

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзоев Назим Леоидинович  
Должность: И.о. ректора  
Дата подписания: 12.09.2023 16:34:51  
Уникальный программный ключ:  
2a04bb882d7edb7f479cb266eb4aaaaedebee849

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования**

**«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА ЗАЩИТЫ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

## **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

**к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине**

**«МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧС»**

для подготовки бакалавров  
направления 20.03.01 – Техносферная безопасность,  
профиль «Защита в чрезвычайных ситуациях»

УДК

**Учебно-методическое пособие** к проведению лабораторных работ «Мониторинг среды обитания и прогнозирования ЧС», составлен с целью ознакомления студентов с современными методами анализа и оценки качества среды обитания. Данные методы могут быть использованы для поддержки принятия управленческих решений на основе прогнозирования ЧС, а также снижения риска возникновения несчастных случаев, профессиональных заболеваний и материального ущерба.

На лабораторных занятиях студенты знакомятся с работой приборов и аппаратов, предназначенных для определения и оценки качества окружающей среды, что поможет при решении вопросов обеспечения безопасности во всех сферах деятельности.

Студенты на занятиях будут учиться определять уровни загрязнения воздушной среды и почвы, сопоставлять полученные результаты с установленными предельно – допустимыми уровнями и анализировать их. Эти знания и умения помогут в обеспечении безопасности состояния окружающей среды и при проведении работ на производстве.

Учебно-методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Мониторинг среды обитания и прогнозирования ЧС» для студентов направления подготовки бакалавров 20.03.01 – Техносферная безопасность, профиль «Защита в чрезвычайных ситуациях». // Махачкала, ДГТУ, 2021, - с

Автор: . Баламирзоева Р.М. - к.б.н.,  
ст. преподаватель каф.ЗвЧс,

Рецензент: : Алиева З.М. - д.б.н., доцент,  
и.о., зав. каф. физиологии растений  
и теории эволюции

Рекомендовано к публикации Научно-методическим советом ФГБОУ ДГТУ  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2021 г.

## **СОДЕРЖАНИЕ:**

1. Определение содержания двуокиси серы в воздухе лаборатории (2 часа).
2. Определение чистоты воздуха физико-химическими методами (6 часов).
3. Определение встречаемости растительных видов в изучаемом сообществе (4 часа).
4. Оценка чистоты атмосферного воздуха по величине автотранспортной нагрузки. (2 часа).
5. Качественное определение химических элементов в почве (3 часа).

## ВВЕДЕНИЕ

**Целью** изучения дисциплины «Мониторинг среды обитания и прогнозирования ЧС» является ознакомление студентов с общим представлением о мониторинге как о многоцелевой информационной системе о загрязнении окружающей среды и обеспечение будущих выпускников квалифицированным умением для решения профессиональных задач с учетом знаний, связанных с предупреждением отрицательного воздействия деятельности человечества на окружающую среду. Содержание курса направлено на изучение и последующее применение студентами современных концептуальных основ и методологических подходов, направленных на решение проблем мониторинга состояния окружающей среды, обусловленного как его естественными факторами, так и техногенным загрязнением. Курс также предусматривает формирование у студентов общего естественнонаучного, природоохранного и экологического мировоззрения.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные параметры загрязнения окружающей среды,
- методы и критерии их оценки основные направления деятельности систем экологического мониторинга;
- особенности организации и проведения экологического мониторинга; научно - методологические и законодательные основы государственного, производственного и общественного контролей;
- процедуры и регламенты проведения производственного, государственного и общественного контролей;
- о наличии организации мониторинга и контроля на предприятии и территории РФ;
- интерпретацию данных мониторинга различных природных сред, характер и возможности использования инструментальных методов при решении любых вопросов в сфере рационального природопользования и природоохранной деятельности

**уметь:**

- оценить экологическую ситуацию;
- правильно выбрать метод анализа объектов окружающей природной среды, обобщать и систематизировать их, проводить необходимые расчеты с использованием современных технических средств.

**владеть:**

- методами математической обработки и анализа данных, полученных опытным путем, в результате проведения первоначального производственного экологического контроля;
- методами анализа показателей оценки состояния окружающей среды.

При подготовке к лабораторному занятию студентам необходимо:

- изучить, повторить теоретический материал по заданной теме;
- изучить материалы по заданной теме, уделяя особое внимание расчетным формулам;
- при выполнении домашних расчетных заданий, изучить, повторить типовые задания, выполняемые в аудитории.

Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к выполнению лабораторного материала. Она включает проработку лекционного материала – изучение рекомендованных источников и литературы по тематике лекций. Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, предложенных преподавателем схем (при их демонстрации), основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу.

Лабораторная работа должна быть выполнена в отдельной тетради по предмету либо на информационном носителе и представлена преподавателю в конце занятия, либо в конце изучения темы. Работа должна быть аккуратной, хорошо читаемой, не содержать не относящиеся к теме информацию или рисунки.

В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:

- делать записи по ходу выполнения задания в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

## **Лабораторная работа 1. Определение содержания двуокиси серы в воздухе лаборатории**

Оказание государственных услуг в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, мониторинга окружающей среды, ее загрязнения осуществляется Росгидрометом в порядке, установленном Правительством Российской Федерации от 29 мая 2008 года № 404 и в обеспечении гидрометеорологической безопасности Российской Федерации.

Росгидромет в указанной сфере деятельности обеспечивает выполнение обязательств Российской Федерации по международным договорам Российской Федерации, в том числе по Конвенции Всемирной метеорологической организации, рамочной Конвенции ООН об изменении климата и Протоколу по охране окружающей среды к Договору об Антарктике.

В соответствии с Конституцией Российской Федерации каждый имеет право на благоприятную окружающую среду. Каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории Российской Федерации.

*Целью работы* является, определение концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе рабочей зоны, используя фотометрический метод анализа.

Задачи:

- провести анализ проб воздуха отобранных в лабораториях предприятий на содержание диоксида серы;
- сравнить полученные результаты анализа проб воздуха на содержание диоксида серы и сделать объективную оценку ситуации.

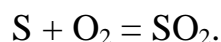
### ***Антропогенные источники поступления диоксида серы в окружающую среду***

Диоксид серы антропогенного происхождения, образуется при сгорании угля и нефти, в металлургических производствах, при переработке содержащих серу руд (сульфиды), при различных химических технологических процессах. Большая часть антропогенных выбросов диоксида серы (около 87%) связана с энергетикой и металлургической промышленностью.

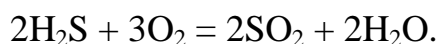
Общее количество антропогенного диоксида серы, выбрасываемое за год, превышает его естественное образование в 20-30 раз. Среднегодовые концентрации и выбросы диоксида серы за последние пять лет снизились на 22%, выбросы - на 13% .

Тепловые электростанции и котельные являются источником выброса соединений серы в атмосферу. Наличие в дымовых газах диоксида серы

обусловлено постоянным присутствием в твердом и жидком топливе (и в природном газе некоторых месторождений) различных соединений серы – сульфидов и органических соединений. При окислительном сжигании топлива сера окисляется до диоксида



Восстановительное сжигание для получения генераторного газа производит сероводород  $H_2S$ , который затем сгорает, образуя тот же диоксид



Диоксид серы в атмосфере под воздействием озона, образующегося из кислорода воздуха под действием солнечного света, окисляется до триоксида серы  $SO_3$ , который соединяется с водяным паром и образует пары серной кислоты.

Плотность паров серной кислоты, равно как и паров азотной кислоты в 3–4 раза больше плотности воздуха. Эти пары под действием гравитации и с атмосферными осадками поступают в почву. В результате пресноводные водоемы и реки закисляются, что приводит к потере части флоры и фауны и замене их другими, более стойкими, но не обеспечивающими необходимую регенерацию воды. Кроме того, смесь серной и азотной кислот постоянно растворяет тяжелые металлы, вносит их в пресную воду и таким образом воздействует на живые организмы.

Сокращение выбросов соединений серы на ТЭС может быть осуществлено тремя способами:

- путем очистки топлива от соединений серы до его сжигания;
- связыванием серы в процессе горения;
- в результате очистки дымовых газов.

### ***Физические свойства диоксида серы***

В нормальных условиях представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом (запах загорающейся спички). Под давлением сжижается при комнатной температуре. Растворяется в воде с образованием нестойкой сернистой кислоты; растворимость 11,5 г/100 г воды при 20 °С, снижается с ростом температуры. Растворяется также в этаноле, серной кислоте.  $SO_2$  – один из основных компонентов вулканических газов.

### ***Токсическое действие на организм человека***

Воздействие диоксида серы в концентрациях выше предельно допустимых может приводить к существенному увеличению различных болезней дыхательных путей, воздействовать на слизистые оболочки, вызывать воспаление носоглотки, бронхиты, кашель, хрипоту и боль в горле. Особенно высока чувствительность к диоксиду серы наблюдается у людей с хроническими нарушениями органов дыхания в частности, с астмой [4].

### ***Основные методы определения содержания диоксида серы в воздухе.***

Для определения содержания диоксида серы, диоксида азота, фенола и формальдегида в воздухе применяется фотометрический метод анализа. Действительные значения оптической плотности находят по разности значений оптической плотности растворов для градуировки и нулевого раствора.

### ***Вычисление результата измерений***

Для получения сравнимых результатов определения концентраций примесей объем пробы воздуха, взятого для анализа, приводят к нормальным условиям: температуре  $t=0$  °С ( $T_0=273$  К) и давлению  $P_0=760$  мм рт.ст. (101,3 кПа).

Концентрацию загрязняющего вещества в воздухе ( $\text{мг/м}^3$ ) находят по формуле:

$$\rho = \frac{m v_p}{v_a V_0},$$

где  $\rho$  - концентрация загрязняющего вещества в воздухе,  $\text{мг/м}^3$ ;

$m$  - масса загрязняющего вещества, найденная по градуировочной характеристике в объеме раствора, взятого на анализ,  $\text{мкг}$ ;

$v_a$  - объем раствора, взятого на анализ,  $\text{см}^3$ ;

$v_p$  - общий объем раствора пробы,  $\text{см}^3$ ;

$V_0$  - объем пробы воздуха, приведенный к нормальным условиям,  $\text{дм}^3$ ;

### ***Результаты исследования***

В результате прохождения производственной практики (сентябрь-октябрь 2014 г.) в аналитической лаборатории атмосферного воздуха было обработано около 1000 проб, для составления диаграмм и сводного анализа за текущий период взяты средние значения.

Для сравнительного анализа показателей за февраль месяц 2014-2015 гг. взяты средние показатели с лаборатории за данный период.

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха был проведен анализ по методике, описанной выше с использованием «КФК-3».



Таблица 1

Результаты анализа проб воздуха на содержание диоксид серы лаборатории предприятия 1

Сентябрь 2014, числа	Содержание концентрации диоксида серы
1	0,021
2	0,016
3	0,010
4	0,009
5	0,011
6	0,013
7	0,010
8	0,009
9	0,010
10	0,015
11	0,004
12	0,007
13	0,003
14	0,002
15	0,001
16	0,001
17	0,003
18	0,004
19	0,002
20	0,002
21	0,004
22	0,004
23	0,005
24	0,007
25	0,006
26	0,004
27	0,006
Среднее	

**Задание.**

Рассчитать среднее значение концентрации диоксида серы за сентябрь в воздухе лаборатории предприятия 1

По данным таблицы построить диаграмму содержания диоксида серы за сентябрь в воздухе лаборатории предприятия 1

Из анализа среднесуточных показателей за сентябрь 2014 г. мы видим, что диапазон содержания диоксида серы колеблется в пределах от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_, что \_\_\_\_\_ ПДК<sub>ср. с.</sub>, мг/м<sup>3</sup>.

Таблица 2

Результаты анализа проб воздуха на содержание диоксид серы лаборатории предприятия 2

Октябрь 2014, числа	Содержание концентрации диоксида серы
1	0,019
2	0,015
3	0,013
4	0,007
5	0,006
6	0,005
7	0,004
8	0,004
9	0,004
10	0,008
11	0,002
12	0,001
13	0,001
14	0,002
15	0,002
16	0,001
17	0,003
18	0,006
19	0,001
20	0,002
21	0,002
22	0,003
23	0,002
24	0,003
25	0,004
26	0,004
27	0,004
28	0,003
29	0,005
30	0,004
Среднее	

**Задание.**

Рассчитать среднее значение концентрации диоксида серы за сентябрь в воздухе лаборатории предприятия 2

По данным таблицы построить диаграмму содержания диоксида серы за сентябрь в воздухе лаборатории предприятия 2

Из анализа среднесуточных показателей за сентябрь 2014 г. мы видим, что диапазон содержания диоксида серы колеблется в пределах от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_, что \_\_\_\_\_ ПДК<sub>ср. с.</sub>, мг/м<sup>3</sup>.

Таблица 3

Результаты анализа проб воздуха на содержание диоксид серы лаборатории предприятия 3

Ноябрь 2014, числа	Содержание концентрации диоксида серы
1	0,025
2	0,009
3	0,004
4	0,004
5	0,005
6	0,003
7	0,009
8	0,010
9	0,010
10	0,008
11	0,005
12	0,004
13	0,006
14	0,014
15	0,011
16	0,006
17	0,003
18	0,004
19	0,008
20	0,005
21	0,015
22	0,025
23	0,030
24	0,002
25	0,005
26	0,008
27	0,009
Среднее	

**Задание.**

Рассчитать среднее значение концентрации диоксида серы за сентябрь в воздухе лаборатории предприятия 3

По данным таблицы построить диаграмму содержания диоксида серы за сентябрь в воздухе лаборатории предприятия 2

Из анализа среднесуточных показателей за сентябрь 2014 г. мы видим, что диапазон содержания диоксида серы колеблется в пределах от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_, что \_\_\_\_\_ ПДК<sub>ср. с.</sub>, мг/м<sup>3</sup>.

Таблица 4

Результаты анализа проб воздуха на содержание диоксид серы лаборатории предприятия 4

Декабрь 2014, числа	Содержание концентрации диоксида серы
1	0,020
2	0,005
3	0,007
4	0,009
5	0,006
6	0,004
7	0,018
8	0,017
9	0,015
10	0,009
11	0,008
12	0,010
13	0,005
14	0,010
15	0,008
16	0,008
17	0,010
18	0,006
19	0,010
20	0,010
21	0,000
22	0,030
23	0,033
24	0,005
25	0,006
26	0,008
27	0,010
Среднее	

**Задание.**

Расчитать среднее значение концентрации диоксида серы за сентябрь в воздухе лаборатории предприятия 4

По данным таблицы построить диаграмму содержания диоксида серы за сентябрь в воздухе лаборатории предприятия 2

Из анализа среднесуточных показателей за сентябрь 2014 г. мы видим, что диапазон содержания диоксида серы колеблется в пределах от \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_, что \_\_\_\_\_ ПДК<sub>ср. с.</sub>, мг/м<sup>3</sup>.

Провести сводный анализ средних показателей содержания диоксида серы в лаборатории, полученных от разных предприятий

По результатам анализа, которые фиксировали в течение 4 месяцев (сентябрь-декабрь 2014 г.), можно сделать вывод, что содержание диоксида серы в атмосферном воздухе, колеблется в диапазоне \_\_\_\_\_. За данный период превышение ПДК диоксида серы \_\_\_\_\_.

Анализ диаграмм показывает \_\_\_\_\_

---

---

Уровень загрязнения воздуха исследуемой области \_\_\_\_\_, что позволяет (сделать вывод).

В целях профилактики требуется систематический контроль производственной среды на содержание канцерогенных веществ; проведение природоохранных мероприятий – гигиенически обоснованное размещение предприятий-источников поступления канцерогенов в окружающую среду, создание санитарно-защитных и лесопарковых зон, что будет способствовать лучшему рассеиванию канцерогенов в атмосфере и, в конечном счете, обеспечивать снижение их содержания до допустимых норм.

ПДК:

- в атмосферном воздухе: максимально-разовая —  $0,5 \text{ мг/м}^3$ ,  
среднесуточная —  $0,05 \text{ мг/м}^3$ ;
- в помещении (рабочая зона) —  $10 \text{ мг/м}^3$ .

## **Лабораторная работа 2. Определение чистоты воздуха физико-химическими методами.**

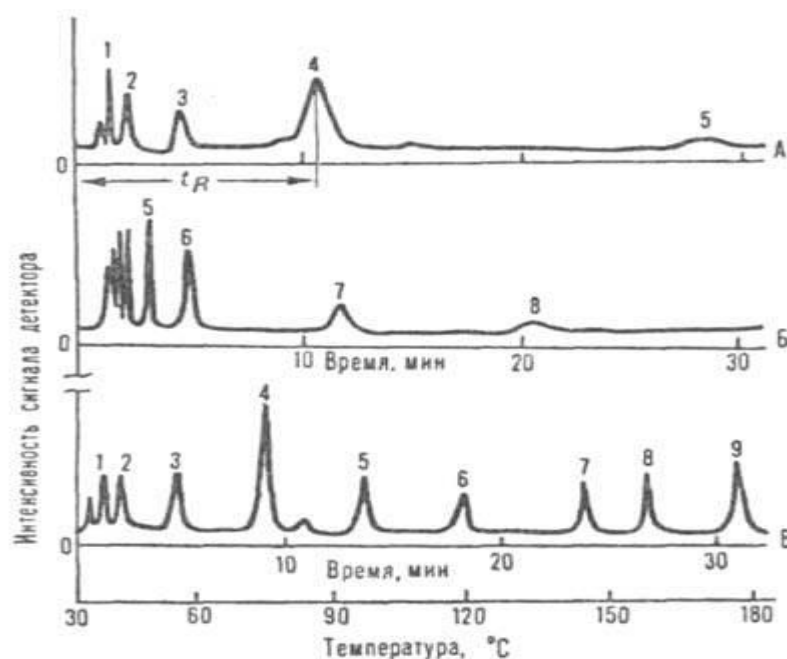
Наиболее часто для анализа загрязнений воздуха используют метод газовой хроматографии, жидкостной хроматографии высокого давления, атомно-абсорбционную спектроскопию, полярографию, колориметрию и потенциометрию.

### ***Газовая хроматография***

Газовая хроматография — это вид хроматографического анализа, где в качестве элюента выступает газообразное вещество или пар. На сегодняшний день выделяют следующие категории:

Газоадсорбционная хроматография. В этом случае в качестве неподвижной фазы выступает твердое вещество.

Газожидкостная хроматография. В роли неподвижной фазы выступает жидкость.



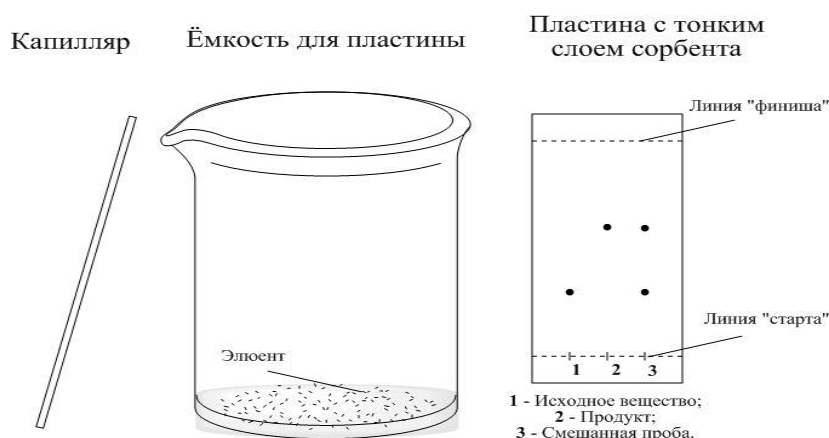
Хроматограмма

Хроматографический анализ проводится при помощи *газового хроматографа*. Поступление газа - носителя осуществляется из баллона повышенного давления в блок носителя (здесь же происходит дополнительная очистка газа). От исследуемой смеси отбирают пробу, которая при повышенной температуре вводится в газовый поток через резиновую мембрану. Введение пробы возможно также и посредством автоматических систем ввода — сэмплеров. Далее происходит испарение жидкой пробы и перенесение ее в колонку хроматографа потоком газа. Разделение осуществляется при температуре 200–400 градусов, но в ряде случаев возможно дифференцирование при более низких температурных показателях. Разделенные в потоке газа компоненты поступают в дифференциальные детекторы, регистратор фиксирует изменения во времени, и на основании полученных данных, вырисовывается хроматограмма.

Если в исследовании одновременно задействовано несколько детекторов, то можно говорить о возможности комплексного анализа хроматографических зон с двумя и более соединениями.

### ***Тонкослойная хроматография***

Тонкослойная хроматография или сокращенно — ТСХ — представляет собой хроматографический анализ сложных твердых и жидких смесей, в основе которого лежит разное распределение разделяемых веществ между сорбирующим слоем и подвижной фазой. За счет этого вещества за одно и то же время смещаются на разные расстояния. Этот метод отличается повышенной чувствительностью и предоставляет большие возможности для исследования и разделения многокомпонентных смесей. В качестве оборудования для проведения анализа посредством ТСХ используется специальный прибор, устройство которого представлено на рисунке.



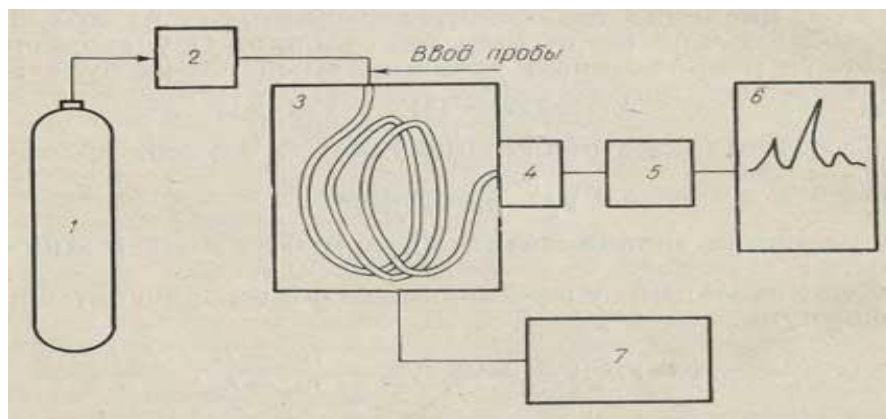
### ***Ионообменная хроматография***

Ионообменная хроматография базируется на задержании в неподвижной фазе молекул веществ в результате электростатического взаимодействия разнополярных ионов. При проведении исследования ионы анализируемого вещества начинают конкурировать с ионами элюента, стремясь к взаимодействию с сорбентами, которые заряжены противоположно. Это значит, что данный метод подходит для анализа любых смесей, которые могут быть ионизированы.

### ***Газожидкостная хроматография***

В основе газожидкостной хроматографии (ГЖХ) лежит физико-химическое разделение вещества, которое находится в газовой фазе и проходит вдоль нанесенной на твердый сорбент нелетучей жидкости. Такая хроматографическая методика сегодня считается наиболее перспективной. Перспективность данного хроматографического метода обусловлена возможностью исследования близких по составу компонентов сложной смеси, даже если их температура кипения отличается на десятые доли градуса. На проведение анализа обычно требуется небольшое количество

вещества и всего несколько минут. Для исследования смеси методом газожидкостной хроматографии применяется современный [хроматограф](#), схематичное устройство которого представлено на рисунке ниже.



Обозначения:

- 1 — баллон с газом-носителем;
- 2 — блок стабилизации потока газа;
- 3 — аналитический блок (колонки, термостат и ротаметр);
- 4 — детектор;
- 5 — усилитель;
- 6 — потенциометр-самописец;
- 7 — блок программированного изменения температуры колонки.

### ***Качественный и количественный анализ газа***

Хроматографический анализ газа — это процесс исследования газовых смесей на предмет количества содержащихся в них компонентов и их качественных характеристик. Чаще всего комплексный анализ газовых веществ удобнее и эффективнее проводить методом газожидкостной хроматографии. Такая хроматографическая методика особенно актуальна в сфере контроля технологических параметров продуктов газовой, химической и нефтехимической промышленности, а также при проведении поиска месторождений нефти и газа. В ряде случаев хроматографический анализ газа применяется для идентификации взрывоопасных, токсичных или легковоспламеняющихся веществ в воздухе промышленного помещения.

### ***Отбор проб для анализа***

Для определения концентрации вредных веществ необходимо для начала произвести отбор проб атмосферного воздуха. Данный процесс является чрезвычайно важным и кропотливым. Это связано с тем, что даже при самом точном анализе результаты неправильно произведенного отбора



воздуха искажаются. Потому существует целый ряд требований к данному процессу:

- необходимо получить пробу, которая соответствует реальному составу воздуха;

- накопить в пробе нужное количество искомого вещества, для того чтобы его можно было обнаружить в лабораторных условиях.

Взятие проб воздуха зависит от нескольких факторов:

- агрегатное состояние искомого вещества в окружающей среде (аэрозоль конденсации, газ, пар);

- возможные химические взаимодействия искомого вещества с окружающей атмосферной средой;

- количество веществ в воздухе;

- метод исследования

Во время проведения исследований в лаборатории используют различные методы отбора проб воздуха. Самые распространенные – аспирационный и метод отбора в сосуд.

*Аспирационный метод* - это фильтрация исследуемого воздуха при помощи специальных веществ, которые способны поглощать определенный ингредиент из всех, проходящих через него. Данное вещество называется поглотительной средой.

Недостатки аспирационного метода отбора проб воздуха:

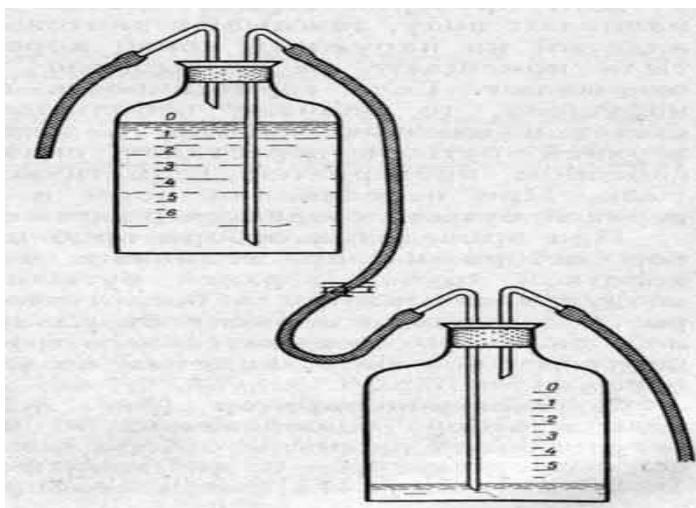
- очень трудоемкий процесс.

- занимает около 30 минут (за этот период может произойти усреднение концентрации токсичного вещества, а концентрация искомым веществ в воздушной среде изменяется слишком быстро).

Методика отбора проб воздуха осуществляется профессионалами.

В практике используется несколько разновидностей аспираторов.

Самый простой среди них – **водный**. Данный прибор для отбора проб воздуха состоит из пары одинаковых стеклянных бутылей, которые предварительно откалиброваны. Эти сосуды вмещают около 3 - 6 литров, закрываются пробками, из которых выходят две стеклянные трубки. Одна из них длинная и достигает дна бутылки, другая – короткая, заканчивается сразу под пробкой. Длинные трубки пары бутылей соединены резиновой трубочкой с зажимом. К короткой трубке присоединяется поглотитель. Когда открывается зажим, вода поступает в пустой сосуд, расположенный выше того, в котором изначально находилась жидкость. В это время над поверхностью воды происходит разрежение, благодаря которому исследуемый воздух просасывается через поглотитель. Скорость при таком просасывании составляет от 0,5 до 2 литров за минуту, а объем воздуха, прошедшего через поглотитель, такой же, как количество воды, которое прошло путь из верхней бутылки в нижнюю. Этот метод отнимает много времени и является одним из самых сложных.



Водный аспиратор

Удобным для использования считается электроаспиратор Мигунова. Этот прибор объединил в себе электрическую воздуходувку с реометрами, которые представляют собой стеклянные трубки-ротаметры, две из которых нужны для замеров скорости отбора воздуха, а две другие предназначены для большой скорости. Малая скорость составляет от 0,1 до 1 л/мин, большая – от единицы до 20 литров в минуту. Принцип работы данного прибора заключается в том, что во время включения в сеть с помощью электродвигателя вращается ротор воздуходувки. В ее корпусе понижается давление. Воздух проходит через электроаспиратор и выходит наружу. Узнав затраченное время на его прохождение сквозь аспиратор и его скорость, можно определить объем воздуха, проходящего через поглотительный прибор.



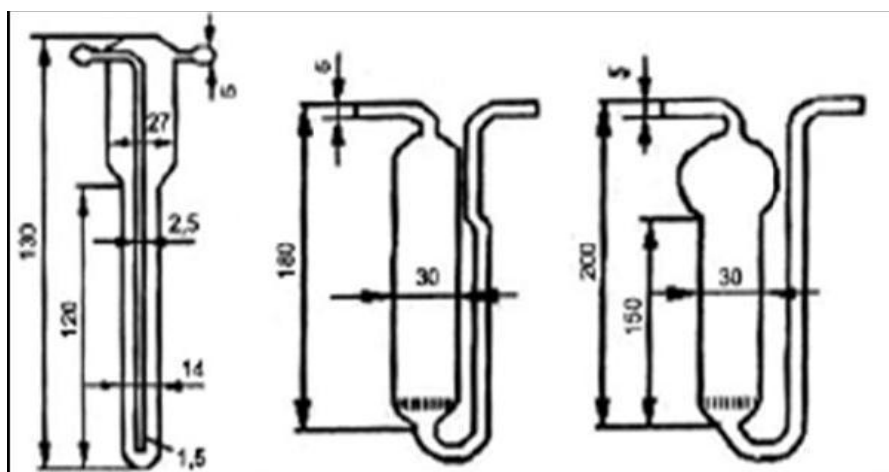
Электроаспиратор

Существующие поглотители созданы для того, чтобы забирать химические примеси из воздуха при помощи твердых и жидких сред. И поглотитель, и среду для него выбирают, учитывая агрегатные состояния веществ, которые проходят исследования и время контакта самого вещества и поглотительной среды

Для исследования газо- или парообразных веществ, находящихся в воздухе в большом количестве, нужны одномоментные методы отбора проб. Для этого используют резиновые камеры, калиброванные бутылки и сосуды, вмещающие от 1 до 5 литров, а также газовые пипетки по 100-500 мл. Однако резиновые камеры могут применяться только в том случае, если исследуемое вещество точно не реагирует с резиной. В них воздух не сохраняется больше трех часов. Его накачивают туда с помощью велосипедного насоса. Для исследований воздух переводится в калибровочную бутылку или другой поглотитель с соответствующей средой.

*Отбор методом обмена или отбор в сосуды* - метод отличается быстротой. Его используют тогда, когда ограничиваются небольшим объемом исследуемого воздуха и не возникает необходимости в накоплении искомого вещества в пробе. При этом отборе используются разнообразные емкости и сосуды: баллоны, бутылки, шприцы и газовые пипетки, а также резиновые камеры. Данная методика отбора проб воздуха является очень чувствительной и точной

Воздух, который поддается лабораторным исследованиям, продувается через пипетку или бутылку много раз. Пипетка заполняется при помощи резиновой груши, насоса при открытых зажимах или кранах. По окончании отбора проб они закрываются. В случае применения калибровочной бутылки, она оборудуется пробками и двумя стеклянными трубками. К их внешним концам присоединяются резиновые трубочки с зажимами. Перед началом отбора зажимы снимаются. А к одной из трубочек присоединяется насос или резиновая груша. Затем бутылку продувают исследуемым воздухом много раз. По окончании отбора проб трубочки перекрывают зажимами.



Отбор воздуха в сосуды.

*Вакуумный метод.* Пробы воздуха в помещении производятся при помощи толстостенной калибровочной бутылки. Она нужна для создания в ней разрежения при помощи специального насоса Комовского. Исследуемый воздух отсасывается из бутылки к остаточному давлению, которое колеблется от 10 до 15 мм ртутного столба. Затем нужно перекрыть зажим на

резиновой трубке. Отсоединить сосуд от насоса. А в конец резиновой трубки вставить стеклянную палку. На месте отбора проб емкость открывается. Она быстро заполнится воздухом благодаря равности давления. По окончании отбора проб зажим завинчивают, а на место отверстия резиновой трубочки ставят стеклянную палку.

*Метод выливания.* Взятие проб воздуха производится газовой пипеткой или калибровочной бутылкой. Они наполняются специальной жидкостью, которая не должна вступать в реакцию с исследуемым веществом и тем более растворять его. Для этих целей используется простая вода или насыщенные (гипертонические) растворы натрия или кальция хлорида. На место отбора пробы жидкость выливается, а сосуд наполняется исследуемым воздухом. Затем резиновые трубочки перекрывают специальными зажимами, а на концах ставят стеклянные палки или же просто закрывают оба крана на газовой пипетке.

*Санитарные пробы.* Эти пробы собирают для химического анализа и определяют общую запыленность в зоне дыхания человека и на полтора метра выше. Изучая загрязнения воздушной среды из-за выбросов промышленных предприятий, определяют среднесуточную и максимальную разовую концентрацию вредных веществ в атмосфере.

Санитарные пробы воздуха обычно отбирают в момент наибольшего загрязнения с ветреной стороны от источника. Берут минимум десять образцов во всех точках и через равные отрезки времени. Отбор проб атмосферного воздуха продолжается около двадцати минут. При увеличении расстояния от источника, из которого исходит загрязнение (не более пяти километров, дальше точный анализ просто невозможен), продолжительность отбора проб увеличивается до 40 минут.

Для того чтобы определить радиоактивные и канцерогенные вещества, необходимо просасывать сквозь фильтры большой объем воздуха. Потому что в населенных местах исследуемые элементы содержатся в ничтожно малом количестве.

В процессе взятия пробы воздуха на больших промышленных предприятиях для исследований содержания токсических веществ (таких как газы, пары) или большого количества пыли важное место занимает точка отбора. В производственных помещениях или зданиях неравномерно распределены загрязняющие вещества. По этим причинам приборы для пробы атмосферы располагают в месте, где происходит рабочий процесс, на уровне полутора метров от пола. Это считается уровнем дыхания рабочих. За одну смену берут три пробы: в начале, середине и конце трудового дня. Во время их взятия обязательно учитывается влажность, а также температура воздуха в помещении.

Поглотительные приборы, которые нужны, чтобы произвести отбор проб воздуха на промышленных предприятиях, напоминают стеклянные пробирки, которые запаиваются вверху и скрепляются еще с парой стеклянных трубочек. Через длинную трубку поступает исследуемый воздух. А сквозь короткую трубку он проходит далее к воздуходувке.

Отбор проб воздуха рабочей зоны необходим для нормального функционирования предприятия и обеспечения условий труда для коллектива. В соответствии с действующим законодательством и требованиями охраны труда это обязательный процесс.

Оптимальный объем воздуха  $V$ , необходимый для определения с заданной точностью, можно рассчитать по следующей формуле:

$$V = \frac{a \cdot V_0}{V_n \cdot C_{\text{ПДК}}},$$

где  $a$  – нижний предел обнаружения в анализируемом объеме пробы, мкг;

$V_0$  – общий объем пробы, см<sup>3</sup>;

$V_n$  – объем пробы, взятой для анализа, см<sup>3</sup>;

СПДК – предельно допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>.

### ***Методы анализа проб воздуха***

*Гравиметрический метод* является основным санитарно - гигиенической практике для определения запыленности, так как при постоянстве химического состава первостепенное значение имеет масса пыли.

Однако определение только массы пыли не дает полной картины ее вредности для человека и технологического процесса, так как при одинаковой массе может быть разный химический, гранулометрический состав пыли. Полная характеристика пыли состоит из ее массы, содержащейся в единице объема воздуха, химического и дисперсного составов.

*Счетный (микроскопический) метод* позволяет определить общее количество пылевых частиц в единице объема воздуха и соотношения их размеров. Для этого пыль, содержащуюся в определенном объеме воздуха, осаждают на стекло, покрытое прозрачной клейкой пленкой, под микроскопом определяют форму, количество и размеры пылевых частиц.

*Методы центробежного и инерционного осаждения* используют для выделения только крупных частиц пыли размером более 0,5-1 мкм.

*Метод фильтрации* позволяет выделить частицы размером до 0,1 мкм.

*Метод электростатического осаждения* позволяет выделить мелкие частицы размером до 0,01 мкм.

При исследовании пыли с широким диапазоном размеров частиц необходимо использовать не один, а несколько методов пылевыделения.

При измерении концентрации пыли в атмосферном воздухе и в воздухе помещений предпочтение отдают методам, основанным на предварительном осаждении, поскольку большинство из них позволяет определить массовую

концентрацию пыли, что особенно важно при проведении контроля состояния помещений. Кроме того, эти методы менее чувствительны к изменениям свойств пыли, что особенно характерно для атмосферной пыли.

*Фотометрический метод* позволяет определить качественную характеристику пыли с помощью фотометра. Чаще всего, для выделения частиц пыли из воздушной среды используют метод фильтрации, хотя применяют и методы, основанные на использовании электростатических, центробежных, инерционных сил

Фотометрический анализ подразделяют на колориметрию, фотометрию и спектрофотометрию.

Спектрофотометрические методы основаны на применении для оценки интенсивности поглощения света фотоэлектронных устройств - фотоэлементов, фотодиодов и фотоэлектронных умножителей. Этот метод может быть использован для проведения качественной идентификации и количественного определения не только окрашенных веществ, но и веществ, прозрачных в видимой области спектра.

### ***Назначение спектральных приборов***

Назначением спектральных приборов является выделение излучения в узких спектральных интервалах в пределах заданной области спектра с разрешением обычно 10<sup>2</sup>-10<sup>7</sup>. В основу действия спектральных приборов могут быть положены самые разнообразные принципы, поэтому схемы действия конструкции приборов могут быть различными.

Давно известны и наиболее распространены спектральные приборы с пространственным разделением длин волн. Обязательным в спектральных приборах этого класса является диспергирующий элемент, пространственно разделяющий по длинам волн падающее на него излучение.

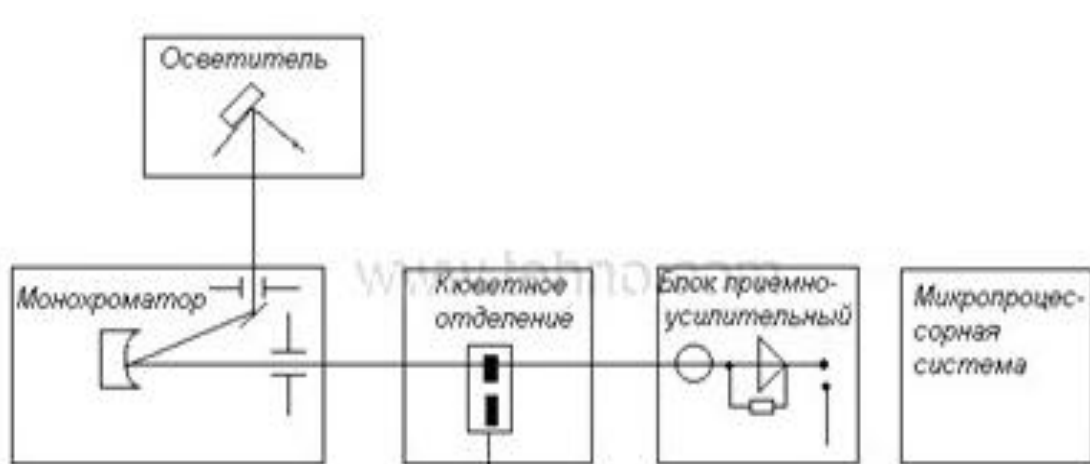


Схема спектральных приборов

## *Типы абсорбционных спектрометров*

### 1. Колориметры и фотоколориметры

Фотоколориметры - приборы, предназначенные для определения количества окрашенного вещества путем измерения величин поглощения и пропускания в видимой части электромагнитного спектра.

### 2. Спектрофотометры

Основное отличие спектрофотометра от фотоколориметра состоит в возможности пропустить через исследуемый образец световой поток любой требуемой длины волны, проводить фотометрические измерения, сканируя (просматривая) весь диапазон длин волн не только видимого (VIS) света - от 380 до 750 нм, но и ближнего ультрафиолета (UV) - от 200 до 380 нм.

Последнее обстоятельство не исключает целесообразности выпуска недорогих спектрофотометров, не имеющих источника ультрафиолетового излучения и работающих только в видимой части оптического диапазона волн.

Целью упомянутого и очень важного режима работы спектрофотометров - режима сканирования - является построение спектральной кривой поглощения (абсорбции) и нахождение на ней пиков, а также исследование процессов интерференции и поиск ложных пиков, приводящих к ошибочным результатам при спектрофотометрических исследованиях.

### 3. Двуволновые спектрофотометры

В начале 50-х годов прошлого века Брайтон Чанс предложил новый метод измерения очень маленьких изменений поглощения сильно рассеивающих и мутных образцов. Основная идея очень проста. В то время как в двулучевой спектроскопии, где две кюветы, с образцом и сравнением, облучаются светом одной, но переменной длины волны, в двуволновой абсорбционной спектрофотометрии используется только одна кювета с образцом, которая облучается двумя различными длинами волн, и измеряется разница поглощений между 1 и 2.

Разрешение по длине волны здесь, в отличие от светосилы, имеет второстепенное значение. Поэтому в качестве "монохроматора" двуволнового спектрофотометра вполне подойдут узкополосные интерференционные фильтры. Они обладают большей светосилой, чем решеточные монохроматоры. Два луча света с длинами волн 1 и 2 посредством колеблющегося с частотой от 30 до 100 Гц зеркала попеременно облучают образец. Соответствующие сигналы  $I(1)$  и  $I(2)$  поступают на вход фазочувствительного усилителя, выходной сигнал которого после определенного преобразования подается для обработки на компьютер.

Кювета с образцом находится в специальном термостатированном держателе, гарантирующем постоянную температуру измерений.

#### 4. Спектрофотометры с фотодиодной решеткой

Особым типом спектрофотометров являются приборы с фотодиодной решеткой или матрицей (PDA). Здесь свет от источника направляется непосредственно на образец и уже после этого - на дифракционную решетку, которая проецирует разложенный по поддиапазнам свет на фотодиодную решетку или матрицу. Последние содержат определенное количество фотодиодных датчиков, преобразующих световую энергию в электрические импульсы. Поэтому любой диапазон длин волн при подобной конструкции спектрофотометра дает свой "отклик" практически мгновенно, а не последовательно, как это имеет место в традиционной спектрофотометрии. Электрические импульсы с фотодиодов обычно обрабатываются микрокомпьютером с выводом результатов на дисплей. В зависимости от используемого для работы диапазона волн используются дейтериевая и/или вольфрамовая лампы.

Количество фотодиодов определяет разрешающую способность спектрофотометрического прибора. Применение фотодиодной решетки является важным элементом проведения кинетических исследований, что позволяет одновременно производить замеры исследуемого субстрата и образующегося в ходе реакции продукта при различных длинах волн. Использование данной схемы обеспечивает высокое быстродействие при работе спектрофотометра в режиме сканирования: менее одной секунды на диапазон сканирования.

#### *Принцип работы спектральных приборов*

Спектрофотометры позволяют разлагать белый свет в непрерывный спектр, выделять из этого спектра узкий интервал длин волн, в пределах которого световой пучок можно считать монохроматическим (ширина выделяемой полосы спектра 1 – 20 нм), пропускать изолированный пучок света через анализируемый раствор и измерять с высокой степенью точности интенсивность этого пучка. Поглощение света окрашенным веществом в растворе измеряют, сравнивая его с поглощением нулевого раствора.

В фотометрическом спектрофотометре сочетаются два основных прибора:

1. Монохроматор, служащий для получения монохроматического светового потока,
2. Фотоэлектрический фотометр, предназначенный для измерения интенсивности света.
  1. Монохроматор состоит из трех основных частей:
    - источника света,
    - диспергирующего устройства (устройства, разлагающего белый свет в спектр),



- приспособления регулирующего величину интервала длин волн светового пучка, падающего на раствор.

Для разложения света в спектр применяются стеклянные и кварцевые призмы, а также дифракционные решетки. Призмы обладают довольно большой дисперсией и большой светосилой. Кварцевые призмы дают возможность работать в ультрафиолетовой области спектра. Очень важной деталью спектрофотометра является щель, с помощью которой можно регулировать интенсивность светового потока: чем меньше ее раскрытие, тем меньше света проходит через нее и тем уже интервал длин волн светового пучка, пропускаемого щелью.

2. Фотоэлектрический фотометр состоит из вакуумных фотоэлементов, усилителя постоянного тока и компенсирующего устройства (потенциометра), шкала которого проградуирована в единицах оптической плотности и процентах светопропускания.

В основу работы спектрофотометра положен принцип измерения отношения двух световых потоков: потока, прошедшего через исследуемый образец, и потока, падающего на исследуемый образец (или прошедшего через контрольный образец).

Процесс измерения осуществляется следующим образом:

- световой пучок из осветителя попадает в монохроматор через входную щель и разлагается дифракционной решеткой в спектр;

- в монохроматический поток излучения, поступающий из выходной щели в кюветное отделение, поочередно вводятся контрольный и исследуемый образцы;

- излучение, прошедшее через образец, попадает на катод фотоэлемента в приемно-усилительном блоке;

- электрический ток, проходящий через резистор  $R_H$ , который включен в анодную цепь фотоэлемента, создает на резисторе падение напряжения, пропорциональное потоку излучения, падающему на фотокатод;

- усилитель постоянного тока с коэффициентом усиления близким к единице, обеспечивает передачу сигналов на вход микропроцессорной системы (далее - МПС), МПС по команде оператора поочередно измеряет и запоминает напряжения  $U_T$  и  $U$ , пропорциональные темновому потоку фотоэлемента, потоку, прошедшему через контрольный образец, и потоку, прошедшему через исследуемый образец;

- после измерения МПС рассчитывает коэффициент пропускания  $T$  исследуемого образца. Значение измеренной величины высвечивается на цифровом фотометрическом табло.

### *Основные узлы спектрофотометра*

#### 1. Источник света

Спектрофотометр UV/VIS (ультрафиолет + видимый свет) имеет два источника света: источник для видимого участка спектра и источник ультрафиолета - от 200 до 390 нм.

Источником видимого света служит вольфрамовая, как правило, галогенная лампа, дающая постоянный поток света в диапазоне 380 - 950 нм, являясь стабильным и долговечным источником световой энергии со средним сроком службы более 500 ч.

В качестве источника УФ используются водородные или дейтериевые лампы. Ультрафиолетовые лампы, содержащие дейтерий, имеют высокую интенсивность излучаемого потока и непрерывный спектр в диапазоне от 200 до 360 нм.

## 2. Кюветы

Как известно исследуемый образец помещается в специальные приставки. Для каждого вида образцов они разные. Для твердых - это специальные зажимы, а при спектральных измерениях жидких образцов используются специальные контейнеры из кварцевого стекла, так называемые кюветы.

В большинстве спектрофотометров применяются стандартные кюветы, которые предназначены для такого размещения, которое предусматривает горизонтальную траекторию луча света. Основным недостатком подобных кювет является то, что только небольшая часть образца (около 10%) освещается измеряющим светом. В случае большой ценности образца или доступности его в небольшом объеме, можно использовать микрокюветы или ультрамикрокюветы с объемом 50 или даже 2,5 мкл. Кюветы очень маленьких объемов проявляют капиллярные свойства, и возникают проблемы с образованием пузырьков воздуха, что требует дегазации. Наконец, из таких кювет сложно извлечь обратно образец.

## 3. Диспергирующий элемент

В спектрофотометрах в качестве диспергирующего элемента чаще всего используют призмы и дифракционные решетки.

Дифракционная решетка технологически более сложное изделие, чем призма. Большинство применяемых в настоящее время решеток изготовлены способом выжигания и голографического копирования и представляют собой пластины с большим числом параллельных штрихов - до нескольких сот на миллиметр.

Основным преимуществом использования призмы в спектрофотометре является ее низкая стоимость.

Преимущество дифракционных решеток состоит в том, что они обеспечивают линейную дисперсию света на всем диапазоне видимого и УФ спектров. Отрицательным моментом применения дифракционных решеток является их высокая стоимость в сравнении с призмами и светофильтрами.

Одной из самых важных характеристик монохроматоров является полоса пропускания, выражаемая в единицах длин волн - нанометрах.

Если интерференционные фильтры дают ширину пропускания в диапазоне 6-20 нм, то призмы и дифракционные решетки дают более узкую полосу - менее 5 нм, а следовательно, и большую "чистоту" (монохромность) света, падающего на кювету с образцом. Полоса пропускания является одной из важнейших характеристик спектрофотометра. Уменьшение полосы

пропускания влечет за собой повышение разрешающей способности спектрофотометра - значимой характеристики качества спектрофотометрических приборов.

### Лабораторная работа 3. Определение встречаемости растительных видов в изучаемом сообществе

Важная характеристика того или иного вида в сообществах — его *встречаемость* ( $p$ ), или частота, с которой вид был встречен. Встречаемость определяется в пределах одного фитоценоза или целого массива фитоценозов. В первом случае для определения встречаемости в отдельном сообществе необходимо закладывать при описании много (не меньше 25-30) мелких ( $0.1-1\text{м}^2$ ) площадок. Встречаемость вида рассчитывается по формуле  $p = a/n$  и может быть выражена в процентах:

$$p = \frac{a}{n} \cdot 100\% ,$$

где  $a$  — число площадок, на которых вид встретился;

$n$  — общее число площадок, заложенных в сообществе (при расчете встречаемости в блоке фитоценозов площадка — аналог отдельного фитоценоза).

Определение встречаемости обычно сопровождается вычислением ее ошибки ( $s_p$ ):

$$s_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n-1}} .$$

В геоботанике обилие вида традиционно оценивается с помощью его проективного покрытия. Но *абсолютное проективное покрытие* (процент покрытия от площади рамки) не всегда адекватно отражает ценотическую роль вида. Так, если общее проективное покрытие велико (80-100%), то вид с покрытием в 60-100% является явным доминантом. Но если общее покрытие мало и составляет 10-30%, то вид и с невысоким покрытием в 20% должен считаться доминирующим в таком сообществе.

В связи с этим для разреженных растительных группировок (пустынных, пионерных и т. п.) разумно использовать *относительное проективное покрытие* — отношение абсолютного проективного покрытия к общему проективному покрытию:

$$\text{ПП}_{\text{отн.}} = \frac{\text{ПП}}{\text{ОПП}},$$

где ПП — абсолютное проективное покрытие вида,  
ОПП — общее проективное покрытие видов.

Существует комплексный показатель, отражающий ценотическую значимость вида, — это *коэффициент участия* (КУ). Он учитывает как проективное покрытие вида, так и его встречаемость:

$$\text{КУ} = \frac{\text{ПП}_{\text{ср.}}}{\sum \text{ПП}_{\text{ср.}}} \cdot p = \frac{\text{ПП}_{\text{ср.}}}{\sum \text{ПП}_{\text{ср.}}} \cdot \frac{a}{n},$$

где  $\text{ПП}_{\text{ср.}}$  — среднее проективное покрытие вида,  
 $p$  — встречаемость вида,  
 $a$  — число площадок, на которых вид встретился,  
 $n$  — общее число площадок.

КУ, как и встречаемость, может быть выражен в процентах (умножением его значения на 100%). Коэффициент участия может быть рассчитан для одной площадки (фитоценоза) и тогда формула упрощается:

$$\text{КУ} = \frac{\text{ПП}}{\sum \text{ПП}}.$$

В таком случае он работает аналогично относительному проективному покрытию, оценивая ценотическую роль вида в пределах пробной площади (фитоценоза).

Таблица

Проективные покрытия (ПП) видов, их встречаемость ( $p$ ) и коэффициенты участия (КУ) в луговом сообществе

Вид	$\text{ПП}_{\text{ср.}}, \%$	$p, \%$	КУ, %
<i>Alopecurus pratensis</i>	22	77	22
<i>Deschampsia cespitosa</i>	10	31	4
<i>Filipendula ulmaria</i>	19	57	14
<i>Anthriscus sylvestris</i>	15	88	17
<i>Angelica sylvestris</i>	11	58	8
Сумма средних ПП	77		

Пример расчета коэффициентов участия видов (100 учетных площадок)

$\text{КУ}_{\text{Alopecurus pratensis}} \sim (22:77) \cdot 77\% = 22\%$ ,

$\text{КУ}_{\text{Anthriscus sylvestris}} = (15:77) \cdot 88\% = 17\%$ .

Как мы видим, виды с наибольшим покрытием и встречаемостью имеют самый высокий КУ и, следовательно, наибольшую ценотическую значимость в сообществе (*Alopecurus pratensis*).

Менее обильные виды, но с высокой встречаемостью также достаточно значимы (*Anthriscus sylvestris*).

Малообильные виды с низкой встречаемостью имеют низкие значения КУ и играют в сообществе незначительную роль (*Deschampsia cespitosa*, *Angelica sylvestris*).

При сравнительном анализе растительных сообществ коэффициенты участия могут быть рассчитаны для экологических групп видов, видов разных жизненных форм или иных интересующих исследователя групп. Так, ценотическая значимость злаков и разнотравья на суходольном лугу может быть рассчитана через их коэффициенты участия:

$$КУ_{зл.} = [(22 + 10) : 77] \cdot 100\% = 42\%,$$

$$КУ_{разнотр.} = [(19 + 15 + 11) : 77] \cdot 100\% = 58\%.$$

Таким образом, разнотравье более значимо в сложении растительного покрова данного луга, чем злаки.

Распределение КУ видов можно представить графически. Так, на рисунке 26 приведена гистограмма распределения КУ видов травяно-кустарничкового яруса вдоль трансекты в сосняке луговиковом с елью. Отмечая на графике изучаемые влияющие факторы (в данном случае положение крон елей), можно наглядно проследить их воздействие на объект исследования.

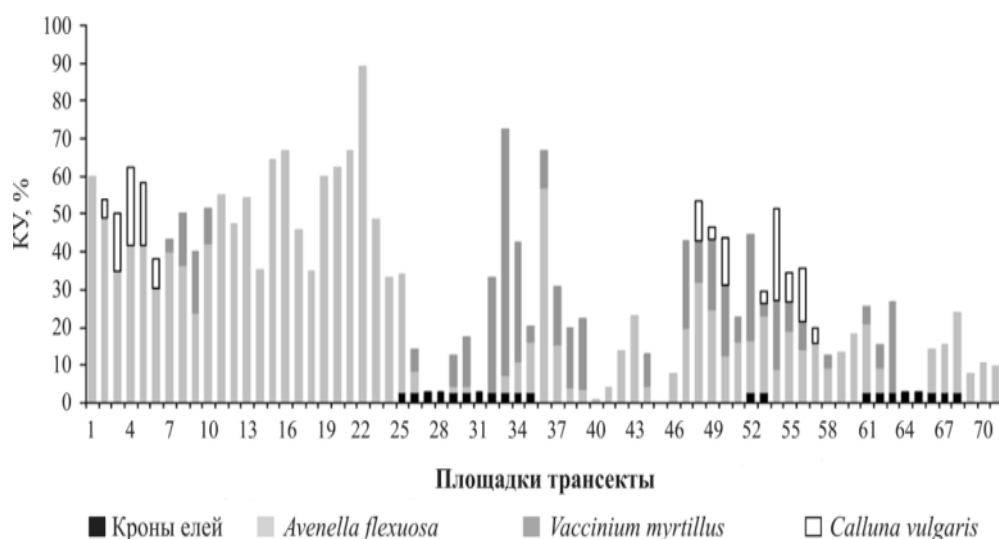


Диаграмма. Влияние крон елей на проективное покрытие видов в сосняке луговиково – зелено – мошном.

## Лабораторная работа 4. Оценка чистоты атмосферного воздуха по величине автотранспортной нагрузки

*Цель работы:* определение количества загрязнений, попадающих в окружающую среду в результате работы автотранспорта.

*Материалы и оборудование:* тетрадь для практических работ, ручки, карандаши, линейки, учебные материалы.

Роль автотранспорта, во всем мире растет. Сейчас в мире ежегодно выпускается около 25 млн. машин. К 2000 г. численность мирового автопарка приблизилась к 500 млн. машин из них 400 млн. легковых. В среднем же нормально эксплуатируемый автомобиль в сутки выбрасывает 4 кг только углекислого газа! Для многих городов России выбросы автотранспорта являются преобладающими.

Известно, что количество бензапирена в выхлопных газах резко возрастает на режимах торможения автомобилей - до 50-100 мг за 1 мин работы на низкосортном бензине. Если это количество распределить равномерно, оно способно создать концентрацию, равную ПДК, в громадном объеме воздуха - чуть меньше 1 км<sup>3</sup>. При остановке у светофоров выбросы вредных веществ увеличиваются в 1,5-2 раза даже по сравнению с движением на первой скорости.

Особо следует остановиться на выбросах углеводородов, которые претерпевают в атмосфере фотохимическое окисление под действием ультрафиолетового облучения. Продукты этих окислительных реакций образуют так называемый смог. В бензиновых двигателях основное количество углеводородов приходится на этан и этилен, а в газовых - на метан. Легче всего под воздействием ультрафиолетового излучения окисляются непредельные углеводороды, такие, как этилен. Предельные углеводороды, включая метан, более стабильны. Поэтому в ограничительных стандартах автомобильных выбросов ряда стран углеводороды учитываются без метана, хотя пересчет ведется на метан.

### *Задание*

1. Выберите 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 минут. Получив у преподавателя, расчетные данные по длине участка приступайте к вычислениям. При этом заполняйте таблицу:

Тип автотранспорта	Всего за 20 мин	За 1 час, N <sub>j</sub>	Общий путь за 1 час, L <sub>j</sub> , 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).

#### Нормы расхода топлива

Тип автотранспорта	Удельный расход топлива Y <sub>j</sub> (л на 1 км) диз. топливо	Удельный расход топлива Y <sub>j</sub> (л на 1 км) бензин
	Легковые автомобили	0,09 – 0,11
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 (K), определяющих выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего, приведены в таблице.

#### Коэффициенты выброса

Вид топлива	Значение коэффициента (K)		
	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).

### Обработка результатов и выводы

Рассчитайте общий путь, пройденный выявленным числом автомобилей каждого типа за 1 час ( $L$ , км), по формуле:

$$L_j = N_j * L,$$

Где  $j$  – обозначение типа автотранспорта;

$L$  – длина участка, км;

$N_j$  – число автомобилей каждого типа за 1 час.

Рассчитайте количество топлива ( $Q_j$ , л) разного вида, сжигаемого при этом двигателями автомашин, по формуле:

$$Q_j = L_j * Y_j.$$

Определите общее количество сожженного топлива каждого вида и занесите результаты в таблицу:

### Расход топлива

Тип автомобиля	$L_j$	$Q_j$	
		бензин	Дизельное топливо
1. Легковые автомобили (бензиновые, дизельные)			
2. Автобусы дизельные			
3. Автобусы бензиновые			
4. Грузовые автомобили			
5. Газель			
Всего	$Q$		

Рассчитайте объем выделившихся вредных веществ в литрах при нормальных условиях по каждому виду топлива ( $KQ$ ) и всего, занесите результат в таблицу.



## Объем выбросов

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

Рассчитайте массу выделившихся вредных веществ (m, г) по формуле:

$$m = \frac{V \cdot M}{22,4}$$

где M – молекулярная масса.

Рассчитайте количество чистого воздуха, необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ для обеспечения санитарно допустимых условий окружающей среды.

Результаты запишите в таблицу:

Вид вредного выброса	Кол-во, л (объем)	Масса, г	Объем воздуха для разбавления, м <sup>3</sup>	Значение ПДК, мг/м <sup>3</sup>
Угарный газ				3,0
Углеводороды				0,1
Диоксид азота				0,04

Сопоставьте полученные результаты с количеством выбросов вредных веществ, производимых находящимися в вашем районе заводами, фабриками, котельными, автопредприятиями и другими загрязнителями воздуха.

Принимая во внимание близость к автомагистрали жилых и общественных зданий, сделайте вывод об экологической обстановке в районе исследованного вами участка автомагистрали. Для этого рассчитайте объем необходимого воздуха для заданного вам участка дороги, принимая во внимание ширину дороги, свой рост и тротуары с обеих сторон движения.

Сделайте расчет фактической концентрации вредных выбросов, исходя из рассчитанного объема воздуха и массы конкретного газового выброса.

Сделайте вывод, сравнив фактическую концентрацию выбросов, поступивших в атмосферу и ПДК.

## Лабораторная работа 5. Качественное определение химических элементов в почве

### *Пробоотбор и подготовка образцов к химическому анализу.*

Для проведения физико-химического анализа вначале проводят пробоотбор, используя метод конверта (см.ниже). Почва изымалась с глубины 10 см, по 800-900 мг каждого образца.

Пробы нужно взять на разных территориях (мин.5):

Затем почва высушивается и измельчается, из нее удаляются посторонние примеси и частицы при помощи набора сит с отверстиями разного диаметра от 5 до 1 мм и сокращения массы до 500 г. Для сокращения пробы использовали метод квартования: Измельченный материал тщательно перемешать и рассыпать ровным тонким слоем в виде квадрата, разделили его на четыре сектора. Содержимое двух противоположных секторов отбрасывали, а два оставшихся снова смешивали, после многократных повторений оставшуюся пробу высушили до воздушного состояния для получения водных вытяжек.

### *Приготовление водной вытяжки.*

Для приготовления водной вытяжки достаточно 20 г воздушно – сухой просеянной почвы. Почву помещали в колбу на 100 мл, добавляли 50 мл дистиллированной воды и взбалтывали в течение 5-10 минут, а затем фильтровали.

### *Определение актуальной кислотности почвы.*

Реакция почвы оказывает большое влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов, на скорость и направленность происходящих в ней химических и биохимических процессов. В природных условиях рН почвенного раствора колеблется от 3 до 10. Чаще всего кислотность почвы не выходит за пределы 4-8. Связь между кислотностью почвы и величиной рН приведена в табл. 1.

Таблица 1.

Зависимость кислотности почвы от рН

рН	Степень кислотности почв
< 4,5	Сильнокислые почвы
4,5 – 5,0	Среднекислые почвы
5,1 – 5,5	Слабокислые почвы
5,6 – 6,0	Близкие к нейтральным
6,1 – 7,0	Нейтральные почвы
> 7,1	Щелочные почвы

Актуальная (активная) кислотность - кислотность почвенного раствора. Этот вид кислотности оказывает непосредственное влияние на корни растений и почвенные организмы.

Актуальную кислотность определяют в водной почвенной вытяжке. Для этого необходимо поместить в пробирку или колбу 2 г почвы, добавить 10 мл. дистиллированной воды; полученную суспензию 1: 5 хорошо встряхнуть и дать отстоять осадку; в надосадочную жидкость внести полоску индикаторной бумаги и, сравнить её цвет с цветной таблицей, сделать вывод о величине рН почвы.

Таблица 2

Полученные результаты

Район взятия пробы	рН
Уч.1	6,5
Уч.2	7,5
Уч.3	6
Уч.4	6,0
Уч.5	5,5

По величине кислотности почвы можно предсказать наличие тех или иных микроэлементов в почве, а также оценить их подвижность (табл.3). Наиболее подвижные катионы аккумулируются в тканях растений.

Таблица 3

Подвижность микроэлементов в зависимости от кислотности почвы

Реакция почвы	Pb	Cr	Ni	V	As	Co	Cu	Zn	Cd	Hg	S
Кислые почвы	СП	СП	СП	СП	СП	СП	П	П	П	П	П
Нейтральные почвы	ПН	СП	СП	П	П	СП	СП	П	СП	СП	П
Щелочные почвы	ПН	ПН	ПН	П	П	ПН	СП	СП	СП	ПН	П

ПН – практически неподвижные;

СП – слабоподвижные;

П – подвижные

Результаты химического анализа почвенной вытяжки (пример)

Место взятия пробы	Определяемый ион				
	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$	$\text{Al}^{3+}$
Уч. 1	Незначит. содержание	Незначит. содержание	+	--	Незначит. содержание
Уч.2	Незначит. содержание	Значит. содержание	+	--	Незначит. содержание
	Значит. содержание	Незначит. содержание	+	--	Незначит. содержание
	--	Незначит. содержание	+	--	Незначит содержание
	Незначит. содержание	Незначит. содержание	--	--	--
	--	Значит. содержание	--	--	--

**Карбонат-ионы.** Небольшое количество почвы помещают в фарфоровую чашку и приливают пипеткой несколько капель 10%-го раствора соляной кислоты. Образующийся по реакции оксид углерода (IV)  $\text{CO}_2$  выделяется в виде пузырьков (почва «шипит»). По интенсивности их выделения судят о более или менее значительном содержании карбонатов.

**Сульфат-ионы.** К 5 мл фильтрата добавить несколько капель концентрированной соляной кислоты и 2-3 мл 20%-го раствора хлорида бария. Если образующийся сульфат бария выпадает в виде белого мелкокристаллического осадка, это говорит о присутствии сульфатов в количестве нескольких десятых процента и более. Помутнение раствора также указывает на содержание сульфатов – сотые доли процента. Слабое помутнение, заметное лишь на черном фоне, бывает при незначительном содержании сульфатов – тысячные доли процента.

**Нитрат-ионы.** К 5 мл фильтрата по каплям прибавляют раствор дифениламина в серной кислоте. При наличии нитратов и нитритов раствор окрашивается в синий цвет.

**Железо (II и III).** В две пробирки внести по 3мл вытяжки. В первую пробирку прилить несколько капель раствора красной кровяной соли  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , во вторую – несколько капель 10%-го раствора роданида калия  $\text{KSCN}$ . Появившееся синее окрашивание в первой пробирке и красное

во второй свидетельствует о наличии в почве соединений железа (II) и железа (III). По интенсивности окрашивания можно судить об их количестве.

*Алюминий.* К 5 мл почвенной вытяжки прибавляют по каплям 3%-ный раствор фторида натрия до появления осадка. Чем быстрее выпадает осадок, тем больше алюминия содержится в почве.

### **Заключение.**

В данной работе мы познакомились с методами определения содержания вредных, загрязняющих веществ в воздухе и в почве. Изучили приборы, аппаратуру и инструменты для анализа проб воздуха и почвы. Научились анализировать полученные результаты и делать выводы о соответствии результатов анализа проб предельно допустимым уровням загрязнения окружающей среды. По результатам проведенных анализов научились составлять прогнозы загрязнения воздушной среды и почвы.

## Список литературы.

1. Архипова Н.С., Елагина Д.С. Растения и окружающая среда // Учебное пособие. Казань 2017. 114 с.
2. Йонко О.А., Королев В.А., Стахурлова Л.Д. Химический анализ почв. // Учебно – методическое пособие по специальности почвоведение. Воронеж 2010. 59 с.
3. Лён Е. С. Приборы и методы физико - химического контроля // Учебно - методическое пособие. Минск «ИВЦ Минфина». 2017. 152 с.
4. [http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/a6438f94-0be8-4ea2-844b-41d6b5e9f618/My\\_choice/projekts/fiz\\_chem/str4.htm](http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/a6438f94-0be8-4ea2-844b-41d6b5e9f618/My_choice/projekts/fiz_chem/str4.htm)