

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра экологии и природопользования

С.В. ШАБАНОВА

# АТМОСФЕРА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЧИСТКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К ЛАБОРАТОРНЫМ И ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования «Оренбургский государственный  
университет»

Оренбург 2003

**ББК 26.23 я 7**

**Ш 12**

**УДК 504.3.054: 628.5 (07)**

Рецензент

доцент, кандидат технических наук Т.Ф. Тарасова

**Шабанова С.В.**

**Ш 12 Атмосфера промышленного предприятия, методы анализа и очистки: Методические указания к лабораторным и практическим занятиям. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003.-23с.**

Лабораторный практикум состоит из 5 лабораторных работ по методам анализа атмосферы промышленного предприятия. Каждая работа включает теоретическое изложение материала, описание методики проведения опытов и контрольные вопросы для самоподготовки. Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по специальной дисциплине «Атмосфера промышленного предприятия, методы анализа и очистки» для студентов специальности 320700 - Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов.

**ББК 26. 23 я 7**

© Шабанова С.В., 2003  
© ГОУ ОГУ, 2003

## Введение

В атмосферу в настоящее время выбрасывается множество различных вредных веществ, имеющих антропогенный характер возникновения.

Многие загрязнения с осадками из атмосферы попадают в воду и почву и отравляют их. Если атмосфера и водная среда могут самоочищаться, то почва таким свойством не обладает: токсичные вещества постоянно накапливаются в ней и приводят к изменению ее состава, которое соответственно вызывает изменения в растительном и животном мире, что не может не сказаться на жизнедеятельности человека. Загрязнение атмосферы вредными веществами вызывает множество неизлечимых заболеваний, являющихся характерной особенностью современного общества.

Одним из основных источников выбросов в атмосферу являются промышленные предприятия – неотъемлемые представители урбанизированных территорий. Атмосфера вокруг них особенно загрязнена. Многие промышленные предприятия расположены в черте города, вокруг них проживают люди. В связи с этим есть необходимость контролировать содержание вредных примесей в атмосфере, а также изучать закономерности их распространения.

# **1 Лабораторная работа № 1. Определение массовой концентрации пыли в воздухе**

## **1.1 Цель работы**

Ознакомление с методикой отбора проб воздуха при помощи эжекторного аспиратора АЭРА, а также с методикой определения массовой концентрации пыли в атмосферном воздухе.

## **1.2 Материалы и оборудование**

Улавливающее устройство: эжекторный аспиратор АЭРА, фильтры АФА, аналитические весы; эксикатор; пинцет с пластмассовыми наконечниками; психрометр; барометр; анемометр; термометр.

## **1.3 Общие положения**

Пыль является одной из основных антропогенных примесей, загрязняющих атмосферный воздух и наносящих непоправимый ущерб окружающей среде. Поэтому ее содержание в воздухе постоянно контролируется - измеряется концентрация пыли. В зависимости от применяемого метода измерения различают численную и массовую концентрации пыли.

Для характеристики загрязненности воздуха пылью обычно применяют термин «запыленность воздуха», под которым подразумевается массовая концентрация пыли (выражается в граммах или миллиграммах на  $1 \text{ м}^3$  воздуха при нормальных условиях).

Методы измерения запыленности могут быть объединены в две основные группы:

- 1) определение пылесодержания путем отбора частиц запыленного газового потока с установлением массы уловленной пыли;
- 2) косвенное определение пылесодержания на основе измерения тех или иных показателей физических свойств запыленного газового потока, например рассеяния светового потока или электростатических зарядов пылевых частиц.

Для количественной характеристики запыленности воздуха в настоящее время используется преимущественно весовой метод (гравиметрия). Метод применяется для определения разовых и среднесуточных концентраций пыли в воздухе населенных пунктов и санитарно-защитных зон в диапазоне  $0,04-10 \text{ мг/м}^3$ .

### **1.3.1 Отбор проб воздуха для определения концентрации взвешенных веществ в атмосфере**

Как и во всех аналитических исследованиях, правильный отбор пробы имеет решающее значение. Результаты самого точного и тщательно выполненного анализа теряют всякий смысл в случае неправильной подготовки к отбору пробы и неверного его выполнения.

Пробы воздуха можно либо отбирать в специальные емкости, которые затем доставляются к месту проведения анализа, либо непосредственно вводить в прибор для анализа. При этом можно также повышать концентрацию вредного вещества в пробе адсорбцией, например на фильтровальной бумаге или в жидкостях.

В большинстве случаев одновременно с отбором необходимо измерить объем взятой пробы воздуха, атмосферное давление, скорость ветра, температуру и влажность воздуха.

Место для отбора проб выбирается так, чтобы в непосредственной близости от него не было каких-либо деревьев или стен зданий. Нельзя также проводить отбор пробы во время дождя или снегопада. Отбор проб осуществляется путем аспирации определенного объема атмосферного воздуха через аэрозольный фильтр, задерживающий содержащиеся в воздухе частицы, т.о. определяемая примесь из большого объема воздуха концентрируется на фильтре.

Характеристики загрязнения определяются за различные интервалы времени, в течение которых проявляется изменчивость загрязнения атмосферы, например за сутки, неделю или более длительные периоды. Анализ данных наблюдений может быть проведен с учетом различных метеорологических условий: слабых скоростей ветра, длительных периодов инверсий температуры воздуха, застоев воздуха и так далее. Обобщение материалов наблюдений выполняется отдельно по каждой точке измерений, по различным зонам промышленного района.

Результаты обобщения представляются в виде таблиц и графиков.

При наблюдениях за уровнем загрязнения атмосферы могут использоваться следующие режимы отбора проб: разовый, продолжительный 20—30 мин; дискретный, при котором в один поглотительный прибор или на фильтр через равные промежутки времени в течение суток отбирают несколько (от 3 до 8) разовых проб, и суточный, при котором отбор в один поглотительный прибор или на фильтр производится непрерывно в течение суток.

### **1.3.2 Определение массовой концентрации пыли в воздухе.**

Весовой метод измерения концентрации пыли основан на выделении пыли из пылегазового потока и определении ее массы путем взвешивания. При использовании этого метода отбирают пробу запыленного воздуха, измеряют ее объем, отделяют пыль от воздуха и взвешивают ее.

Определение массового содержания пыли в воздухе основано на том, что объем воздуха ( $V_0$ ) пропускают через фильтрующий материал и находят массу этого материала до ( $m_1$ ) и после ( $m_2$ ) запыления по формуле (1.1):

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V_0}, \quad (1.1)$$

где С - весовая концентрация пыли, мг/м<sup>3</sup> ;  
 $m_1$  - масса фильтра до отбора пыли, мг;  
 $m_2$  - масса фильтра после отбора пыли, мг;  
 $V_0$  - объем воздуха, протянутого через фильтр, приведенный к нормальным условиям.

$$V_0 = \frac{V_t \times 273 \times P}{(273 + T) \times 760}, \quad (1.2)$$

где Р- барометрическое давление, мм.рт.ст. ;  
Т - температура воздуха, °С,  
 $V_t$  - объем воздуха, протянутого через фильтр, м<sup>3</sup>.  
Объем анализируемой пробы определяется по формуле:

$$V_t = \frac{q \times t}{100}, \quad (1.3)$$

где q- объемная скорость при отборе пробы, л/мин;  
t - время отбора пробы, мин.

Все результаты измерений заносят в рабочий журнал. Относительная суммарная погрешность измерения массовой концентрации определяемых веществ в атмосферном воздухе, согласно стандартам, не должна превышать ±25 %.

#### 1.4 Ход определения

При подготовке к отбору проб для определения массовой концентрации аэрозолей фильтры выдерживают в открытых пакетах в течение суток в эксикаторе с осушителем (хлоридом кальция). Затем извлекают из пакета пинцетом, взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,1 мг, снова вкладывают в пакет и записывают на нем массу фильтра и его номер. Те же данные вносят в рабочий журнал. Фильтры хранят в сухом помещении при комнатной температуре в условиях, исключающих попадание на них пыли. Для предупреждения влияния электростатического заряда фильтров на точность взвешивания, фильтры на чашке весов покрывают сверху предварительно взвешенным кружочком из алюминиевой фольги.

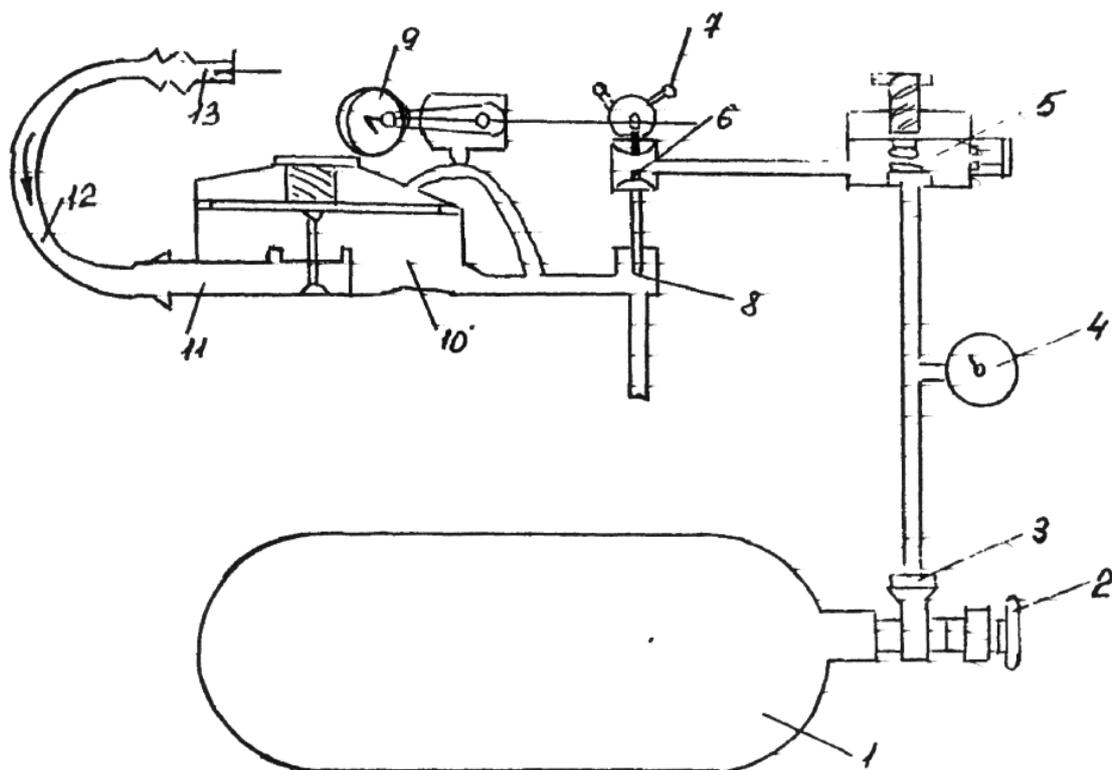
В качестве фильтров широко применяют специальные аналитические аэрозольные фильтры марки АФА. В этих фильтрах фильтрующим материалом является перхлорвиниловая ткань ФПП. Ткань помещена в защитное бумажное кольцо. При отборе проб фильтры устанавливают в металлические или пластмассовые патроны (аллонжи).

Для отбора проб воздуха во взрывоопасных помещениях, а также когда затруднено подключение к электросети, применяют эжекторный аспиратор, например, распространенный аспиратор типа АЭРА (рисунок 1). Фильтры взвешивают до и после запыления на лабораторных весах с точностью до 0,1 мг.

Порядок выполнения работы:

1) взвесить фильтр на аналитических весах (взвешивание фильтра АФА с защитным кольцом недопустимо). Взвешенный фильтр вновь поместить в защитное кольцо;

2) вставить фильтр в патрон 13 и завернуть уплотнительное кольцо;



1- баллон со сжатым воздухом; 2-вентиль баллона; 3- гайка для соединения баллона с прибором; 4-манометр; 5-редуктор; 6- перекрывный клапан; 7- ручка переключателя; 8-эжектор; 10- секундомер; 10автоматический регулятор потока; 11- штуцер регулирования потока; 12- резиновая трубка; 13- аллонж с фильтром.

Рисунок 1.1 – Устройство эжекторного аспиратора АЭРА.

3) патрон должен быть направлен перпендикулярно воздушному потоку на высоте 1,5 м;

4) открыть ручку 2 баллона 1 со сжатым воздухом;

5) определить показания манометра 4;

6) рычаг 7 повернуть в положение «включено», одновременно с этим включить секундомер;

7) взять пробу (в течение 3 мин.);

8) рычаг 7 перевести в положение «выключено»;

9) разобрать патрон и вынуть фильтр АФА за выступы защитного кольца;

10) освободить фильтрующий элемент от защитных колец, завернуть уловленным осадком внутрь и взвесить на аналитических весах.

Одновременно с отбором проб воздуха провести замеры температуры и влажности воздуха, давления атмосферы, определить направление и скорость ветра. По результатам замеров и вычислений заполнить таблицы 1.1, 1.2, провести математическую обработку результатов.

Таблица 1.1 – Метеорологические условия при проведении эксперимента.

Наименование источника выбросов	
Число и время отбора пробы	
Температура воздуха, T, °C	
Барометрическое давление, P, мм.рт.ст	
Влажность воздуха, %	
Направление ветра	
Скорость ветра, м/с	

Таблица 1.2 – Результаты измерений запыленности воздуха.

№ оп.	Расстояние от источника	m <sub>1</sub> , г	m <sub>2</sub> , г	m, г	t, мин.	q, л/мин.	V <sub>t</sub> , м <sup>3</sup>	V <sub>0</sub> , м <sup>3</sup>	C, мг/м <sup>3</sup>	ПДК, мг/м <sup>3</sup>

### 1.5 Контрольные вопросы

1. Какая концентрация измеряется в работе? Дать ее определение.
2. Какой из методов измерения запыленности используется в работе?
3. Каким образом можно отбирать пробы воздуха для анализа?
4. Как выбирается место отбора проб и метеорологические условия?
5. Какие режимы отбора проб могут использоваться?
6. Описать определение массовой концентрации пыли в воздухе.

## 2 Лабораторная работа № 2. Определение численной концентрации витающей пыли

### 2.1 Цель работы

Научиться работать с микроскопом в целях определения дисперсного состава и численной концентрации витающей пыли.

### 2.2 Материалы и оборудование:

микроскоп с предметными и покровными стеклами, окуляр-микрометр, объектив-микрометр, толуол, фильтры АФА запыленные

(после лабораторной работы №1)

### **2.3 Общие положения**

Численная концентрация показывает, сколько частиц пыли содержится в единице объема воздуха (число/на см<sup>3</sup>). В общем случае под этим понимают концентрацию частиц пыли независимо от их формы, размера и вещественного состава. Полная характеристика запыленности воздуха будет в том случае, если данные о массе пыли в воздухе будут дополнены данными об ее дисперсном составе. В результате применения численного (счетного) метода может быть определено общее число пылевых частиц в единице объема воздуха, а также соотношение частиц разного размера. Применение счетного метода основано обычно на микроскопических методах исследования пыли, Пыль всегда является полидисперсной, т.е. характеризуется более или менее широким спектром размеров частиц (от 10<sup>-2</sup> до 10<sup>2</sup> мкм).

#### **2.3.1 Основы работы с микроскопом**

При нормальной остроте зрения на расстоянии наилучшего видения (250 мм) глаз человека может различать предметы, состоящие из линий или точек, отстоящих друг от друга не менее чем на 0,08 мм. Эта величина называется разрешающей способностью глаза. Для повышения разрешающей способности глаза применяются оптические приборы, дающие увеличенное изображение предмета. Простейший из них – лупа – дает увеличение от 7 до 20 раз, что позволяет рассматривать предметы размером до 0,01 мм. Для изучения более тонких частиц применяют световой микроскоп, разрешающая способность которого может достигать 0,12 мкм.

Изучение дисперсного состава пыли или порошка методами микроскопирования основано на визуальном изучении отдельных частиц – определении их числа, формы и размеров.

Световой микроскоп, называемый также оптическим, имеет оптическую систему с двумя ступенями увеличения – объективом и окуляром. Объектив представляет собой первую ступень увеличения. Окуляр увеличивает изображение, созданное объективом, до таких границ, чтобы оно могло быть рассмотрено глазом. Общее увеличение микроскопа определяется как произведение увеличения объектива на увеличение окуляра.

Препараты из взвешенной в воздухе пыли готовят, осаждавая ее на покровные стекла или просасывая запыленный воздух через фильтрующий слой.

Приготовление препаратов путем просасывания запыленного воздуха через фильтрующий слой производится при помощи фильтров АФА-Д-3, а также других отечественных или импортных мембранных фильтров. После отбора проб пыли фильтры подвергают просветлению. Для этого фильтр АФА помещают на предметное стекло, запыленной

стороной к стеклу и, в слегка натянутом состоянии, приклеивают по краям. Затем на фильтр воздействуют парами ацетона или дихлорэтана или наносят 1-2 капли смеси, состоящей из 94 % ксилола и 6 % дибутилфосфата или трикрезилфосфата. В результате фильтр превращается в тонкую прозрачную пленку, в которой прочно зафиксированы пылевые частицы. После высушивания препарата в течение 10-15 мин его можно рассматривать под микроскопом.

При отборе пылевых проб на фильтры следует учитывать необходимость получения препаратов, удобных для счета и измерения частиц. Нельзя, чтобы частицы накладывались друг на друга. Также не рекомендуется получать слишком мало частиц в поле зрения. Продолжительность отбора проб можно ориентировочно вычислить, исходя из расхода просасываемого воздуха и рекомендуемого привеса мембранного фильтра.

Если препарат готовится из порошка или ранее отобранной пыли, то навеску 1-5 г диспергируют в соответствующей дисперсионной жидкости с добавкой дефлотирующего вещества. Несколько капель суспензии берут для исследования. Сверху препарат должен быть закрыт покровным стеклом.

Оценка размеров частиц с помощью микроскопа производится следующими способами:

- 1) замером наибольшего размера каждой частицы;
- 2) измерением каждой частицы в одном и том же направлении, т.е. определением линейной проекции частиц на некоторую общую ось;
- 3) определением “числа Мартина” – длины линии, ограниченной профилем контура и делящей примерно пополам площадь профиля; линия может быть проведена в любом направлении, но должна быть идентично ориентирована при измерении всех профилей;
- 4) вычислением диаметра круга, имеющего площадь, эквивалентную проектируемой на прозрачную подложку площади частицы (так называемый проектируемый диаметр);
- 5) вычислением среднего размера по полусумме длины и ширины частицы.

Для достоверности получаемых результатов необходимо представительное минимальное число подсчитанных пылевых частиц – 300-500 частиц в тех случаях, когда они не резко различаются по размерам и 1000-2000 при значительных колебаниях.

Размеры рассматриваемых под микроскопом частиц определяют путем сравнения их со шкалой окуляр-микрометра. Цена деления его шкалы определяется при помощи объект-микрометра, представляющего собой шкалу длиной 1 мм, разделенную на 100 частей. Эта шкала, выгравированная на специальном предметном стекле, рассматривается через микроскоп как объект.

В фокальной плоскости окуляра микроскопа помещается сетка со шкалой. Подсчитывается число делений изображения объект-микрометра, приходящихся на несколько делений окулярного микрометра и вычисляется цена деления окуляр-микрометра.

Размеры частиц обычно выражают в микрометрах. Один микрометр (микрон) равен  $10^{-4}$  см,  $10^{-6}$  м или  $10^4$  ангстрем.

#### 2.4 Ход определения:

1) определяется цена деления окуляр-микрометра при различных увеличениях объектива и заполняется таблица 2.1;

Таблица 2.1 – Цена деления окуляр-микрометра при различных увеличениях объектива.

	× 9	× 20	× 40
Цена деления, мкм			

2) приготовить препарат для рассмотрения из запыленного фильтра (см. лаб. раб. № 1). Вырезать из фильтра ножницами участок с известной площадью и просветлить его толуолом;

3) подсчитать число частиц на вырезанном участке фильтра, определить их диаметры и заполнить таблицу 2.2;

Таблица 2.2 – Распределение частиц пыли по размерам.

Интервал диаметров d, мкм	Средняя точка d <sub>i</sub> , мкм	Число частиц n	Доля фракции, %
Итого частиц			100

4) провести опыт (пункты 2, 3) в трех параллелях;

5) определить численную концентрацию витающей пыли и провести математическую обработку полученных результатов. Построить график зависимости доли фракции от размеров частиц.

#### 2.5 Контрольные вопросы

1. Что такое численная концентрация?
2. Описать принцип работы с микроскопом для определения дисперсности пылевого аэрозоля.
3. Как определяется цена деления окуляр-микрометра?
4. По каким параметрам может производиться оценка размеров частиц при рассмотрении их через микроскоп?
5. Как готовят препарат для рассмотрения? Какие фильтры используют?
6. Какие единицы измерения используются при оценке размеров пылинок?

7. Описать порядок определения численной концентрации в воздухе.

### **3 Лабораторная работа № 3. Отбор проб и расчет среднего диаметра осевшей пыли.**

#### **3.1 Цель работы**

Научиться отбирать пробы оседающей пыли, производить анализ ее дисперсного состава и представлять результаты расчетов графически.

#### **3.2 Материалы и оборудование**

Предметные стекла, масло вазелиновое, микроскоп, окуляр-микрометр.

#### **3.3 Общие положения**

Оседание является важнейшим процессом удаления аэрозольных частиц, в особенности крупных, из атмосферы. Процесс и время оседания зависят от множества факторов, доминирующее значение среди которых принадлежит дисперсности пылевых аэрозолей, а также метеорологическим условиям.

Все аэрозоли в основном полидисперсны, т.е. состоят из частиц различных размеров. Существует ряд математических и визуальных методов, с помощью которых могут быть описаны полидисперсные аэрозоли. Наиболее простая характеристика группы частиц с различными диаметрами - это сумма диаметров всех частиц, деленная на их полное число:

$$\bar{d} = \sum(n_i \times d_i) / \sum n_i \quad (3.1)$$

Величина  $\bar{d}$  называется средним диаметром частиц.

**Пример 1** - Из приведенного ниже распределения частиц по диаметрам определить средний диаметр аэрозоля.

Таблица 3.1

Интервал диаметров d, мкм	Число частиц n <sub>i</sub>
1-2	30
2-3	90
3-5	50
5-10	20
10-20	10

Используя формулу (3.1), можно составить следующую таблицу (середины интервала диаметров выбирается как наилучшая оценка размера всех частиц в этом интервале):

Таблица 3.2

Средняя точка $d_i$ , мкм	Число частиц $n_i$	$n_i \times d_i$
1,5	30	45
2,5	90	225
4,0	50	200
7,5	20	150
15,0	10	150
Всего	200	770

Средний диаметр равен  $770/200 = 3,85$  мкм.

Кроме определения средней величины, распределение частиц по размерам может быть представлено в виде гистограмм или линейных диаграмм.

**Пример 2** - Результаты, полученные в примере 1, представим в виде графика зависимости числа частиц от их диаметра.

Таблица 3.3

Интервал диаметров $d$ , мкм	Средняя точка $d_i$ , мкм	Величина интервала диаметров $\delta$ , мкм	Число частиц $n_i$	$n_i / \delta$
1-2	1,5	1	30	30
2-3	2,5	1	90	90
3-5	4,0	2	50	25
5-10	7,5	5	20	4
10-20	15,0	10	10	1

На рисунке 3.1 изображено распределение частиц по диаметрам в виде линейной диаграммы (зависимость  $n_i$  от  $d$ ). Форма такой кривой распределения может быть легко изменена путем изменения величины интервала диаметров.

На рисунке 3.2 изображено распределение частиц по диаметрам в виде гистограммы (зависимость  $n_i / \delta$  от  $d$ ). Гистограмма представляет собой совокупность смежных прямоугольников. Площадь каждого прямоугольника равна числу частиц, диаметр которых попадает в данный интервал. Графики такого типа дают наглядное представление о распределении частиц аэрозоля по размерам.

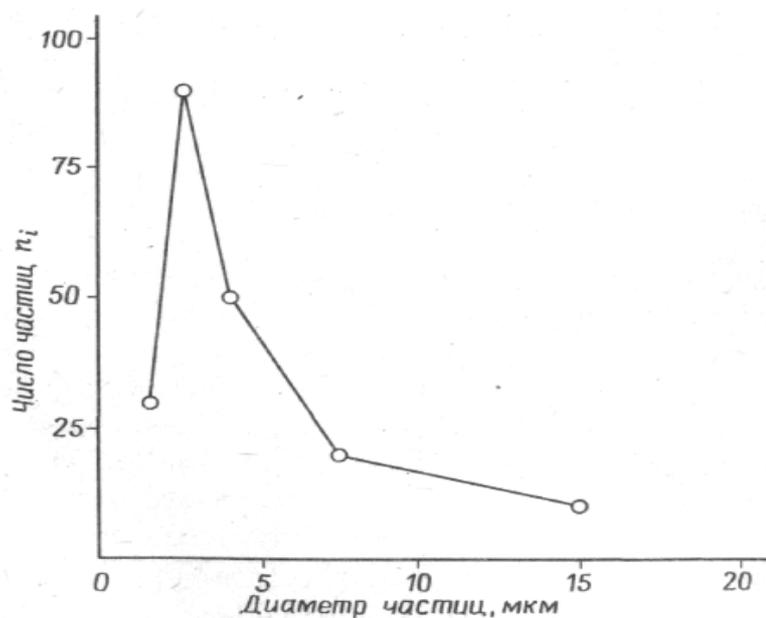


Рисунок 3.1 – Распределение частиц аэрозоля по диаметрам в виде линейной диаграммы.

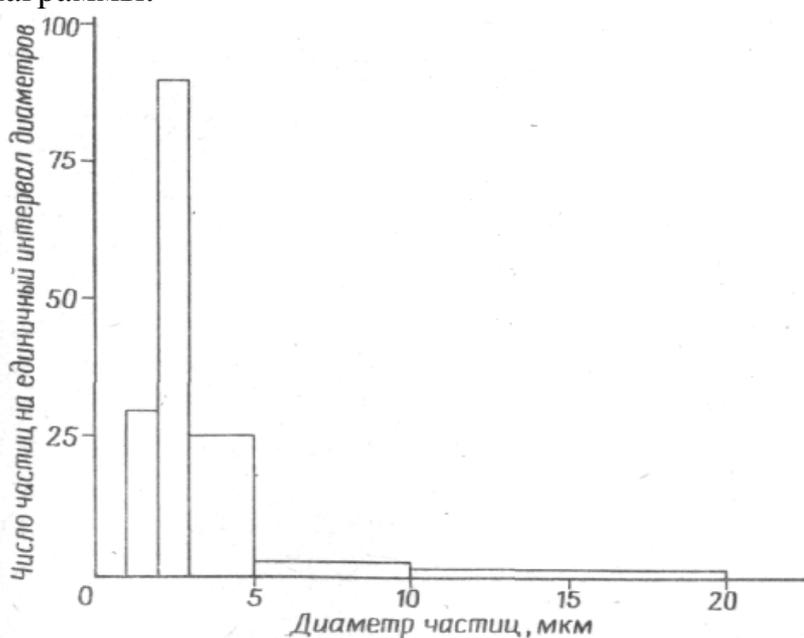


Рисунок 3.2 – Распределение частиц аэрозоля по диаметрам в виде гистограммы.

### 3.4 Ход определения:

1) подготовить пробы осевшей пыли.

Предметные стекла смазать тонким слоем вазелинового масла. Расположить подготовленные стекла на заданном расстоянии от источника на высоте 1-1,5 м от земли. Экспонирование проводить в течение 1 - 24 часов в зависимости от мощности источника. Затем предметные стекла убрать в емкость, исключающую попадание пыли (коробку). Время экспонирования записать в отчет;

2) выделить на поверхности стекла квадрат размером  $1 \times 1$  см и, используя метод микроскопирования, определить число и размер пылевых частиц на этом участке. По результатам подсчетов заполнить таблицу 2.2;

3) по формуле 3.1 определить средний диаметр оседающей пыли (по примеру 1);

4) по примеру 2 представить зависимости числа частиц от их размеров в виде линейной диаграммы и гистограммы.

### **3.5 Контрольные вопросы**

1. Как определяется средний диаметр полидисперсных аэрозолей?
2. Рассказать о графических методах представления результатов измерения дисперсности пыли.
3. Как готовят пробы осевшей пыли?

## **4 Лабораторная работа № 4. Определение влияния метеорологических факторов на концентрацию примеси в атмосферном воздухе.**

### **4.1 Цель работы**

Научиться определять влияние метеорологических факторов (в частности осадков в виде дождя) на чистоту воздуха.

### **4.2 Материалы и оборудование**

Эжекторный аспиратор АЭРА, фильтры АФА, емкости для сбора осадков, фильтры "белая лента", воронки, колбы, аналитические весы.

### **4.3 Общие положения**

Время сохранения примесей в атмосфере зависит от множества факторов, доминирующее значение среди которых принадлежит метеорологическим условиям. Под влиянием этих факторов при постоянных выбросах вредных веществ уровень загрязнения приземного слоя воздуха может колебаться в очень широких пределах. Если при этом изменяется количество выбросов, то уровень загрязнения может увеличиваться (или уменьшаться) в сотни и даже тысячи раз.

Главным фактором, влияющим на распространение примесей в атмосфере является ветровой режим. Из теоретических исследований известно, что максимум наземной концентрации примесей от отдельного источника достигается в случае нагретых выбросов на расстоянии, равном примерно 20 высотам труб, в случае холодных выбросов на расстоянии, равном 5 - 10 высотам труб. Зоны более высоких концентраций примесей создаются в подветренных районах по отношению к источникам выбросов. Особенно заметно влияние направления ветра на распространение примесей от отдельно расположенного источника выбросов специфических вредных веществ.

Характер рассеивания и переноса примесей существенно зависит также от скорости ветра. При этом скорость ветра по разному влияет на рассеивание примеси, поступающей в атмосферу от различных типов источников выброса. Для низких и неорганизованных источников выбросов формирование повышенного уровня загрязнения воздуха происходит при слабых ветрах за счет скопления примесей в приземном слое. При выбросах от промышленных предприятий с высотными трубами значительные концентрации примесей наблюдаются у земли при так называемой опасной скорости ветра. скорость ветра, при которой достигается наибольшая концентрация примеси у земли, зависит от параметров выбросов и приближенно определяется по формуле:

$$U_m = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{V \times \Delta T}{H}},$$

где  $V$  – объем выбрасываемой газовой смеси;

$\Delta T$  – разность температуры окружающего воздуха и выходящей из трубы газовой смеси;

$H$  – высота труб (высота выброса).

Важную роль в формировании уровня загрязнения воздуха играет интенсивность солнечной радиации. При высокой интенсивности солнечной радиации в атмосфере происходят фотохимические реакции, обуславливающие формирование различных вторичных продуктов, которые часто обладают более токсичными свойствами, чем вещества, поступающие от источников выбросов. Фотохимические реакции могут происходить в атмосфере под влиянием солнечной радиации и при сравнительно невысоких начальных концентрациях, создавая потенциальные возможности для формирования высоких уровней загрязнения воздуха.

Большое прямое и косвенное влияние на содержание примесей в атмосфере оказывает температура воздуха. В зависимости от температуры меняется расход топлива на обогрев помещений и, следовательно, концентрация вредных выбросов в атмосферу. Температура воздуха является важным фактором в образовании фотохимических загрязнений. Скорость фотохимических реакций существенно возрастает при повышении температуры. Зимой понижение температуры от  $-15$  до  $-20$  °С приводит к снижению загрязнения воздуха. При понижении температуры воздуха усиливается эффект «острова тепла» и, следовательно, местной циркуляции, способствующей поступлению в город сравнительно чистого воздуха с окраин. Кроме того, при понижении температуры возрастает разность температур между выбросами и окружающим воздухом, что приводит к большему вертикальному подъему примесей и уменьшению их влияния на приземный слой атмосферы.'

Известно, что осадки приводят к значительному очищению атмосферы. При этом большую роль играет интенсивность осадков.

Очищение атмосферы заметно возрастает при выпадении осадков. Скорость уменьшения сернистого газа увеличивается с возрастанием интенсивности дождя. Концентрация двуокиси азота так же, как и сернистого газа, уменьшается при выпадении осадков, а озон и другие окислители в летнее время после дождя исчезают из атмосферы почти полностью. Из сказанного следует, что при изучении условий формирования среднего уровня загрязнения воздуха следует учитывать интенсивность и количество осадков, выпадающих в виде дождя. Атмосферные осадки способствуют вымыванию примесей из атмосферы, а их интенсивность определяет скорость этого процесса.

#### 4.4 Ход определения:

- 1) определить концентрацию взвешенных веществ в атмосфере перед дождем ( $C_1$ ) (по методике, изложенной в лабораторной работе № 1);
- 2) приготовить емкости известной площади ( $S$ ) для сбора осадков;
- 3) перед дождем расставить чистые емкости на заданном расстоянии от источника. Собирать дождь в емкости с начала и до конца выпадения осадков (время продолжительности дождя ( $t$ ) записать в отчет);
- 4) всю воду из емкости пропустить через предварительно взвешенный фильтр “белая лента” ( $m_1$ ), замерить объем пропущенной воды ( $V$ );
- 5) взвесить высушенный при комнатной температуре до постоянной массы фильтр с осадком ( $m_2$ ), найти массу осадка на фильтре ( $m = m_2 - m_1$ ) записать все результаты замеров в таблицу 4.1;
- 6) замерить концентрацию пыли в воздухе после дождя ( $C_2$ ) при помощи аспиратора АЭРА.

Таблица 4.1

Дата	
Расстояние от источника	
$T, ^\circ\text{C}$	
Скорость и направление ветра	
$t, \text{мин}$	
$S, \text{м}^2$	
$V, \text{л}$	
$m_1, \text{г}$	
$m_2, \text{г}$	
$m, \text{г}$	
$C_1, \text{мг/м}^3$	
$C_2, \text{мг/м}^3$	

#### 4.5 Контрольные вопросы

1. Как влияет на распространение примесей в атмосфере:
  - а) ветровой режим?

б) солнечная радиация?

в) температура?

г) выпадение осадков?

2. Как определить влияние вымывания взвешенных веществ из атмосферы на ее чистоту?

## 5 Лабораторная работа № 5. Определение экологических нагрузок взвешенных частиц.

### 5.1 Цель работы

Оценить влияние загрязненной атмосферы на урбанизированную территорию

### 5.2 Общие положения

Вещества, загрязняющие атмосферный воздух, попадая с атмосферными осадками на подстилающую поверхность, оказывают нагрузки на урбанизированные территории. Экологические нагрузки загрязняющих веществ являются одним из параметров, характеризующих воздействие атмосферного воздуха на исследуемую территорию. Суммарные экологические нагрузки по всем загрязняющим веществам являются косвенным критерием качества территории промышленного города. При этом оценка воздействия загрязнения на территорию промышленного города осуществляется по следующим граничным условиям (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Оценка качества территории по экологическим нагрузкам

Значения экологической нагрузки, т/км <sup>2</sup> ·год	Характеристика территории
0-50	Сравнительно чистая территория
50-100	Умеренно чистая территория
100-200	Сильно загрязнённая территория
>200	Территория с превышением предельно-допустимой нагрузки

Экологические нагрузки определяются по формуле:

$$N = \frac{m \times 365}{S \times t} \quad (5.1)$$

где N - показатель экологической нагрузки на почву по пыли со

стороны атмосферы, т/км<sup>2</sup> год;

$m$  - удельный вес сухого остатка, г/л=т;

$t$  – период, за который были собраны осадки, сут.

Удельный вес сухого остатка определяли по формуле:

$$m = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (5.2)$$

где  $m_2$  - вес фильтра после фильтрования, г;

$m_1$  - вес фильтра до фильтрования, г;

$V$  - удельный объем пропущенной через фильтр воды, л.

### 5.3 Ход определения

Используя данные из таблицы 4.1 (лабораторная работа № 4), рассчитать экологическую нагрузку по пыли (формула 5.1) и по результатам расчетов охарактеризовать территорию вокруг предприятия – источника.

### 5.4 Контрольные вопросы

1. Что такое экологические нагрузки?
2. Как оценивается качество территории по экологическим нагрузкам?

## 6 Курсовая работа

Целью курсовой работы является закрепление практических навыков самостоятельного решения инженерных задач, развитие творческих способностей и умение пользоваться технической, нормативной и справочной литературой.

Темой курсовой работы является «Оценка экологического состояния атмосферы промышленного предприятия». Объектом исследования является атмосфера территорий, прилежащих к промышленному предприятию.

Исходные данные для расчета - собственные исследования студента в ходе освоения курса на лабораторных и практических занятиях. Графическая часть курсовой работы должна содержать карту-схему объекта исследования (составляемую студентом самостоятельно по результатам исследований)

Основные разделы курсовой работы:

- анализ литературных данных по проблеме формирования примесей в атмосфере территорий, прилежащих к промышленному предприятию;
- характеристика предприятия;
- исследование экологически значимых взаимосвязей в системе «предприятие - атмосфера - человек»;

- определение концентрации пылевого аэрозоля в воздухе и в осадках;
- определение дисперсного состава витающей и оседающей пыли;
- экологическая характеристика территорий по полученным данным.

## 7 Математическая обработка результатов анализа

Любые экспериментальные данные должны быть подвергнуты математической обработке, что позволит судить об их достоверности. Вычисляют среднее арифметическое значение экспериментальных данных  $X_n$ , полученных при анализе параллельных проб. Затем находят среднее квадратичное отклонение для  $n$  определений по формуле

$$S_n = \sqrt{\frac{(X_1 - X_1) + (X_2 - X_2) + \dots + (X_n - X_n)}{n-1}} \quad (7.1)$$

Полученную величину отклонения  $S_n$  используют для вычисления абсолютной и относительной погрешности анализа с заданной степенью надежности ( $\alpha = 0,95$ ) по формуле

$$Ea = \frac{\tan \cdot S_n}{\sqrt{n}}, \quad (7.2)$$

где  $\tan$  - коэффициент распределения Стьюдента, который определяют по таблице (7.1) для  $\alpha = 0,95$  и числа определений  $n$  без промахов.

Таблица 7.1 - Коэффициенты Стьюдента при  $\alpha = 0,95$

Количество параллельных измерений (n)	Коэффициенты Стьюдента, $\tan$
2	12,706
3	4,303
4	3,182
5	2,776
6	2,446
7	2,365
8	2,306
9	2,262

Относительная погрешность рассчитывается по формуле



## Список использованных источников

1. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. – М.: Логос, 2000. – 528 с. : ил.
2. Коузов П.А., Скрыбина Л.Я. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. – Л.: Химия, 1987. 264 с.
3. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – Л.: Химия, 1987. 264 с.
4. А.А. Цыцура, В.М. Боев, В.Ф. Куксанов, Е.А. Старокожева Комплексная оценка качества атмосферы промышленных городов оренбургской области – Оренбург, Изд-во ОГУ, 1999. – 168 с., ил.
5. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 200 с.
6. Райст П. Аэрозоли. Введение в теорию: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 280 с., ил.
7. Безуглая Э.Ю., Расторгуева, Смирнова И.В. Чем дышит промышленный город. Л.: Гидрометеиздат, 1991, 255 с.
8. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 184с.
9. Инженерная экология и экологический менеджмент: Учебник/ М.В. Буторина, П.В. Воробьев, и др.: Под ред. Н.И. Иванова, И. М. Фадына. – М.: Логос, 2003. – 528 с. : ил.
10. Голицын А.Н. Основы промышленной экологии: Учебник. – М.: ИРПО; Издательский центр "Академия", 2002. – 240 с.