**Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации**

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

# Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны

**Методические указания**
**МУК 4.1.1352—4.1.1370—03**

**Выпуск 41**

**Москва • 2006**

gost.e-ecolog.ru

**Федеральная служба в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека**

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

# Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны

**Методические указания**
**МУК 4.1.1352—4.1.1370—03**

**Выпуск 41**

ББК 51.21
И37

И37 **Измерение** концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Методические указания.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006.—176 с.—Вып. 41.

ISBN 5—7508—0614—6

1. Методические указания подготовлены: Научно-исследовательским институтом медицины труда РАМН, в составе Л. Г. Макеева (руководитель), Г. В. Муравьева, Е. М. Малинина, Е Н. Грицун, Г. Ф. Громова, при участии А. И. Кучеренко (Департамент госсанэпиднадзора Минздрава России).

2. Рекомендованы к утверждению на совместном заседании группы Главного эксперта Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию по проблеме «Лабораторно-инструментальное дело и метрологическое обеспечение» и методбюро п/секции «Промышленно-санитарная химия» Проблемной комиссии «Научные основы гигиены труда и профпатологии».

3. Рекомендованы к утверждению Комиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Министерстве здравоохранения Российской Федерации.

4. Утверждены и введены в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, Первым заместителем Министра здравоохранения РФ Г. Г. Онищенко 16 мая 2003 г.

5. Введены впервые.

**ББК 51.21**

**© Роспотребнадзор, 2006**
**© Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006**

## I. Введение

Сборник методических указаний «Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны» (Вып. 41) разработан с целью обеспечения контроля соответствия фактических концентраций вредных веществ их предельно допустимым концентрациям (ПДК) и ориентировочным безопасным уровням воздействия (ОБУВ) и является обязательным при осуществлении санитарного контроля.

Включенные в данный сборник 19 методик контроля вредных веществ в воздухе рабочей зоны разработаны и подготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005—88 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования», ГОСТ Р 8.563—96 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений», МИ 2335—95 «Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа», МИ 2336—95 «Характеристики погрешности результатов количественного химического анализа. Алгоритмы оценивания».

Методики выполнены с использованием современных методов исследования, метрологически аттестованы и дают возможность контролировать концентрации химических веществ на уровне и ниже их ПДК и ОБУВ в воздухе рабочей зоны, установленных в гигиенических нормативах – ГН 2.2.5.686—98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны», дополнениях 2,3,4,6 к ним и дополнениях 2,3,4 и 5 к ГН 2.2.5.687—98 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

Методические указания по измерению массовых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны предназначены для центров госсанэпиднадзора, санитарных лабораторий промышленных предприятий при осуществлении контроля за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны, а также научно-исследовательских институтов и других заинтересованных министерств и ведомств.

УТВЕРЖДАЮ
Главный государственный санитарный врач Российской Федерации,
Первый заместитель Министра здравоохранения Российской Федерации
Г. Г. Онищенко
16 мая 2003 г.
Дата введения: с момента утверждения

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

# Измерение массовых концентраций ванадия, висмута, железа, кобальта, марганца, меди, никеля, свинца, хрома, цинка рентгенофлуоресцентным методом в воздухе рабочей зоны

**Методические указания**
**МУК 4.1.1354—03**

## 1. Область применения

Методические указания устанавливают количественный рентгенофлуоресцентный анализ на содержание ванадия, висмута, кобальта, марганца, меди, никеля, цинка, свинца в воздухе рабочей зоны в диапазоне концентраций от 0,02 до 5,0 мг/м$^3$; хрома от 0,005 до 5,0 мг/м$^3$; железа от 0,02 до 50,0 мг/м$^3$.

## 2. Характеристики измеряемых элементов

### *2.1. Характеристики элементов и гигиенические нормативы*

Таблица 1

| Элемент | Формула | Атомная, молекулярная масса | Регистрационный номер CaS | Предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны, максимально разовые/ среднесменные, мг/м$^3$ | Класс опасности |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Железо | Fe | 55,8 | 7439-86-9 | 10 | 4 |
| Кобальт | Co | 58,9 | | 0,05/0,01 | 1 |
| Свинец и его неорганические соединения | Pb | 207,2 | | 0,05 (с.с.) | 1 |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Никель, никель оксиды, сульфиды и смеси соединений никеля (файнштеин, никелевый концентрат и агломерат, оборотная пыль очистных устройств) по никелю | Ni | 58,7 | | 0,05 | 1 |
| Марганец в сварочных аэрозолях при его *содержании*<br>до *20 %*<br>от 20 до 30 % | Mn | 54,9 | <br><br>*7439-96-5*<br>7439-96-5 | <br><br>*0,2*<br>0,1 | <br><br>*2*<br>2 |
| Марганца оксиды (в пересчете на марганца диоксид):<br>а) аэрозоль дезинтеграции<br>б) аэрозоль конденсации | $MnO_2$ | 86,9 | | <br>0,3<br>0,05 | <br>2<br>1 |
| Медь | Cu | 63,5 | 7440-50-8 | 1/0,5 | 2 |
| Хром (VI) триоксид | $CrO_3$ | 100 | 1333-82-0 | 0,01 | 1 |
| ди Хром триоксид (по хрому III) | $Cr_2O_3$ | 152 | 1308-38-9 | 1 | 3 |
| Цинк оксид | ZnO | 81,4 | 1314-13-2 | 0,5 | 2 |
| Ванадий и его соединения: диванадий пентоксид, пыль | $O_5V_2$ | 181,9 | 1314-62-1 | 0,5 | 2 |
| Висмут и его неорганические соединения (по висмуту) | Bi | 209 | 7440-69-9 | 0,5 | 2 |

### *2.2. Физико-химические свойства. Анализируемые химические элементы присутствуют в воздухе в виде аэрозолей*

Железо – серебристо-белый металл. $T_{плавл.}$ = 1539 °С, $T_{кип.}$ = 3200 °С, плотность – 7,87 г/см³. Реагирует с кислотами.

Кобальт – твердый серебристый металл. Существуют две аллотропные модификации. $T_{плавл.}$ = 1492 °С, $T_{кип.}$ = 3100 °С, плотность – 8,84 г/см³.

В воде практически не растворим. Растворяется в разбавленных кислотах (хлороводородной, серной, азотной).

Свинец – мягкий серый металл. $T_{плавл}$ = 327,4 °С, $T_{кип.}$ = 1740 °С, плотность. – 11,3 г/см³. В разбавленных кислотах практически не растворим.

Растворяется в азотной кислоте, мягкой воде, особенно хорошо в присутствии кислорода воздуха и углекислого газа.

Никель – серебристый металл. $T_{плавл.}$ = 1453 °С, $T_{кип.}$ = 2140 °С, плотность – 8,90 г/см³. Плохо растворим в воде. Растворяется в минеральных кислотах.

Марганец – серебристо-белый металл, на воздухе покрывается пленкой оксида. $T_{плавл.}$ = 1244 °С, $T_{кип.}$ = 2095 °С, плотность – 7,44 г/см³. Мелко раздробленный марганец легко окисляется. Растворяется в кислотах.

Оксид марганца (IV). Черный порошок. Существует в виде нескольких кристаллических модификаций. При нагревании выше 560 °С диссоциирует с выделением кислорода и образованием оксидов марганца низших степеней окисляемости. Плотность 5,03 г/см³; растворимость в воде 0,14 % (37 °С, 10 суток), в сыворотке человеческой крови 3,38 мг %.

Медь – розовый или красноватый металл. $T_{плавл.}$ = 1083 °С, $T_{кип.}$ = 2343 °С, плотность – 8,9 г/см³. Растворяется в азотной кислоте и горячей концентрированной серной кислоте.

Хром (VI) триоксид – темно-красные гигроскопичные кристаллы. $T_{плавл.}$ = 197 °С (разл.), плотность – 2,8 г/см³. Растворим в воде. Сильный окислитель.

Дихром триоксид (по хрому III) – темно-зеленые кристаллы. $T_{плавл.}$ = 2235 °С (разл.), плотность – 5,21 г/см³. Растворим в крови человека.

Оксид цинка – белый кристаллический порошок. $T_{возг.}$ = 1800 °С, плотность – 5,6 г/см³. Растворимость в воде 0,00016 г/100 г (20 °С). Растворяется в кислотах и щелочах.

Оксид ванадия – красный или красно-желтый порошок. Существует в аморфной и кристаллической модификациях. $T_{плавл}$ = 670 °С, плотность – 3,4 г/см$^3$. При температуре 700 °С заметно испаряется, при нагревании (до температуры плавления и выше) дает в воздухе устойчивый аэрозоль, растворяется в кислотах, при растворении в щелочах образует ванадаты. Растворимость в воде – 25 %, в крови – 47 %.

Висмут – серебристо-белый с розоватым оттенком хрупкий металл. $T_{плавл.}$ = 271 °С, $T_{кип.}$ = 1560 °С, плотность – 9,80 г/см$^3$. Растворяется в азотной кислоте (с выделением оксидов азота), в царской водке, в горячей концентрированной серной кислоте (с выделением диоксида серы).

### *2.3. Токсикологическая характеристика*

Ванадий и его соединения по токсическому действию являются ядами с разнообразным влиянием на организм человека. Он вызывает изменения в кровообращении, органах дыхания, нервной системе, обмене веществ, меняет общую реактивность организма.

Действие висмута и его соединений на человека недостаточно изучено. Профессиональные отравления или кожные заболевания при работе с ним до сих пор не выявлены. Однако при исследовании действия соединений висмута на животных было обнаружено нарушение условно рефлекторной деятельности, снижение активности ферментов печени и крови.

При интоксикации медью и ее соединениями возможны функциональные расстройства нервной системы, нарушение функции печени и почек, изъязвление и перфорация носовой перегородки.

При воздействии пыли цинка и его соединений обнаружены выраженные атрофические и субатрофические катары верхних дыхательных путей, желудочно-кишечные расстройства и гипохромная анемия, повышенная заболеваемость верхних дыхательных путей и кариес зубов.

По токсикологическому действию свинец и его соединения являются ядами, которые действуют на все живое и вызывают изменения, особенно в нервной системе, крови и сосудах.

Соединения хрома и хром вызывают местное раздражение кожи и слизистых, способствуют прободению хрящевой части носовой перегородки, поражению органов дыхания и других органов.

Марганец и его соединения являются сильными ядами, действующими на центральную нервную систему, вызывая тяжелые орга-

нические изменения (главным образом, экстрапирамидный симптомокомплекс).

Соединения железа при длительном воздействии откладываются в легких и вызывают сидероз.

Кобальт и его соединения действуют на углеводный обмен, повышают содержание сахара в крови, избирательно повреждая эндокринную часть поджелудочной железы, снижают кровяное давление, избирательно поражают сердечную мышцу.

Никель и его соединения активируют или угнетают ряд ферментов. Влияют на дефосфорилирование аминотрифосфата. Оказывают влияние на кроветворение и углеводный обмен. Никель связывается с РНК, значительно меньше с ДНК, вызывая нарушение структуры и функции нуклеиновых кислот.

## 3. Погрешность измерений

*Методика обеспечивает выполнение измерений элементов с* погрешностью ± 25 %: ванадия, висмута, кобальта, марганца, меди, никеля, цинка, свинца в интервале концентраций от 0,02 до 5,0 мг/м$^3$, хрома от 0,005 до 5,0 мг/м$^3$, железа от 0,02 до 50,0 мг/м$^3$, при доверительной вероятности 0,95.

## 4. Метод измерений

Отбор воздушной пробы осуществляется путем аспирации через фильтр АФА-ВП-10, задерживающий аэрозоли и твердые частицы. Анализ сконцентрированных на фильтре аэрозолей основан на измерении вторичного рентгеновского излучения, возбуждаемого первичным излучением рентгеновской трубки и испускаемого атомами элементов на соответствующих каждому металлу длинах волн.

Градуировку рентгенофлуоресцентного спектрометра («Спектроскан») проводят с помощью ГСО, состоящего из фильтров ДЭТАТА с осажденным заданным количеством определяемых элементов.

Нижний предел измерения поверхностной массовой концентрации измеряемых элементов на фильтре 2,63 мкг/см$^2$.

Нижний предел измерения концентраций в воздухе: ванадия, висмута, железа, кобальта, марганца, меди, никеля, цинка, свинца – 0,02 мг/м$^3$ (при отборе 1050 дм$^3$ воздуха), хрома – 0,005 мг/м$^3$ (при отборе 5200 дм$^3$).

Благодаря селективному возбуждению флуоресценции анализируемых элементов другие элементы не мешают определению.

Метод специфичен в условиях: электролитического получения цинка, никеля и кадмия, гальванических покрытий, гидрохимического получения диоксида марганца, при изготовлении источников тока (электроаккумуляторы, электробатареи) на основе никеля и кадмия, при использовании этих источников на телефонных станциях, при выполнении сварочных работ.

Метод не применим при одновременном присутствии в воздухе разновалентных форм хрома или аэрозолей конденсации и дезинтеграции оксидов марганца и неравномерном распределении аэрозолей на поверхности фильтра.

## 5. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, реактивы

### *5.1. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы*

| | |
|---|---|
| Рентгенофлуоресцентный спектрометр серии «Спектроскан» (кроме модификации S) в комплекте с компьютером IBM PC AT 386-486 и программным обеспечением «КВАНТ» | ТУ 4276-001-23042550—94 |
| Термометр лабораторный ТЛ-2, 0-100 °С | ГОСТ 215—73 |
| Секундомер, класс 3, цена деления секундной шкалы 0,2 с | |
| Барометр-анероид | ОСТ 23696—79Е |
| Электроаспиратор ПУ-3Э (ЗАО «Химко») | ТУ 4215-000-11696625—95 |
| Фильтры АФА-ВП-10, площадь активной поверхности S = 10 см$^2$ | ТУ 95-743—80 |
| Фильтродержатели ИРА 10 | ТУ 95.72.05—77 |

**Примечание:** допускается применять другие средства измерений, метрологические характеристики которых соответствуют указанным в настоящей методике.

### *5.2. Реактивы*

5.2.1. Государственный стандартный образец состава осажденной массы металлов на сорбционном ДЭТАТА фильтре ГСО № 7832—2000 комплект (Ф1-Ф5), с содержанием каждого элемента 10,0; 25,0; 50,0; 75,0; 100,0 мкг на рабочей поверхности фильтра. Диаметр рабочей поверхности ДЭТАТА фильтра 2,2 см.

## 6. Требования безопасности

6.1. При работе на рентгенофлуоресцентном спектрометре необходимо соблюдать требования по радиационной безопасности, установленные по НРБ-76/87 (Нормы радиационной безопасности), по ОСП-72/82 (Основные санитарные правила) и по СП 5170—90.

6.2. При выполнении анализов необходимо соблюдать требования техники безопасности при работе с токсическими химическими реактивами по ГОСТ 12.4.019—88, ГОСТ 12.1.005—88.

6.3. Электробезопасность при работе с электроустановками по ГОСТ 12.0.004—90.

6.4. Помещение лаборатории должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004—91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009—90.

## 7. Требования к квалификации оператора

К выполнению измерений на приборе и обработке их результатов допускают лиц, имеющих высшее или специальное среднее образование, владеющих техникой анализа и изучивших инструкцию по эксплуатации рентгенофлуоресцентного спектрометра и освоивших данные МУК.

## 8. Условия проведения измерений

8.1. Измерения в лаборатории проводятся при следующих условиях:

температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;

относительная влажность воздуха (60 ± 20) %;

атмосферное давление (84—106) кПа.

8.2. Выполнение измерений на рентгенофлуоресцентном спектрометре проводят в условиях, рекомендованных технической документацией к прибору.

Частота переменного тока (50 ± 1) Гц.

Напряжение в сети (220 ± 10) В.

## 9. Подготовка к выполнению измерений

### *9.1. Подготовка прибора к работе*

Подготовку рентгенофлуоресцентного спектрометра к работе и оптимизацию условий измерений производят в соответствии с рабочей инструкцией по эксплуатации спектрометра и табл. 2.

Таблица 2

**Условия проведения измерений**

| Элемент | Аналитическая линия, нм | Экспозиция, с |
|---|---|---|
| Bi | 0,1145 | 60 |
| Pb | 0,1176 | 60 |
| Zn | 0,1435 | 60 |
| Cu | 0,1540 | 60 |
| Ni | 0,1657 | 60 |
| Co | 0,1783 | 60 |
| Fe | 0,1936 | 60 |
| Mn | 0,2102 | 100 |
| Cr | 0,2290 | 150 |
| V | 0,2503 | 150 |

### *9.2. Градуировка прибора*

Градуировку прибора осуществляют по ГСО № 7832—2000 комплект (Ф1-Ф5).

Таблица 3

**Стандартные образцы для установления градуировочных характеристик при определении элементов**

| Элемент | Аттестованное значение стандартного образца, мкг/см$^2$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Ф-1 | Ф-2 | Ф-3 | Ф-4 | Ф-5 |
| Bi, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, | 2,63 | 6,58 | 13,16 | 19,74 | 26,32 |

Стандартные образцы с поверхностной массовой концентрацией элементов от 2,63 до 26,32 мкг/см$^2$ помещают в зажимное устройство в порядке возрастания их номеров.

Градуировочную характеристику (ГХ) линейной зависимости величины импульсов на линии элемента от массы его устанавливают в соответствии с программой для проведения количественного анализа «Квант» при использовании режима «Градуировка».

### *9.3. Отбор и хранение проб воздуха*

*9.3.1. Подготовка фильтров АФА-ВП-10 к отбору проб*

Фильтры АФА-ВП-10 к месту отбора доставляют в бумажных кассетах. После установки аспираторов и подсоединения к ним фильтродержателей, извлекают фильтры из бумажных пакетиков и вместе с защитными кольцами устанавливают в фильтродержатель.

*9.3.2. Отбор проб*

Отбор проб воздуха рабочей зоны производят с помощью аспиратора, согласно его техническому описанию.

Таблица 4

**Условия отбора проб**

| № | Элемент | Расход воздуха, дм³/мин | Объем воздуха, дм³ |
|---|---|---|---|
| 1 | Железо | 1 | 5 |
| 2 | Медь, дихром триоксид (по хрому III) | 10 | 50 |
| 3 | Цинк оксид, диванадий пентоксид, висмут | 20 | 110 |
| 4 | Марганец (аэрозоль дезинтеграции) | 20 | 180 |
| 5 | Марганец в сварочных аэрозолях при содержании Mn до 20 % | 20 | 260 |
| 6 | Марганец в сварочных аэрозолях при содержании Mn от 20 до 30 % | 50 | 530 |
| 7 | Свинец | 50 | 1050 |
| 8 | Кобальт, никель, марганец (аэрозоль конденсации) | 70 | 1050 |
| 9 | Хром (VI) триоксид | 400 | 5200 |

В табл. 4 представлены условия отбора проб для измерения $^1/_2$ ПДК определяемых элементов.

После отбора пробы фильтр с держателем помещают в прилагаемое к прибору специальное кассетное устройство для транспор-

тирования и хранения проб, наклеивают этикетку и хранят при комнатной температуре до начала анализа не более одного месяца.

## 10. Выполнение измерений

10.1. Калибруют прибор по линии железа.

10.2. Выполняют качественный анализ отобранной пробы в соответствии с программой качественного анализа в режиме «Измерения».

Режим качественного анализа:
начало – 0,0800 нм;
конец – 0,2600 нм;
шаг – 0,0005 нм;
экспозиция – 5 с;
порядок – 1.

В дальнейшем количественный анализ выполняется с учетом результатов качественного анализа.

10.3. Проводят определение содержания элементов в анализируемых образцах в соответствии с программой количественного анализа в режиме «Анализ». Массы элементов рассчитываются автоматически. Результаты выводятся на экран компьютера и на печать.

10.4. Для выполнения измерений держатель с фильтром помещается в пробозагрузочное устройство прибора «Спектроскан». Содержание элементов на фильтре измеряется в четырех взаимно перпендикулярных положениях и в середине фильтра в соответствии с «Программным комплексом» в режиме «Анализ». За истинное значение принимается среднее арифметическое значение полученных масс каждого элемента, из которых вычитается значение холостой пробы. Холостой пробой служат 3—5 чистых фильтров АФА-ВП-10 из той же партии, которая использовалась для измерения массы анализируемых элементов.

## 11. Расчет концентрации

11.1. Вычисление и оформление результатов анализа проводят в соответствии с программой количественного анализа в режиме «Анализ».

11.2. Результат анализа выдается в тех же единицах, в которых построена градуировочная характеристика – в мкг/см$^2$. Расчет массовых концентраций элементов в воздухе производится по формуле:

$$C = \frac{X \cdot S}{V_o}, \text{ где}$$

$C$ – концентрация элемента в воздухе, мг/м$^3$;

$X$ – массовая концентрация элемента на фильтре, мкг/см$^2$;

$S$ – площадь, занимаемая отобранной пробой на фильтре АФА-ВП-10, S = 10 см$^2$;

$V_o$ – объем воздуха, отобранного для анализа (дм$^3$) и приведенного к стандартным условиям (прилож. 1).

## 12. Оформление результатов измерений

Результаты измерений представляют в виде:

$(C \pm \Delta)$ мг/м$^3$, $P = 0,95$, где: $\Delta$ – характеристика погрешности.

$\Delta = C \times \delta \times 0,01$. $\delta$– граница погрешности измерений, равная ± 25 % при $P = 0,95$.

## 13. Контроль погрешности методики

Таблица 5

**Результаты метрологической аттестации методики количественного анализа**

| Элемент | Диапазон определяемых концентраций, мг/м$^3$ | Погрешность методики при $P = 0,95$ | Норматив контроля стабильности градуировочной характеристики, $R$ | Норматив* контроля точности |
|---|---|---|---|---|
| Свинец | 0,02—5,0 | ± 25 % | Ф2 = 15 % Ф5 = 10% | К=20 % |
| Цинк | 0,02—5,0 | ± 25 % | | |
| Медь | 0,02—5,0 | ± 25 % | | |
| Никель | 0,02—5,0 | ± 25 % | | |
| Кобальт | 0,02—5,0 | ± 25 % | | |
| Железо | 0,02—50,0 | ± 25 % | | |
| Марганец | 0,02—5,0 | ± 25 % | | |
| Хром | 0,005—5,0 | ± 25 % | | |
| Ванадий | 0,02—5,0 | ± 25 % | | |
| Висмут | 0,02—5,0 | ± 25 % | | |
| * Норматив приведен без учета погрешности пробоотбора. | | | | |

### *13.1. Контроль точности установления градуировочной характеристики*

Контроль осуществляется после установления градуировочной характеристики на основе рассчитанной математической модели. Результат контроля считается удовлетворительным, если среднеквадратичная погрешность σ построения градуировочной характеристики, определяемая в режиме количественного анализа «Градуирование», «Вычисления», меньше 2,0 мкг/см$^2$. При невыполнении этого условия разрешается пересчитать градуировочную характеристику, исключив наиболее удаленную от рассчитанного графика точку. Операция выполняется в режиме «Вычисления» автоматически. Если полученная градуировочная характеристика вновь не удовлетворяет условию σ < 2,0 мкг/см$^2$, ее переделывают (п. 9.2).

### *13.2. Контроль стабильности градуировочной характеристики*

Контроль стабильности градуировочной характеристики проводят один раз в месяц. Средствами контроля являются фильтры из комплекта ГСО (п. 5.2.1).

Каждый градуировочный образец измеряется четыре раза в режиме «Анализ» и вычисляется среднее арифметическое значение содержания каждого элемента $X_{ср}$.

Градуировочную характеристику считают стабильной при выполнении для каждого элемента следующих условий:

$$\frac{X_з - X_{ср}}{X_з} \cdot 100 \le R, \text{ где,}$$

$X_з$ – заданное значение массы определяемого элемента на фильтрах Ф2 и Ф5 из комплекта ГСО № 7832—2000, мкг/см$^2$;

$X_{ср}$ – средний результат контрольного измерения массы определяемого элемента в образцах Ф2 и Ф5 , мкг/см$^2$;

$R$ – норматив контроля, % $R$(Ф2) = 15, $R$(Ф5) = 10.

Если условие стабильности не выполняется только для одного образца для градуировки, необходимо выполнить повторное измерение этого образца.

Если градуировочная характеристика нестабильна, выясняют и устраняют причины ее нестабильности, затем повторяют контроль стабильности с использованием других образцов для градуировки, предусмотренных методикой. При повторном обнаружении нестабильности градуировочной характеристики строят новую.

### *13.3. Контроль погрешности измерений*

Контроль погрешности измерений массы элемента на фильтре осуществляется через каждые 15 анализируемых проб с использованием комплекта ГСО.

Результаты контроля погрешности считаются удовлетворительными при выполнении условия:

$$\frac{X_к - X_з}{X_з} \cdot 100 \leq K \text{ , где}$$

$X_к$ – измеренное значение массы элементов, нанесенных на фильтр, мкг/см$^2$;

$X_з$ – заданное в ГСО значение массы элементов, нанесенных на фильтр, мкг/см$^2$;

$K$ – норматив контроля точности, $K$ = 20 %.

Если эти условия не выполняются, проведение анализа приостанавливают, выясняют причины получения неудовлетворительного результата, устраняют их и возобновляют аналитическую процедуру. При этом аннулируют результаты, полученные после анализа предыдущей контрольной пробы, а соответствующие пробы анализируют повторно.

При контроле погрешности результатов измерений массы элементов на фильтре не учитывается погрешность этапа пробоотбора.

Контроль правильности отбора проб осуществляется регулярными проверками работы пробоотборщиков и своевременной поверкой средств измерений.

## 14. Нормы затрат времени на анализ

Для проведения серии анализов из 5 отобранных проб воздуха рабочей зоны при определении 10 элементов потребуется 2 ч.

Методические указания разработаны: Научно-исследовательским центром «Экос» АО «Алгама», г. Москва, ЗАО НПО «Спектрон» г. Санкт-Петербург (Осипова Л. В., Майорова Е. Н.).

Приложение 1

**Приведение объема воздуха к стандартным условиям**

Приведение объема воздуха к стандартным условиям (Т 20 °С и давление 101,33 кПа) проводят по формуле:

$$V_{20} = \frac{V_t \cdot (273 + 20) \cdot P}{(273 + t) \cdot 101,33}, \text{ где}$$

$V_t$ – объем воздуха, отобранного для анализа, дм$^3$;

$P$ – барометрическое давление, кПа (101,33 кПа = 760 мм рт. ст.);

$t$ – температура воздуха в месте отбора пробы, °С.

Для удобства расчета $V_{20}$ следует пользоваться таблицей коэффициентов (прилож. 2). Для приведения воздуха к стандартным условиям надо умножить $V_t$ на соответствующий коэффициент.

## Коэффициенты для приведения объема воздуха к стандартным условиям

| | Давление Р, кПа/мм рт. ст. | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ° С | 97,33/ 730 | 97,86/734 | 98,4/ 738 | 98,93/742 | 99,46/ 746 | 100/ 750 | 100,53/754 | 101,06/758 | 101,33/760 | 101,86/764 |
| -30 | 1,1582 | 1,1646 | 1,1709 | 1,1772 | 1,1836 | 1,1899 | 1,1963 | 1,2026 | 1,2058 | 1,2122 |
| -26 | 1,1393 | 1,1456 | 1,1519 | 1,1581 | 1,1644 | 1,1705 | 1,1768 | 1,1831 | 1,1862 | 1,1925 |
| -22 | 1,1212 | 1,1274 | 1,1336 | 1,1396 | 1,1458 | 1,1519 | 1,1581 | 1,1643 | 1,1673 | 1,1735 |
| -18 | 1,1036 | 1,1097 | 1,1158 | 1,1218 | 1,1278 | 1,1338 | 1,1399 | 1,1460 | 1,1490 | 1,1551 |
| -14 | 1,0866 | 1,0926 | 1,0986 | 1,1045 | 1,1105 | 1,1164 | 1,1224 | 1,1284 | 1,1313 | 1,1373 |
| -10 | 1,0701 | 1,0760 | 1,0819 | 1,0877 | 1,0986 | 1,0994 | 1,1053 | 1,1112 | 1,1141 | 1,1200 |
| - 6 | 1,0540 | 1,0599 | 1,0657 | 1,0714 | 1,0772 | 1,0829 | 1,0887 | 1,0945 | 1,0974 | 1,1032 |
| - 2 | 1,0385 | 1,0442 | 1,0499 | 1,0556 | 1,0613 | 1,0669 | 1,0726 | 1,0784 | 1,0812 | 1,0869 |
| 0 | 1,0309 | 1,0366 | 1,0423 | 1,0477 | 1,0535 | 1,0591 | 1,0648 | 1,0705 | 1,0733 | 1,0789 |
| + 2 | 1,0234 | 1,0291 | 1,0347 | 1,0402 | 1,0459 | 1,0514 | 1,0571 | 1,0627 | 1,0655 | 1,0712 |
| + 6 | 1,0087 | 1,0143 | 1,0198 | 1,0253 | 1,0309 | 1,0363 | 1,0419 | 1,0475 | 1,0502 | 1,0557 |
| +10 | 0,9944 | 0,9999 | 0,0054 | 1,0108 | 1,0162 | 1,0216 | 1,0272 | 1,0326 | 1,0353 | 1,0407 |
| + 14 | 0,9806 | 0,9860 | 0,9914 | 0,9967 | 1,0027 | 1,0074 | 1,0128 | 1,0183 | 1,0209 | 1,0263 |
| + 18 | 0,9671 | 0,9725 | 0,9778 | 0,9830 | 0,9884 | 0,9936 | 0,9989 | 1,0043 | 1,0069 | 1,0122 |
| + 20 | 0,9605 | 0,9658 | 0,9711 | 0,9783 | 0,9816 | 0,9868 | 0,9921 | 0,9974 | 1,0000 | 1,0053 |
| + 22 | 0,9539 | 0,9592 | 0,9645 | 0,9696 | 0,9749 | 0,9800 | 0,9853 | 0,9906 | 0,9932 | 0,9985 |
| + 24 | 0,9475 | 0,9527 | 0,9579 | 0,9631 | 0,9683 | 0,9735 | 0,9787 | 0,9839 | 0,9865 | 0,9917 |
| + 26 | 0,9412 | 0,9464 | 0,9516 | 0,9566 | 0,9618 | 0,9669 | 0,9721 | 0,9773 | 0,9799 | 0,9851 |
| + 28 | 0,9349 | 0,9401 | 0,9453 | 0,9503 | 0,9555 | 0,9605 | 0,9657 | 0,9708 | 0,9734 | 0,9785 |
| + 30 | 0,9288 | 0,9339 | 0,9391 | 0,9440 | 0,9432 | 0,9542 | 0,9594 | 0,9645 | 0,9670 | 0,9723 |
| + 34 | 0,9167 | 0,9218 | 0,9268 | 0,9318 | 0,9368 | 0,9418 | 0,9468 | 0,9519 | 0,9544 | 0,9595 |
| + 38 | 0,9049 | 0,9099 | 0,9149 | 0,9199 | 0,9248 | 0,9297 | 0,9347 | 0,9397 | 0,9421 | 0,9471 |

Приложение 3

## Указатель основных синонимов, технических, торговых и фирменных названий веществ


| | стр. |
|---|---|
| 1. азаметиофос | 54 |
| 2. 1-амидогуанидиний гидрокарбонат | 37 |
| 3. боран-диметилсульфидный комплекс | 129 |
| 4. бродифакум | 15 |
| 5. бромадиалон | 6 |
| 6. клотримазол | 155 |
| 7. септабик | 45 |
| 8. тексанол-эфирный спирт | 137 |
| 9. триметилолпропан диаллиловый эфир | 121 |
| 10. углекислый кальций | 78 |
| 11. хлорфасинон | 163 |
| 12. цианГуанидин | 62 |
| 13. эсбиотрин | 95 |
| 14. эток | 104 |


Приложение 4

## Вещества, определяемые по ранее утвержденным методическим указаниям по измерению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны

| Название вещества | Опубликованные методические указания |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Желатин | МУ № 1719—77 «Методические указания на гравиметрическое определение пыли в воздухе рабочей зоны и в системах вентиляционных установок». – Вып. 1—5. – М., 1981. – 235 с. |
| Крахмал | _____» _____» _____» _____ |
| Сахарная пудра (сахароза) | _____» _____» _____» _____ |

**Измерение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны**

**Методические указания МУК 4.1.1352—4.1.1370—03**

**Выпуск 41**

Редакторы Аванесова Л. И., Кожока Н. В., Кучурова Л. С., Максакова Е. И.
Технический редактор Климова Г. И.

Подписано в печать 30.12.05

Формат 60x88/16 Печ. л. 11,0

Тираж 500 экз. Заказ 6471

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
127994, Москва, Вадковский пер., д. 18/20

Оригинал-макет подготовлен к печати издательским отделом Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора
117105, г. Москва, Варшавское ш., 19а.
Отделение реализации печатной продукции, тел. 952-50-89

Отпечатано в филиале Государственного ордена Октябрьской революции, ордена Трудового Красного Знамени Московского предприятия «Первая Образцовая типография» Федерального агентства по печати и массовых коммуникаций
115114, г. Москва, Шлюзовая наб., 10. Тел. 235-20-30

gost.e-ecolog.ru