

Утверждаю
Главный государственный
санитарный врач
Российской Федерации,
Первый заместитель
Министра здравоохранения
Российской Федерации
Г.Г.ОНИЩЕНКО



от 16 мая 2003 года

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. 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 года.

5. Введены впервые.

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/м³; хрома от 0,005 до 5,0 мг/м³; железа от 0,02 до 50,0 мг/м³.

2. Характеристики измеряемых элементов

2.1. Характеристики элементов и гигиенические нормативы

Таблица 1

Элемент	Формула	Атомная, молекулярная масса	Регистрационный номер по 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
Никель, никель оксиды, сульфиды и смеси соединений никеля (файнштейн, никелевый концентрат и агломерат, обратная пыль очистных устройств) по никелю	Ni	58,7		0,05	1
Марганец в сварочных аэрозолях при его содержании до 20 % от 20 до 30 %	Mn	54,9	7439-96-5	0,2	2
			7439-96-5	0,1	2

Элемент	Формула	Атомная, молекулярная масса	Регистрационный номер по CaS	Предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны, максимально разовые/ среднесуточные, мг/м ³	Класс опасности
Марганца оксиды (в пересчете на марганца диоксид): а) аэрозоль дезинтеграции б) аэрозоль конденсации	MnO ₂	86,9		0,3	2
				0,05	1
Медь	Cu	63,5	7440-50-8	1/0,5	2
Хром (VI) Триоксид	CrO ₃	100	1333-82-0	0,01	1
Дихром триоксид (по хрому III)	Cr ₂ O 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 ₅ V 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. $T_{\text{плавл.}} = 1539^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кип.}} = 3200^{\circ}\text{C}$, плотность – 7,87 г/см³. Реагирует с кислотами.

Кобальт – твердый серебристый металл. Существуют две аллотропные модификации. $T_{\text{плавл.}} = 1492^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кип.}} = 3100^{\circ}\text{C}$, плотность – 8,84 г/см³.

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

Свинец – мягкий серый металл. $T_{\text{плавл.}} = 327,4^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кип.}} = 1740^{\circ}\text{C}$, плотность. – 11,3 г/см³. В разбавленных кислотах практически нерастворим.

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

Никель – серебристый металл. $T_{\text{плавл.}} = 1453^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кип.}} = 2140^{\circ}\text{C}$, плотность. – 8,90 г/см³.

Плохо растворим в воде. Растворяется в минеральных кислотах.

Марганец - серебристо-белый металл, на воздухе покрывается пленкой оксида. $T_{\text{плавл.}} = 1244^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кип.}} = 2095^{\circ}\text{C}$, плотность – $7,44 \text{ г/см}^3$. Мелко раздробленный марганец легко окисляется. Растворяется в кислотах.

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

Медь – розовый или красноватый металл. $T_{\text{плавл.}} = 1083^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кип.}} = 2343^{\circ}\text{C}$, плотность. – $8,9 \text{ г/см}^3$. Растворяется в азотной кислоте и горячей концентрированной серной кислоте.

Хром (VI) триоксид – темно-красные гигроскопичные кристаллы. $T_{\text{плавл.}} = 197^{\circ}\text{C}$ (разл.), плотность – $2,8 \text{ г/см}^3$. Растворим в воде. Сильный окислитель.

Дихром триоксид (по хрому III) – темно-зеленые кристаллы. $T_{\text{плавл.}} = 2235^{\circ}\text{C}$ (разл.), плотность – $5,21 \text{ г/см}^3$. Растворим в крови человека.

Оксид цинка – белый кристаллический порошок. $T_{\text{возг.}} = 1800^{\circ}\text{C}$, плотность – $5,6 \text{ г/см}^3$. Растворим в воде $0,00016 \text{ г/100 г}$ (20°C). Растворяется в кислотах и щелочах.

Оксид ванадия – красный или красно-желтый порошок. Существует в аморфной и кристаллической модификациях. $T_{\text{плавл.}} = 670^{\circ}\text{C}$, плотность – $3,4 \text{ г/см}^3$. При температуре 700°C 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.

$T_{\text{плавл.}} = 271^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кип.}} = 1560^{\circ}\text{C}$, плотность – $9,80 \text{ г/см}^3$. 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 органические изменения (главным образом экстрапиримидный 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 $\pm 25\%$: ванадия, висмута, кобальта, марганца, меди, никеля, цинка, свинца в интервале концентраций от 0,02 до 5,0 мг/м³, хрома от 0,005 до 5,0 мг/м³, железа от 0,02 до 50,0 мг/дм³, 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/см².

Нижний предел измерения концентраций в воздухе: ванадия, висмута, железа, кобальта, марганца, меди, никеля, цинка, свинца - 0,02 мг/м³ при отборе 1050 дм³ воздуха, хрома - 0,005 мг/м³ при отборе 5200 дм³.

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.

5.1.1. Аппарат рентгеновский для спектрального анализа «СПЕКТРОСКАН МАКС» ТУ 4276-001-23124704-2001 или спектрометр рентгеновский флуоресцентный «СПЕКТРОСКАН», ТУ 4276-002-23042550-96 с персональным компьютером типа IBM PC и специальным программным обеспечением, далее спектрометр в комплекте с компьютером IBM PC AT 386-486 и программным обеспечением.

5.1.2. Термометр лабораторный ТЛ-2, 0-100°С, ГОСТ 215-73.

5.1.3. Секундомер, класс 3, цена деления секундной шкалы 0,2 с.

5.1.4. Барометр-анероид, ОСТ 23696-79Е.

5.1.5. Электроаспиратор ПУ-3Э (ЗАО «Химко»), ТУ 4215-000-11696625-95

5.1.6. Фильтры АФА-ВП-10, площадь активной поверхности $S = 10 \text{ см}^2$, ТУ 95-743-80.

5.1.7. 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 общие требования по радиационной безопасности, установленные по НРБ-99 (Нормы радиационной безопасности), по ОСПОРБ-99 (Основные санитарные правила) и по СП 5170-90 (санитарные правила).

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, $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$

Относительная влажность воздуха, $(60 \pm 20) \%$

Атмосферное давление, $(84 \div 106) \text{ кПа}$.

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 таблице.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/см² 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 установ-

ки 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, дм ³ /мин.	Объем воздуха, дм ³
1	Железо	1,0	5
2	Медь, диоксид триоксид (по хрому III)	10	50
3	Цинк оксид, диоксид 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 таблице 4 представлены условия отбора проб для открытия 1/2 ПДК определяемых элементов.

После отбора пробы фильтр с держателем помещают в прилагаемое к прибору специальное кассетное устройство для транспортировки 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 - 800 мА,

Конец - 2600 мА,

Шаг - 5 мА,

Экспозиция - 5 с,

Порядок - 1

В дальнейшем количественный анализ выполняется с учетом результатов качественно-

го 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/см². Расчет массовых концентраций элементов в воздухе производится по формуле:

$$C = \frac{X \times S}{V_0}$$

где: C - концентрация элемента в воздухе, мг/м³;

X - массовая концентрация элемента на фильтре, мкг/см²;

S - площадь, занимаемая отобранной пробой на фильтре АФА-ВП-10,

S = 10 см²;

V₀ - объем воздуха, отобранный для анализа (дм³) и приведенный к стандартным условиям (см. Приложение 1).

12. Оформление результатов измерений.

Результаты измерений представляют в виде:

C ± Δ мг/м³, P = 0,95, где Δ - характеристика погрешности.

Δ = C × δ × 0,01. δ - граница погрешности измерений, равная ± 25 % при P = 0,95.

13. Контроль погрешности методики.

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 $2,0 \text{ мкг/см}^2$. 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 $\sigma < 2,0 \text{ мкг/см}^2$, ее переделывают (см. п. 9.2.).

Таблица 5.
Результаты метрологической аттестации методики количественного анализа.

Элемент	Диапазон определяемых концентраций мг/м3	Погрешность методики при P=0,95	Норматив контроля ГХ	Норматив* контроля точности
Свинец	0,02 – 5,0	± 25 %	Φ2 = 15 % Φ5 = 10%	K=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.

13.2. Контроль стабильности градуировочной характеристики.

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

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

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

$$\frac{|X_3 - (X_{cp} + \delta)|}{X_3} \times 100 \leq R,$$

где: X_3 - заданное значение массы определяемого элемента на фильтрах Φ2 и Φ5 из комплекта ГСО №7832-2000, мкг/см².

X_{cp} - средний результат контрольного измерения массы определяемого элемента в об-

разцах Ф2 и Ф5, мкг/см².

δ - остаток (отклонение C_{me}^i от градуировочной характеристики), который считывают из таблицы, появляющейся на дисплее после окончания градуировки, мкг/см².

R - норматив контроля, % $R(\Phi 2) = 15$, $R(\Phi 5) = 10$

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;

$$\frac{X_k - X_z}{X_z} \times 100 \leq K$$

где: X_k - измеренное значение массы элементов, нанесенных на фильтр, мкг/см²;

X_z – заданное в ГСО значение массы элементов, нанесенных на фильтр, мкг/см²;

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-ти отобранных проб воздуха рабочей зоны при определении 10 элементов потребуется 2 часа.

15. Методические указания разработаны: Научно-исследовательский центр «Экос» АО «Алгاما» г. Москва, ООО «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°C и давление 101,33 кПа) проводят по формуле:

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

где:

V_t – объем воздуха, отобранный 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.

Приложение 2

КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ПРИВЕДЕНИЯ ОБЪЕМА ВОЗДУХА
К СТАНДАРТНЫМ УСЛОВИЯМ

Давление P, 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	1,0936	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	1,0405	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	1,0054	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	0,9884	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