

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра экологии и природопользования

О.В. Чекмарева, О.С. Ишанова, А.И. Байтелова

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность

Оренбург
2019

УДК 502.3(076.5)
ББК 26.23я7
Ч 37

Рецензент - доцент, кандидат технических наук М. Ю. Глуховская

Чекмарева, О. В.
Ч 37 Комплексная оценка источников выбросов в атмосферный воздух:
методические указания / О. В. Чекмарева, О. С. Ишанова, А.И. Байтелова
Оренбургский гос. ун-т - Оренбург: ОГУ, 2019. - 35 с.

Основное содержание: ознакомление с основными экологическими проблемами различных производств и методами определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, с методами отбора проб, методиками определения дисперсного состава пыли и порошков.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ и курсового проекта по дисциплине «Комплексная оценка источников выбросов в атмосферный воздух» для студентов, обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность.

УДК 502.3(076.5)
ББК 26.23я7

© Чекмарева О. В.,
Ишанова О. С.,
Байтелова А.И., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение	5
1 Технологии основных промышленных производств	6
1.1 Общие положения	6
1.2 Ход работы	6
1.3 Форма отчета о выполненной работе	7
1.4 Контрольные вопросы	7
2 Основные источники загрязнения атмосферного воздуха и загрязняющие вещества на различных производствах	8
2.1 Общие положения	8
2.2 Ход работы	9
2.3 Форма отчета о выполненной работе	9
2.4 Контрольные вопросы	10
3 Методы определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе	11
3.1 Общие положения	12
3.2 Ход работы	12
3.3 Форма отчета о выполненной работе	13
3.4 Контрольные вопросы	14
4 Методики отбора проб и подготовка образцов к анализу	15
4.1 Общие положения	15
4.2 Ход работы	16
4.3 Контрольные вопросы	20
5 Определение дисперсного состава пылей и порошков. Ситовый анализ	20
5.1 Общие положения	20

5.2	Ход работы.....	22
5.3	Форма отчета о выполненной работе.....	24
5.4	Контрольные вопросы	24
6	Световой микроскоп	25
6.1	Общие положения	25
6.2	Контрольные вопросы	26
7	Определение дисперсного состава пыли (методика микроскопирования).....	27
7.1	Общие положения	27
7.2	Ход работы.....	27
7.3	Форма отчета о выполненной работе.....	30
7.4	Контрольные вопросы	31
8	Определение дисперсного состава осевшей пыли.....	31
8.1	Общие положения	31
8.2	Ход работы.....	32
8.3	Форма отчета о выполненной работе.....	33
8.4	Контрольные вопросы	33
	Заключение.....	34
	Рекомендуемая литература.....	35

Введение

Рассмотрение экологических проблем основных производств и возможности их перехода на безотходный (чистый) путь развития необходимо начинать с производства строительных материалов. Это связано с рядом причин. Прежде всего, без строительных материалов невозможно никакое строительство. Их производство имеется практически во всех более и или менее крупных регионах. Само производство строительных материалов является весьма материало- и энергоёмким и оказывает серьёзное вредное влияние на окружающую среду.

С другой стороны, промышленность строительных материалов - крупнейший потребитель природных ресурсов. Эта отрасль ежегодно добывает и перерабатывает огромное количество сырья - песка, глины, гипса, известняков, гранитов, базальтов и многих других осадочных и изверженных пород и таким образом наносит серьёзный ущерб окружающей среде, выражающийся прежде всего в загрязнении атмосферы и земли.

Но при этом промышленность строительных материалов в больших масштабах использует отходы других отраслей. Так, уже сейчас в данной отрасли используется в год более 300 млн т различных отходов других отраслей промышленности, что позволяет получать дополнительно значительное количество цемента, мягкой кровли, стекла, керамических изделий и других строительных материалов.

1 Технологии основных промышленных производств

Цель работы: познакомиться с существующими технологиями основных промышленных производств (производства строительных материалов, химической промышленности, топливно-энергетического комплекса, черной и цветной металлургии)

1.1 Общие положения

В настоящее время при производстве тех или иных продуктов образуется большое количество различных отходов (газообразных, жидких и твердых). Поэтому необходима разработка организации широкомасштабного использования отходов горнодобывающих и перерабатывающих отраслей, например, в производстве строительных материалов.

А также использование золошлаковых отходов ТЭС в производстве строительных материалов.

Разработка высококачественных и экономичных методов очистки пылегазовых выбросов и сточных вод при производстве тех или иных продуктов.

Необходимость регенерация строительных материалов (цементов, железобетонных изделий, асфальтобетонных покрытий и т.д.) при реконструкции или разрушении зданий, автомобильных дорог.

1.2 Ход работы

Рассмотреть особенности технологического процесса различных производств:

1) производства строительных материалов (производства цемента, строительной керамики, кирпича, черепицы, керамзита и аглопорита, стекла и шлакоситаллов);

2) химическая промышленность (производство неорганических веществ: фосфорной кислоты, серной кислоты, азотной кислоты, аммиака, каустической и кальцинированной соды; производство органических веществ);

3) производство черных металлов;

4) производство цветных металлов (производство меди, свинцово-цинковое производство, производства никеля и кобальта, производство алюминия);

5) топливно-энергетический комплекс (производства тепла и электроэнергии, добыча и переработка нефти и газа).

Необходимо рассмотреть, что является готовой продукцией, основные сырьевые материалы, вспомогательное сырье и энергетические ресурсы, которые используются на данных производствах.

Также рассмотреть технологическое оборудование, используемое на этих производствах. Составить схему технологического процесса.

1.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе включает в себя устные (презентации) и письменные ответы на вопросы задания, таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Особенности технологического процесса

Производство	Основные сырьевые материалы	Вспомогательное сырье	Энергетические ресурсы	Готовая продукция	Технологическое оборудование

1.4 Контрольные вопросы

1 Перечислите основное и вспомогательное сырье, а также энергетические ресурсы при производстве цемента, строительной керамики, кирпича, черепицы, керамзита и аглопорита, стекла и шлакоситаллов.

2 Охарактеризуйте сырьевые и энергетические ресурсы при производстве неорганических веществ: фосфорной кислоты, серной кислоты, азотной кислоты, аммиака, каустической и кальцинированной соды; производство органических веществ.

3 Какое основное сырье и энергетические ресурсы используется при производстве черных металлов (чугуна и стали)?

4 Дайте краткую характеристику сырьевых и энергетических ресурсов при производстве цветных металлов (производство меди, свинцово-цинковое производство, производства никеля и кобальта, производство алюминия).

5 Какое основное технологическое оборудование используется при добыче нефти и газа.

2 Основные источники загрязнения атмосферного воздуха и загрязняющие вещества на различных производствах

Цель работы: рассмотреть основные источниками загрязнения атмосферного воздуха и загрязняющими веществами от различных производств

2.1 Общие положения

Наибольшее отрицательное влияние на качество воздуха оказывают следующие вещества:

- CO и CO₂ — 50 %; SO₂ и SO₃ - 16 %; NO_x (NO, NO₂, N₂O);
- летучие органические соединения (метан, бензол, хлорфторуглероды);
- взвешенные частицы (пыль, сажа, асбест, соли свинца, мышьяк, серная кислота, нефть, диоксины).

Кроме того, в атмосфере содержатся фотохимические окислители (озон, перекись водорода, формальдегид), радиоактивные вещества (радон-222, стронций-90, плутоний-239), а также чрезвычайно опасные вещества — суперэкоотоксиканты, которые выделяются в процессе сжигания мусора при недостаточно высокой

температуре. Загрязнителями воздуха также являются тепло, шум, вибрация и электромагнитные волны.

2.2 Ход работы

Рассмотреть организованные и неорганизованные источники выбросов на конкретных предприятиях, основные источники загрязнения атмосферного воздуха и загрязняющие вещества. Дать краткую характеристику веществ загрязнителей.

2.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе включает в себя устные (презентации) и письменные ответы на вопросы задания, таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Перечень загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух и основные источники их загрязнения

Производство	Источники загрязнения	Характеристика источников загрязнения	Загрязняющие вещества
		(организованные, неорганизованные, внешнеплощадные, внутриплощадные и.т.д.)	

2.4 Контрольные вопросы

1 Перечислите организованные источники загрязнения атмосферы при производстве цемента, строительной керамики, кирпича, черепицы, керамзита и аглопорита, стекла и шлакоситаллов.

2 Какие есть неорганизованные источники загрязнения атмосферы при производстве цемента, строительной керамики, кирпича, черепицы, керамзита и аглопорита, стекла и шлакоситаллов?

3 Перечислите основные загрязняющие вещества, содержащиеся в выбросах при производстве цемента, строительной керамики, кирпича, черепицы, керамзита и аглопорита, стекла и шлакоситаллов.

4 Перечислите организованные источники загрязнения атмосферы при производстве неорганических веществ: фосфорной кислоты, серной кислоты, азотной кислоты, аммиака, каустической и кальцинированной соды; производство органических веществ.

5 Какие есть неорганизованные источники загрязнения атмосферы при производстве неорганических веществ: фосфорной кислоты, серной кислоты, азотной кислоты, аммиака, каустической и кальцинированной соды; производство органических веществ?

6 Перечислите основные загрязняющие вещества, содержащиеся в выбросах при производстве неорганических веществ: фосфорной кислоты, серной кислоты, азотной кислоты, аммиака, каустической и кальцинированной соды; производство органических веществ.

7 Перечислите организованные источники загрязнения атмосферы при производстве черных металлов (чугуна и стали).

8 Какие есть неорганизованные источники загрязнения атмосферы при производстве черных металлов (чугуна и стали)?

9 Перечислите основные загрязняющие вещества, содержащиеся в выбросах при производстве черных металлов (чугуна и стали).

10 Перечислите организованные источники загрязнения атмосферы при производстве цветных металлов (производство меди, свинцово-цинковое производство, производства никеля и кобальта, производство алюминия).

11 Какие есть неорганизованные источники загрязнения атмосферы при производстве цветных металлов (производство меди, свинцово-цинковое производство, производства никеля и кобальта, производство алюминия)?

12 Перечислите основные загрязняющие вещества, содержащиеся в выбросах при производстве цветных металлов (производство меди, свинцово-цинковое производство, производства никеля и кобальта, производство алюминия).

13 Перечислите организованные источники загрязнения атмосферы при добыче нефти и газа.

14 Какие есть неорганизованные источники загрязнения атмосферы при добыче нефти и газа?

15 Перечислите основные загрязняющие вещества, содержащиеся в выбросах при добыче нефти и газа.

16 Перечислите организованные источники загрязнения атмосферы при производстве энергии и тепла.

17 Какие есть неорганизованные источники загрязнения атмосферы при производстве энергии и тепла?

18 Перечислите основные загрязняющие вещества, содержащиеся в выбросах при производстве энергии и тепла.

19 Тепловое загрязнение атмосферы при производстве энергии и тепла.

3 Методы определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Цель работы: познакомиться с основными методами определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

3.1 Общие положения

Физико-химические методы анализа основаны на использовании химических реакций, протекание которых сопровождается изменением физических свойств анализируемой системы, например ее цвета, интенсивности окраски, прозрачности, флуоресценции, величины электро- и теплопроводности и др.

Все подобные методы объединяют под общим названием «физико-химические методы».

Сущность физико-химических методов анализа сводится к изучению соотношений между составом и свойствами исследуемых систем. Различают прямые и косвенные физико-химические методы анализа. В прямых методах данные свойства являются критерием содержания определяемого вещества. Прямые методы основаны на изучении диаграмм «состав - свойство».

В косвенных методах используется данное свойство определяемого вещества с реактивом точно известной концентрации, например, процесс нейтрализации при потенциометрическом титровании кислоты щелочью. Широкое развитие и применение физико-химических методов анализа связано с тем, что они обладают рядом преимуществ по сравнению с химическими методами:

- более высокой чувствительностью (до 10^{-8} - 10^{-10} моль/л, в то время как химическими методами можно определять концентрацию веществ только до 10^{-5} моль/л);
- большой селективностью;
- экспрессностью;
- легкостью осуществления автоматизации непрерывного контроля технологических и исследовательских процессов;
- возможностью анализа малых и ультрамалых количеств вещества.

3.2 Ход работы

Оборудование, реактивы, материалы: газоанализатор ДАГ-500.

Газоанализатор ДАГ-500 позволяет осуществлять контроль за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и в топливных установках.

Место измерения должно быть легко доступным. При установке зонда необходимо установить прибор на ровной холодной поверхности (возможна работа на руках).

Прибор ДАГ-500 непосредственного измерения CO_2 не производит, а вычисляет, исходя из содержания кислорода и угарного газа по характеристике CO_2 max – теоретическое максимальное содержание углекислого газа при стехиометрическом горении топлива. Содержание CO_2 рассчитывается следующим образом:

$$CO_2 = \frac{CO_{2 \text{ макс.топ}} (100 - 4,76 \cdot (O_{2 \text{ изм.}} - 0,4 \cdot CO_{\text{изм.}}))}{100 - CO_{\text{изм.}}}, \quad (3.1)$$

NO_x рассчитывается в зависимости от единицы измерения.

Примеры расчета приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Примеры расчета NO_x в зависимости от единицы измерения

Единицы измерения	Без пересчета NO_x к NO_2	С пересчетом NO_x к NO_2
ppm	$NO + NO_2$	-
mg	$NO \cdot 1,34 + NO_2 \cdot 2,053$	$(NO + NO_2) \cdot 2,053$
mg К O_2 ref	$(20,9 - O_2B) / (20,9 - O_2M) \cdot (NO \cdot 1,34 + NO_2 \cdot 2,053)$	$(20,9 - O_2B) / (20,9 - O_2M) \cdot (NO + NO_2) \cdot 2,053$

3.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе включает в себя устные (презентации) и письменные ответы на вопросы задания, таблицу 3.2.

Таблица 3.2 - Физико-химические методы определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Метод	Перечень загрязняющих веществ	Приборы	Диапазон измерений
Спектральный недисперсионный (абсорбционный)			
Фотоколориметрический			
Спектрофотометрический (дисперсионный)			
Кондуктометрические			
Кулонометрические			
Хемилюминесцентный			
Пламенно-ионизационный			
Пламенно-фотометрический			
Флуоресцентный			
Хроматографический			

3.4 Контрольные вопросы

1 С помощью каких методов можно определить содержание диоксида серы в отходящих газах?

2 С помощью каких методов можно определить содержание оксидов азота в отходящих газах?

3 С помощью каких методов можно определить содержание оксидов углерода в отходящих газах?

4 С помощью каких методов можно определить содержание углеводородов в отходящих газах?

5 С помощью каких методов можно определить содержание сероводорода в отходящих газах?

6 С помощью каких методов можно определить содержание взвешенных веществ в отходящих газах?

4 Методики отбора проб и подготовка образцов к анализу

Цель работы: освоить методики отбора проб и подготовки образцов к анализу

4.1 Общие положения

Источником выделения в воздух производственных помещений токсичных веществ могут являться материалы и вещества, которые используются в данном технологическом процессе на всех его стадиях – это сырье, промежуточные, конечные продукты и отходы производства.

Санитарно-химическое исследование воздуха производственных помещений производится при:

- изучении условий труда на данном производстве;
- расследовании причин производственных отравлений;
- проверке эффективности санитарно-технических мероприятий (вентиляции, герметизации аппаратуры и т.д.).

Согласно требованиям ГОСТ 12.1.005-88, отбор проб воздуха проводится на уровне дыхания; одновременно определяется температура, влажность, подвижность воздуха, барометрическое давление, характер технологического процесса, вид выполняемых операций и т.д.

При отборе проб воздуха необходимо учитывать агрегатное состояние определяемого вещества (газ, пар, аэрозоли).

Существует 2 группы методов отбора проб воздуха:

- аспирационные способы отбора проб;

- отбор проб в газовые пипетки, сосуды.

4.2 Ход работы

Оборудование, реактивы, материалы: аналитические весы; аналитические фильтры аэрозольные – АФА, эжекторный аспиратор "АЭРА".

Аспирационные методы отбора проб воздуха.

Аспирационные методы основаны на протягивании определенного объема воздуха через поглотительную среду (раствор или твердый сорбент) или через специальные фильтры. Вещества, находящиеся в воздухе в газообразном состоянии или в виде паров, поглощаются раствором, быстро реагирующим или растворяющим данный газ, или твердым веществом, обладающим способностью адсорбции. К жидким поглотительным средам относятся дистиллированная вода, органические растворители, специальные поглотительные растворы, которыми заполняют поглотительные приборы.

К твердым поглотительным средам относятся зерненные сорбенты: силикагель (мелкозернистый, крупнозернистый, гранулированный, кусковой), активированные угли и др. Для сорбции токсических веществ твердые сорбенты помещают в поглотительные приборы или специальные трубки.

Для поглощения аэрозолей из воздуха используют фильтры из тонких волокон (аналитические фильтры аэрозольные - АФА). Фильтры АФА обладают высокой задерживающей способностью и практически полностью задерживают аэрозоли. Данные фильтры обладают небольшим собственным весом, негигроскопичны, стойки к химическим агрессивным средам, растворимы в ацетоне, дихлорэтане. Пары и газообразные примеси фильтр АФА не задерживает. Для протягивания воздуха через поглотительный раствор или фильтры обычно применяют водяные аспираторы, пылесосы, электрoаспираторы, водоструйные насосы и т.д.

Простейшим прибором для отбора проб воздуха является водяной аспиратор, работающий по принципу сообщающихся сосудов. Объем вытекаемой воды соответствует количеству воздуха, протянутого через поглотительный прибор.

Скорость протягивания воздуха, которую дает бутылочный аспиратор, составляет 1,5-2 л/мин. Для отбора проб воздуха широко применяют электроаспираторы.

Они снабжены несколькими реометрами для определения скорости просасывания воздуха. С помощью электроаспираторов можно отобрать одновременно несколько проб со скоростью от 0,1 до 1 л/мин и 10-20 л/мин;

При отсутствии источника электричества или его нельзя применять по условиям взрывоопасности, например, в шахтах, ряде химических предприятий, используют эжекторный аспиратор "АЭРА". Данный аспиратор имеет баллон со сжатым воздухом; как и электрический аспиратор, рассчитан на одновременный отбор 4-х проб воздуха со скоростью 0,1 -20 л /мин.

Время фиксируется автоматически секундомером при включении и выключении прибора.

При исследовании воздушной среды в производственных условиях объем аспирированного воздуха в пробе (V_t) приводится к стандартным условиям (температуре воздуха 20 °С и барометрическому давлению 760 мм.рт.ст.) по формуле:

$$V_{20} = \frac{V_t \cdot (273 + 20) \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}, \quad (4.1)$$

При исследовании атмосферного воздуха объем аспирированного воздуха в пробе (V_o) приводится к стандартным (нормальным) условиям (температуре 0 °С и барометрическому давлению 760 мм.рт.ст.) по формуле:

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273 \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}, \quad (4.2)$$

где V_t - объем протянутого воздуха в пробе, дм^3 ;

B - атмосферное давление, мм.рт.ст.;

t - температура воздуха при отборе воздуха, °С;

V_{20} и V_0 - объемы воздуха, приведенные к стандартным (нормальным) условиям, дм³.

Для расчетов пользуются коэффициентами K , представленные в таблицах 4.1 и 4.2

$$V_{20}(V_0) = V_t \cdot K, \quad (4.3)$$

Таблица 4.1 - Коэффициенты пересчета для приведения объема воздуха к нормальным условиям (для атмосферного воздуха)

Температура, °С	Давление, мм.рт.ст.										
	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775	780
0	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2
5	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
10	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99
15	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97
20	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	0,94	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96
25	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,93	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94
30	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92
35	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91
40	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89

Таблица 4.2 - Коэффициент К для приведения объема воздуха в производственных помещениях к стандартным условиям

Температура, °С	Давление, мм рт.ст.					
	730	740	750	760	770	780
6	1,009	1,023	1,036	1,050	1,064	1,078
8	1,002	1,015	1,029	1,043	1,056	1,070
10	0,994	1,008	1,022	1,035	1,049	1,063
12	0,987	1,001	1,015	1,028	1,042	1,055
14	0,981	0,994	1,007	1,021	1,034	1,048
16	0,974	0,987	1,001	1,014	1,027	1,040
18	0,967	0,980	0,994	1,007	1,020	1,033
20	0,961	0,974	0,987	1,000	1,013	1,026
22	0,954	0,967	0,980	0,993	1,006	1,019
24	0,948.	0,961	0,974	0,987	1,000	1,012
26	0,941	0,954	0,967	0,980	0,993	1,006
28	0,935	0,948	0,961	0,973	0,986	0,999
30	0,929	0,942	0,954	0,967	0,980	0,992
32	0,923	0,935	0,948	0,961	0,973	0,986
34	0,917	0,929	0,942	0,954	0,967	0,979
36	0,911	0,923	0,936	0,948	0,961	0,973
38	0,905	0,917	0,930	0,942	0,955	0,967
40	0,899	0,911	0,924	0,936	0,948	0,961

4.3 Контрольные вопросы

- 1 В каких случаях производят санитарно-химическое исследование воздуха производственных помещений?
- 2 Что необходимо учитывать при отборе проб воздуха?
- 3 Как проводится отбор проб воздуха согласно требованиям ГОСТ 12.1.005-88?
- 4 Какие существуют группы методов отбора проб воздуха?
- 5 На чем основаны аспирационные способы отбора проб?
- 6 Приведите примеры твердых поглотительных сред.
- 7 Какие фильтры используют для поглощения аэрозолей из воздуха?
- 8 Приведите формулы приведения объем аспирированного воздуха в пробе (V_t) к стандартным условиям.

5 Определение дисперсного состава пылей и порошков.

Ситовый анализ

Цель работы: освоить методику ситового анализа

5.1 Общие положения

Наиболее простым методом определения дисперсного состава является ситовой анализ. Ситовый анализ измельченных материалов основан на механическом разделении частиц по крупности. Материал загружается на сито с ячейками известного размера и путем встряхивания, постукивания, вибрации или другими способами разделяется на две части – остаток и проход.

Просеивая материал через набор различных сит, можно разделить пробу на несколько фракций. Размеры частиц этих фракций ограничены размерами отверстий используемых в анализе сит.

Под размером отверстия сит обычно понимают длину стороны квадратной ячейки.

Полный ситовый анализ для определения степени дисперсности измельченного материала можно проводить двумя путями. Первый, применяемый в основном при машинном просеве, заключается в том, что анализируемая проба помещается на сито с наибольшими отверстиями в используемом наборе. Проход из этого сита падает на следующее, более тонкое, и так до последнего, самого тонкого. Такая последовательность позволяет сита всего набора поставить друг на друга и разделить пробы на фракции за одну рабочую операцию.

Второй путь состоит в том, что пробу сначала помещают на наиболее тонкое сито, а полученный остаток перекалывают на следующее по крупности ячеек сито. Преимущество такой последовательности в том, что грубое зерно способствует процессу просева на наиболее тонких ситах. Поэтому при ручном просеве этот способ настоятельно рекомендуется.

В настоящее время представляется возможным предложить следующую классификацию методов отсева порошкообразных материалов.

Ручной просев:

- тряской и поколачиванием (этот способ самый обычный и применим для большинства материалов);
- при помощи кисточек (применяется для очень тонкой пыли, склонной к слипанию);
- промывкой (для пыли, склонной к истиранию или слипанию под воздействием электростатических зарядов).

Механический просев (сита с отверстиями больше 40 мкм) при помощи машин, создающих:

- вращательное и колебательные движения сит в горизонтальной плоскости;
- качания плоскости сит;
- вибрацию;
- постукивание сит;

- движение сит по сложной траектории в результате двух или нескольких из перечисленных механических воздействий.

Аэродинамический рассев на воздушно-струйных ситах с отверстиями больше 15 мкм.

Ультразвуковой рассев на печатных ситах с ячейками больше 5 мкм.

Мокрый просев с вибрацией под вакуумом на печатных ситах с отверстиями больше 2 мкм.

5.2 Ход работы

Оборудование, реактивы, материалы: аналитические или точные теххимические весы; набор сит.

Ручной рассев рекомендуется применять для важных производственных анализов и в исследовательских работах.

При ручном просеве на круглых ситах с поддоном и крышкой (рисунок 5.1) берут одной рукой, наклонив полотно к горизонтальной плоскости на $10^\circ - 20^\circ$ вверх от этой руки, и ударяют другой рукой примерно 120 раз в минуту. Около 4 раз в минуту сито располагают горизонтально и сильно ударяют по обечайке. При трудно просеиваемом материале и при тонких ситах через три и пять минут после начала просева и дальше через каждые пять минут нижнюю поверхность сита очищают мягкой кисточкой. Опадающие с поверхности сита частицы присоединяют к проходу.

Анализируемая проба порошка при сухом расसेве должна быть воздушно-сухой. Если же во время рассева можно ожидать изменения влажности пробы, то следует навески и получаемые остатки пересчитывать на сухое вещество.

Количество помещаемой на сито пыли зависит от его площади, которую не следует перегружать. Определяющим является объем просеиваемого порошка. Поэтому проба не берется равной точно определенной массе. При нормальных ситах диаметром 200 мм рекомендуется брать пробу объемом 100 см^3 и взвешивать ее с точностью до 0,1 г.

Сухой механический или ручной просев может считаться окончанным, если через сито начинает проходить очень малое количество материала, которое в последовательных одинаковой продолжительности просевах остается постоянным. Обычно просев можно заканчивать, если остаток на сите уменьшается не более чем на 0,2 % в течение 2 мин.



Рисунок 5.1 - Набор сит, для ситового анализа

После окончания ситового анализа каждая фракция должна взвешиваться с точностью до 0,01 г. Суммарная масса всех фракций не должна отклоняться от массы исходной навески, взятой для анализа, более чем на 2 %. Иначе говоря, потери пыли при выполнении анализа не должны превышать 2 % от общей массы навески.

Потери рекомендуется разнести по всем анализируемым фракциям пропорционально их массам. Можно также при обработке полученных результатов

принять суммарную массу всех фракций за 100 %. Это дает достаточно точные для практики результаты.

При расसेве для достоверности выполняют обычно два анализа. Массы соответствующих фракций не должны отличаться более чем на 1 % от массы всей навески. При точных исследованиях рекомендуется производить несколько анализов и вычислять среднее арифметическое значение массы каждой фракции.

5.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе включает в себя исходное задание, результаты расчетов (таблица 5.1) и графики.

Таблица 5.1 - Результаты ситового анализа

Определяемый параметр	X_n	$E_{абс}$	$E_{отн}$	$X_n \pm E_{абс}$	Доля, %
Интервал диаметров d, мкм					

5.4 Контрольные вопросы

- 1 Что такое ручной просев?
- 2 Какие предъявляют требования к пробам для ситового анализа?
- 3 В каких случаях сухой механический или ручной просев может считаться окончанным?
- 4 Приведите классификацию ручного просева.
- 5 Приведите классификацию механического просева.
- 6 Какое количество анализов необходимо провести для достоверности результатов при расसेве?

7 Как проводится ручной просев на круглых ситах?

8 Что такое полный ситовый анализ?

6 Световой микроскоп

Цель работы: ознакомиться с работой светового микроскопа

6.1 Общие положения

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 0,8 мм.

Эта величина называется разрешающей способностью глаза.

Для повышения разрешающей способности глаза применяются оптические приборы, дающие увеличенное изображение предмета, например, световой микроскоп, разрешающая способность которого может достигать 0,12 мкм.

Световой микроскоп, называемый также оптическим, имеет оптическую систему с двумя системами увеличения - объективом и окуляром. Объектив представляет собой первую ступень увеличения. Окуляр увеличивает изображение, созданное объективом, до таких границ, чтобы оно могло быть рассмотрено глазом. Дальнейшее повышение увеличения окуляром нецелесообразно, так как оно не дает в изображении никаких дополнительных подробностей.

Общее увеличение микроскопа Γ_m определяется как произведение увеличения объектива на увеличение окуляра. Наиболее распространены объективы с увеличением от 3х до 90х и окуляры от 5х до 20х, т.е. общее увеличение микроскопа в видимой области спектра можно изменять в пределах от 15х до 1800х.

Повысить разрешающую силу микроскопа и наблюдать частицы меньших размеров можно двумя способами: применяя свет с меньшей длиной волны и увеличивая апертуру объектива. Для увеличения апертуры пространство между линзой объектива и препаратом заполняют иммерсионной жидкостью.

В зависимости от способности препарата поглощать или отражать свет, от показателя преломления и других его свойств, применяются различные методы освещения препарата:

- метод светлого поля - в проходящем свете позволяет получить равномерно освещенное поле в плоскости изображения;

- метод темного поля - в проходящем свете дает возможность определить точно контуры рассматриваемых объектов, т.к. на темном фоне образуются светлые изображения мелких деталей за счет рассеяния ими света.

- метод фазового контраста - основан на разнице в показателях преломления отдельных участков препарата и окружающей среды.

В зависимости от назначения микроскопы подразделяются на биологические, люминесцентные, стереоскопические, поляризационные, металлографические и специальные. Некоторые типы микроскопов имеют следующие разновидности: рабочие, лабораторные, исследовательские, универсальные.

6.2 Контрольные вопросы

1 Что такое световой микроскоп?

2 Как определяется общее увеличение микроскопа?

3 Что такое метод светлого поля?

4 Что такое метод темного поля?

5 Что такое метод фазового контраста?

6 Какие бывают микроскопы в зависимости от назначения?

7 Определение дисперсного состава пыли (методика микроскопирования)

Цель работы: освоить методику микроскопического определения дисперсного состава витающей пыли

7.1 Общие положения

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

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 течении 10-15 мин его можно рассматривать под микроскопом.

Просветление мембранных фильтров рекомендуется производить при помощи метилового эфира этиленгликоля (метилцеллозольва).

Одну-две капли метилцеллозольва наносят на предметное стекло и размазывают так, чтобы жидкость образовала пятно, соответствующее форме приготовленного препарата. На это пятно накладывают (запыленной стороной вверх) часть мембраны, например, вырезанный сектор. В течении нескольких секунд образуется ровная прозрачная плотная пленка.

7.2 Ход работы

Оборудование, реактивы, материалы: световой микроскоп; фильтры АФА; предметные стекла; ксилол; толуол окуляр-микрометра; объект-микрометра.

Оценка размеров частиц с помощью микроскопа производится следующими способами:

- замером наибольшего размера каждой частицы;
- измерением каждой частицы в одном и том же направлении, т.е. определением линейной проекции частиц на некоторую общую ось;
- определением «диаметра Мартина» – длины линии, ограниченной контуром профиля и делящий примерно пополам площадь профиля; линия может быть проведена в любом направлении, но должна быть идентично ориентирована при изменении всех профилей;
- вычислением диаметра круга, имеющего площадь, эквивалентную проектируемой на прозрачную подложку частицы (так называемый проектирующий диаметр);
- вычислением среднего размера по полусумме длины и ширины.

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

При микроскопическом анализе дисперсного состава пыли представляется удобным распределение на фракции по шкале с модулем 2, а именно: 1; 2; 4; 8; 16; 32 мкм.

При большом увеличении поле зрения в микроскопе очень мало. Несмотря на просмотр многих полей зрения и большое число просчитанных и измеренных частиц, число крупных частиц может оказаться недостаточным для достоверности расчета их распределения. Наиболее крупные частицы могут вообще не попасть в просмотренные поля зрения.

Для того, чтобы избежать этой ошибки, рекомендуется производить отдельно подсчет частиц мельче 8 мкм при увеличении около 1000-1200х, а частиц крупнее 4 мкм – при увеличении примерно 100х.

Размеры просматриваемых 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 (цена одного деления 10 мкм). 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.

Размер частицы обычно характеризуют радиусом или диаметром. При теоретических рассмотрениях свойств частиц чаще всего пользуются радиусом, в то время как в практических приложениях предпочтение отдают диаметру.

Двумя характеристиками размеров частицы служат диаметр Ферета и диаметр Мартина. Эти понятия вводят при аппроксимации размера частицы, определяемого из проекций нескольких частиц неправильной формы. Диаметр Ферета – это максимальное расстояние между краями каждой частицы, а диаметр Мартина – длина линии, которая делит частицу на две равные части. Поскольку эти измерения могут существенно зависеть от расположения частицы, они правомочны, если усреднены для большого числа частиц и сделаны идентично. Тогда, предполагая ориентацию частиц беспорядочной, рассчитывается средний диаметр.

Наиболее простая характеристика группы частиц с различными диаметрами – это сумма диаметров всех частиц, деленная на их полное число:

$$D_{\text{ср}} = \frac{n_i \cdot d_i}{n_i} \quad (7.1)$$

где n_i - количество частиц i -го размера, шт;

d_i - диаметр данных частиц, мкм.

Величина D_{cp} называется средним диаметром частиц.

Медианный диаметр частиц может быть определен путем записи диаметров всех частиц в порядке их возрастания и нахождения такого диаметра, который делит полученный ряд пополам.

7.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе включает в себя исходное задание, результаты расчетов распределения частиц по диаметрам средний и медианный диаметра аэрозоля, таблицы 7.1 и 7.2. По результатам таблицы 7.2 строится графическая зависимость - по оси абсцисс откладывается диаметр средней точки, а по оси ординат - произведение Nd либо просто число частиц.

Пример расчета.

Средний диаметр равен $770/200=3,85$ мкм. Из таблицы 7.1 видно, что медианный диаметр лежит между значениями 2 и 3 мкм.

Таблица 7.1 - Результаты распределения частиц по фракциям

Интервал диаметров d , мкм	Число частиц n_i
1-2	30
2-3	90
3-5	50
5-10	20
10-20	10

Таблица 7.2 - Значения среднего диаметра частиц

Средняя точка d_i , мкм	Число частиц n_i	$n_i \cdot d_i$
1	2	3
1,5	30	45

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3
2,5	90	225
4,0	50	200
7,5	20	150
15,0	10	150
Итого	200	770

7.4 Контрольные вопросы

- 1 Какие существуют механизмы осаждения взвешенных частиц?
- 2 Как готовятся препараты из взвешенной в воздухе пыли?
- 3 Какими способами производится оценка размеров частиц с помощью микроскопа?
- 4 Какое число подсчитанных пылевых частиц необходимо для достоверности получаемых результатов?
- 5 Какие есть масштабные сетки?
- 6 Что такое диаметр Ферета?
- 7 Что такое диаметр Мартина?
- 8 Как рассчитывается медианный диаметр частиц?

8 Определение дисперсного состава осевшей пыли

Цель работы: освоить методику определения дисперсного состава осевшей пыли

8.1 Общие положения

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

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. При отборе пробы необходимо принять меры, чтобы не произошло осаждения крупных частиц.

Для грубой пыли с частицами 20-60 мкм, имеющими большую плотность ($\rho > 3 \text{ г/см}^3$), этот способ неприменим вследствие быстрого осаждения частиц. Из такой пыли препараты готовят непосредственно на предметном стекле.

Поскольку результаты измерений в значительной степени зависят от случайных, не устранимых факторов, для их обработки следует использовать статистический метод.

Сверху препарат должен быть закрыт покровным стеклом.

8.2 Ход работы

Оборудование, реактивы, материалы: световой микроскоп; предметные стекла; вазелин; окуляр-микрометра; объект-микрометра.

При отборе проб осаждающейся пыли пылесборник (предметное стекло) смазывают тонким слоем вазелинового масла. Располагают подготовленные стекла на заданном расстоянии от источника на высоте 1 – 1,5 м от земли. Различные препятствия (деревья, стены домов) должны располагаться на расстоянии, по меньшей мере в 10 раз превышающем разность их высоты относительно прибора. Экспонирование проводят в течение 1 – 24 часа в зависимости от мощности источника. Затем предметные стекла убирают в емкость, исключающую попадание пыли (коробку).

Для определения дисперсного состава осевшей пыли на поверхности стекла выделяют квадрат размером 1×1 см и определяют размер пылевых частиц на этом участке.

8.3 Форма отчета о выполненной работе

Отчет о выполненной работе включает в себя исходное задание, результаты расчетов (таблица 8.1) и графики.

Таблица 8.1 - Результаты определения дисперсного состава пыли (ситовой анализ)

Интервал диаметров d, мкм	X_n	$E_{абс}$	$E_{отн}$	$X_n \pm E_{абс}$	Доля, %

8.4 Контрольные вопросы

- 1 Как готовится препарат из порошка или ранее отобранной пыли?
- 2 Как готовятся препараты для грубой пыли с частицами 20-60 мкм?
- 3 Как осуществляется определение дисперсного состава осевшей пыли?
- 4 Сколько составляет экспонирование при определении дисперсного состава осевшей пыли?
- 5 Как располагают подготовленные стекла при определении дисперсного состава осевшей пыли?

Заключение

В атмосферный воздух городов поступают различные вещества, количество которых превышает количество контролируемых веществ. Возникла необходимость определить, что из всего набора выбрасываемых в атмосферу вредных веществ необходимо контролировать, Это потребовало разработки новых принципов выбора специфических вредных веществ, содержание которых необходимо контролировать.

Для предотвращения (снижения) отрицательных последствий воздействия загрязняющих веществ на атмосферу, литосферу и гидросферу необходимо знать их предельные уровни, при которых обеспечивается нормальная жизнедеятельность. Основной величиной экологического нормирования качества природной среды является предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества (ВВ) или веществ в биосфере - воздухе, воде и почве. В общем случае ПДК - это такое содержание ВВ в окружающей среде, которое при постоянном контакте или воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК должны устанавливаться на основе различных токсикометрических оценок, с раздельным нормированием уровней загрязнения, например, воздуха, в рабочих зонах и в населенных пунктах.

Рекомендуемая литература

1 Байтелова, А. И. Источники загрязнения среды обитания : учеб. пособие для вузов / А. И. Байтелова, М. Ю. Гарицкая, В. Ф. Куксанов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2009. - 190 с. - ISBN 978-5-7410-0857-7.

2 Валова (Копылова), В. Д. Физико-химические методы анализа / Валова (Копылова) В.Д. Абесадзе Л.Т. - Дашков и К, 2018. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=430532>

3 Калинин В. М. Экологический мониторинг природных сред: учебное пособие / Калинин В. М., Рязанова Н. Е. - НИЦ ИНФРА-М, 2015. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=496984>

4 Методы физико-химического анализа в экологии : учеб. пособие / И. Н. Липунов [и др.]. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1998. - 204 с.

5 Голицын, А. Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды : учеб. для студентов учреждений сред. проф. образования / А. Н. Голицын. - М. : Оникс, 2007. - 336 с. - ISBN 978-5-488-00994-3.

6 Саркисов, О. Р. Экологическая безопасность и эколого-правовые проблемы в области загрязнения окружающей среды: учебное пособие / Саркисов О. Р., Любарский Е. Л., Казанцев С. Я. - Юнити-Дана, 2012. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=118197>

7 Еремкин, А. И. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [Текст]: учеб. пособие / А. И. Еремкин, И. М. Квашнин, Ю. И. Юнкеров. - М. : АСВ, 2001. - 176 с. - ISBN 5-93093-029-5.

8 Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. - Режим доступа: <http://voc.integral.ru/>