

Новосибирский государственный аграрный университет

Агрономический факультет

**Химия окружающей среды**

Методические указания к лабораторно-практическим  
занятиям

Новосибирск 2022

УДК 504: 54 (07)

ББК 20.1: 24, я7

X<sub>465</sub>

Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия

Автор-составитель д-р биол. наук, проф. *Л.Н. Коробова*

Рецензент канд. биол. наук, доц. *Ю.И. Коваль*

**Химия окружающей среды:** метод. указания / Новосиб. гос. аграр. ун-т, Агроном. фак.; авт.-сост. Л.Н. Коробова. – Новосибирск, 2022. – 51 с. – Текст электронный.

В методических указаниях приведено содержание занятий по основным разделам курса «Химия окружающей среды»: химии атмосферы, химии гидросферы и миграции токсикантов в системе «геосфера–растение–животное–человек».

Предназначены для бакалавров направлений подготовки 35.03.03 – Агрохимия и агропочвоведение и 35.03.04 – Агрономия с профилем Агроэкология.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом агрономического факультета (протокол №2 от 30 сентября 2022 г.)

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Состояние современной окружающей среды является отражением протекающих в ней химических, физико-химических и химико-биологических процессов. Познание природных составляющих этих процессов, а также изменений, возникших в них под воздействием антропогенной деятельности, – приоритетная задача многих областей химии: геохимии, фотохимии, гидрохимии, агрохимии, биохимии и др. Важность проблемы загрязнения среды обитания обусловила в начале 80-х годов прошлого столетия появление интегральной научной дисциплины, получившей название «Химия окружающей среды». Содержанием химии окружающей среды (ХОС) является изучение и описание состояния геосфер Земли, прежде всего атмосферы, гидросферы и почвы, влияющих на них факторов, как природных, так и антропогенных, путей и механизмов перемещения и трансформации различных веществ в окружающей природной среде.

В связи с важностью комплексного решения задач защиты окружающей среды от загрязнений возникла необходимость в специалистах, умеющих оценить и предвидеть особенности их поведения в природных средах. Выполнение лабораторно-практических работ позволит студентам детально познакомиться с последствиями техногенного загрязнения природы. После изучения дисциплины они смогут:

- дать объективную оценку процессам, происходящим в различных компонентах биосферы;
- показать роль антропогенных факторов в изменении химического состояния окружающей среды;
- разрабатывать пути эффективной регуляции циклов вещества в окружающей среде.

Лабораторные опыты выполняются строго в соответствии с методическим руководством. При выполнении работ следует соблюдать общие правила техники безопасности для химических лабораторий. При попадании реактивов на кожу или одежду пораженный участок необходимо быстро и обильно промыть водой.

## **Тема: ХИМИЯ АТМОСФЕРЫ**

### **Занятие 1. Парниковый эффект как пример изменения биогеохимического цикла углерода**

**Цель:** изучить сущность парникового эффекта на моделях, демонстрирующих поглощение тепловой энергии поверхностью разного грунта.

Парниковый эффект атмосферы – это свойство атмосферы пропускать солнечную радиацию, но задерживать земное излучение и тем самым способствовать аккумуляции тепла у Земли.

Земная атмосфера сравнительно хорошо пропускает солнечную радиацию, часть которой поглощается земной поверхностью. Нагреваясь за счет поглощенной солнечной радиации (или отражая ее), земная поверхность становится источником длинноволнового ИК излучения. Проникая сквозь атмосферу, инфракрасные лучи лишь частично уходят в космическое пространство, что связано с присутствием в нижнем слое атмосферы (тропосфере) парниковых газов. Газы задерживают часть излучения и нагревают воздух. Благодаря парниковому эффекту среднегодовая температура на Земле составляет  $+13^{\circ}\text{C}$ , а в космическом пространстве имеет минусовые значения.

**Материалы и оборудование:** эксикатор или аквариум, стеклянная крышка, песок, почва, вода, ложка для перемешивания грунта, термометр,

настольная лампа, часы.

### **Описание занятия**

**Задание 1.** Собрать модель, демонстрирующую парниковый эффект.

1. Насыпать на дно эксикатора песок (на последующем этапе – почву) слоем 6-7 см.
2. Увлажнить грунт водой и тщательно перемешать, стараясь сделать влажность почвы и песка примерно одинаковой.
3. Установить термометр в эксикатор шариком вверх. Термометр должен быть расположен так, чтобы можно было легко снимать показания.
4. Установить лампу рядом с эксикатором на расстоянии 20-30 см так, чтобы свет падал на шарик термометра.

**Задание 2.** Провести измерения температуры в модели с песком.

1. Записать исходную (комнатную) температуру в табл. 1.

Таблица 1

Изменение температуры в модели парникового эффекта

Время, мин	Температура, °С			
	песок		почва	
	без крышки	с крышкой	без крышки	с крышкой
1				
2				
...				
20				

2. Включить лампу и через 1 мин записать показание температуры.
3. Далее записывать температуру через каждую минуту в течение 20 мин.
4. Выключить лампу и дать температуре в эксикаторе упасть до исходной.
5. Накрыть эксикатор крышкой и повторить опыт.

**Задание 3.** Провести измерения температуры в модели с почвой.

Действия этого этапа повторяют действия этапа 2. Полученные данные занести в табл. 1.

**Задание 4.** Проанализировать и обсудить данные.

1. Построить график измерения температуры, отложив ее показания по оси ординат, а по оси абсцисс – время. Все 4 полученные кривые для облегчения анализа разместить на одном рисунке.
2. Описать ход изменения температуры и ее максимальные значения каждой кривой. Сравнить их в моделях с темным и светлым грунтом, в присутствии и отсутствии крышки.
3. Сделать вывод о формировании парникового эффекта в моделях.

***Контрольные вопросы***

1. Почему различаются температурные кривые для разных грунтов?
2. Почему температура увеличивается, когда модель закрыта крышкой? Что имитирует крышка при сравнении модели с формированием парникового эффекта на Земле?
3. Влияет ли на температуру воздуха увеличение облачности?
4. К чему приведет существенное повышение среднегодовой температуры воздуха?
5. Почему проблема парникового эффекта относится к глобальным экологическим проблемам?
6. Какие международные встречи за последние 20 лет были посвящены проблеме парникового эффекта?

## **Занятие 2. Расчет газовых выбросов при сжигании газообразного топлива**

**Цель:** научиться рассчитывать выбросы и баланс веществ в реакции горения природного газа, используя их стехиометрические соотношения.

Основными компонентами газообразного топлива являются горючие газы: метан ( $\text{CH}_4$ ), этан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), бутан ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), этилен ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), пропилен ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ), сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Возможно также наличие в топливе углекислого ( $\text{CO}_2$ ) и сернистого ( $\text{SO}_2$ ) газов.

Расчет необходимого количества кислорода и веществ, выделяющихся при сжигании газообразного топлива, осуществляется на основе реакций горения с учетом процентного содержания горючих газов в смеси.

### **Описание занятия**

**Задание 1.** Записать реакции горения метана, пропана и бутана.

**Задание 2.** Рассчитать стехиометрические соотношения веществ, участвующих в каждой реакции. Для этого:

- 1) подсчитать молекулярную массу исходных и конечных продуктов реакции и записать под соответствующим веществом;
- 2) найти массовое соотношение веществ, приняв за условную единицу в первом уравнении молекулярную массу метана, а в остальных соответственно пропана или бутана; подписать соотношение под значениями молекулярной массы.

**Задание 3.** Рассчитать расход кислорода и выделение паров воды и углекислого газа.

Сделать такие расчеты позволяют полученные массовые соотношения веществ, участвующих в реакциях.

Расчетные формулы имеют следующий вид:

$$M_{O_2} = (a \cdot CH_4/100 + b \cdot C_3H_8/100 + c \cdot C_4H_{10}/100)M_{топл};$$

$$M_{в\text{озд.}} = M_{O_2}/0,2093;$$

$$M_{CO_2} = (d \cdot CH_4/100 + e \cdot C_3H_8/100 + f \cdot C_4H_{10}/100 + CO_2/100)M_{топл};$$

$$M_{H_2O} = (n \cdot CH_4/100 + m \cdot C_3H_8/100 + p \cdot C_4H_{10}/100)M_{топл}.$$

Используя формулы, нужно учесть следующее:

1. В приведенных формулах значения  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  соответствуют соответствующим долям (стехиометрическим коэффициентам) этих веществ в задании 2.
2. Содержание  $CH_4$ ,  $C_3H_8$  и  $C_4H_{10}$  соответствует процентному содержанию горючих газов в сжигаемом газообразном топливе (задано в условии задачи).
3. При расчете углекислого газа его присутствие в составе горючей массы (это будет отражено в условии задачи) необходимо учитывать в формуле еще одним слагаемым ( $CO_2/100$ ).

**Задание 4.** Построить материальный баланс веществ при сжигании газообразного топлива.

Подсчитать уравнение материального баланса по формуле

$$M_{топл} + M_{O_2} = M_{CO_2} + M_{H_2O}.$$

**Задание 5.** Решить задачу и сверить правильность ее решения с приведенными ответами.

**З а д а ч а.** Построить материальный баланс при сжигании 3000 т газа состава:  $CH_4$  – 80 %;  $C_4H_{10}$  – 10 %;  $CO_2$  – 10 %.

Ответы:  $M_{O_2} = 10674$  т;  $M_{CO_2} = 7809$  т;  $M_{H_2O} = 5865$  т.

Баланс веществ:

$$M_{топл} + M_{O_2} = 3000 + 10674 = 13674 \text{ т};$$

$$M_{CO_2} + M_{H_2O} = 7809 + 5865 = 13674 \text{ т}.$$



### **Контрольные задания**

1. Построить баланс веществ при сжигании 1000 т природного газа следующего состава: метан – 10 %, пропан – 30 %, бутан – 40 %, углекислый газ – 20 %.
2. Какое количество воздуха необходимо для сжигания 5000 т биогаза состава: метан – 95 %, углекислый газ – 5 %?
3. Определить количество газообразных примесей, образующихся при сжигании 1000 т газа состава: метан – 70 %, пропан – 20 %, бутан – 10 %.

### **Занятие 3. Расчет газовых балансов урбанизированных территорий**

**Цель:** научиться рассчитывать биомассу древесных насаждений, обеспечивающую поглощение антропогенного углекислого газа, выделившегося при сжигании топлива.

Урбанизированные территории – это территории городов и поселков городского типа в их административных границах, в которых пространство техногенно преобразовано. В урбанизированную территорию могут, кроме городских территорий, входить и сельскохозяйственные угодья, и различные леса: гослесфонда, агролеса, муниципальные, а также земли частного сектора с низким уровнем благоустройства – практически деревни в городе.

Производство воздействует на природные системы в виде обратной связи. Так, при сжигании ископаемого топлива выделяется углекислый газ и другие вредные примеси. Они ухудшают качество жизни в городской экосистеме и создают дополнительный парниковый эффект. При этом для городской растительности выделившийся углекислый газ является исходным веществом фотосинтеза.

В ходе фотосинтеза растительность ассимилирует около 12 % диоксида углерода. Самыми продуктивными являются древесные насаждения. Они за свой вегетационный период способны поглотить от 20 до 25 т/га  $\text{CO}_2$  и выделить от 15 до 18 т/га  $\text{O}_2$ . Отметим, что в древесине (в отличие от других видов растительности)  $\text{CO}_2$  связывается на длительный период. Таким образом, зеленые насаждения – необходимый компонент урбанизированных территорий. Как элемент природной среды, зеленые насаждения урбанизированных территорий взаимодействуют с объектами техники и образуют биотехносистему. Схема потоков  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в биотехносистеме показана на рисунке.

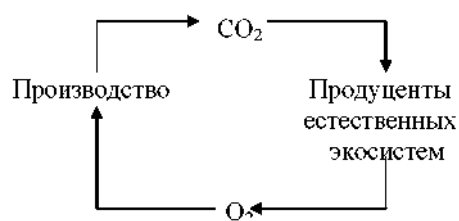


Рис. 1. Схема потоков  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в биотехносистеме

Увеличение площади зеленых насаждений позволяет снизить, а в отдельных случаях и полностью нивелировать антропогенное воздействие промышленных и автотранспортных выбросов углекислого газа, т.е. сделать биотехносистему сбалансированной.

Такой опыт имеется у жителей Финляндии. Здесь все количество  $\text{CO}_2$ , выделившегося за год при эксплуатации всего автотранспорта страны, поглощается растительностью в виде годового прироста древесины.

Итак, для стабильности состава атмосферы в биотехносистемах весь антропогенный углекислый газ, выделившийся при сжигании топлива, должен быть поглощен определенной массой растительности.

### **Описание занятия**

**Задание 1.** Изучить последовательность решения подобных задач и формулы, применяемые для расчетов.

*Действие 1.* Рассчитать массу растительности, которая сможет обеспечить кислородом горение топлива и поглощение углекислого газа.

Для этого

1. Найти массу растительности  $M_{\text{орг. в-ва погл. CO}_2}$ , которая сможет поглотить весь выделившийся углекислый газ. Она рассчитывается по формуле

$$M_{\text{орг. в-ва погл. CO}_2} = M_{\text{CO}_2} / 0,44 x. \quad (1)$$

где  $M_{\text{CO}_2}$  – суммарное количество  $\text{CO}_2$ , выделившегося при сжигании топлива;  
 $x$  – коэффициент уравнения фотосинтеза для древостоев. Определяется по формуле

$$x = \text{Содержание углерода в древесине} / \text{Атомная масса углерода}. \quad (2)$$

2. Найти массу органического вещества, которая должна быть создана для компенсации количества  $\text{O}_2$ , пошедшего на горение топлива. Она рассчитывается по формуле

$$M_{\text{орг. в-ва выдел. O}_2} = M_{\text{O}_2} / 0,32 w, \quad (3)$$

где  $M_{\text{O}_2}$  – суммарное количество кислорода, поглощаемого при сжигании топлива;

$w$  – коэффициент уравнения фотосинтеза для древостоев.

3. Из двух величин массы вещества древесины выбрать наибольшую, обеспечивающую оба газовых баланса одновременно:

$$M_{\text{орг. в-ва}} = \max (M_{\text{орг. в-ва для погл. CO}_2}; M_{\text{орг. в-ва для выдел. O}_2}).$$

*Действие 2.* Пересчитать величину абсолютно сухой массы вещества древесины в объем:

$$V = M_{\text{орг. в-ва}} / P, \quad (4)$$

где  $P$  – базисная плотность древесины соответствующей породы, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – общий объем древесины, м<sup>3</sup>.

*Действие 3.* Рассчитать площадь лесов, необходимую для поддержания баланса углекислого газа и кислорода на урбанизированной территории.

Площадь лесов соответствующей породы рассчитывается по формуле

$$S_{\text{леса}} = V / V_{\text{год}} \cdot T, \quad (5)$$

где  $V_{\text{год}}$  – средний годовой прирост древесины на 1 га, м<sup>3</sup>/га в год;

$T$  – период времени (лет) за который должна быть осуществлена компенсация техногенного воздействия.

*Действие 4.* Рассчитать степень урбанизации рассматриваемой территории.

Ее показателем является коэффициент  $K$ , показывающий соотношение площади леса  $S_{\text{леса}}$ , необходимой для компенсации антропогенного влияния на биотехноэкосистему, и площади городской территории  $S_{\text{города}}$ :

$$K = S_{\text{леса}} / S_{\text{города}} \quad (6)$$

**Задание 2.** Решить задачу, используя приведенный алгоритм решения.

**З а д а ч а.** Определить количество CO<sub>2</sub> и паров воды, образующихся при сжигании 3000 т природного газа состава, %: метан – 70, пропан – 15, бутан – 10 и углекислый газ – 5.

Какая площадь березовых насаждений способна поглотить такое количество углекислого газа за год, если содержание углерода в древесине – 48 %, плотность – 590 кг/м<sup>3</sup> и годовой прирост – 6,5 м<sup>3</sup>/га?

*Решение.*

1. Определить количество CO<sub>2</sub>, выделившегося при сжигании газообразного топлива.

2. Определить количество паров воды, выделившихся при сжигании газообразного топлива.
3. Определить  $x$ .
4. Определить массу древесины, которая должна быть создана для поглощения выделившегося при сжигании газообразного топлива углекислого газа.
5. Пересчитать величину массы абсолютно сухой древесины в объем.
6. Определить необходимую площадь березовых насаждений.

### **Контрольные задания**

Определить количества расходуемого  $O_2$  и выделяющегося  $CO_2$  при сжигании 40000 т торфа с элементным составом, %: С – 60, Н – 5, О – 32, N – 2,5, S – 0,5.

На основании данных о количестве поглощенного кислорода и выделившегося углекислого газа рассчитать:

1) площадь древостоев сосны, если элементный состав древесины: С – 49,6 %, Н – 6,4 %, О – 43,6 %, ее плотность –  $390 \text{ кг/м}^3$  и средний годовой прирост –  $4,7 \text{ м}^3/\text{га}$ , способных:

- выделить такое же количество кислорода, какое было израсходовано на сжигание топлива;
- поглотить углекислый газ, выделившийся при сжигании топлива;
- поддержать баланс в биотехноценозе.

2) объем древесины березы, который должен быть синтезирован в лесной экосистеме для компенсации расхода кислорода атмосферы, если состав древесины: С – 50,7 %, Н – 6,0 %, О – 42,3 %, ее плотность –  $610 \text{ кг/м}^3$ ;

3) рассчитать текущий годовой прирост осины, который должен быть синтезирован в лесной экосистеме:

- для компенсации кислорода атмосферы;

- для поглощения выделившегося при сжигании топлива углекислого газа, если состав древесины: С – 50,3 %, Н – 6,3 %, О – 42,6 %, ее плотность – 410 кг/м<sup>3</sup>, а площадь леса – 32000 га.

#### **Занятие 4. Загрязнение воздуха тяжёлыми металлами**

**Цель:** получить представление об опасности загрязнения воздуха и почвы тяжелыми металлами, сделать расчет выбросов металлов при сжигании угля и мусора.

Тяжелые металлы (ТМ) – это группа элементов с относительной атомной массой более 50. Появление термина связано с токсичностью и опасностью ТМ для организмов. В группу «тяжелых» вошли и некоторые элементы, жизненная необходимость которых неопровержимо доказана. Это микроэлементы Fe, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Ni, V, Se, Mn и др. Они тоже отрицательно влияют на организмы, если их концентрация в доступной для организма форме превышает определенные пределы (ПДК).

Hg, Cd, Pb, Sn не важны для растений, животных и человека и опасны даже при низких концентрациях.

В течение долгого времени повышенное содержание ТМ связывали с геохимическими аномалиями природного происхождения. В таких местах возникали массовые заболевания людей и животных. Сейчас появилось множество аномалий антропогенного происхождения. Антропогенными источниками ТМ в почвах являются промышленные предприятия, транспорт, удобрения (суперфосфаты или гипс, где содержатся Cr, Cd, Co, Cu, Ni, V, Zn, As и другие ТМ), использование в качестве удобрений осадков сточных вод.

Размеры антропогенных источников ТМ в биосфере неизмеримо больше природных. Вклад техногенного Pb в миграцию составляет 94-97%, Cd –

84-89, Cu – 56-87, Ni – 66-75, Hg – 58% и т.д. Загрязнение конкретной территории зависит от специфики производств. Так, 73% меди и 55% кадмия связано с выбросами предприятий, ведущих переплавку руд; 54% эмиссии ртути приходится на сжигание угля; 46% никеля – на сжигание нефтепродуктов, 86% свинца поступает в атмосферу от транспорта.

Содержание ТМ в почвах существенно варьирует в зависимости от типа почвы, близости предприятий и автомагистралей. Например, проблема загрязнения почв свинцом – преимущественно проблема селитебных территорий (промышленных городов и их ближайших пригородов). В их почвах содержание свинца часто в десятки и более раз превышает ПДК.

Предприятия загрязняют почвы, прилегающие к территории, на расстоянии 20-30 км, если источник сильный и расположен по розе господствующих ветров, и на расстоянии в 2 раза меньше, если источник средней мощности или находится со стороны меньшей повторяемости ветров. Слабые промышленные источники загрязняют почвы до 5 км. Складирование промышленных отходов тоже приводит к загрязнению почв, вод и растений ТМ.

Поступающие от автомобильного транспорта ТМ накапливаются в почве на расстоянии 30-70 м от дороги. При этом на грунтовых дорогах интенсивному воздействию транспортных выбросов подвергаются зоны, удаленные на 30-50 м, на асфальтированных – на 50-70 м.

ТМ относятся к токсикантам, поступающим в организм человека в основном с продуктами питания. По разным оценкам, с растительной пищей поступает от 40 до 80 % ТМ, и только 20-40 % – с воздухом и водой. У животных накопление ТМ происходит при употреблении загрязненных кормов. Это бывает в случае неудачного расположения пастбищ или использования приготовленного загрязненного корма. Рыба и морепродукты способны зна-

чительно накапливать ТМ. Поэтому их ловля и сбор нежелательны вблизи крупных городов и в реках, на которых есть опасные виды производств.

Механизм токсичности для людей и животных у всех ТМ примерно одинаков: наиболее часто они связываются белками (сульфгидрильными группами), чем нарушают их функции как переносчиков, ферментов, рецепторов и пр.

Сферами избирательной токсичности ТМ являются эпителий почек, печени и кишечника, а также эритроциты и нервные клетки, где наблюдается повышенная концентрация ТМ. Симптомы отравления ТМ тоже похожи: общее недомогание, хроническая усталость, различные диспептические явления. Часто наблюдаются нефропатия, токсическая дистрофия печени, выраженная неврологическая симптоматика и гемолиз.

О токсичности отдельных металлов можно судить по тому, к какому классу опасности они относятся и как влияют на организм (табл. 2, 3).

Таблица 2

Классы опасности химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов и отходов

Класс опасности	Химическое вещество
I	Мышьяк, ртуть, кадмий, селен, свинец, цинк, фтор, бензапирен
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетон

### **Описание занятия**

**Задание 1.** Изучить опасность ТМ для живых организмов.

Ознакомиться с понятием «тяжелые металлы», источниками их появления в ОС и живых организмах, опасностью для здоровья.

**Задание 2.** Рассчитать выбросы ТМ от теплоэлектростанции.



Таблица 3

## Влияние загрязнения среды ТМ на здоровье человека

Элемент	Заболевания при высоких концентрациях ТМ в организме
Pb	Повышение врожденных уродств, мертворождаемости, общий рост заболеваемости, смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Поражение органов кроветворения, сердечно-сосудистой и нервной систем, печени, почек, нарушение течения беременности, родов, менструального цикла. У детей – изменения в легких
Cd	Нарушение функций почек, ингибирование синтеза ДНК, белков, снижение активности ферментов, замедление поступления микроэлементов (Zn, Cu, Se, Fe), что может вызывать их дефицит
Zn	Изменение морфологического состава крови, злокачественные образования; у животных – снижение прироста живой массы, депрессия в поведении, возможность аборт
Cu	Увеличение смертности от рака органов дыхания
Cr	Изменение иммунологической реакции организма, снижение репаративных процессов в клетках, ингибирование ферментов, поражение печени
Ni	Нарушение синтеза белка, РНК и ДНК, развитие выраженных повреждений во многих органах и тканях

1. Выбросы тяжелых металлов рассчитать по классам опасности. Для расчета использовать формулу

$$M_{li} = 30 \cdot q_{li} \cdot m_1 \cdot t,$$

где  $M_{li}$  – количество тяжелых металлов, кг;  $q_{li}$  – удельный выброс  $i$ -го металла, мг/кг топлива;  $m_1$  – расход угля на ТЭЦ, т/сут;  $t$  – расчетный период, мес.

2. Задание выполнять по вариантам, используя исходные данные, приведенные в табл. 4.

Таблица 4

Исходные данные для расчета выброса ТМ

Показатели	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расход угля на ТЭЦ, т/сут	7	6,5	5	5,5	6	7,5	7	5,5	6	6,5
Масса сжигаемого мусора, т/сут	1,8	2,0	1,5	1,7	1,9	2,0	1,8	1,5	1,4	1,7
Расчетный период, мес	6	5	6	5	4	6	3	5	6	3

3. Удельный выброс ( $q_{1i}$ ) ТМ найти в табл. 5.

Таблица 5

Удельный выброс тяжелых металлов с золой при сжигании угля и мусора, мг/кг топлива

Металл	Мусоросжигательный завод	Угольная электростанция
Мышьяк	180	490
Барий	2100	1900
Бериллий	4	30
Кадмий	500	30
Хром	650	370
Кобальт	140	40
Медь	1450	300
Свинец	20000	2100
Ртуть	130	5
Стронций	290	1800
Ванадий	160	850
Цинк	48000	2800

**Задание 3.** Рассчитать выбросы ТМ от мусоросжигательного завода.

1. Выбросы тяжелых металлов рассчитать по классам опасности. Для расчета использовать формулу

$$M_{2i} = 30 \cdot q_{2i} \cdot m_2 \cdot t,$$

где  $M_{2i}$  – количество ТМ, кг;  $q_{2i}$  – удельный выброс  $i$ -го металла, мг/кг мусора;  $m_1$  – масса сжигаемого мусора, т/сут;  $t$  – расчетный период, мес.

2. Определить количество образовавшихся за год при сжигании мусора шлаков, если известно, что из 3,5 т мусора получается 1 т шлаков. Количество дней работы мусоросжигательного завода – 320.

**Задание 4.** Сравнить количество и характер выбросов от данных предприятий по опасности для ОС.

Сравнить количество выбросов от ТЭЦ и мусоросжигательного завода по классам опасности. Сделать выводы о степени влияния этих предприятий на окружающую среду и здоровье человека.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое «тяжелые металлы»? Какие элементы к ним относятся?
2. Поступление каких ТМ в окружающую среду в основном связано с антропогенными источниками?
3. Охарактеризуйте опасные производства с точки зрения эмиссии ТМ.
4. В чем опасность ТМ как экотоксикантов?
5. Перечислите металлы, относящиеся к 1-му классу опасности. Охарактеризуйте их влияние на организм при высоких концентрациях.
6. Перечислите металлы, относящиеся ко 2-му классу опасности. Охарактеризуйте их влияние на организм при высоких концентрациях.
7. Назовите общие симптомы, проявляющиеся в организме при концентрировании в нем ТМ.

## **Занятие 5. Загрязнение радиоактивными элементами**

**Цель:** изучить особенности радиоактивного загрязнения среды, ознакомиться с источниками радиационного излучения в г. Новосибирске, опре-

делить уровень радиации в разных частях здания.

Радиоактивное загрязнение внешней среды – это любое увеличение естественного радиационного фона в результате использования человеком естественных и искусственных веществ.

Радиоактивные нуклиды – это ядра нестабильных изотопов, испускающих заряженные частицы ( $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения) и коротковолновые электромагнитные излучения ( $\gamma$ -лучи). Радиоактивный распад изотопов совершается самопроизвольно, без какого-либо вмешательства извне. Он не может быть ускорен или прекращен химическими реакциями или физическими воздействиями. Именно эти невидимые частицы и излучения разрушают клетки и организм человека, вызывая различные болезни.

Естественные источники радиоактивности в биосфере есть повсюду: космическое излучение, излучение рассеянных в породах радионуклидов. Так, в состав пород гранитного массива, на котором стоит г. Новосибирск, входят: уран-238, радий-226, торий-232 и калий-40. Содержание их в породе оценивается как высокое. Но основная опасность исходит от продукта их распада – газа радона и от дочерних продуктов распада радона – полония, висмута, свинца. Газ радон скапливается в подвалах, на первых этажах квартир. Много радона обнаружено в подземных водах и колодцах. В ванной комнате на любом этаже его в несколько раз больше, чем в других комнатах. За счет радона часть населения получает 50-90% от общей дозы облучения за жизнь. Строительный материал (гранитный щебень и бутовый камень) тоже может обладать высокой радиоактивностью. В Новосибирске используют щебень из карьеров с повышенным фоном радиоактивности.

На уровень космического излучения влияет географическая широта местности и высота над уровнем моря. На широте 60° фон космического из-

лучения на 15% выше, чем на экваторе, а на высоте 300 м в 6 раз больше, чем на уровне моря. Поэтому человек, как и все живые организмы, всегда подвергается внешнему естественному облучению.

К источникам искусственного радиоактивного загрязнения внешней среды относятся: 1) урановая промышленность, занимающаяся добычей, переработкой, обогащением урана и приготовлением ядерного горючего; 2) ядерные реакторы; 3) радиохимическая промышленность; 4) места захоронения радиоактивных отходов; 5) использование изотопов в медицине и других отраслях; 6) испытание ядерного оружия; 7) отделившиеся ступени космических ракет с остатками радиоактивного топлива гептила.

В Новосибирске и области наиболее радиоактивно опасными производствами являются: Завод химконцентратов, ПО «Север», спецкомбинат по захоронению радиоактивных отходов «Радон». Кроме того, радиоактивными источниками служат Оловокомбинат, несколько десятков НИИ и более 400 медицинских учреждений, где используется более 10 тыс. радиоактивных источников. Радиоактивное загрязнение бывает от ТЭЦ и котельных, работающих на угле, и от отвалов золы. Из атмосферы на Новосибирск и область выпадали радиоактивные осадки после произведенных до 1958 г. на Семипалатинском полигоне ядерных взрывов. Со значительно заниженной скоростью они продолжают выпадать из атмосферы до сих пор. Зафиксированы в области и упавшие ступени космических ракет.

Радиоактивные вещества, испускающие альфа- и бета- частицы, нередко называют «внутренними излучателями», так как они обладают наибольшим эффектом, будучи поглощенными живой тканью. Радиоактивные вещества, испускающие гамма-лучи, относят к «внешним излучателям».

*Активность радиоактивного вещества* определяют числом спонтанных распадов радионуклидов в единицу времени. В системе СИ единицей ее

измерения служит беккерель (Бк).  $1\text{Бк} = 1$  распаду в секунду. Старая единица – кюри (Ки).  $1\text{Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$  Бк. Активность показывает, сколько  $\alpha$ -,  $\beta$ -частиц или  $\gamma$ -лучей испускает источник радиоактивности, но ничего не говорит о его действии на организм. Мерой ионизирующего действия гамма-лучей и рентгеновского излучения на организм является *экспозиционная доза*, которая измеряется в рентгенах в час или зивертах в час.  $1\text{Зв} = 100\text{Р}$ .

Повреждения, вызванные в организме радиацией, будут тем больше, чем больше энергии она передаст тканям. Количество такой энергии называют *поглощенной дозой*. В системе СИ ее единицей является грей.  $1\text{Гр} = 1\text{Дж/кг}$ . Удобная единица измерения поглощенной дозы – рад.  $1\text{Гр} = 100\text{рад}$ .

Важное значение имеет время, за которое организм получает дозу излучения. Большие дозы, получаемые организмом за короткое время (минуты, часы), называют *острыми дозами*.

При равной поглощенной дозе  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения имеют разную степень воздействия (опасности) на организм. Пересчет доз с учетом коэффициентов опасности вида излучения дает *эквивалентную дозу*. Она измеряется в бэрах. Бэр – это биологический эквивалент рада. В системе СИ эквивалентную дозу измеряют в зивертах (Зв). Один зиверт соответствует эквивалентной поглощенной дозе в 1Дж на 1 кг (1Дж/кг).  $1\text{зиверт} = 100\text{бэр}$ . При этом одни части тела и ткани более чувствительны к радиации, чем другие. В связи с этим эквивалентные дозы облучения органов и тканей учитывают с разными коэффициентами. Просуммировав их, получают *эффективную эквивалентную дозу*, отражающую суммарный эффект облучения для организма.

Облучение действует на отдельные молекулы, макромолекулы, субклеточные структуры, клетки, ткани, органы и целый организм. Под его действием в клетке меняются нуклеиновые кислоты, физико-химические свойства белков, структура биологических мембран, что нарушает цепь фермен-

тативных цепных реакций, разлагаются аминокислоты. Возникают вещества токсического действия, подобные радиотоксинам. В результате прямого и косвенного действия радиации возникают изменения в хромосомном аппарате – мутации. При больших, летальных дозах излучения клетка погибает.

Еще более сложный характер имеет действие излучений на организм. Радиационные повреждения в одних клетках или органах могут индуцировать повреждения в других, вследствие чего происходит общее расстройство функциональной деятельности организма. Изменения в половых органах могут вызвать изменения в последующих поколениях.

Органы и ткани обладают разной радиочувствительностью. По степени радиочувствительности они образуют ряд: костный мозг > лимфа > половые железы > слизистые оболочки > кожа > легкие > пищеварительные железы > щитовидная железа > соединительная ткань > мышечная ткань > нервная ткань. Но организм реагирует на любое действие ионизирующего излучения как единое целое. Радиочувствительность организмов учитывается показателем его гибели, т.е. летальной дозой (ЛД). Радиочувствительность вида оценивают дозой, при которой наступает смерть 50% его особей (ЛД<sub>50</sub>).

Есть некоторая общность в реакции организмов на излучение:

- молодые организмы более чувствительны к радиации, чем старые;
- чем выше биологическая организация организмов, тем выше их радиочувствительность;
- чем меньше мощность дозы излучения, тем меньше поражающее действие излучения и больше вероятность восстановления организма (табл. 6);
- чем сильнее доза растянута во времени, тем больше вероятность восстановления организма;
- при хроническом поступлении изотопы в тканях накапливаются, например, йод в щитовидной железе, стронций в костях, цезий в мышцах.

Таблица 6

## Дозы облучения человека и его последствия

Степень облучения человека и его последствия	Доза радиации
1. Просмотр фильма по телевидению	1 мкбэр
2. Просмотр программ телевидения в год	0,5 мбэр/год
3. Фоновое облучение за год	100 мбэр/год
4. Допустимое облучение населения в нормальных условиях за год	500 мбэр/год
5. Облучение при рентгенографии зубов	3 бэр
6. Допустимое разовое аварийное облучение	10 бэр
7. Облучение при рентгеноскопии желудка	30 бэр
8. Кратковременное незначительное изменение состава крови	75 бэр
9. Развитие легкой степени лучевой болезни (увеличение раковых заболеваний, полная стерилизация у женщин и на 2-3 года у мужчин)	Разовая доза 100 бэр
10. Смертельный исход в 10% случаев в последующие месяцы	Разовая доза 200 бэр
11. Тяжелая степень лучевой болезни со смертельным исходом у 50% заболевших	Разовая доза 400 бэр
12. Смертельный исход в 90% случаев в ближайшие недели	Разовая доза 700 бэр
13. Смерть через несколько дней	Разовая доза 1000 бэр
14. Смерть через несколько часов	Разовая доза 10000 бэр

Вывести некоторое количество радионуклидов из организма и снизить негативное действие радиации на человека можно с помощью достаточно большого набора веществ. Такие вещества называют *радиопротекторами*. К ним относятся:

- душица, подсолнечник, хвощ, проросшая пшеница, крапива, семя льна;
- красная и черная смородина, крыжовник, клубника, земляника, яблоки, груши, черноплодная рябина, гранат, изюм, облепиха, шиповник, чернослив, грецкие орехи;
- сок свеклы, моркови, красное вино;



- хрен, чеснок, лук, редька, укроп огородный, фенхель;
- зеленый чай, минеральные воды (Боржоми, Нарзан, Ессентуки и др.);
- лекарства на основе хвои, слабительные сборы, витамины А, В, С, Р, аскорбиновая кислота с глюкозой, активированный уголь;
- крупы гречневая, овсяная, перловая;
- молочные продукты: творог, сливки, сметана, масло;
- мясные продукты (свинина, говядина, свиное сало);
- белково-отрубной хлеб;
- морская капуста.

Кроме этого, существуют химические радиопротекторы, снижающие вредное воздействие радиоактивного облучения на человека, которые продаются через аптечную сеть.

Загрязнение радионуклидами поверхностей в помещении можно уменьшить, используя дезактивирующие жидкости: 10%-й раствор фосфата натрия, 10%-й раствор щавелевой кислоты, раствор порошка «Защита», а загрязнение рук и других частей тела можно снизить мыльным раствором.

**Материалы и оборудование:** дозиметр ДБГ-06Т или другой тип дозиметра, доклады «О состоянии и охране окружающей среды в Новосибирской области».

### **Описание занятия**

**Задание 1.** Изучить источники радиационной опасности для человека в г. Новосибирске и области и сделать сообщение.

Выполняется группой как самостоятельная работа.

1. Выбрать тему для ознакомления из следующего перечня:
  - Фоновое излучение в г. Новосибирске и районах области.
  - Источники техногенного радиоактивного загрязнения на территории

города и области.

– Загрязнение территории области внешним технологическим радиоактивным излучением и его последствия для населения.

Изучить материал в предложенных преподавателем источниках информации.

2. Сделать публичное сообщение по выбранной теме с иллюстративным материалом на 10 мин.

3. Сформулировать и задать остальным студентам 4 вопроса по своей теме.

**Задание 2.** Определить уровень радиационного загрязнения в помещениях разной этажности и с различной оснащённостью оборудованием.

1. Ознакомиться с дозиметрическим прибором, предназначенным для измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) фотонного гамма-излучения.

Так, дозиметр ДБГ-06Т обеспечивает измерение мощности экспозиционной дозы в двух режимах работы: 1) поиск (время измерения не более 5 с); 2) измерение (время измерения не более 25 с). Дозиметр работает от автономного источника питания (гальванический элемент типа «Корунд»). Дозиметром можно измерять и эквивалентную дозу. Измерение уровней мощности эквивалентной дозы и экспозиционной дозы в дозиметре осуществляется двумя отдельными группами газоразрядных счетчиков с различными компенсирующими фильтрами. Каждая группа включает два газоразрядных счетчика СБМ-20.

Изучить правила работы прибора и научиться готовить его к работе.

2. Включить прибор и замерить мощность экспозиционной дозы фонового излучения в 6 помещениях по заданию преподавателя. Например, в аудитории четвертого этажа, в микробиологической лаборатории, в лекционном зале, подвальном помещении, в холле третьего этажа (у бюста) и в административном отсеке.

В микробиологической лаборатории замеры сделать у термостатов, ультрафиолетовой лампы и раковины с текущей водой.

Каждый замер провести в 3-4-кратной повторности.

3. Полученные данные занести в табл. 7.

Таблица 7

Уровень облучения в обследуемых помещениях

Обследуемое помещение	Мощность экспозиционной дозы, мкР/ч
Аудитория 4-го этажа	
Лекционный зал	
Подвал и т. д.	

4. Вычислить средние значения мощности экспозиционной дозы в каждом помещении, проанализировать и сделать выводы.

**Задание 3.** Составить схему миграции радиоизотопов в биосфере.

В рабочей тетради составить возможную схему миграции радионуклидов. Использовать следующие 12 компонентов биосферы: атмосфера, вода морей, вода океанов, домашний скот, зоопланктон, континентальные текущие воды, крабы, растения, рыбы, организм человека, почва, фитопланктон.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие виды радиоактивного излучения известны?
2. Что такое «естественный радиационный фон», из чего он складывается и его значения?
3. Какие источники естественного радиоактивного загрязнения есть в Новосибирске?
4. Какие источники техногенного излучения находятся на территории города и области?
5. Назовите внешние для Новосибирской области источники радиоактив-

ного загрязнения ОС. В чем их опасность в настоящее время?

6. Что измеряется в следующих единицах: Р/ч; рад, бэр, Ки ?

7. Каков механизм воздействия радиоактивного излучения на организмы?

## **Тема: ХИМИЯ ГИДРОСФЕРЫ**

### **Занятие 6. Определение состояния природной воды**

**Цель:** научиться определять некоторые показатели состояния воды, изучить органолептические свойства питьевой воды в разных районах Новосибирской области.

Вода входит в состав всех жидкостей и тканей человеческого тела, составляя 65% всей его массы. Потеря воды опаснее для организма, чем голодание: без пищи человек может прожить больше месяца, без воды – неделю. Здоровье человека напрямую зависит и от загрязнения питьевой воды. В 1984 г. ВОЗ выпустило «Руководство по контролю качества питьевой воды», на основании которого были разработаны нормативы других государств, регламентирующие содержание в питьевой воде органических и минеральных примесей. Рекомендации ВОЗ явились результатом многолетних фундаментальных исследований и основаны на понятии допустимого суточного потребления нежелательных химических элементов и веществ (в странах ЕС – переносимого суточного потребления). В России требования к качеству питьевой воды централизованного водоснабжения установлены в Санитарных правилах и нормах СанПиН 2.1.4.1074-0, нецентрализованного водоснабжения – в СанПиН 2.1.4.1175-02, утвержденных Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации соответственно 26.09.2001 и 25.11.2002.

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Органолептические свойства воды, непосредственно влияющие на обоняние, осязание и зрение человека, вместе с температурой относят к физическим показателям качества воды. Это запах, привкус, цветность, прозрачность и мутность.

Химические показатели характеризуют химический состав воды. К ним обычно относят: водородный показатель воды рН, жесткость и щелочность, минерализацию (сухой остаток), содержание органических и неорганических веществ. В настоящее время в России число вредных веществ, нормируемых по предельно допустимой концентрации (ПДК), составляет более 1300 наименований. Новосибирский «Горводоканал» определяет из них более 45. Это хлор остаточный свободный, аммоний-ион, хлорид-ион, нитрат-ион, нитрит-ион, фосфат-ион, сухой остаток, алюминий, свинец, медь, железо общее, мышьяк, хлороформ, фенольный индекс, нефтепродукты и др.

Санитарно-бактериологические показатели характеризуют общую бактериальную загрязненность воды, загрязненность ее кишечной палочкой, содержание в воде токсичных и радиоактивных компонентов.

Поскольку большая часть населения России использует воду из поверхностных источников, важно охарактеризовать ее качество по органолептическим свойствам. Большинство таких показателей можно определить фотокolorиметрически, лишь вкус и запах не поддаются измерению, поэтому их определяют экспертным путем с оценкой интенсивности в баллах. Для органолептических свойств воды существуют предельные нормативы: запах и привкус – не более 2 баллов, цветность – 20°, мутность – 1,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Отбор проб для определения производят в соответствии с ГОСТ Р 51232-98 и Р 51592-2000 в объеме не менее 500 мл. Пробы для определения органолептических свойств воды не консервируют.

Задание отобрать и принести для анализа образцы природной воды с территории постоянного проживания студенты получают за несколько дней до занятия.

**Материалы и оборудование:** пробы воды; цилиндр на 100 мл, 2 колбы на 250 мл, одна из которых обязательно термостойкая; водяная баня.

### **Описание занятия**

**Задание 1.** Определить интенсивность запаха воды.

Запах воды обусловлен наличием в ней летучих пахнущих веществ, которые попадают в нее с водосборной площади или со сточными водами. Интенсивность запаха воды определяют экспертным путем при 20°C и 50°C и измеряют в баллах.

1. При температуре 20°C отмерить 100 мл исследуемой пробы воды в колбу на 250 мл. Колбу закрыть корковой пробкой, содержимое несколько раз встряхнуть вращательным движением, открыть пробку и быстро определить вид, характер проявления и интенсивность запаха.

По виду запах отнести к группам:

- запах естественного происхождения: рыбный, травяной, гнилостный, ароматический, болотный, древесный, землистый, плесневый, сероводородный, неопределенный;
- запах искусственного происхождения: хлорфенольный, камфорный, бензиновый, хлорный и др.

Характер проявления запаха и его интенсивность определить по пятибалльной шкале, представленной в табл. 8.

Таблица 8

## Шкала оценки интенсивности запаха воды

Интенсивность запаха	Характер появления запаха	Оценка интенсивности, баллов
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах не ощущается потребителем, но обнаруживается при лабораторном исследовании	1
Слабая	Запах замечается потребителем, если обратить на это его внимание	2
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	5

2. Отмерить 100 мл воды в другую колбу, закрыть пробкой и нагреть на водяной бане до 50°C. Содержимое колбы встряхнуть, колбу открыть и быстро определить характер и интенсивность запаха.

3. Сравнить интенсивность запаха пробы при 20°C и 50°C с предельным значением ГОСТ 2874-73 по питьевой воде. Сделать вывод о загрязненности исследуемой пробы воды.

**Задание 2.** Оценить вкус и привкус воды.

Оценку вкуса проводят у питьевой природной воды *при отсутствии подозрений на ее загрязненность*. Различают 4 вкуса: соленый, кислый, горький, сладкий. Остальные вкусовые ощущения считаются привкусами (солоноватый, горьковатый, металлический, хлорный и т.п.).

1. Анализируемую воду набрать в рот и задержать на 3-5 с, *не проглатывая*, после чего сплюнуть.

2. Оценить вкус и привкус в баллах, пользуясь данными табл. 9.

Таблица 9

## Характер и интенсивность вкуса и привкуса воды

Интенсивность вкуса и привкуса	Характер проявления вкуса и привкуса	Оценка интенсивности, баллов
Нет	Вкус и привкус не ощущаются	0
Очень слабая	Вкус и привкус сразу не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при тщательном тестировании	1
Слабая	Вкус и привкус замечаются, если обратить на это внимание	2
Заметная	Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о качестве воды	3
Отчетливая	Вкус и привкус обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от употребления	4
Очень сильная	Вкус и привкус настолько сильные, что делают воду непригодной к употреблению	5

Для питьевой воды допускаются значения показателей вкуса и привкуса не более 2 баллов.

**Задание 3.** Выявить цветность воды.

Цветность – естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа. Иногда встречается антропогенное загрязнение воды соединениями, образующими окрашенные растворы и имеющими высокий коэффициент светопоглощения. Цветность воды определяют визуально или фотометрически, сравнивая окраску пробы с окраской условной 1000-градусной шкалы цветности воды, приготавливаемой из смеси бихромата калия  $K_2Cr_2O_7$  и сульфата кобальта  $CoSO_4$ . Предлагаемый ниже метод определения цветности является наиболее простым и в то же время рекомендован ГОСТ 1030-81.



**Материалы:** пробирка стеклянная высотой 15-20 см, белая бумага.

1. Заполнить пробирку пробой воды до высоты ~12 см.
2. Определить цветность пробы, рассматривая пробирку сверху на белом фоне при достаточном боковом освещении.
3. Отметить наиболее подходящий оттенок из приведенного ряда: слабо-желтоватая, светло-желтоватая, желтая, интенсивно-желтая, коричневатая, красно-коричневатая, другая (указать какая).

**Задание 4.** Определить значение водородного показателя пробы воды.

Водородный показатель (рН) характеризует содержание в водном растворе ионов водорода (логарифмическая шкала). В питьевой воде допускаются значения рН от 6,0 до 9,0 единиц.

Для определения рН обычно используют рН-метрию. Для быстрого (сигнального) анализа можно использовать рН-индикаторную бумагу. Точность такого определения  $\text{pH} \pm 1$ .

**Материалы:** универсальная индикаторная бумага, 4 стандартные пробирки, вода исследуемая, вода дистиллированная (контроль).

1. Налить пробы воды в 3 пробирки. Смочить в каждой концы лакмусовых бумажек.
2. Контрольную пробу дистиллированной воды налить в четвертую пробирку. Опустить в нее конец лакмусовой бумаги.
3. Сравнить полученные результаты между собой и со стандартной шкалой.
4. Сделать общий вывод об органолептическом состоянии воды и ее рН в разных местах Новосибирской области.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите группы показателей качества воды и охарактеризуйте каждую.

2. В каких документах на территории Российской Федерации установлены требования к качеству воды?
3. Что такое органолептические свойства воды. Какими методами их оценивают?
4. Методика оценки интенсивности запаха воды.
5. Как определяется цветность воды?
6. Назовите ПДК для органолептических показателей.
7. Что характеризует показатель pH? Как его оценивают в пробах воды?

### **Занятие 7. Определение жесткости воды**

**Цель:** определить карбонатную, некарбонатную и общую жесткость проб питьевой воды из разных районов области.

Важнейшим свойством природных вод является их жесткость, обусловленная содержанием в воде растворимых солей кальция и магния. В жесткой воде плохо развариваются продукты, богатые белками, т.к. те образуют со щелочно-земельными металлами жесткие нерастворимые соединения. Чай в жесткой воде дает слабый настой, делается мутноватым и утрачивает вкусовые качества. При мытье тела и при стирке белья жесткая вода требует излишней траты мыла. Оно связывается известью и магнием в нерастворимые жирнокислотные соединения. В самоварах и паровых котлах жесткая вода дает большую накипь. Слой накипи уменьшает теплопроводность стенок котлов, что приводит к их перегреву, ускоренной коррозии и в конечном итоге к взрыву котлов.

Жесткие воды считаются непригодными для многих промышленных целей: в красильном деле, для пивоварения и пр. В качестве питьевой воды непосредственного вреда организму жесткие воды обычно не приносят.

Жесткость, вызванная присутствием гидрокарбонатов ( $\text{HCO}_3^-$ ) и карбонатов кальция и магния, называется *временной* или *карбонатной жесткостью*, поскольку устраняется кипячением. Жесткость, обусловленная хлоридами и сульфатами этих металлов, не устраняется при кипячении. Этот вид жесткости называется *некарбонатной* или *постоянной жесткостью*. Суммарная жесткость воды, обусловленная присутствием всех ионов, носит название *общей жесткости*.

Жесткость воды (степень жесткости) выражают в миллиграмм-эквивалентах (мг-экв) ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в 1 л воды; 1 мг-экв/л соответствует содержанию в 1 л воды 20,04 мг кальция или 12,16 мг магния. С 1 января 2014 г. в России введен межгосударственный стандарт ГОСТ 31865-2012 «Вода. Единица жесткости». По новому ГОСТу жесткость выражается в градусах жесткости ( $^{\circ}\text{Ж}$ ); 1  $^{\circ}\text{Ж}$  соответствует концентрации щелочно-земельного элемента, численно равной 1/2 его миллимоля на литр (1  $^{\circ}\text{Ж}$  = 1 мг-экв/л).

По величине общей жёсткости различают воду мягкую (до 2  $^{\circ}\text{Ж}$ ), средней жёсткости (2-10  $^{\circ}\text{Ж}$ ) и жёсткую (более 10  $^{\circ}\text{Ж}$ ).

### **Описание занятия**

**Задание 1.** Определить временную (карбонатную) жесткость воды.

Определение жесткости воды, содержащей гидрокарбонаты кальция и магния, производится титрованием воды хлороводородной кислотой  $\text{HCl}$  в присутствии индикатора – метилового оранжевого.

**Материалы и реактивы:** колба объемом 250 мл, мерный цилиндр, бюретка для титрования, индикатор метиловый оранжевый, 0,1н. раствор хлороводородной кислоты  $\text{HCl}$ .

1. В коническую колбу на 250 мл отмерить с помощью мерного цилиндра 100 мл исследуемой воды. Добавить 2-3 капли метилового оранжевого.

2. В приготовленную бюретку налить 0,1н. раствор хлороводородной кислоты. Установить уровень на нулевое деление и по каплям приливать HCl в воду. Конец реакции определить по изменению цвета метилоранжа из жёлтого в оранжево-розовый (рН около 4,5).

Определить объем израсходованной на титрование кислоты. Титрование повторить еще раз. Результаты записать.

3. Рассчитать временную жесткость воды по следующей формуле:

$$A = n \cdot F \cdot 4,4 \cdot 1000/V = \text{CO}_2 \text{ мг/л,}$$

где  $n$  – количество 0,1н. HCl, пошедшей на титрование пробы, мл;

$F$  – поправка на 0,1н. HCl;

$V$  – объем пробы, мл;

4,4 – коэффициент: 1 мл 0,1н. HCl освобождает 4,4 мг  $\text{CO}_2$  из карбонатов;

1000 – перевод на литр.

Для пересчёта в миллиграмм-эквиваленты пользуются уравнением:

$$A \cdot 0,0227 = \text{мг/экв.}$$

**Задание 2.** Определить общую жесткость воды.

Существует несколько методов определения общей жёсткости природных вод. Один из них – метод Варта-Пфейфера. При этом методе кальций и магний в исследуемой воде осаждают раствором щелочной смеси, состоящей из NaOH и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а непрореагировавший раствор оттитровывают раствором соляной кислоты.

**Материалы и реактивы:** колба объемом 250 мл, мерный цилиндр, бюретка для титрования, индикатор метиловый оранжевый, 0,1н. раствор хлороводородной кислоты HCl, 0,1н. раствор NaOH, 0,1н. раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

1. Для лучшего осаждения кальция и магния их сначала нужно связать соляной кислотой, переводя в хлориды, т.е. выполнить *задание 1* (поэтому можно использовать водный раствор предыдущего задания).
2. Добавить к пробе воды 20 мл 0,1н. раствора щелочной смеси (10 мл 0,1н. NaOH и 10 мл 0,1н. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).
3. Полученный раствор кипятить 5 мин от момента появления первых пузырьков кипения. Затем охладить и профильтровать через складчатый фильтр, предварительно смоченный дистиллированной водой. Раствор довести до метки 100 мл дистиллированной водой.
4. К фильтрату добавить 2 капли индикатора метилового оранжевого и титровать 0,1н. раствором HCl до перехода окраски в оранжево-розовую. Титрование повторить еще раз.
5. Рассчитать общую жесткость воды по следующей формуле:

$$\text{CaO, мг/л} = [(B - A) \cdot F \cdot 2,8 \cdot 1000] / 100,$$

где  $B$  – количество 0,1н. HCl, пошедшей на титрование пробы с добавленной щелочной смесью, мл;

$A$  – количество 0,1н HCl, пошедшей на титрование пробы при выполнении *задания 1*, мл;

$F$  – поправка на 0,1н. HCl;

$V$  – объем пробы, мл;

2,8 – коэффициент: 1 мл 0,1н. HCl освобождает 2,8 мг CO<sub>2</sub> из хлоридов;

1000 – перевод на литр.

Пересчитать результат в миллиграмм-эквиваленты на 1 л (°Ж).

Сравнить результат с ПДК жесткости.

**Задание 3.** Рассчитать постоянную жесткость питьевой воды.

Для расчета использовать уравнение:

Общая жесткость = Постоянная жесткость + Временная жесткость.

Сделать для заданий 1,2 и 3 общие выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое жесткость воды?
2. Виды жесткости.
3. Какому содержанию  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  соответствует жесткость 1 мг-экв/л?
4. Какую реакцию имеет вода, обладающая временной жесткостью, и почему?
5. Почему временная жесткость устраняется кипячением?
6. Как определить временную жесткость воды?
7. Как определить общую жесткость воды?

### **Занятие 8. Решение расчетных задач по теме «Жесткость воды»**

**Цель:** научиться решать задачи по теме, правильно оформлять решение задач и указывать ответ решения задачи в нужных единицах измерения.

Величина жесткости в настоящее время в РФ характеризуется суммарным числом миллимоль-эквивалентов определяющих ее ионов [ммоль-экв/л].

Жесткость определяется по формуле

$$Ж = m \cdot 1000 / M_{\text{э}} \cdot V,$$

где Ж – жесткость воды, ммоль-экв/л;

$m$  – масса растворенной соли, г;

$V$  – объем пробы воды, л;

$M_{\text{э}}$  – молярная масса эквивалента соли, г/моль.

Эквивалентная масса простого вещества – это масса одного моля простого вещества  $M$ , приходящаяся на одну проявленную валентность.

### **Алгоритм решения задачи**

**З а д а ч а.** Определить временную, постоянную и общую жесткость природной воды, в 1 м<sup>3</sup> которой содержится 100 г MgSO<sub>4</sub>, 150 г FeCl<sub>2</sub>, 150 г NaNO<sub>3</sub>, 50 г Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Для решения задачи нужно определить, какие из приведенных солей являются солями жесткости.

Жесткость воды обусловлена присутствием катионов Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, а также катионов некоторых d- и f-элементов (Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>). Соль NaNO<sub>3</sub> не будет солью жесткости, а для расчетов будем использовать массы солей MgSO<sub>4</sub>, FeCl<sub>2</sub>, Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Соли MgSO<sub>4</sub> и FeCl<sub>2</sub> определяют постоянную жесткость воды, поэтому

$$Ж_{\text{пост}} = m \text{ MgSO}_4 \cdot 1000 / M_{\text{г}} \text{ MgSO}_4 \cdot V_{\text{H}_2\text{O}} + m \text{ FeCl}_2 \cdot 1000 / M_{\text{г}} \text{ FeCl}_2 \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}.$$

Соль Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> определяет временную жесткость воды, поэтому

$$Ж_{\text{врем}} = m \text{ Ca(HCO}_3)_2 \cdot 1000 / M_{\text{г}} \text{ Ca(HCO}_3)_2 \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}.$$

Общая жесткость воды:

$$Ж_{\text{общ}} = Ж_{\text{пост}} + Ж_{\text{врем}}.$$

### Задачи

1. Жесткость воды, содержащей только гидрокарбонат кальция, равна 1,785 мэкв/л. Определить массу гидрокарбоната кальция в 3 л воды.
2. Чему равна временная жесткость воды, в 2 л которой содержится 0,292 г гидрокарбоната кальция?
3. В 2 л воды содержится 76 мг ионов магния и 216 мг ионов кальция. Вычислить общую жесткость воды.
4. Какую массу карбоната натрия надо добавить к 20 л воды, чтобы устранить общую жесткость, равную 4,60 мг-экв/л?

5. При определении гидрокарбонатной жесткости воды на титрование 100 мл воды пошло 4,0 мл 0,1500 н. раствора соляной кислоты. Найти постоянную жесткость, если общая жесткость равна 7,1 мг-экв/л.
6. При определении гидрокарбонатной жесткости воды на титрование 100 мл воды пошло 8,0 мл 0,0900 н. раствора соляной кислоты. Найти постоянную жесткость, если общая жесткость равна 8,3 мг-экв/л.
7. В цех водоподготовки поступает вода, содержащая 180 мг/л  $\text{Ca}^{2+}$ , 335,66 мг/л  $\text{HCO}_3^-$ , 36,48 мг/л  $\text{Mg}^{2+}$ . Рассчитать карбонатную, некарбонатную и общую жесткость воды и массу кальцинированной соды, необходимую для умягчения 1 м<sup>3</sup> воды.

### Занятие 9. Нитратное загрязнение воды

**Цель:** оценить содержание нитратов в воде экспресс-методом с применением дифениламина.

Источником нитратов для человека являются загрязненная продукция, питьевая вода и иногда лекарственные препараты. С овощами их поступает около 70%, с водой – 20, с мясными, молочными и консервированными продуктами – 6%. Наиболее опасно для животных и человека отравление нитратами, растворимыми в воде. Это увеличивает скорость всасывания их в кровь, поэтому содержание нитрат-иона в воде не должно превышать 45 мг/л. Действие нитратов, поступивших в организм из нитратосодержащих овощей, слабее, чем поступивших с водой. Здесь отрицательное влияние нитратов частично нивелируется аскорбиновой кислотой.

Из поступивших в организм животного и человека 50-80% нитратов в течение 12 ч выводится из организма, а остальное количество представляет определенную опасность. Это связано, прежде всего, с восстановлением нит-



ратов до высокотоксичных нитритов микрофлорой и ферментами пищеварительного тракта (токсичность нитритов выше, чем нитратов, более чем в 20 раз). Нитриты замещают кислород в молекуле гемоглобина крови. Образуется метгемоглобин, не способный переносить в клетки нужный для высвобождения энергии кислород. Также в ЖКТ под действием микробов идет процесс нитрозирования, т.е. встраивания  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$  в органические вещества. При этом образуются вызывающие рак (канцерогенные) нитрозосоединения.

Допустимое суточное потребление нитратов для человека не должно превышать 5 мг на 1 кг массы тела, т. е. не более 350 мг в сутки для человека массой 70 кг. Допустимая суточная доза (ДСД) нитрита – 0,2 мг/кг массы тела, за исключением детей грудного возраста. Острое отравление отмечается при однократной дозе 200-300 мг, летальный исход – 300-2500 мг.

Далее изложен доступный экспресс-метод определения содержания нитратов в образцах воды.

**Сущность метода** состоит в визуальной оценке окрашенных соединений, образующихся при взаимодействии нитратов с дифениламином. Нижний предел обнаружения нитратов в анализируемой пробе  $100 \text{ млн}^{-1}$  (мкг/кг).

**Материалы и оборудование:** посуда – стекла размером 180x90 мм, пипетки на 1 мл, 10 пробирок, термостойкие колбы на 250 мл, стаканы на 50 мл, цилиндры на 10 и 100 мл; *реактивы* – основной раствор азотно-кислого калия с содержанием  $\text{N-NO}_3$  3000 мг/л для построения калибровочной кривой, 1,0%-й раствор дифениламина в серной кислоте, дистиллированная вода.

### **Описание занятия**

За несколько дней до занятия студенты получают задание принести об-

разцы питьевой воды, сточной воды и воды стоячего и проточного водоема.

Задание 1. Определить нитратное загрязнение сока растений. Выявить отличия нитратного загрязнения в свежих и отварных овощах.

*Этап 1. Приготовление растворов сравнения (калибровочных)*

1. Взять готовый исходный раствор азотно-кислого калия с концентрацией нитрат-иона 3000 мг/л (4,89 г сухого  $\text{KNO}_3$  в 1 л воды). Отлить 5 мл в первую пробирку и добавить туда 5 мл дистиллированной воды. Получится раствор с концентрацией  $\text{N-NO}_3$  1500 мг/л.
2. Повторить разбавления пополам предыдущего раствора для получения растворов с концентрациями нитрат-иона 750; 375; 188; 94; 47, 23 мг/кг.
3. Капнуть на большое предметное стекло последовательно по 2 капли из 8 приготовленных калибровочных растворов. Подписать. Добавить в каждую из этих капель по 2 капли реактива 1,0%-го дифениламина в серной кислоте.

Получится серия окрашенных калибровочных растворов, которые будут использоваться в качестве сравнительных при оценке содержания нитратов в образцах растений и воды.

*Этап 2. Анализ содержания нитратов в пробах воды*

1. На предметное стекло, положенное на белую бумагу, раскапать в трех повторениях каждую из принесенных проб питьевой воды, сточной воды и воды водоема. Добавить в каждое повторение по 2 капли 1,0%-го дифениламина в серной кислоте.

Параллельно поставить пробу с дистиллированной водой (контроль).

2. Капнуть рядом капли калибровочного раствора и сравнить окраску. Результаты перевести в цифры и записать.
3. Сравнить полученные средние данные со значением ПДК для нитратов в воде.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите источники нитратов для животных и человека. Какие из них являются первостепенными?
2. Почему нитраты опасны для животных и человека?
3. Какие поверхностные воды отличаются повышенным содержанием нитратов?
4. Как снизить содержание нитратов в природной воде?
5. Как снизить содержание нитратов в питьевой воде?

### **Тема: МИГРАЦИЯ ТОКСИКАНТОВ В СИСТЕМЕ «ГЕОСФЕРА – РАСТЕНИЕ – ЖИВОТНОЕ – ЧЕЛОВЕК»**

#### **Занятие 10. Решение задач**

**Цель:** научиться решать задачи по теме; оценить опасность миграции токсикантов в системе «геосфера – растение – животное – человек».

**Задание 1.** Ниже приведены цифры, иллюстрирующие биоаккумуляцию ДДТ. Перевести данные в одну систему единиц и указать, во сколько раз возрастает концентрация ДДТ при переходе к каждому следующему звену трофической цепи.

Вода	19,392 мкг/л
Фитопланктон	192 мкг/кг
Зоопланктон	$9,6 \cdot 10^{-5}\%$
Рыбы, питающиеся зоопланктоном	48 мг/кг
Хищные рыбы	$9,6 \cdot 10^{-5}$ (мас. доля)
Птицы, питающиеся рыбой	2,4 г/кг

**Задание 2.** В крови человека обнаружено 0,5 пг/г диоксинов. Сколько диоксинов содержится в организме в целом (60 кг), если допустить их нахождение только в жировой ткани, печени и коже?

Коэффициент распределения диоксинов относительно крови в жировой ткани, печени и коже соответственно составляет 300, 25 и 30. Масса печени – 2 кг, жировая ткань составляет 25 %, а кожа – 15 % от массы тела.

**Задание 3.** Рассчитайте, какая масса свинца попала в атмосферу в 1996 г. в Новосибирске в результате использования этилированного бензина.

Условия расчета: добавка тетраэтилсвинца  $Pb(C_2H_5)_4$  составляет 2 г на 1 л бензина, средний расход бензина – 10 л в сутки, общее количество машин – 403 500 шт.

В какие среды попадает атмосферный свинец?

На каком расстоянии от автомобильной трассы он оседает?

Каков период полувыведения свинца из почвы?

Каковы последствия загрязнения атмосферы свинцом для человека?

**Задание 4.** Сколько граммов диоксинов поступит в организм человека, если съесть в день 500 г рыбы с жирностью 5 %, в которой содержится 50  $нг/г_{жир}$  диоксинов и фуранов?

Превысит ли эта величина суточную дозу ( $D_{сут} = 10$   $нг/кг$  массы тела), если человек весит 60 кг?

**Задание 5.** Из растворов неорганических солей свинца бóльшую опасность представляет тот, концентрация ионов свинца в котором больше. Природа аниона при этом играет второстепенную роль.

Расположите насыщенные растворы приведенных ниже солей свинца в порядке возрастания их токсичности для человека.

Произведение растворимости:

$$PbCO_3 \quad 7,41 \cdot 10^{-14}$$

$$PbS \quad 2,51 \cdot 10^{-27}$$

$$PbHPO_4 \quad 1,41 \cdot 10^{-10}$$

$$Pb_3(PO_4)_2 \quad 1,21 \cdot 10^{-47}$$



Сохранится ли полученный ряд, если соли поступают организм в кристаллическом состоянии?

Сравнить навески, масса каждой из которых в 2 раза больше растворимости соответствующей соли.

### **Занятие 11. Биоиндикация чистоты воздуха по площади листьев лиственных деревьев**

**Цель:** провести исследование загрязнения воздуха на улицах и во дворах г. Новосибирска методом биоиндикации.

Биоиндикация – это оценка качества среды обитания и ее отдельных характеристик по реакциям на них живых организмов и их сообществ. Чувствительные организмы (биоиндикаторы) реагируют на изменения окружающей среды своим присутствием или отсутствием, изменением внешнего вида, химического состава и поведения. При экологическом мониторинге среды использование биоиндикаторов часто дает более ценную информацию, чем прямая оценка загрязнения приборами, так как они реагируют сразу на весь комплекс загрязнителей и своими реакциями отражают загрязнения за длительный период.

Например, легко установить уровень загрязнения атмосферы с помощью городских растений, на которые оказывают значительное воздействие промышленные и транспортные выбросы. Попадая в атмосферный воздух, загрязнители в конечном итоге оседают на растения и накапливаются в них, что может замедлить рост растения, вызвать некрозы листовых пластинок, снизить продуктивность и др. Установлено, что, загрязнение медью сказывается на росте растений, цинком – приводит к отмиранию листьев, кобальтом

– к ненормальному развитию и т.д. Индикаторами присутствия фтора в воздухе являются чувствительные растения (гладиолусы, фрезия и др.), накапливающие его и реагирующие на этот фитотоксикант некрозом листьев.

В основу данной практической работы положен подсчет ассимилирующей поверхности листьев древесных растений, выросших в условиях загрязненной городской среды, весовым методом.

**Материалы и оборудование:** гербарные образцы листьев, срезанные с тополя бальзамического на высоте 2 м на улицах и дворах города в период летней практики; листы тетрадной бумаги в клетку; линейка; ножницы; бумажные пакеты; аналитические весы.

### **Описание занятия**

Работа выполняется группой из двух человек. Группа получает 2 образца с листьями тополя: один собран вблизи проезжей части, другой – во дворах конкретной улицы. Каждый студент анализирует 50 листьев своего образца.

**Задание 1.** Вычислить переводной коэффициент для площади листьев тополя бальзамического. Подсчет провести на 6 листьях.

1. Вначале следует взять лист тетрадной бумаги и на него под углом в  $45^\circ$  приложить листочек дерева. Контуры обрисовать и очертить прямоугольник, равный длине и ширине взятого листочка (рис. 2).

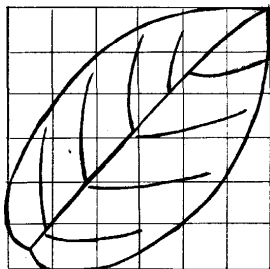


Рис. 2. Чертеж листочка тополя бальзамического на бумажном прямоугольнике

2. Прямоугольник вырезать, взвесить и записать внутри его длину, ширину и массу. После этого из прямоугольника вырезать контур листочка, взвесить и также записать массу.

3. Подсчитать площадь листочка по формуле

$$S_{\text{л}} = M_{\text{л}} \cdot S_{\text{прям}} / M_{\text{прям}},$$

где  $M$  – масса прямоугольника бумаги или листочка;

$S$  – площадь прямоугольника или листочка.

4. Вычислить переводной коэффициент по формуле

$$K = S_{\text{л}} / S_{\text{прям}}.$$

Подсчитать средний из 6 значений коэффициент и использовать его в дальнейших расчетах.

**Задание 2.** Подсчитать площади листьев предложенного образца с учетом среднего переводного коэффициента.

1. Начертить таблицу:

Номер	Длина листа $A$	Ширина листа $B$	Площадь листа $Si$	$Si \cdot K$
1				
...				
50				

У 50 листьев измерить длину ( $A$ ) и ширину ( $B$ ) и определить площадь ( $Si$ ).

2. Пересчитать все площади с учетом переводного коэффициента:

$$Si \cdot K.$$

3. Полученные площади разбить на 6-8 групп (по размеру). Для этого в двух анализируемых образцах найти максимальное и минимальное значение площадей листьев. После чего выделить 6 (8) общих для 2 образцов групп. Например: 1) 10 – 20 см<sup>2</sup>, 2) 20,1 – 40 см<sup>2</sup> и т.д.

В каждой группе подсчитать частоту встречаемости листьев.

**Задание 3.** Построить график зависимости площади листьев тополя бальзамического от чистоты воздуха вблизи проезжей части и во дворах.

1. На графике отобразить 2 кривые, соответствующие двум образцам (рис. 3). По оси абсцисс графика показать группы площадей листьев. По оси ординат отложить частоту встречаемости листьев.

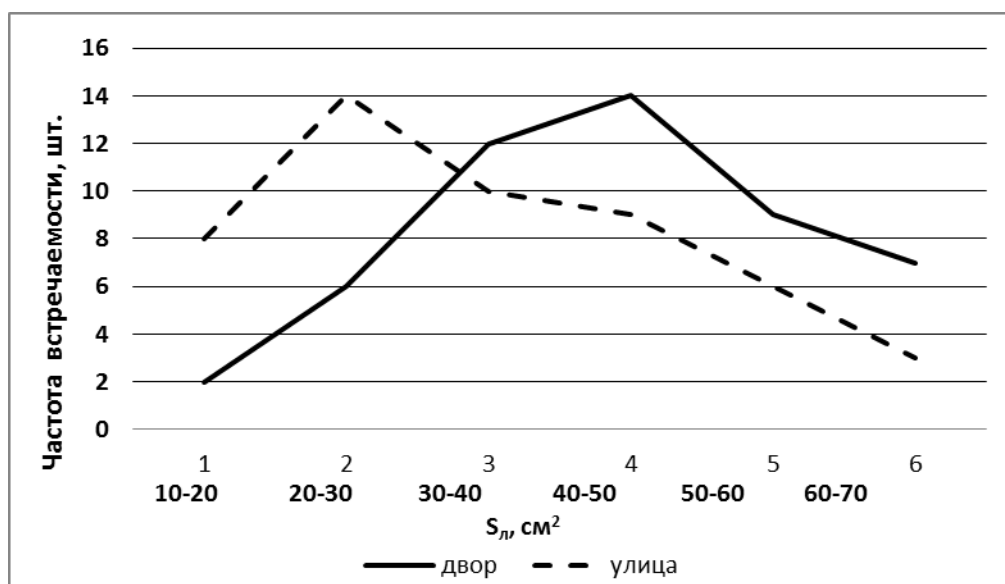


Рис. 3. График зависимости площади листьев тополя бальзамического от чистоты ареала произрастания у дороги и во дворах улицы \_\_\_\_\_

2. Кривые сравнить и сделать вывод о чистоте воздуха вблизи проезжей части и во дворах.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называют биоиндикацией?
2. Какой организм может быть биоиндикатором и как он реагирует на изменение состояния среды?
3. Как сказывается на растениях загрязнение воздуха?



4. Почему биоиндикация в некоторых случаях предпочтительнее химического анализа?

5. Что такое весовой метод определения ассимиляционной поверхности листьев деревьев?

### **Библиографический список**

1. *Вронский В.А.* Экология и окружающая среда: словарь-справочник – М.; Ростов н/Д: Март, 2008. – 432 с.
2. *Колесников С.И.* Экология: учеб. пособие для студентов вузов. – 5-е изд. – М.: Дашков и К°, 2012. – 384 с.
3. *Муравьев А.Г.* Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами: в 4 кн. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2005. – Кн. 2.
4. *Реймерс Н.Ф.* Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы / Н.Ф. Реймерс, А.В. Яблоков. – М.: Наука, 1982. – 144 с.
5. *Сельскохозяйственная экология: учеб. пособие / под ред. А.В. Голубева, Н.А. Мосиенко.* – Саратов: Сарат. гос. с.-х. акад., 1997. – 418 с.

### **Информационные ресурсы**

1. *Сайт* правительства Новосибирской области, раздел «Экология», где размещены «Доклады о состоянии окружающей природной среды в Новосибирской области» за последние годы.
2. [www.climatechange.ru](http://www.climatechange.ru) – образовательно-информационный сайт по проблеме изменения климата на русском языке.  
[www.greenpeace.org/russia/ru/](http://www.greenpeace.org/russia/ru/) – сайт Greenpeace Россия.  
[www.rusrec.ru](http://www.rusrec.ru) – Российский региональный экологический центр. Новости и аналитические материалы.  
[www.unfccc.int](http://www.unfccc.int) – Секретариат Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Киотского протокола. Архив документов и решений, новости, официальные государственные доклады.

## Содержание

	Стр.
Введение	3
Тема: Химия атмосферы	4
Занятие 1. Парниковый эффект как пример изменения биогеохимического цикла углерода	4
Занятие 2. Расчет газовых выбросов при сжигании газообразного топлива	7
Занятие 3. Расчет газовых балансов урбанизированных террито- рий	9
Занятие 4. Загрязнение воздуха тяжёлыми металлами	14
Занятие 5. Загрязнение радиоактивными элементами	19
Тема: Химия гидросферы	28
Занятие 6. Определение состояния природной воды	28
Занятие 7. Определение жесткости воды	34
Занятие 8. Решение расчетных задач по теме «Жесткость воды»	38
Занятие 9. Нитратное загрязнение воды	40
Тема: Миграция токсикантов в системе геосфера–растение– животное–человек	43
Занятие 10. Решение задач	43
Занятие 11. Биоиндикация чистоты воздуха по площади листьев лиственных деревьев	45
Библиографический список	50