потребления овощей и фруктов.

Так, для нормальной жизнедеятельности важен кальций, хранилище которого – желудок, кишечник, кости. Составляет он и основу ткани зубов, необходим для нормальной возбудимости нервной системы, участвует в процессе свертывания крови, сопрягает процессы синтеза и секреции в клетках, активизирует сократительную функцию мышечной ткани. Кальций содержится и в мышцах, особенно много его содержит мышца сердца, он способствует выведению из организма воды.

Магний, содержащийся в поперечно-полосатой мускулатуре, необходим для поддержания нормальной возбудимости нервной системы, функции сокращения мышц. При его недостатке появляются судороги в мышцах.

В костном мозге, селезенке, печени наивысшее содержание железа, необходимое для образования эритроцитов и поддержания физиологических функций организма.

При помощи тестов (см. табл. 14–22) определить, достаточно ли Ваш организм обеспечен микроэлементами и витаминами.

Таблица 14 – Тест на обеспеченность магнием

Вопрос	Да	Нет
Часто ли у вас бывают судороги (в частности ночные судороги икроножной мышцы)?		
Страдаете ли вы болями в сердце, учащенным сердцебиением и сердечной аритмией?		
Часто ли у вас случается защемление нервов, например, в области спины?		
Часто ли вы ощущаете онемение, например, в руках?		
Часто ли вам угрожают стрессовые ситуации?		
Регулярно ли вы употребляете алкогольные напитки?		
Регулярно ли вы применяете мочегонные средства?		
Много ли вы занимаетесь спортом?		
Предпочитаете ли вы белый хлеб и изделия из белой муки?		
Редко ли вы употребляете в пищу салат и зелень?		
Во время приготовления картофеля и овощей используете ли вы длительную водную обработку?		
При покупке минеральной воды обращаете ли вы внимание на содержание в ней магния?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен магнием.

Таблица 15 – Тест на обеспеченность калием

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы мышечной слабостью?		
Повышено ли у вас давление?		
Склонны ли вы к отекам?		
Страдаете ли вы от пассивной деятельности кишечника?		
Принимаете ли вы регулярно мочегонные препараты?		
Употребляете ли регулярно в большом количестве алкогольные напитки?		
Очень ли активно вы занимаетесь спортом?		
Едите ли мало свежих фруктов?		
Редко ли салат и овощи попадают на ваш стол?		
Едите ли вы мало картофеля?		
Во время приготовления картофеля и овощей используете ли длительную водную обработку?		
Редко ли вы употребляете фруктовые и овощные соки?		
Редко ли вы едите сухофрукты?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен калием.

Таблица 16 – Тест на обеспеченность железом

Вопрос	Да	Нет
Часто ли вы чувствуете усталость и подавленность?		
Произошли ли у вас в последнее время изменения волос и ногтей (например нетипичная бледность и шероховатость кожи, ломкие волосы, вмятины на ногтях)?		
Потеряли ли вы в последнее время много крови (аварии или донорство)?		
Обильны ли ваши менструации?		
Вы беременны?		
Занимаетесь ли профессионально спортом?		
Редко ли употребляете мясо?		
Выпиваете ли вы больше трех чашек черного чая или кофе в день?		
Едите ли мало овощей?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен железом.

Таблица 17 – Тест на обеспеченность кальцием

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы остеопорозом?		
Бывает ли у вас аллергия, например, на солнце?		
Принимаете ли вы регулярно препараты с кортизоном?		
Часто ли у вас бывают судороги?		
Вы беременны?		
Выпиваете ли ежедневно меньше одного стакана молока?		
Употребляете ли мало таких молочных продуктов, как йогурт или сыр?		
Пьете ли ежедневно напитки типа «Кола»?		
Употребляете ли мало зеленых овощей?		
Вы едите много мяса и колбасы?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен кальцием.

Таблица 18 – Тест на обеспеченность витамином А и бета-каротином

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы куриной слепотой?		
Часто ли ночью водите машину?		
Много ли вы работаете на компьютере?		
Ваша кожа сухая и шелушится?		
Страдаете ли вы повышенной восприимчивостью к инфекции?		
Вы много курите?		
Вы редко едите темно-зеленые овощи, такие как листовой салат, зеленая капуста или шпинат?		
Редко ли попадают в ваше меню сладкий перец, морковь и помидоры?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином А и бета-каротином.

Таблица 19 – Тест на обеспеченность витамином D

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы остеопорозом?		
Избегаете ли вы солнца?		
Вы едите мало рыбы, мяса и яиц?		
Избегаете ли вы масла или маргарина?		
Вы едите грибы?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином D.

Таблица 20 – Тест на обеспеченность витаминами группы B

Вопрос	Да	Нет
Часто ли вы чувствуете себя неспособным к деятельности и лишенным энергии?		
Легко ли вы раздражаетесь?		
Часто ли вы подвергаетесь стрессам?		
Есть ли у вас проблемы с кожей, например, сухая кожа, трещины в уголках рта?		
Вы регулярно употребляете алкогольные напитки?		
Отдаете ли вы предпочтение продуктам из муки грубого помола?		
Вы едите мясо?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витаминами группы B.

Таблица 21 – Тест на обеспеченность витамином C

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы частыми простудами или повышенной восприимчивостью к инфекциям?		
Вы выкуриваете больше 5 сигарет в день?		
Часто ли вы принимаете медикаменты с ацетилсалициловой кислотой и обезболивающие?		
Редко ли вы едите свежие овощи?		
Вы едите мало сырых салатов?		
Часто ли вы едите сохраняющуюся в тепле или вновь разогретую пищу?		
Вы варите овощи и картофель в большом количестве воды?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином С.

Таблица 22 – Тест на обеспеченность витамином Е

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы нарушениями кровообращения?		
У вас слабые соединительные ткани?		
Образуются ли у вас после повреждения некрасивые шрамы?		
Часто ли вы бываете на солнце?		
Вы курите?		
Часто ли вы подвергаетесь негативному влиянию, например, смога или выхлопных газов?		
Часто ли вы употребляете растительные масла?		
Вы употребляете растительный маргарин?		
Вы употребляете продукты из муки грубого помола?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином Е.

**Задание:** Составить свой суточный пищевой рацион. Результат расчетов занести в таблицу 23.

Проанализировать результаты тестовых заданий и сделать выводы об обеспеченности вашего организма витаминами, макро- и микроэлементами.

Сделать выводы о калорийности и оптимальности пищевого рациона, выполнении суточных норм в потреблении питательных веществ.

Ответить письменно на контрольные вопросы.

Таблица 23 – Схема записи результатов

Режим питания	Название блюда	Продукты необходимые для его приготовления	Масса, г	Содержание во взятом количестве продукта, г			Калорийность, ккал
				Белки	Жиры	Углеводы	
1-й завтрак							
2-й завтрак							
Обед							
Ужин							

## Контрольные вопросы

1. В чем заключается рациональность питания?
2. Какое значение имеют для организма белки, жиры, углеводы, витамины?
3. Чем обусловлена проблема голода современного населения Земли?
4. Охарактеризуйте требования, предъявляемые к питанию человека.
5. Приведите примеры заболеваний человека, связанные с недостатком витаминов.

## Лабораторная работа № 6

### Загрязнение пищевых продуктов нитратами и их определение в различных овощных культурах в зависимости от вида, сорта, органа, ткани (2 часа)

Нитраты – неотъемлемая часть всех наземных и водных экосистем, поскольку процесс нитрификации, ведущий к образованию окисленных неорганических соединений азота, носит глобальный характер. В то же время, в связи с применением в больших масштабах азотных удобрений, поступление неорганических соединений азота в растения возрастает. Избыточное потребление азота удобрениями не только ведет к аккумуляции нитратов в растениях, но и способствует загрязнению водоемов и грунтовых вод остатками удобрений, в результате чего территория загрязнения сельхозпродукции нитратами расширяется. Однако накопление нитратов в растениях может происходить не только от переизбытка азотных удобрений, но и при недостатке других их видов (фосфорных, калийных и др.) путем частичной замены недостающих ионов нитрат-ионами при минеральном питании, а также при снижении у ряда растений активности фермента нитратредуктазы, превращающего нитраты в белки.

Ввиду этого наблюдается четкое различие видов и сортов растений по накоплению и содержанию нитратов. Существуют, например, виды овощных культур с большим и малым содержанием нитратов. Так, накопителями нитратов являются семейства тыквенных, капустных, сельдерейных. Наибольшее их количество содержится в листовых овощах: петрушке, укропе, сельдерее (табл. 24, рис. 6), наименьшее – в томатах, баклажанах, чесноке, зеленом горошке, винограде, яблоках и др. И между отдельными сортами существуют в этом отношении сильные различия. Так, сорта моркови Шантанэ, Пионер отличаются низким содержанием нитратов, а Нантская, Лосиноостровская – высоким. Зимние сорта капусты мало накапливают нитратов по сравнению с летними.

Наибольшее количество нитратов содержится в сосущих и проводящих органах растений – корнях, стеблях, черешках и жилках листьев. Так, у капусты наружные листья кочана содержат в 2 раза больше нитратов, чем внутренние. А в жилке листа и кочерыжке содержание нитратов в 2–3 раза больше, чем в листовой пластинке. У кабачков, огурцов и т.п. плодов нитраты убывают от плодоножки к верхушке.

В результате употребления продуктов, содержащих повышенное количество нитратов, человек может заболеть метгемоглобинемией. При этом заболевании ион  $\text{NO}_3$  взаимодействует с гемоглобином крови, окисляя железо, входящее в гемоглобин, до трехвалентного, а образовавшийся в результате этого метгемоглобин не способен переносить кислород и человек испытывает кислородную недостаточность: задыхается при физических нагрузках.

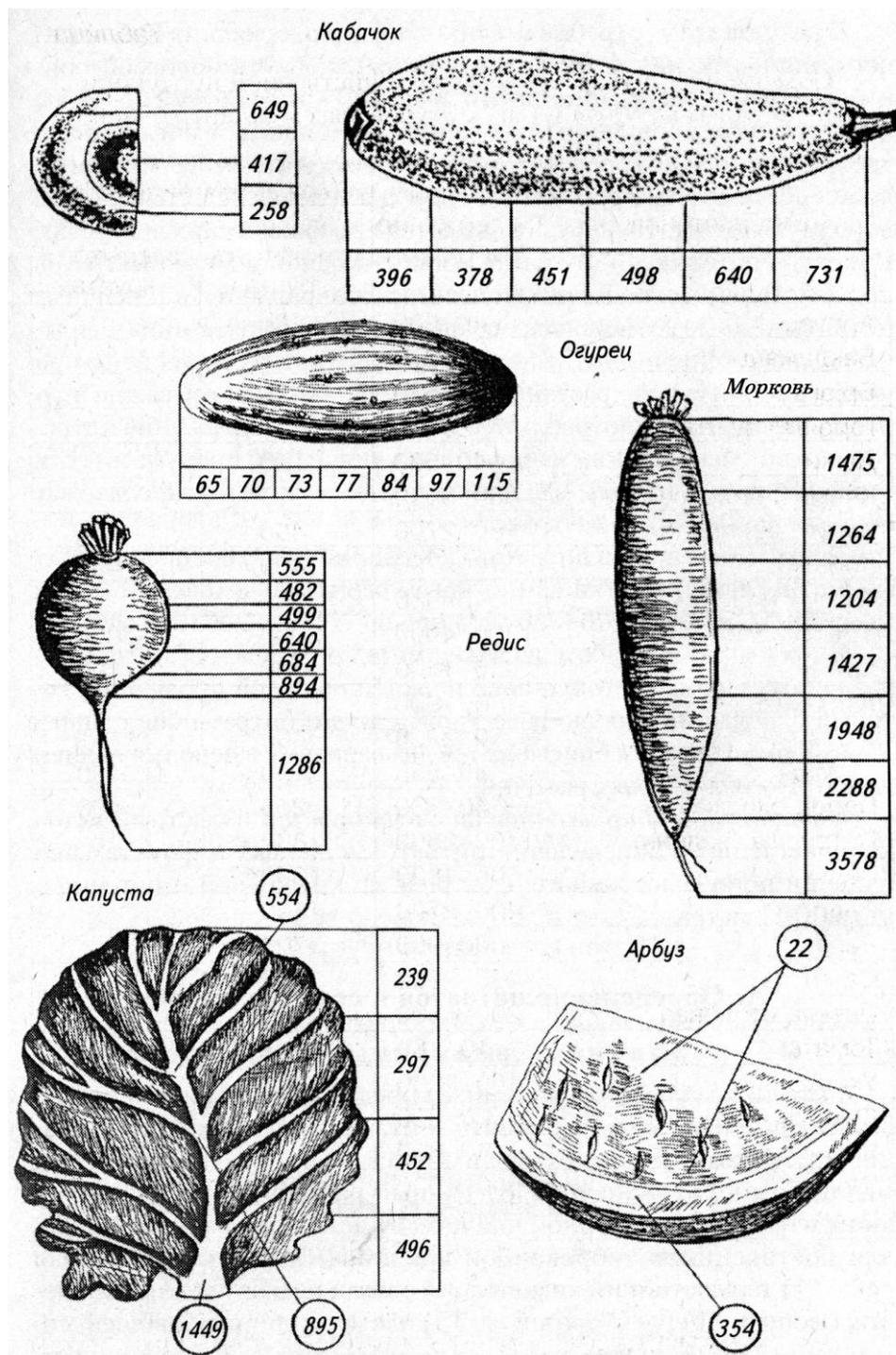


Рисунок 6 – Распределение нитратов в растениях (мг/кг сырой массы)

Таблица 24 – Содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции и их допустимые уровни (мг/кг сырой массы по нитрат-иону) [Методические указания по определению..., 1989]

Вид растения	Содержание нитратов	Допустимые уровни	
		Для открытого грунта	Для закрытого грунта
Арбузы	40–600	60	
Баклажаны	80–270		
Брюква	400–550	400	
Горошек зеленый	20–80		
Дыни	40–500	90	
Капуста белокочанная	600–3000	900	
Капуста кольраби	160–2700	400	
Кабачки	400–700	400	400
Картофель	40–980	250	
Кресс-салат	1300–4900	2000	3000
Лук зеленый	40–1400	600	800
Лук репчатый	60–900	80	
Морковь	160–2200	400	
Огурцы	80–560	150	400
Перец сладкий	40–330	200	400
Петрушка (зелень)	1700–2500	1800	
Редька черная	1500–1800	1300	
Редис	400–2700	1500	
Репка	600–900	700	
Салат	400–2900	2000	3000
Свекла столовая	200–4500	1400	
Томаты	10–180	150	300
Укроп	400–2200	2000	3000
Фасоль	20–900		
Чеснок	40–300		
Шпинат	600–4000	1200	
Щавель	240–400		

В желудочно-кишечном тракте избыточное количество нитратов под действием микрофлоры кишечника превращается в токсичные нитриты, а далее возможно превращение их в нитрозоамины – сильные канцерогенные яды. В связи с этим при употреблении в пищу растений – накопителей нитратов важно нитраты разбавлять и употреблять в малых дозах. Содержание нитратов можно уменьшить вы-

мачиванием, кипячением продуктов (если отвар не используется), удалением тех частей, которые содержат большое количество нитратов.

Допустимые нормы нитратов (по данным ВОЗ) составляют 5 мг (по нитрат-иону) в сутки на 1 кг массы взрослого человека, т.е. при массе 50–60 кг – это 220–300 мг, а при 60–70 кг – 300–350 мг.

В предлагаемой работе изложен метод определения нитратов у различных видов, сортов, тканей и частей овощной продукции, который основан на хорошо известной реакции нитрат-иона с дифениламином. При этом описываются два варианта: с использованием выжатого сока и целых растений.

**Цель работы:** освоить метод определения нитратов в овощных культурах, сравнить содержание нитратов в различных культурах в зависимости от вида, сорта, органа, ткани.

**Оборудование, реактивы, материалы:**

1) ступки малые с пестиками; 2) предметные стекла; 3) марлевые салфетки; 4) мелкие емкости – пузырьки из-под пенициллина с пробками; 5) пипетки химические на 5 мл; 6) пипетки медицинские; 7) скальпели; 8) 1 %-й раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте; 9) исходный раствор  $\text{NaNO}_3$  для построения калибровочной кривой; 10) дистиллированная вода; 11) термостойкий химический стакан на 0,5–1 л для кипячения овощей; 12) электроплитка; 13) части различных овощей, содержащих наибольшее количество нитратов, с неокрашенным соком (капуста, огурцы, кабачки, картофель, дыня и др.).

### Ход работы

За несколько дней до занятия принести различные овощи, купленные в магазине, или с собственного участка. Овощи следует вымыть и обсушить.

В один из пузырьков налить 10 мл исходного раствора  $\text{NaNO}_3$ , соответствующего по концентрации максимальному содержанию нитратов в овощах (см. табл. 24) – 3000 мг на кг. Следует отметить, что в отдельных органах растений встречаются и значительно большие концентрации.

Приготовить серию калибровочных растворов путем разбавления пополам предыдущего (например, к 3 мл исходного раствора прибавляется 3 мл дистиллированной воды, взбалтывается и т.д.) Получить серию растворов с разным содержанием нитратов: 3000, 1500, 750, 375, 188, 94, 47, 23 мг/кг.

Под предметное стекло подложить лист белой бумаги, на стекло капнуть две капли изучаемого раствора и две такие же капли дифениламина в трехкратной повторности. Описать реакцию согласно следующей градации, которую можно использовать как для калибровочных растворов, так и для двух типов анализов [Церлинг, 1990].

Таблица 25 – Содержание нитратов в различных овощных культурах по Церлингу

Балл	Характер окраски	Содержание нитратов, мг/кг
6	Сок или срез окрашиваются быстро и интенсивно в иссиня-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает	>3000
5	Сок или срез окрашиваются в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	3000
4	Сок или срез окрашиваются в синий цвет. Окраска наступает не сразу	1000
3	Окраска светло-синяя, исчезает через 2–3 минуты	500
2	Окраска быстро исчезает, окрашиваются главным образом проводящие пучки	250
1	Следы голубой, быстро исчезающей окраски	100
0	Нет ни голубой, ни синей окраски. На целых растениях возможно порозовение	0

Следует отметить, что основой для определения содержания нитратов в соке должны быть собственные исследования, а не вышеприведенная таблица, так как окраска может варьироваться в зависимости от качества реактивов, срока их годности, температуры в помещении и др.

Овощи и плоды расчленяют на части: зона, примыкающая к плодоножке, кожура, периферийная часть, срединная часть, кочерыжка (у капусты), жилки, лист без жилок. Вырезанные части мелко режут ножом и быстро растирают в ступке, сок отжимают через 2-3 слоя марли. 2 капли сока капают на чистое предметное стекло, положенное на белую бумагу, добавляют 2 капли дифениламина. Быстро описывают все наблюдаемые реакции согласно схеме. Повторность опыта 3-кратная. В случае сомнений в содержании нитратов в той или иной части овощной продукции капают рядом калибровочный раствор с известной концентрацией вещества и повторяют реакцию с дифениламином.

Анализ начать с сока капусты и картофеля, затем поместить эти овощи в термостойкий химический стакан с кипящей дистиллированной водой и кипятить 10–15 мин, после чего проанализировать и отварные овощи, и отвар. За время варки сделать анализ различных частей других овощей и плодов (не менее четырех видов за занятие). Записать результаты в общую таблицу на доске и в частную – в тетради (табл. 26).

Таблица 26 – Схема записи.  
Содержание нитратов в различных овощах и плодах

Исследуемое растение	Часть	Баллы	Содержание нитратов, мг/кг
Картофель свежий	Под кожурой Серединная часть		
Картофель отварной	Те же части		
Капуста	Жилки Кочерыжка Лист		
Капуста отварная	Те же части		
Отвар			

**Задание:** Дать оценку качества исследуемой продукции растениеводства: какие продукты содержат мало нитратов, а какие много. Объяснить (описать) расположение нитратов внутри плодов. Дать оценку возможности отравления нитратами при использовании выбранных продуктов питания.

Ответить письменно на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Почему опасно накопление нитратов в продуктах растениеводства?
2. Почему возможно накопление нитратов в растениях?
3. Какие растения способны накапливать особенно высокие концентрации нитратов?
4. Какие сельскохозяйственные растения нитратов почти не накапливают, с чем это связано?
5. Перечислите способы снижения количества нитратов в овощах.

## Лабораторная работа № 7

### Оценка радиационного состояния окружающей среды (2 часа)

Радиоактивностью называют самопроизвольный распад неустойчивых ядер с испусканием других ядер или элементарных частиц. Характерным признаком, отличающим ее от других видов ядерных превращений, является самопроизвольность (спонтанность) этого процесса. Различают естественную и искусственную радиоактивность. Естественная радиоактивность встречается у неустойчивых ядер, существующих в природных условиях. Искусственной называют радиоактивность ядер, образующихся в результате различных ядерных реакций.

Радиоактивное излучение бывает трех типов:  $\alpha$ ,  $\beta$ , и  $\gamma$ .

**$\alpha$ -излучение** отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает высокой ионизирующей и малой проникающей способностью (поглощается слоем алюминия толщиной 0,05 мм), это поток ядер гелия.

**$\beta$ -распад** заключается во внутриядерном взаимном превращении нуклонов (нейтрона в протон и обратно).  **$\beta$ -излучение** представляет собой поток электронов (позитронов), оно отклоняется электрическим и магнитным полями, его ионизирующая способность примерно на два порядка меньше, а поглощающая способность гораздо больше (поглощается слоем алюминия толщиной 2 мм), чем у  $\alpha$ -частиц. Коэффициент поглощения  $\beta$ -излучения, которое сильно рассеивается в веществе, сильно зависит не только от свойств вещества, но и от размеров и формы тела, на которое падает бета-излучение.

**$\gamma$ -излучение** не отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает относительно слабой ионизирующей способностью и очень большой проникающей способностью (проходит через слой свинца толщиной 5 см). При прохождении через кристаллическое вещество наблюдается дифракция гамма-излучения.  $\gamma$ -излучение – это коротковолновое электромагнитное излучение с чрезвычайно малой длиной волны – меньше  $10^{-10}$  м.

Многие радиоактивные процессы сопровождаются излучением гамма-квантов.

**Радиоактивностью** является также спонтанное деление ядер, протонная активность и др. Понятие радиоактивности иногда распространяется и на превращения элементарных частиц.

**Радиационный фон** – это ионизирующее излучение земного и космического происхождения, постоянно воздействующее на человека. В радиационный фон не входят местные радиационные загрязнения окружающей среды в результате деятельности человека, равно как и облучение на производстве или при рентгенодиагностике и других медицинских процедурах. Величина природного радиационного фона в определенных регионах Земли относительно постоянна.

Различают естественный, технологически измененный естественный и искусственный радиационный фон. Естественный радиационный фон обусловлен космическим излучением и излучением природных радионуклидов. Технологически измененный радиационный фон формируется за счет природных источников ионизирующего излучения, например, излучения рассеянных в окружающей среде естественных радионуклидов, извлеченных из недр Земли вместе с полезными ископаемыми или содержащихся в строительных материалах. Искусственный радиационный фон – глобальное загрязнение окружающей среды образующимися при расщеплении ядер урана и плутония искусственными радионуклидами; возник после начала испытаний ядерного оружия, а также частично за счет сброса атомными электростанциями благородных газов, углерода и трития. Искусственный радиационный фон в масштабах земного шара в среднем составляет 1–3 % естественного радиационного фона.

Мерой радиационного фона на местности является мощность экспозиционной дозы. На территории нашей страны на местности (высота 1 м от поверхности земли) радиационный фон колеблется в основном в пределах 5–25 мкР/ч. В местах залегания гранитов и др. минералов, содержащих повышенные концентрации урана и радия, величина радиационного фона и соответственно мощность дозы внешнего облучения на местности может достигать более 60 мкР/ч (норматив радиационной безопасности).

В медицинской практике радиационный фон оценивают по мощности поглощенной дозы в тканях организма, формируемой как внешним облучением, так и внутренним вследствие воздействия естественных радионуклидов, содержащихся в организме.

Влияние радиационного фона на здоровье человека полностью не выяснено. Некоторые специалисты считают, что человек в процессе эволюции адаптировался к радиационному фону, поэтому он для него полностью безвреден. Существует точка зрения, что радиационный фон оказывает даже благоприятное действие на организм чело-

века. Однако большинство специалистов концентрируют внимание на возможном отрицательном действии радиационного фона. Так, предполагают, что от 5 до 40 % всех случаев рака легкого обусловлены вдыханием радона и его дочерних продуктов в помещениях. Точных оценок опасности радиационного фона не существует, поскольку характерные для радиационного фона малые дозы ионизирующих излучений не вызывают в состоянии здоровья выраженных, поддающихся объективной регистрации сдвигов.

Согласно наиболее распространенной точке зрения, на которой основываются официальные международные и общественные принципы гигиенического нормирования радиационного воздействия, любую дозу ионизирующего излучения, в т.ч. образуемую за счет радиационного фона, нельзя считать абсолютно безопасной. Однако при низких дозах риск (эффект) очень мал и практически не поддается выявлению.

Основную часть облучения население земного шара получает от естественных источников радиации. Большинство из них таковы, что избежать облучения от них совершенно невозможно. Человек подвергается облучению двумя способами. Радиоактивные вещества могут находиться вне организма и облучать его снаружи (внешнее облучение). В случае если радиоактивные вещества оказываются в воздухе, в пище или в воде они могут попасть внутрь организма человека. Такой способ облучения называют внутренним. Основными видами ионизирующих излучений, с которыми встречаются в настоящее время организмы, являются альфа-, бета-частицы, гамма-кванты, рентгеновское излучение.

Бытовые дозиметры предназначены для оперативного индивидуального контроля населением радиационной обстановки и позволяют приблизительно оценивать мощность эквивалентной дозы излучения. Большинство современных дозиметров измеряет мощность дозы излучения в микрозивертах в час (мкЗв/ч), однако до сих пор широко используется и другая единица – микрорентген в час (мкР/ч). Соотношение между ними такое:  $1 \text{ мкЗв/ч} = 100 \text{ мкР/ч}$ .

Прибор НЕЙВА ИР-002 оценивает радиационную обстановку. Работа индикатора происходит следующим образом. Проходящее через детектор  $\gamma$ -излучение вызывает внутри него газовый разряд, в результате которого на выводах детектора появляются импульсы напряжения. Электронная схема считает эти импульсы и высвечивает на табло. Время счета составляет 36 / 360 с и определяется электрон-

ной схемой. Выбранный интервал времени измерения необходим для измерения реального уровня  $\gamma$ -излучения мкР/ч. Таким образом, определяя количество импульсов, можно оценить уровень радиоактивного фона на каком-либо объекте ( $1 \text{ мкР/ч} = 0,01 \text{ мкЗв/ч}$ ).

**Цель работы:** оценить радиационное состояние окружающей среды и ее компонентов с помощью дозиметра.

**Оборудование, реактивы, материалы:** прибор – индикатор радиоактивности НЕЙВА ИР-002.

Описание устройства и действия прибора.

На рисунке 7 представлен внешний вид индикатора радиоактивности НЕЙВА ИР-002, который предназначен для обнаружения и оценки уровня ионизирующего излучения.



*Рисунок 7 – Прибор НЕЙВА ИР-002*

На передней и задней панели прибора находятся:

1. Переключатель, который имеет три положения:

– ВЫКЛ – соответствует отключенному от батареи питания состоянию;

– СБРОС – батарея питания подключена, электронная схема в исходном состоянии;

– СЧЕТ – основной режим работы индикатора, режим регистрации  $\gamma$ -излучения.

2. Кнопка «1/10».

С помощью кнопки «1/10» подсчет импульсов возможен двумя способами:

«1» – индикатор считает импульсы в течении 36 с;

«10» – индикатор считает импульсы в течении 360 с.

### Вариант 1

#### Определение мощности экспозиционной дозы естественного фона

#### Ход работы

1. Подготовить прибор (индикатор радиоактивности).
2. Провести замер радиационной обстановки.
3. Повторить п.2 еще 8–10 раз и записать полученные значения в тетрадь.
4. Подсчитать среднее значение.
5. Полученные результаты записать в таблицу 27.
6. Сравнить полученное среднее значение фона с естественным радиационным фоном, принятым за норму, – 0,15 мкЗв/ч.

Таблица 27 – Схема записи результатов

№ п/п	Мощность дозы (мкР/ч или мкЗв/ч)	Среднее экспозиционной дозы (мкР/ч или мкЗв/ч)
1		
...		
10		

**Задание:** 1. Определить мощность экспозиционной дозы естественного фона в разных помещениях учебного корпуса.

2. Определить мощность полевой эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения с помощью дозиметра. Провести измерения на улице.

Вычислить в обоих случаях среднее арифметическое значение. Сравнить результаты, сделать выводы.

## Вариант 2

### Определение уровня загрязненности воды, почвы, продуктов питания по $\gamma$ -излучению.

#### Ход работы

1. Подготовить пробу в стандартных бытовых стеклянных банках емкостью от 0,5 до 3 л под полиэтиленовой крышкой: залить жидкость (вода, молоко и др.) или засыпать предварительно мелко измельченный продукт (грибы, ягоды, крупа и др.) в банку, чтобы верхняя граница не доходила до края горловины на 3–5 мм.
2. Подготовить дозиметр к работе.
3. Установить прибор вплотную рабочей чувствительной поверхностью к почве или воде и снять последовательно 5–6 показаний.
4. Рассчитать среднее значение мощности дозы от пробы.
5. Убрать пробу и определить фоновое излучение.
6. Рассчитать объемную активность пробы в Беккерелях на литр. Для этого от среднего значения мощности дозы отнять значение фоновой радиации, затем полученное число умножить на 1000 для пробы объемом 2 л или на 1200 для пробы объемом 1 л.
7. Сделать вывод, о радиационной чистоте исследуемых проб.

Таблица 28 – Схема записи результатов

Номер пробы	Мощность дозы от пробы (среднее значение)		Фоновое излучение		Объемная активность пробы
	мкЗв/ч	мкР/ч	мкЗв/ч	мкР/ч	Бк/л
1. 2. 3. и т.д.					

**Задание:** Определить уровень загрязненности исследуемых образцов (воды, почвы, продуктов питания) по  $\gamma$ -излучению с помощью

дозиметра. Вычислить среднее арифметическое значение. Сделать выводы об уровне загрязненности проб на основании полученных экспериментальных данных.

Результаты наблюдений занести в таблицу 28.

Ответить письменно на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Вычислите, какую дозу ионизирующих излучений получит человек в течение года, если среднее значение радиационного фона на протяжении года изменяться не будет. Сопоставьте ее со значением, безопасным для здоровья человека.

2. Какое радиоактивное излучение обладает самой большой проникающей способностью? Минимальной проникающей способностью?

3. Чему (в рентгенах) равен естественный фон радиации?

4. Какие существуют способы защиты от воздействия радиоактивных частиц и излучений?

5. Укажите экологические последствия радиационного загрязнения окружающей среды.

## **Лабораторная работа № 8**

### **Моделирование механизма парникового эффекта (2 часа)**

Термин глобальная экология был предложен в 1977 г. академиком М. И. Бутыко для комплексной науки, изучающей биосферу в целом. Академик С. С. Шварц подчеркивал, что «в последнее время сложилась практика определять комплекс глобальных экологических проблем взаимодействия человека и природы как глобальную экологическую проблему, а комплекс наук, исследующих эту проблему, – как глобальную экологию»... одним из основополагающих принципов глобальной экологии должен быть принцип неизбежности прогрессирующего антропогенного изменения природной среды.

Среди экологических проблем обычно называют проблему разрушения озонового слоя, проблему парникового эффекта, проблему кислотных дождей, сокращения биологического разнообразия др.

Моделирование – это исследование какого-либо явления, процесса или объекта путем построения и изучения их моделей.

Модель (от лат. *modulus* – мера, образец) – любой образ, аналог, описание какого-либо процесса или явления, воспроизводящее или имитирующее его основные свойства.

Основоположником глобального экологического моделирования с имитацией процессов на ЭВМ (электронная вычислительная машина) является американский ученый Джой Форрестер.

Наиболее интересные модели глобального развития появились по инициативе итальянского экономиста Римского клуба Аурелио Печчеи. Первым отчетом Римскому клубу была работа «Пределы роста» [Деннис Медоуз и др, 1972 г.], явившаяся страстной проповедью опасностей безудержного экономического роста. С тех пор было создано около трех десятков отчетов Римскому клубу. Среди последних – работа С. Хантингтона «Столкновение цивилизаций» (1994 г), в которой утверждается, что будущие мировые конфликты могут определяться не экономикой или идеологией, а сферой культуры, противоречиями цивилизаций.

Прогрессивное человечество и в первую очередь ученые и политики уделяют большое внимание проблеме глобального потепления климата. Рассмотрим теперь, почему это явление называется парниковым эффектом, какова его природа.

Представим себе парник (цветочную оранжерею или теплицу), который нагревается на солнце. Нагрев вызван тем, что световая

энергия, проникающая внутрь парника через стекло, поглощается и превращается в тепловую, т.е. в инфракрасное (ИК) излучение, которое не может пройти через стекло наружу. Таким образом, тепло как бы улавливается, и температура в парнике повышается.

Аналогично нагревается атмосфера Земли. Солнечные лучи падают на Землю. Большая их часть проникает сквозь атмосферу и, поглощаясь, нагревает поверхностный слой Земли. Земля испускает невидимое инфракрасное излучение, в результате чего происходит ее охлаждение. Однако часть этого излучения поглощается парниковыми газами в атмосфере, которые выполняют роль «экрана», удерживающего тепло (рис. 29).

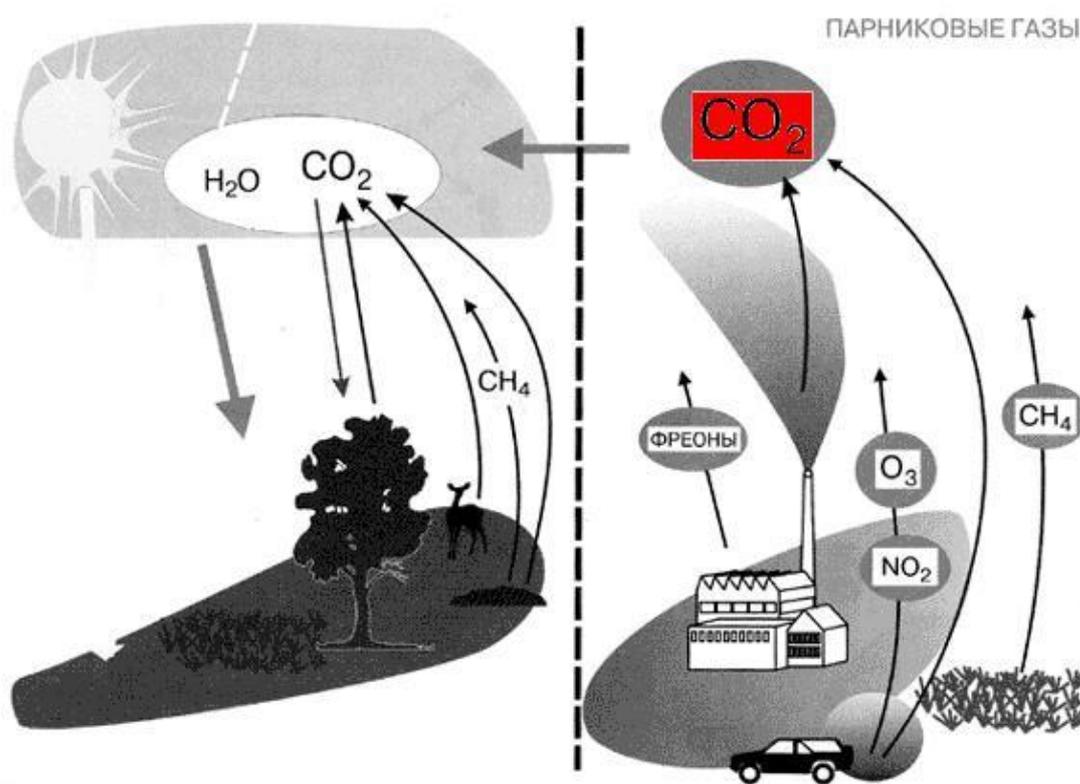


Рисунок 8 – Парниковый эффект

Чем выше концентрация этих газов, тем заметнее парниковый эффект.

Парниковые газы – это газы, создающие в атмосфере экран, задерживающий инфракрасные лучи, которые в результате нагревают поверхность Земли и нижний слой атмосферы. Многие из этих газов почти на всем протяжении истории существования Земли присутствовали в атмосфере в незначительном количестве. К наиболее распространенным природным парниковым газам относятся пары воды  $H_2O$ . Следующим в ряду парниковых газов стоит углекислый газ  $CO_2$ .

При отсутствии  $\text{CO}_2$  температура поверхности Земли была бы примерно на  $33^\circ\text{C}$  ниже, чем в настоящее время, т.е. условия для жизни животных и растений были бы крайне неблагоприятными. Углекислый газ попадает в атмосферу как естественным, так и искусственным путем. Следовательно, необходимо делать различие между естественным парниковым эффектом и антропогенным, усиленным парниковым эффектом [Общая экология..., 2010].

Далее рассмотрим проблемы парникового эффекта, вызванные деятельностью человека.

В настоящее время основными парниковыми газами являются углекислый газ  $\text{CO}_2$ , метан  $\text{CH}_4$ , хлорфторуглероды (фреоны) и оксид азота (I)  $\text{N}_2\text{O}$ . Доля влияния основных парниковых газов на глобальное потепление длительное время составляла:  $\text{CO}_2$  – 55 % (0,5 %), фреонов и родственных им газов – 24 % (4 %),  $\text{CH}_4$  – 15 % (0,9 %),  $\text{N}_2\text{O}$  – 6 % (0,8%) (в скобках указан уровень среднегодового прироста этих газов). Тропосферный озон  $\text{O}_3$  тоже относится к парниковым газам, но его трудно оценить количественно. Возникает он в тропосфере в результате химических реакций под действием солнечного света между углеводородами и оксидами азота, образовавшимися при сжигании ископаемого топлива.

К 2000 г. доля влияния этих парниковых газов на глобальное потепление изменилась. По сравнению с 1990 г. возросла доля углекислого газа с 55 до 64% и метана – с 15 до 20%, уменьшилась доля фреонов (в связи с их запретом) с 24 до 10%, на прежнем уровне осталась доля  $\text{N}_2\text{O}$  (6%) (табл. 29).

Таблица 29 – Основные парниковые газы, их источники и доля влияния на глобальное потепление [Гурни К., 2000]

Газ	Основные источники	Доля влияния на глобальное потепление, %
1	2	3
Углекислый газ $\text{CO}_2$	Производство, транспортировка и сжигание ископаемого топлива (86 %). Сведение тропических лесов и сжигание биомассы (12 %). Остальные источники (2 %)	64

1	2	3
Метан CH <sub>4</sub>	Утечка природного газа. Производство топлива. Жизнедеятельность животных (пищеварительная ферментация). Рисовые плантации. Сведение лесов	20
Хлорфторуглероды (фреоны) и родственные газы	Холодильная промышленность (хладагенты). Производство аэрозольных упаковок. Системы кондиционирования воздуха. Производство пенопласта	10
Оксид азота (I) N <sub>2</sub> O	Применение азотных удобрений. Сжигание биомасс. Сжигание ископаемого топлива	6

Антропогенный парниковый эффект на 57 % обусловлен добычей и потреблением энергии, на 9 % – исчезновением лесов, на 14% – сельскохозяйственной деятельностью и на 20% – остальным промышленным производством, не связанным с энергетическим циклом (в том числе и производством фреонов).

**Цель работы:** освоить метод моделирования ситуации при рассмотрении парникового эффекта; исследовать механизм образования парникового эффекта.

**Оборудование, реактивы, материалы:** прозрачная пластмассовая коробка или аквариум с крышкой; пульверизатор; термометр с подставкой; электрическая лампа; темный грунт; светлый грунт.

### Ход работы

1. Насыпать на дно прозрачной пластмассовой коробки или аквариума темный грунт (песок или почву) слоем 2–3 см.

2. Увлажнить песок или почву с помощью пульверизатора.

3. Сделать из картона подставку для термометра.

4. Вкопать ее в грунт и установить на нее термометр шариком вверх. Закрыть сосуд крышкой.

5. Установить лампу над сосудом на расстоянии 20–30 см таким образом, чтобы свет падал на шарик термометра.

6. Выключив лампу, выждать, пока температура не сравняется с комнатной. Отметить эту температуру в журнале для наблюдений.

7. Оставить крышку на сосуде, включить лампу и записывать температуру каждую минуту в течение 20 мин (термометр должен быть расположен так, чтобы можно было легко снимать его показания через стенку сосуда).

8. Выключив лампу, выждать, пока температура не сравняется с комнатной. Снова увлажнить грунт и повторить опыт, сняв крышку с сосуда.

9. Построить график, отложив по оси ординат температуру, а по оси абсцисс – время.

10. Снова проделать ту же работу, заменив темный грунт светлым. Результаты оформить в виде таблицы 30.

Таблица 30 – Схема записи результатов

№ п/п	Время, мин	Температура, °С			
		Темный грунт		Светлый грунт	
		Без крышки	С крышкой	Без крышки	С крышкой
	1				
	2				
	...				
	20				

**Задание:**

1. Изучить смысл парникового эффекта.
2. Зафиксировать нагрев темного и светлого грунта, сравнить результаты.
3. Ответить письменно на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. Почему температура повышается, когда коробка закрыта крышкой?
2. Сравнить этот процесс с парниковым эффектом Земли.
3. Различаются ли температурные кривые для темного и светлого грунта?
4. Влияет ли на температуру воздуха увеличение облачности?
5. Как повлияет существенное повышение средней температуры на планете Земля на очертания суши?

## Задачи

1. Электростанция, работающая на угле, выделяет на каждый гигавайт-час вырабатываемой энергии 964 т  $\text{CO}_2$  (с учетом добычи топлива, строительства и эксплуатации), на нефти – 726,2 т  $\text{CO}_2$ , на природном газе – в 1,5 раза меньше, чем на нефти, а выбросы  $\text{CO}$ , при строительстве солнечно-тепловой электростанции в 134 раза меньше, чем для работающей на газе. Рассчитайте, сколько тонн  $\text{CO}_2$  выделяет электростанция, использующая энергию Солнца. Сделайте вывод, какая из указанных электростанций вносит больший «вклад» в развитие глобального потепления климата по данному парниковому газу. Для сведения: 1 гигавайт (ГВт) = 1 млрд Вт.

2. Для «дровяной» теплоэлектростанции мощностью 1 млрд Вт-ч были использованы специальные быстрорастущие деревья, которые поглотили из атмосферы в процессе фотосинтеза 1 509,1 т  $\text{CO}_2$ . В период строительства этой электростанции в атмосферу поступило 2,9 т  $\text{CO}_2$ , а в период эксплуатации выделилось 1 346,3 т  $\text{CO}_2$ . Каким будет результирующее влияние указанной электростанции на парниковый эффект: положительным или отрицательным? Сделайте вывод на основе вычислений.

3. В развитие парникового эффекта большой вклад вносят хлорфторуглероды (фреоны), мировое производство которых к 1990 г. составляло 434 615 т. Объем производства этих веществ в США составлял 380 000 т. Вычислите, какая доля (в %) мирового производства фреонов приходилась на США в 1990-е годы? В домашних холодильниках используется 3 800 т фреонов, в автомобильных кондиционерах – 54 100 т. Сколько процентов это составляет от общего объема производства этих веществ в США?

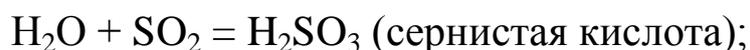
## Лабораторная работа № 9

### Влияние кислотных осадков на объекты живой и неживой природы (2 часа)

Кислотными называются любые осадки – дожди, туманы, снег, – кислотность которых выше нормальной. К ним также относят выпадение из атмосферы сухих кислых частиц, более узко называемых кислотными отложениями. Кислотные осадки обусловлены присутствием серной ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) и азотной ( $\text{HNO}_3$ ) кислот. Обычно кислотность на две трети состоит из первой и на одну треть из второй, но во многом их соотношение определяется особенностями антропогенного загрязнения атмосферы в конкретном регионе. Присутствие в этих формулах серы и азота указывает на то, что проблема связана с выбросами данных элементов в воздух (рис. 9).

Термин «кислотный дождь» впервые ввел английский химик Роберт Ангус Смит в 1882 г. в книге «Воздух и дождь: начало химической климатологии».

Впервые кислотные дожди были отмечены в Скандинавии. Потом они появились на северо-востоке США. Сейчас эта проблема существует во всем индустриальном мире. Рыба исчезла из многих озер. Поверхность каменных и бетонных домов, мраморных статуй разъедена. Сельскохозяйственные культуры замедляются в росте, а леса умирают. Оксиды серы и азота, выбрасываемые электростанциями, заводами и автомобилями, образуют кислоты, понижающие рН дождевой воды до 4–4,5 в ходе основных реакций:



Иногда уровень этих газов в воздухе повышается так, что рН воды достигает 3 (для сравнения: рН 4–4,5 – кислотность апельсинового сока, рН 3 – виноградного сока). Кислота разрушает известняк, мрамор, бетон:



Растворимость сульфата кальция выше, чем карбоната. Поэтому разрушаются каменные строения, статуи и монументы, например, греческий Парфенон, века простоявший без повреждений, сейчас разрушается под действием кислотных дождей. Сульфат-анионы рассеиваются в воздухе и, попадая в легкие, вызывают респираторные заболевания.

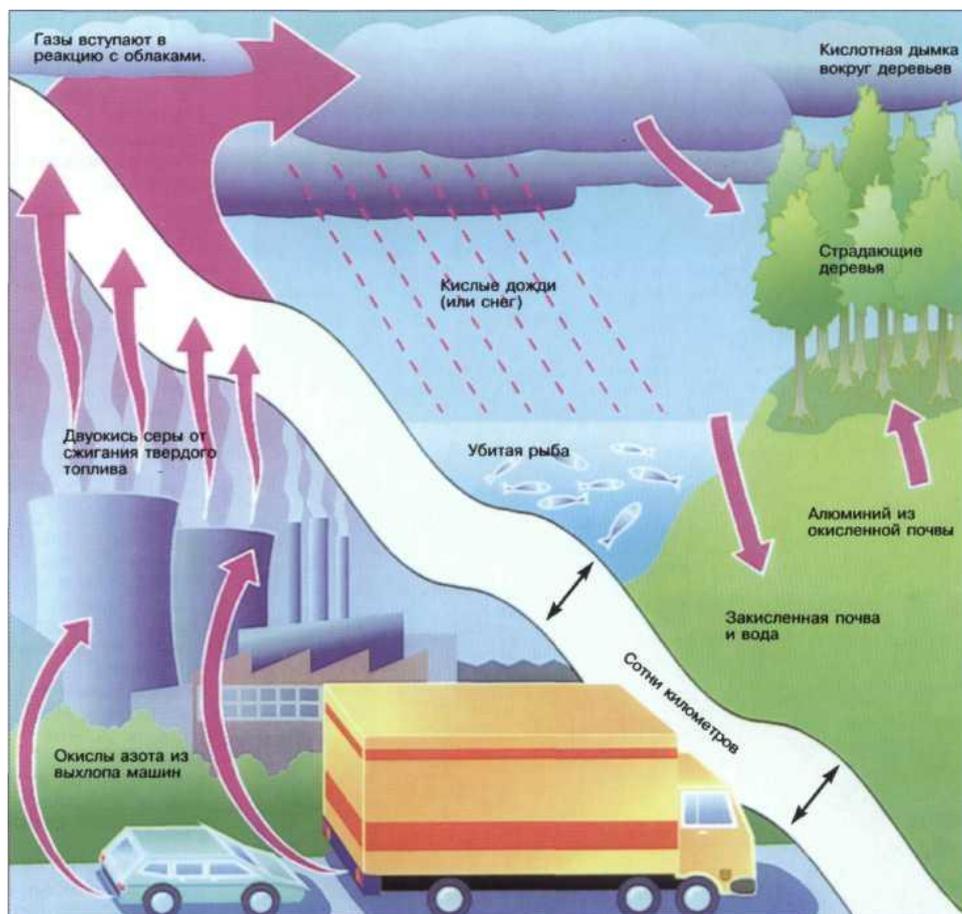


Рисунок 9 – Схема возможных направлений влияния кислотных осадков на окружающую среду

В водоемах, где вода сильно закислена, рыба погибает вследствие непрямого влияния понижения рН на организм.

Уменьшение рН среды по-разному влияет на жизнеспособность различных организмов. При значении рН = 6 гибнут ракообразные, улитки, моллюски, при рН < 5,8–5,9 – лосось, форель, плотва, а также некоторые восприимчивые к кислотному загрязнению насекомые, фито- и зоопланктон. При рН = 5,7 и ниже гибнут сиг и хариус. Окунь и щука выдерживают подкисление водоемов до рН = 5,1, а угорь и голец – до рН = 4,6–4,7. Из приведенных примеров видно, как по-

разному влияет кислотность на виды рыб, лишь немногие выживают при  $\text{pH} < 4,5$ , при этом важно отметить, что даже при вымирании самых чувствительных видов наступает нарушение водных экосистем. При  $\text{pH} > 4,5$  бурно развиваются кислотолюбивые мхи, грибы и нитчатые водоросли, а также белый мох сфагнум (в обычных условиях – обитатель суши), водоем начинает заболачиваться. При таком понижении  $\text{pH}$  в озерах вымирают микроорганизмы, развиваются анаэробные (бескислородные) процессы с выделением метана и сероводорода [Шилов И.А., 1997].

Кислотные осадки оказывают на рыб не только прямое воздействие, но и косвенное – за счет вымывания алюминия и тяжелых металлов из почвы и донных отложений. Поначалу водоемы нейтрализуют избыточную кислоту различными природными карбонатами, содержащимися в осадочных породах. Но если кислоты много, резерв карбонатов в воде быстро расходуется, и начинают растворяться оксиды алюминия, также содержащиеся в породах. При  $\text{pH}$  водоема, равной 4, концентрация ионов  $\text{Al}^{3+}$  (как и тяжелых металлов) возрастает в тысячи раз. Эти ионы смертельно опасны для рыб. В жабрах, как и в ротовой полости человека,  $\text{pH}$  слабощелочная (8–8,5). Если же в такой раствор попадают ионы алюминия, то осаждается нерастворимый гидроксид алюминия, который забивает жаберные щели, и рыба задыхается.

В процессе образования кислотных дождей многое остается неясным, например механизм превращения диоксида серы в триоксид. Кислород, растворенный в воде, окисляет диоксид серы очень медленно. Возможно, реакция ускоряется солнечным светом или такими катализаторами, как железо, марганец или ванадий в частичках сажи.

Назовем еще одно косвенное воздействие кислотных дождей на организм человека. Если повышается кислотность воды водохранилищ, откуда ведется водозабор для городской водопроводной сети, то в подаваемой воде могут растворяться токсичные металлы самих водопроводных труб и пробок. Таким образом, например, в питьевую воду может поступать свинец, который раньше использовали при строительстве водопроводных систем. С такой водой токсичные металлы могут попадать в организм человека. Не менее важно и то, что деградирующие леса, гибнущие озера, разрушающиеся памятники культуры – это большие эстетические потери для человечества, а также фактор негативного воздействия на эмоционально-психологическое состояние людей.

**Цель работы:** освоить метод моделирования ситуации, складывающейся при выпадении кислотного дождя; исследовать действие кислотного дождя на растительные и животные организмы, а также образцы строительных материалов (мрамор, гипс).

**Оборудование, реактивы, материалы:** стеклянная емкость (0,5 л) с крышкой; разбрызгиватель для воды; ложечка для сжигания; сера; спиртовка; микроскоп; предметные и покровные стекла; пипетки; образцы биоты (микроорганизмы – эвглены, коловратки, инфузории; личинки насекомых – коретры, трубочники; моллюски; водоросли; высшие растения; кусочек кожуры яблока; еловая веточка; распутившиеся почки тополя; несколько волосков); абиотические объекты (кусочек мрамора, гипса); чашки Петри.

### Ход работы

1. В чашки Петри поместить биотические и абиотические образцы.

2. Заполнить наполовину ложечку для сжигания серой. Под тягой зажечь серу в пламени спиртовки, быстро внести ложечку в банку и закрыть большую часть отверстия стеклянной пластинкой. Когда дым заполнит банку, вынуть ложечку. Погасить пламя серы несколькими каплями воды из-под крана.

3. Поставить банку отверстием вниз на чашку Петри с образцом биоты. Понаблюдать за происходящими изменениями. С помощью разбрызгивателя добавить в банку несколько мл дистиллированной воды. Быстро ввести лакмусовую бумажку и отметить изменение рН. Проследить за изменениями в образцах биоты, происходящими под действием кислотного дождя.

4. Провести наблюдения за микроскопическими объектами. Каплю воды с парамециями, эвгленами и коловратками поместить на предметное стекло под микроскоп. Рассмотреть микроорганизмы, записать наблюдения. Затем добавить три капли воды из банки на стекло – точно в каплю с культурой. Наблюдать за поведением организмов. Записать наблюдения. Аналогичным образом провести наблюдения над изменениями в неживых образцах.

#### **Задание:**

Записать выводы по всем исследованным объектам о действии кислотных дождей на живые и неживые объекты. Указать наиболее чувствительный объект (экологический маркер) из числа использованных в работе.

Ответить письменно на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Проанализировать рисунок 10. Внести в рисунок недостающие компоненты. Как отразится на биоценозе водоема воздействие кислотных дождей (образовавшихся с участием  $\text{SO}_2$ ), выпавших в почву?

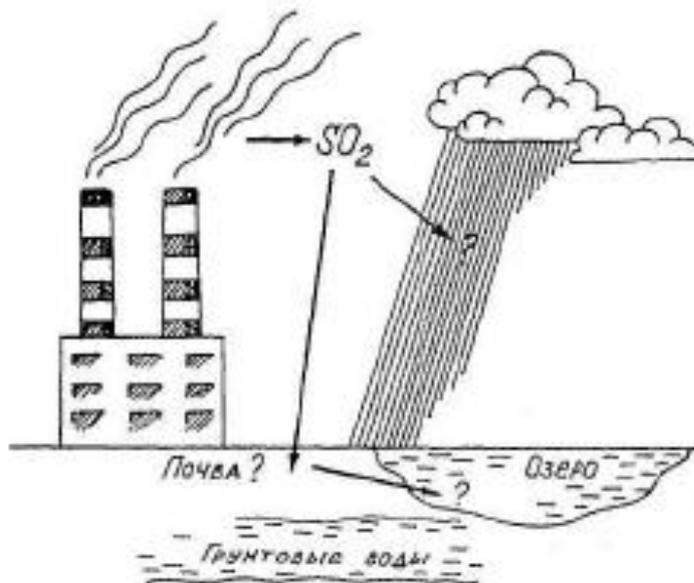


Рисунок 10 – Кислотные осадки

2. Кислотность каких осадков выше: дождя или тумана? Почему?
3. Какие почвы способны нейтрализовать кислотные осадки?
4. Какие мероприятия можно предложить для защиты биосферы от кислотных осадков?
5. Какое воздействие кислая вода оказывает на обитателей водных экосистем?
6. Каков химизм воздействия кислотных осадков на карбонатные строительные материалы?

### Задачи

1. Рассчитайте концентрацию ионов  $\text{H}^+$  в пробах дождевой воды, взятых для исследования в 2011 г. в различных промышленных зонах города Красноярска: а) Завод «Красфарма» – рН 5; б) ОАО «Красноярский цементный завод» – рН 8. Во сколько раз концентрация ионов

водорода в первой пробе больше (или меньше), чем во второй? Какой раствор является кислым?

2. Концентрация ионов  $H^+$  в пробе воды, полученной при таянии снега, собранного около крупной автомагистрали, составила  $10^{-6}$  моль/л, а в другой пробе, собранной около цементного завода, –  $10^{-9}$  моль/л. Рассчитайте рН обеих проб снега и сделайте вывод, можно ли их отнести к кислотным осадкам.

3. Рассчитайте, сколько извести (кг) потребуется для нейтрализации 15 кг  $SO_2$ , содержащегося в отходящих газах, если очистку проводить известковым методом в скруббере. Предотвращает ли это образование сернокислотных дождей?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богдановский, Г.А. Химическая экология / Г.А. Богдановский. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 237 с.
2. Бродский, А.К. Общая экология: учеб. для студентов вузов / А.К. Бродский. – М.: Академия, 2010. – 256 с.
3. Гальперин, М.В. Общая экология: учеб. / М.В. Гальперин. – М.: Форум, 2012. – 336 с.
4. Грин, Н. Биология: пер. с англ. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор. – Т. 1. – М.: Мир, 1990. – 325 с.
5. Гринин, А.С. Экологическая безопасность. Защита территории и населения при чрезвычайных ситуациях: учеб. / А.С. Гринин, В.Н. Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2000.
6. Гурни, К. Парниковый эффект и глобальное потепление / К. Гурни // Химия в России. – 2000. – № 8. – С. 18.
7. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров [и др.]; Центр экологической политики России. – М., 2000. – 68 с.
8. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.
9. Экологическое нормирование на примере радиоактивного загрязнения экосистем / Д.А. Кривошук [и др.] // Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. – М.: Наука, 1988. – С. 4–16.
10. Маврищев, В.В. Общая экология: курс лекций: учеб. пособие / В.В. Маврищев. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 299 с.
11. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Сарapultцева. – М.: Академия, 2008. – 288 с..
12. Методические указания по определению нитратов в продукции растениеводства, утвержденные агропромом СССР за № 4228/86 от 24.11.86 и дополнения к ним / Министерство здравоохранения СССР; Госагропром СССР. – М., 1989.
13. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина; под ред. А.П. Шицковой. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.
14. Одум, Ю. Экология: пер. с англ. / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986.
15. Поленов, Б.В. Дозиметрические приборы для населения / Б.В. Поленов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 64 с.
16. Практикум по экологии: учеб. пособие / С.В. Алексеев, Н.В. Груздева, А.Г. Муравьев [и др.]. – М.: АО МДС, 1996. – 192 с.

17. Пределы роста: доклад по проекту Римского клуба «Сложные положения человечества» / Д.Х. Медоуз, Д.Л. Медоуз, Й. Рандерс, В. Бернс. – М.: Изд-во Московского Университета, 1991. – 207 с.
18. Рамад, Ф. Основы прикладной экологии: пер. с фр. / Ф. Рамад. – Л.: Гидрометеозидат, 1981. – 543 с.
19. Татарина, Л.Ф. Биоиндикация загрязненной среды: экологический практикум для студентов и школьников / Л.Ф. Татарина. – М.: Аргус, 1997. – 80 с.
20. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.: Владос, 2001. – 288 с.
21. Физико-химические методы изучения качества пресных вод: метод. пособие / под ред. Ю.А. Буйволова. – М.: Экосистема, 1997. – 17 с.
22. Химические методы анализа объектов окружающей среды: лаб. практикум / С.М. Чеснокова, В.Г. Амелин; Владим. гос. техн. ун-т. – Владимир, 1996. – 60 с.
23. Химия окружающей среды: практикум / Т.А. Трифонова [и др.]; Владим. гос. техн. ун-т. – Владимир, 1996. – 56 с.
24. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
25. Чернова, Н.М. Лабораторный практикум по экологии / Н.М. Чернова. – М.: Просвещение, 1986. – 96 с.
26. Чернова, Н.М. Общая экология: учеб. для студентов педагогических вузов / Н.М. Чернова, А.М. Былова. – М.: Дрофа, 2007. – 416 с.
27. Шилов, И.А. Экология: учеб. для биологических и медицинских специальных вузов / И. А. Шилов. – М.: Высшая школа, 1997. – 512 с.
28. Экологическое состояние территории России: учеб. / В.П. Бондарев [и др.]; под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Каца. – М.: Академия, 2004.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### *Приложение 1*

#### **Схема оформления отчета по выполнению лабораторной работы**

Лабораторная работа № ...

*Тема: ...*

*Цель работы: ...*

*Оборудование, реактивы, материалы: ...*

*Ход работы: ...*

*Задание: ...*

*Описание полученных результатов: ...*

*Таблица – Схема записи результатов*

*Общий вывод:*

*Ответы на контрольные вопросы:*

**Стекло́нная посу́да обще́го назна́чения**

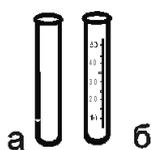


Рис. 1. Пробирки  
(Простая и калиброванная)

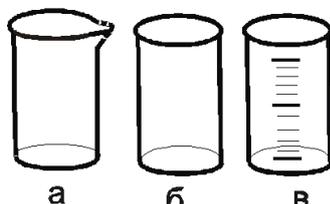


Рис. 2. Химические стаканы  
(с носиком, без носика, калибровка)

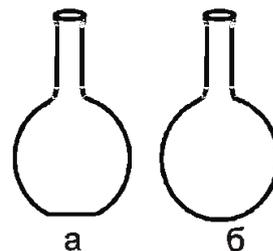


Рис. 3. Колбы  
(плоскодонная, круглодонная)

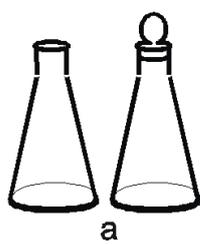


Рис. 4. Колбы  
(конические - Эрленмейера, колба Вюрца)

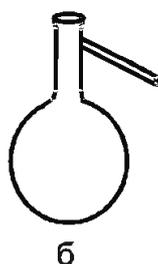


Рис. 5.  
Воронка химическая

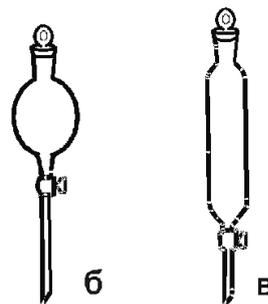


Рис. 6. Воронки  
(капельная, делительная)



Рис. 7.  
Капельницы



Рис. 8.  
Бюкс



Рис. 9.  
Часовое стекло

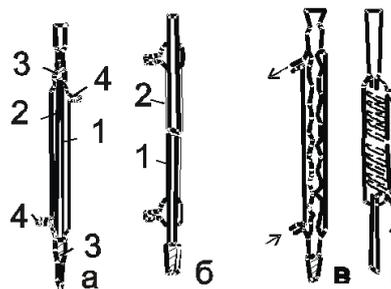


Рис. 10.  
(а,б-Либиха, в,г-обратные)



Рис. 11.  
Кристаллизатор



Рис. 12  
Аллонж

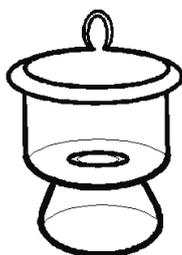


Рис. . Экси́каторы  
(обы́чный и вакуумный)

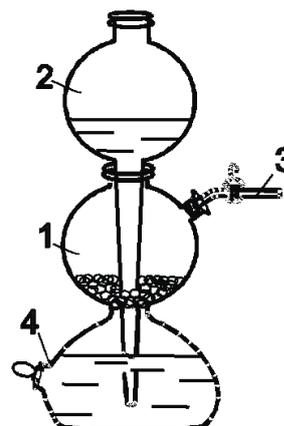


Рис. . Аппа́рат Ки́ппа

## Состав пищевых продуктов и их калорийность

Продукт	Белки	Жиры	Углеводы	Калорийность на 100 г продукта, ккал.
Гречневая крупа	12,5	2,5	67,4	351,5
Манная крупа	11,2	0,8	73,3	354,6
Рис	7,0	1,0	75,8	352,0
Макароны	11,0	0,9	74,2	358,4
Фасоль	23,2	2,1	53,8	355,7
Хлеб ржаной	6,9	0,9	42,9	222,6
Хлеб пшеничный	8,1	0,9	47,0	234,6
Картофель	2,0	–	20,0	90,2
Морковь	1,3	–	8,7	41,0
Свекла	1,5	–	10,4	48,6
Капуста свежая	1,8	–	5,3	29,1
Капуста квашеная	1,0	–	2,1	12,6
Лук зеленый	1,3	–	4,4	23,3
Арбузы	0,6	–	9,0	39,37
Дыни	0,7	–	11,3	49,8
Огурцы свежие	1,0	–	2,4	13,8
Огурцы соленые	0,5	–	1,2	6,92
Помидоры	1,0	–	3,8	19,5
Апельсины	0,9	–	9,1	41,05
Виноград	0,7	–	16,2	69,4
Лимоны	0,6	–	10,3	44,6
Мандарины	0,9	–	10,0	44,6
Яблоки	0,5	–	11,2	47,9
Сахар-рафинад	–	–	99,9	41,7
Шоколад	6,3	37,2	53,2	59,7
Какао	23,6	20,2	40,2	450,3
Масло подсолнечное	–	99,8	–	930,3
Масло сливочное	0,5	83,5	0,5	782,3
Кефир	3,5	3,5	4,3	64,4
Сметана	3,0	30,0	2,5	302,1
Творожная масса	12,5	16,0	15,0	262,05
Творог жирный	15,0	18,0	1,0	233,4
Мороженое сливочное	4,0	10,0	17,0	179,4
Сыр	22,5	25,0	3,5	339,8
Мясо говяжье	20,0	10,7	–	181,8
Мясо баранье	19,0	5,9	–	132,9
Мясо, свинина нежирная	23,5	10,0	–	189,7
Гусь	16,5	29,0	–	338,1
Курица	20,0	5,0	–	128,6
Колбаса любительская	13,7	27,9	–	316,2
Сосиски	12,4	19,4	0,4	233,4
Яйца	12,5	12,0	0,5	165,1
Сало	2,0	91,0	–	856,3
Лещ	16,8	7,6	1,0	139,8
Судак	19,0	0,8	1,3	85,4
Треска	17,6	0,4	1,2	75,8
Икра красная	31,6	13,8	7,7	258,4
Сельдь	19,7	24,5	12,4	308,8
Икра баклажанная	1,7	13,0	7,5	158,9

# ЭКОЛОГИЯ

*Методические указания к лабораторным работам*

*Коротченко Ирина Сергеевна*

Редактор М.М. Ионина

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 28.09.2015. Формат 60х90/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 5,0. Тираж 108 экз. Заказ №

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117