

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
(Росгидромет)

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

**РД
52.04.882–
2019**

**МАССОВАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ СВИНЦА, КАДМИЯ, МАРГАНЦА,
НИКЕЛЯ, МЕДИ, ХРОМА, ЦИНКА И ЖЕЛЕЗА
В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ И АЭРОЗОЛЯХ**

**Методика измерений атомно-абсорбционным методом
с электротермической атомизацией**

Санкт-Петербург

2019

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова» (ФГБУ «ГГО»)

2 РАЗРАБОТЧИКИ А.И.Полищук (руководитель разработки),
Н.А.Першина (ответственный исполнитель)

3 СОГЛАСОВАН:

- с Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун») 17.09.2019;

- с Управлением мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды (УМСЗ) Росгидромета 14.11.2019

4 УТВЕРЖДЕН Руководителем Росгидромета 18.11.2019

ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Росгидромета от 16.12.2019 № 686

5 АТТЕСТОВАНА ФГБУ «ГХИ»

Свидетельство об аттестации методики измерений

№ С 35.882.RA.RU.311345 – 2019 от 05.12.2019

6 ЗАРЕГИСТРИРОВАН ФГБУ «НПО «Тайфун» от 20.11.2019
за номером РД 52.04.882-2019

7 ВЗАМЕН РД 52.04.186-89, Ч. II., подраздел 4.5.12 «Определение свинца, кадмия, марганца, никеля, меди, кобальта и железа»

8 СРОК ПЕРВОЙ ПРОВЕРКИ 2030 год

ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРОВЕРКИ 10 лет

Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Требования к показателям точности измерений.....	3
4 Требования к средствам измерений, вспомогательным устройствам, материалам и реактивам.....	5
4.1 Средства измерений, вспомогательные устройства.....	5
4.2 Реактивы и материал.....	7
5 Метод измерения.....	8
6 Требования безопасности и охраны окружающей среды.....	9
7 Требования к квалификации операторов.....	10
8 Требования к условиям измерений.....	10
9 Отбор и хранение проб.....	10
10 Подготовка к выполнению измерений.....	12
10.1 Приготовление растворов и реактивов.....	12
10.2 Приготовление градуировочных растворов.....	13
10.3 Подготовка проб атмосферных осадков и аэрозолей.....	16
10.4 Подготовка ААС с электротермической атомизацией.....	17
10.5 Установление градуировочных зависимостей.....	17
10.6 Контроль стабильности градуировочной характеристики.....	18
11 Порядок выполнения измерений.....	21
12 Вычисление и оформление результатов измерений.....	22
13 Контроль качества результатов измерений.....	24
13.1 Общие положения.....	24
13.2 Алгоритм оперативного контроля повторяемости.....	24
13.3 Алгоритм оперативного контроля процедуры выполнения измерений с использованием метода добавок.....	25

Приложение А (рекомендуемое)	Методика	приготовления	
стандартных	растворов	для	установления
градуировочных	характеристик	и	контроля
измерений	массовой	концентрации	свинца, кадмия,
марганца, никеля,	меди, хрома,	цинка	и железа,
атомно-абсорбционным	методом	с	электротермической
атомизацией.....			27
Библиография.....			73

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

**МАССОВАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ СВИНЦА, КАДМИЯ, МАРГАНЦА, НИКЕЛЯ,
МЕДИ, ХРОМА, ЦИНКА И ЖЕЛЕЗА В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ И
АЭРОЗОЛЯХ****Методика измерений атомно-абсорбционным методом
с электротермической атомизацией**

Дата введения – 2020-01-10**1 Область применения**

Настоящий руководящий документ устанавливает методику измерений (далее – методика) массовой концентрации растворенных форм металлов: свинца, кадмия, марганца, никеля, меди, хрома, цинка и железа (далее – металлы) атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией в пробах атмосферных осадков и аэрозолей (далее – проба).

Диапазоны измеряемых массовых концентраций ограничены значениями, представленными в таблицах 1 и 2.

Настоящий руководящий документ предназначен для использования в лабораториях, осуществляющих наблюдения за химическим составом атмосферных осадков и аэрозолей.

2 Нормативные ссылки

В настоящем руководящем документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 12.0.004–2015 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения

ГОСТ 12.1.004–91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.005–88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.007–76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.009–83 Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание

ГОСТ Р ИСО 5725–6–2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике

РД 52.04.186–89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы

РД 52.04.878-2019 Отбор проб при наблюдениях за химическим составом атмосферных осадков

Примечания

1 Ссылки на остальные нормативные документы приведены в разделах 4, А.3 и А.4 (приложение А).

2 При пользовании настоящим руководящим документом целесообразно проверять действие ссылочных нормативных документов:

- национальных стандартов - в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году;

- нормативных документов Росгидромета - по РД 52.18.5-2012 и дополнениям к нему - ежегодно издаваемым информационным указателям нормативных документов.

3 Если ссылочный нормативный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим руководящим документом следует руководствоваться замененным

(измененным) нормативным документом. Если ссылочный нормативный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Требования к показателям точности измерений

3.1 При соблюдении всех регламентируемых методикой условий проведения измерений характеристики погрешности результата измерения с вероятностью 0,95 соответствуют характеристикам, приведенным в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Диапазон измерений, значения характеристик погрешности и ее составляющих для атмосферных осадков при доверительной вероятности $P=0,95$

Наименование металла	Диапазон измерений массовой концентрации металла X , мкг/дм ³	Показатель повторяемости (средне-квадратическое отклонение повторяемости) σ_r , мкг/дм ³	Показатель воспроизводимости (средне-квадратическое отклонение воспроизводимости) σ_R , мкг/дм ³	Показатель правильности (границы систематической погрешности) $\pm\Delta_c$, мкг/дм ³	Показатель точности (границы погрешности) $\pm\Delta$, мкг/дм ³
Железо	От 10,0 до 200 включ.	0,07• X	0,08• X	0,04• X	0,15• X
Кадмий	От 0,10 до 2,0 включ.	0,09• X	0,09• X	0,05• X	0,19• X
Марганец	От 2,0 до 40,0 включ.	0,06• X	0,07• X	0,09• X	0,14• X
Медь	От 2,0 до 30,0 включ.	0,07• X	0,07• X	0,05• X	0,15• X
Никель	От 5,0 до 60,0 включ.	0,06• X	0,06• X	0,01• X	0,12• X
Свинец	От 2,0 до 40,0 включ.	0,06• X	0,06• X	0,08• X	0,13• X
Хром	От 2,0 до 30,0 включ.	0,07• X	0,07• X	0,08• X	0,15• X
Цинк	От 2,0 до 40,0 включ.	0,06• X	0,07• X	0,08• X	0,15• X

Таблица 2 – Диапазон измерений, значения характеристик погрешности и ее составляющих для аэрозолей при доверительной вероятности $P=0,95$

Наименование металла	Диапазон измерений массовой концентрации металла X , мкг/дм ³	Показатель повторяемости (средне-квадратическое отклонение повторяемости) σ_r , мкг/дм ³	Показатель воспроизводимости (средне-квадратическое отклонение воспроизводимости) σ_R , мкг/дм ³	Показатель правильности (границы систематической погрешности) $\pm\Delta_c$, мкг/дм ³	Показатель точности (границы погрешности) $\pm\Delta$, мкг/дм ³
Железо	От 10,0 до 200 включ.	$0,08 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,18 \cdot X$
Кадмий	От 0,10 до 2,0 включ.	$0,09 \cdot X$	$0,10 \cdot X$	$0,23 \cdot X$	$0,30 \cdot X$
Марганец	От 2,0 до 40,0 включ.	$0,05 \cdot X$	$0,05 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,13 \cdot X$
Медь	От 2,0 до 30,0 включ.	$0,07 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,17 \cdot X$
Никель	От 5,0 до 60,0 включ.	$0,06 \cdot X$	$0,06 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,14 \cdot X$
Свинец	От 2,0 до 40,0 включ.	$0,07 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,16 \cdot X$
Хром	От 2,0 до 30,0 включ.	$0,07 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,15 \cdot X$
Цинк	От 2,0 до 40,0 включ.	$0,08 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,17 \cdot X$

3.2 Значения показателя точности методики используют при:

- оформлению результатов измерений, выдаваемых лабораторией;
- оценке деятельности лабораторий на качество проведения измерений;
- оценке возможности использования результатов измерений при реализации методики в конкретной лаборатории.

3.3 При выполнении измерений массовой концентрации металлов в пробах сразу после соответствующего разбавления погрешность не превышает величины $\Delta \cdot n$, где Δ – погрешность измерения концентрации металла в разбавленной пробе; n – степень разбавления.

3.4 Пределы обнаружения металлов в атомно-абсорбционном методом с электротермическим атомизатором проб приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Пределы обнаружения металлов атомно-абсорбционным методом с электротермическим атомизатором

Наименование металла	Предел обнаружения, мкг/дм ³	Наименование металла	Предел обнаружения, мкг/дм ³
Железо	4,0	Никель	4,0
Кадмий	0,1	Свинец	1,0
Марганец	0,4	Хром	0,5
Медь	0,5	Цинк	1,0

4 Требования к средствам измерений, вспомогательным устройствам, материалам и реактивам

4.1 Средства измерений, вспомогательные устройства

4.1.1 Атомно-абсорбционный спектрометр (ААС) с электротермическим атомизатором «КВАНТ-Z.ЭТА», снабженный корректором неселективного поглощения фона по ГКНЖ.09.00.000 ФО – 1 шт.

4.1.2 Атомно-абсорбционный спектрометр типа «МГА-915», «МГА-915М» или «МГА-915МД» по ТУ 4434-915-79767644–2008, снабженный специализированным программным обеспечением – 1 шт.

4.1.3 Комплект спектральных ламп с полым катодом КСГ–1, по ГКНЖ 11.00.000 ТО или других типов с аналогичными характеристиками – 1 комплект.

4.1.4 Графитовые трубки (кюветы) с пиролитическим покрытием к атомизатору ААС по ГКНЖ. 09.00.000 ТО – 1 комплект.

4.1.5 Весы неавтоматического действия высокого (II) класса точности по ГОСТ Р 53228–2008, действительная цена деления 0,001 г или 0,01 г – 1 шт.

4.1.6 Низкотемпературная лабораторная электропечь типа SNOL 67/350 – 1 шт.

4.1.7 Колбы мерные 2-го класса точности исполнения 1, по ГОСТ 1770–74 вместимостью: 25 см³ – 1 шт., 50 см³ – 6 шт., 100 см³ – 6 шт., 200 см³ – 6 шт., 250 см³ – 2 шт., 500 см³ – 2 шт., 1000 см³ – 2 шт.

4.1.8 Пипетки градуированные 1-го класса точности, исполнения 1 по ГОСТ 29227–91 вместимостью: 1 см³ – 3 шт., 2 см³ – 3 шт., 5 см³ – 3 шт., 10 см³ – 2 шт.

4.1.9 Пипетки с одной меткой 1-го класса точности исполнения 2 по ГОСТ 29169–91 вместимостью: 1 см³ – 3 шт., 2 см³ – 3 шт., 5 см³ – 3 шт., 10 см³ – 2 шт., 20 см³ – 2 шт.

4.1.10 Дозаторы пипеточные со сменным наконечником 2-го класса точности типа ДПВ-1 по ТУ 9452-001-33189998–95 с объемом дозирования от 40 до 200 мм³ – 1 шт.; от 200 до 1000 мм³ – 1 шт., от 1000 до 5000 мм³ – 1 шт.

4.1.11 Наконечник одноканальный к дозатору вместимостью от 5 до 50 мм³ – 1000 шт.; от 40 до 200 мм³ – 200 шт.; от 200 до 1000 мм³ – 40 шт.

4.1.12 Цилиндры 1-го класса точности исполнения 1, по ГОСТ 1770–74, вместимостью: 50 см³ – 3 шт., 100 см³ – 3 шт., 500 см³ – 1 шт., 1000 см³ – 1 шт.

4.1.13 Стаканы по ГОСТ 9147–80: № 3 с номинальной вместимостью 150 см³ – 5 шт., № 4 с номинальной вместимостью 250 см³ – 5 шт., № 5 с номинальной вместимостью 400 см³ – 2 шт., № 6 с номинальной вместимостью 600 см³ – 1 шт., № 7 с номинальной вместимостью 1000 см³ – 1 шт.

4.1.14 Колбы конические исполнения 2 по ГОСТ 25336–82 вместимостью 100 см³ – 50 шт.

4.1.15 Воронки лабораторные В – 56 - 80 ГОСТ 25336–82 – 10 шт.

4.1.16 Чашки ЧБН-1-100 (Петри) ГОСТ 25336–82 – 10 шт.

4.1.17 Стаканчики для взвешивания (бюксы) СВ–24/10 по ГОСТ 25336–82 – 10 шт.

4.1.18 Эксикатор исполнения 2 с диаметром корпуса 190 мм по ГОСТ 25336–82.

4.1.19 Посуда полиэтиленовая (полипропиленовая) по ГОСТ Р 50962–96 вместимостью: 100 см³ – 20 шт., 250 см³ – 50 шт., 500 см³ – 100 шт., 1000 см³ – 50 шт.

4.1.20 Пробирки Эппендорфа полипропиленовые вместимостью 2 см³, по ТУ 62-2-300–80 – 1000 шт.

4.1.21 Палочка из боросиликатного стекла 3,3 по ГОСТ 27460–87.

4.1.22 Плитка электрическая с закрытой спиралью и регулируемой мощностью нагрева по ГОСТ 14919–83.

4.1.23 Государственные стандартные образцы (ГСО) состава водных растворов ионов определяемых металлов:

PM-3, ГСО 7325–96 (кадмий, хром, медь);

PM-2, ГСО 7272–96 (железо, никель, свинец, марганец, цинк); или:

ГСО 8212–2002 (железо); ГСО 7773–2000 (кадмий),

ГСО 7761–2000 (марганец); ГСО 8205–2002 (медь);

ГСО 7785–2000 (никель); ГСО 7774–2000 (свинец);

ГСО 7781–2000 (хром); ГСО 8211–2002 (цинк).

4.1.24 Холодильник бытовой.

Примечание – Допускается использование других типов средств измерений, посуды и вспомогательного оборудования, в том числе импортных, с характеристиками не хуже, чем у приведенных в 4.1.

4.2 Реактивы и материалы

4.2.1 Кислота азотная концентрированная, по ГОСТ 11125–84 ос.ч.

4.2.2 Палладий азотнокислый (нитрат палладия), раствор, содержащий 500 г/дм³ палладия по ТУ 6–09–395–75, ч.

4.2.3 Магния нитрат 6-водный, по ГОСТ 11088–75 ч.д.а.

4.2.4 Аргон газообразный жидкий по ГОСТ 10157–2016.

4.2.5 Вода дистиллированная по ГОСТ 6709–72.

4.2.6 Вода деионизованная на установке для финальной очистки воды по ГОСТ 25661–83 с удельным сопротивлением не менее 18,2 МОм.

4.2.7 Спирт этиловый ректификованный по ГОСТ 5962–2013.

4.2.8 Фильтры мембранные «Владипор МФАС-ОС-2», 0,45 мкм, по ТУ 6-55-221-1-29-89 или другого типа, равноценные по характеристикам, или фильтры бумажные обеззоленные «синяя лента» по ТУ 6-09-1678–95.

4.2.9 Фильтровальная бумага по ГОСТ 12026–76.

Примечание – Допускается использование реактивов, изготовленных по другой нормативно-технической документации, в том числе импортных, с квалификацией, не ниже указанной в 4.2.

5 Метод измерений

5.1 Метод атомно-абсорбционного (АА) спектрального анализа основан на явлении поглощения резонансного излучения свободными атомами элемента. Для каждого элемента существуют определенные разрешенные состояния – энергетические уровни. Следовательно, для каждого элемента существуют определенные длины волн излучения и поглощения [1].

5.2 В АА измерении используются резонансные линии, соответствующие переходам атомов с невозбужденного уровня на возбужденные уровни.

5.3 Перевод пробы в состояние атомного пара производится в аналитической ячейке (графитовой трубчатой печи) электротермического атомизатора, нагреваемой до температуры атомизации определяемого элемента по специальной температурно-временной программе, включающей выпаривание пробы до сухого остатка, его озоление и

атомизацию, сопровождающуюся измерением абсорбционности металла на его резонансной спектральной линии, излучаемой соответствующей лампой с полым катодом.

5.4 При испарении реальной пробы кроме атомов определяемого элемента, в аналитической ячейке, может присутствовать фон (частицы и молекулы), поглощение света которыми приводит к появлению систематической погрешности АА измерений. Для автоматической коррекции фонового поглощения в спектрометре использован обратный эффект Зеемана [2] – графитовая печь помещается в продольное переменное магнитное поле, что позволяет реализовывать идеальную двухлучевую двухканальную схему АА измерений.

6 Требования безопасности и охраны окружающей среды

6.1 При выполнении измерений массовой концентрации металлов в пробах атмосферных осадков и аэрозолей необходимо соблюдать правила по технике безопасности на сети наблюдений Росгидромета [3].

6.2 Помещение должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004 и быть обеспечено средствами пожаротушения по ГОСТ 12.4.009.

6.3 По степени воздействия на организм вредные вещества, используемые при выполнении измерений, относятся ко 2-му и 3-му классам опасности по ГОСТ 12.1.007.

6.4 Содержание используемых вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать установленных предельно допустимых концентраций в соответствии с ГОСТ 12.1.005.

6.5 Выполнение измерений следует проводить при наличии вытяжной вентиляции.

6.6 Вредно действующие вещества подлежат сбору и утилизации в соответствии с установленными правилами.

6.7 Дополнительных требований по экологической безопасности не предъявляется.

7 Требования к квалификации операторов

7.1 К выполнению измерений и обработке их результатов допускают лиц с высшим профессиональным образованием, имеющих стаж работы в лаборатории не менее шести месяцев, прошедшие соответствующую подготовку согласно ГОСТ 12.0.004.

7.2 Оператор (инженер или лаборант), выполняющий измерения, должен знать правила безопасности при работе с электрооборудованием и сжатыми газами.

8 Требования к условиям измерений

8.1 При выполнении измерений в лаборатории должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха, °С 22 ± 5 ;
- атмосферное давление, кПа.....от 84 до 106;
- относительная влажность воздуха при 25 °С, % не более.....80;
- напряжение в сети, В..... 220 ± 10 ;
- частота переменного тока в сети, Гц..... 50 ± 1 .

8.2 Выполнение измерений следует проводить при наличии вытяжной вентиляции.

9 Отбор и хранение проб

9.1 Отбор проб атмосферных осадков выполняют в соответствии с РД 52.04.878-2019.

9.2 Отбор проб аэрозолей выполняют в соответствии с РД 52.04.186 (Ч. II, пункт 3.4).

9.3 Пробы фильтруют через бумажный фильтр «синяя лента» или через мембранный фильтр 0,45 мкм, очищенный кипячением в течение 20 мин в 1 %-ном растворе азотной кислоты и двукратным кипячением в дистиллированной воде. При фильтровании через любой фильтр первые порции фильтрата отбрасывают.

9.4 Транспортирование и хранение проб осуществляют в полиэтиленовой посуде.

10 Подготовка к выполнению измерений

10.1 Приготовление растворов и реактивов

10.1.1 Получение деионизованной воды

Воду деионизованную получают на установке для финальной очистки воды по ГОСТ 25661 с удельным сопротивлением не менее 18,2 МОм.

10.1.2 Раствор азотной кислоты 1:1

В мерный стакан № 7 номинальной вместимостью 1000 см³ помещают 500 см³ деионизованной воды, цилиндром вместимостью 500 см³ отмеряют 500 см³ концентрированной азотной кислоты и осторожно по каплям добавляют в мерный стакан. Используют при приготовлении градуировочных растворов.

10.1.3 Раствор азотной кислоты 1:200 (фоновый раствор)

В мерную колбу вместимостью 1000 см³ помещают 100 см³ деионизованной воды, переносят 10 см³ раствора азотной кислоты 1:1

доводят деионизованной водой до метки. Используют при приготовлении градуировочных растворов.

10.1.4 Раствор азотной кислоты 1 %-ный

В мерный стакан № 6 номинальной вместимостью 600 см³ помещают 100 см³ деионизованной воды, пипеткой вместимостью 10 см³ отмеряют 7,7 см³ концентрированной азотной кислоты и добавляют в мерный стакан. Объем полученного раствора доводят до 500 см³. Раствор используют для отмывки фильтров.

10.1.5 Раствор палладия 4,0 г/дм³

Отбирают 200 мм³ раствора нитрата палладия с концентрацией палладия 500 г/дм³ с помощью дозатора типа ДПВ-1 вместимостью от 40 до 200 мм³ и переносят его в мерную колбу вместимостью 25 см³, прибавляют 1,8 см³ концентрированной азотной кислоты с помощью градуированной пипетки вместимостью 2 см³. Доводят объем в колбе до метки ультрачистой водой и перемешивают.

10.1.6 Раствор магния 4,0 г/дм³

Навеску нитрата магния массой 2,112 г количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³, растворяют в ультрачистой воде, прибавляют 3,7 см³ концентрированной азотной кислоты с помощью градуированной пипетки вместимостью 5 см³, доводят объем раствора до метки на колбе ультрачистой водой и перемешивают.

10.2 Приготовление градуировочных растворов

10.2.1 Градуировочные растворы, аттестованные по процедуре приготовления, готовят из РМ-2 и РМ-3 или соответствующих ГСО в соответствии с инструкцией по применению ГСО и приложения А.

10.2.2 Для всех градуировочных растворов погрешности, обусловленные процедурой приготовления, не превышают 2 % относительно приписанного значения массовой концентрации железа, кадмия, марганца, меди, хрома, никеля, свинца и цинка.

10.2.3 Массовые концентрации рабочих градуировочных растворов определяемых металлов в атмосферных осадках и аэрозолях приведены в таблице 4.

Таблица 4

Наименование металла	Номер градуировочного раствора				
	1	2	3	4	5
	Массовая концентрация металлов, мкг/дм ³ , для приготовления рабочих градуировочных растворов				
Железо	10	25	50	100	200
Кадмий	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00
Марганец	2,0	5,0	10,0	20,0	30,0
Медь	2,0	5,0	10,0	20,0	30,0
Никель	5,0	10,0	20,0	40,0	60,0
Свинец	2,0	5,0	10,0	20,0	40,0
Хром	2,0	5,0	10,0	20,0	30,0
Цинк	2,0	5,0	10,0	20,0	40,0

10.2.4 Приготовление рабочих градуировочных растворов для анализа атмосферных осадков проводится в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5

Наименование металла	Массовая концентрация исходного раствора, мг/дм ³	Отбираемый объем промежуточного раствора, мм ³				
		Номер рабочего градуировочного раствора				
		1	2	3	4	5
Марганец, свинец, цинк, железо	10,0	200	500	1000	2000	4000
Никель		500	1000	2000	4000	5000
Хром, медь		200	500	200	400	600
Кадмий	0,5	40	100	200	400	800

Указанные в таблице 5 объемы промежуточных растворов железа, кадмия, марганца, меди, никеля, свинца, цинка и хрома, с массовой концентрацией 10,0 и 0,5 мг/дм³ отбирают с помощью дозаторов типа ДПВ–1 со сменным наконечником с объемом дозирования от 40 до 200 мм³, от 200 до 1000 мм³ и от 1000 до 5000 мм³, градуированных пипеток вместимостью 1, 2, 5 см³ и пипеток с одной меткой вместимостью 2, 5, 10 см³, вносят в мерные колбы соответствующих вместимостей, доводят до метки фоновым раствором и перемешивают.

10.2.5 Приготовление рабочих градуировочных растворов для анализа аэрозолей проводится в соответствии с таблицей 6.

Указанные в таблице 6 объемы промежуточных растворов металлов с массовой концентрацией 2,0, 0,5 и 10,0 мг/дм³ отбирают с помощью дозаторов типа ДПВ-1 со сменным наконечником с объемом дозирования от 1 до 10 мм³, от 40 до 200 и от 200 до 1000 мм³ вносят на чистый фильтр, помещенный в чашу Петри. Предварительно, в центр фильтра дозатором типа ДПВ-1 вносят 0,2 см³ ректификованного этилового спирта.

Таблица 6

Наименование металла	Массовая концентрация исходного раствора, мг/дм ³	Отбираемый объем промежуточного раствора, мм ³				
		Номер рабочего градуировочного раствора				
		1	2	3	4	5
Марганец, свинец, цинк, железо	2,0	20	50	100	200	400
Никель		50	100	200	400	600
Хром, медь		20	50	-	-	-
Хром, медь	10,0	-	-	200	400	600
Кадмий	0,5	4	10	20	40	80

Высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

10.2.6 При анализе атмосферных осадков в качестве холостого измерения используют фоновый раствор с добавлением необходимого количества модификатора в соответствии с таблицей 7. Срок хранения холостой пробы – не более двух недель.

10.2.7 Для холостого измерения концентраций металлов в аэрозолях помещают 5 неэкспонированных фильтров от каждой поступившей партии в одну колбу, смачивают этиловым спиртом добавляют 20 см³ фонового раствора. Перед измерением концентрации металла в пробирку Эппендорфа вместимостью 2,0 см³ вносят дозатором типа ДПВ-1 раствор соответствующего модификатора, который выбирают в соответствии с таблицей 7 и доводят объем до метки подготовленной холостой пробой и перемешивают. Пересчитывают на среднее содержание металла в одном фильтре. Это значение вычитают из результатов, полученных при анализе проб растворов аэрозолей.

Таблица 7 – Рекомендуемые химические модификаторы, их концентрации и объемы

Наименование металла	Модификатор и его концентрация в анализируемой пробе	Объем раствора модификатора, добавляемый к 2,0 см ³ пробы, мм ³
Железо	50 мкг/см ³ Mg ²⁺	25,0
Кадмий	20 мкг/см ³ Pd ²⁺	10,0
Марганец	20 мкг/см ³ Pd ²⁺	10,0
Медь	20 мкг/см ³ Pd ²⁺	10,0
Никель	20 мкг/см ³ Pd ²⁺	10,0
Свинец	20 мкг/см ³ Pd ²⁺	10,0
Хром	100 мкг/см ³ Mg ²⁺	50,0
Примечание - Определение меди и железа возможно без применения модификатора		

10.3 Подготовка проб атмосферных осадков и аэрозолей

10.3.1 Подготовка проб атмосферных осадков

Для выполнения измерений на ААС в пробирки Эппендорфа вместимостью 2,0 см³ вносят дозатором типа ДПВ-1 раствор соответствующего модификатора, который выбирают в соответствии с таблицей 7. Доводят объемы растворов в пробирках до метки анализируемой пробой атмосферных осадков и перемешивают.

10.3.2 Подготовка проб аэрозолей

Экспонированный фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 100 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта, ректификованного. В колбу с фильтром приливают 20 см³ деионизованной воды, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

В пробирки Эппендорфа вместимостью 2,0 см³ вносят дозатором типа ДПВ-1 раствор соответствующего модификатора, который выбирают

в соответствии с таблицей 7. Доводят объемы растворов в пробирках до метки анализируемой пробой аэрозолей и перемешивают.

10.4 Подготовка ААС с электротермической атомизацией

10.4.1 ААС «КВАНТ-Z.ЭТА» или аналогичный ААС типа «МГА-915», «МГА-915М» или «МГА-915МД» готовят к работе для измерения массовых концентраций металлов в соответствии с руководством по эксплуатации ААС [4].

10.4.2 Дозирование пробы в графитовую кювету выполняют дозатором типа ДПВ-1 в соответствии с руководством по эксплуатации используемого ААС.

10.4.3 Температурно-временная программа нагрева атомизатора ААС для измерения массовой концентрации металлов выбирается в соответствии с программой ААС.

10.5 Установление градуировочных зависимостей

10.5.1 На ААС с аналоговой регистрацией аналитического сигнала измеряют величину абсорбционности, а на ААС с цифровой регистрацией – массовую концентрацию металла.

10.5.2 Выполняют три измерения при атомизации градуировочного образца с нулевой концентрацией иона металла (холостая проба) и не менее двух измерений при атомизации градуировочных образцов в порядке возрастания их концентраций.

По полученным средним значениям аналитического сигнала холостой пробы и градуировочных образцов по программе обработки данных ААС рассчитываются градуировочные зависимости для каждого металла методом наименьших квадратов в координатах: концентрация металла в мкг/дм^3 – величина аналитического сигнала в единицах

абсорбционности. Градуировочные зависимости устанавливают перед измерением массовых концентраций металлов в пробах атмосферных осадков и аэрозолей, а также после замены графитовой трубки или спектральной лампы.

10.5.3 В случае нарушения линейности градуировочной зависимости в области высоких концентраций какого-либо металла, допускается устанавливать градуировочные зависимости для двух диапазонов так, чтобы в каждом диапазоне зависимость была практически линейной.

10.6 Контроль стабильности градуировочной характеристики

10.6.1 Средствами контроля являются градуировочные растворы, используемые для установления градуировочной зависимости (не менее трех образцов). Градуировочную характеристику считают стабильной при выполнении следующих условий

$$|X-C_r| \leq \sigma_R \text{ или } |X-C_r| \leq d, \quad (1)$$

где X – результат контрольного измерения концентрации или содержания металла в градуировочном образце, мкг/дм³;

C_r – приписанное значение концентрации или содержания определяемого металла в градуировочном растворе, мкг/дм³;

σ_R – показатель воспроизводимости для концентрации металла, равной C_r , мкг/дм³ (см. таблицы 1, 2);

d – допустимое расхождение между измеренным и приписанным значением содержания металлов в градуировочном растворе, мкг/дм³. Значения d приведены в таблицах 8, 9.

нестабильности, повторяют измерение с использованием других растворов, предусмотренных методикой. Если градуировочная характеристика вновь не будет удовлетворять условию (1), устанавливают новую градуировочную зависимость.

Таблица 8 – Допустимые расхождения между измеренными и приписанными значениями содержания металлов в пробе атмосферных осадков при контроле стабильности градуировочной зависимости

Наименование металла	Условия стабильности градуировочной характеристики				
Приписанное значение содержания свинца и цинка в пробе, мкг/дм ³					
	2,0	5,0	10,0	20,0	40,0
Допустимое расхождение в пробе, <i>d</i> , мкг/дм ³					
Свинец	0,125	0,114	0,160	0,512	0,980
Цинк	0,130	0,060	0,060	0,046	0,650
Приписанное значение содержания марганца, хрома и меди в пробе, мкг/дм ³					
	2,0	5,0	10,0	20,0	30,0
Допустимое расхождение в пробе, <i>d</i> , мкг/дм ³					
Марганец	0,138	0,139	0,048	0,355	1,023
Хром	0,133	0,055	0,074	0,075	0,089
Медь	0,144	0,065	0,109	0,069	0,374
Приписанное значение содержания железа в пробе, мкг/дм ³					
	10	25	50	100	200
Допустимое расхождение в пробе, <i>d</i> , мкг/дм ³					
Железо	0,745	0,751	0,664	0,580	0,671
Приписанное значение содержания никеля в пробе, мкг/дм ³					
	5,0	10,0	20,0	40,0	60,0
Допустимое расхождение в пробе, <i>d</i> , мкг/дм ³					
Никель	0,305	0,487	0,371	1,023	1,209
Приписанное значение содержания кадмия в пробе, мкг/дм ³					
	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00
Допустимое расхождение в пробе, <i>d</i> , мкг/дм ³					
Кадмий	0,009	0,009	0,014	0,017	0,013

Таблица 9 – Допустимые расхождения между измеренными и приписанными значениями содержания металлов в пробах аэрозолей при контроле стабильности градуировочной зависимости

Наименование металла	Условия стабильности градуировочной характеристики				
Приписанное значение содержания свинца и цинка в пробе, мкг/дм ³					
	2,0	5,0	10,0	20,0	40,0
Допустимое расхождение в пробе, <i>d</i> , мкг/дм ³					
Свинец	0,075	0,109	0,275	1,38	0,474
Цинк	0,122	0,078	0,236	0,349	0,545
Приписанное значение содержания марганца, хрома и меди в пробе, мкг/дм ³					
	2,0	5,0	10,0	20,0	30,0
Допустимое расхождение в пробе, <i>d</i> , мкг/дм ³					
Марганец	0,109	0,167	0,064	0,469	0,282
Хром	0,179	0,079	0,330	0,366	0,782
Медь	0,125	0,103	0,121	0,386	0,451
Приписанное значение содержания железа в пробе, мкг/дм ³					
	10	25	50	100	200
Допустимое расхождение в пробе, <i>d</i> , мкг/дм ³					
Железо	0,718	0,812	0,448	0,817	2,06
Приписанное значение содержания никеля в пробе, мкг/дм ³					
	5,0	10,0	20,0	40,0	60,0
Допустимое расхождение в пробе, <i>d</i> , мкг/дм ³					
Никель	0,094	0,064	0,469	0,282	0,220
Приписанное значение содержания кадмия в пробе, мкг/дм ³					
	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00
Допустимое расхождение в пробе, <i>d</i> , мкг/дм ³					
Кадмий	0,009	0,007	0,009	0,042	0,063

10.6.2 Если условие стабильности не выполняется для одного градуировочного раствора, необходимо выполнить повторное измерение этого раствора для исключения результата, содержащего грубую

погрешность. При повторном невыполнении условия выясняют причины нестабильности, повторяют измерение с использованием других растворов, предусмотренных методикой. Если градуировочная характеристика вновь не будет удовлетворять условию (1), устанавливают новую градуировочную зависимость.

При выполнении условия (1) учитывают знак разности между измеренными и приписанными значениями концентрации или содержания металла в образцах. Эта разность должна иметь как положительное, так и отрицательное значение. Если же все значения имеют одинаковый знак, это говорит о наличии систематического отклонения. В таком случае требуется установить новую градуировочную зависимость.

11 Порядок выполнения измерений

11.1 Для выполнения измерений на ААС приготовленный по 10.3 раствор атмосферных осадков или аэрозолей дозируют в графитовую печь и выполняют измерение массовой концентрации каждого металла по соответствующей программе ААС. Повторяют измерение и значения массовой концентрации металла усредняют, если расхождение между ними не превышает величины предела повторяемости (см. раздел 12).

11.2 Если величина массовой концентрации металла в пробе выше таковой для последней точки градуировочной зависимости, повторяют измерение после разбавления пробы ультрачистой водой таким образом, чтобы величина аналитического сигнала от разбавленной пробы соответствовала примерно середине диапазона градуировочной зависимости. Для этого в пробирку Эппендорфа вместимостью 2,0 см³ вносят аликвоту анализируемой пробы, соответствующий модификатор и доводят до метки фоновым раствором.

11.3 Для контроля чувствительности и постоянства условий атомизации проб периодически, через 9–10 циклов атомизации, измеряют

абсорбционность градуировочного раствора с максимальной концентрацией определяемого металла. Если полученный результат оказывается заниженным на величину, превышающую предел воспроизводимости R ($2,77\sigma_R$) относительно величины, полученной при градуировке, измерение повторяют. При получении заниженного результата повторного измерения градуировочного образца графитовую трубку атомизатора заменяют.

12 Вычисление и оформление результатов измерений

12.1 Массовую концентрацию металла X , мкг/дм³, в анализируемой пробе атмосферных осадков рассчитывают по формуле

$$X=C_r, \quad (2)$$

где C_r – массовая концентрация определяемого металла, рассчитанная по соответствующей градуировочной зависимости, мкг/дм³.

12.2 Результат измерения массовой концентрации определяемого металла в документах, предусматривающих его использование, представляют в виде

$$\bar{X} \pm \Delta, \text{ мкг/дм}^3, \text{ при } (P=0,95), \quad (3)$$

где \bar{X} – среднее арифметическое значение двух результатов, мкг/дм³, разность между которыми не превышает предела повторяемости r ($2,77\sigma_r$).

$\pm \Delta$ – границы характеристики погрешности измерения данной массовой концентрации металла, мкг/дм³.

12.3 Допустимо представлять результат в виде

$$\bar{X} \pm \Delta_n, \text{ мкг/дм}^3, \text{ при } (P=0,95), \quad (4)$$

где $\pm \Delta_n$ – границы характеристики погрешности результатов измерений, установленные при реализации методики в конкретной лаборатории и обеспечиваемые контролем стабильности результатов измерений, мкг/дм³.

Примечание – Допустимо характеристику погрешности результатов измерений при внедрении методики в лаборатории устанавливать на основе выражения $\Delta_n=0,84\Delta$ с последующим уточнением по мере накопления информации в процессе контроля стабильности результатов измерений.

12.4 Результаты измерений оформляют записью в журнале по формам, приведенным в Руководстве по качеству лаборатории.

Численные значения результата измерений должны оканчиваться цифрой того же разряда, что и значения характеристики погрешности; последние не должны содержать более двух значащих цифр.

12.5 Массовую концентрацию металла X' , мкг/м³, в аэрозолях рассчитывают по формуле

$$X' = \frac{(C_1 - C_0) \cdot V_1}{V_0}, \quad (5)$$

где C_1 – массовая концентрация металла в пробе, мкг/дм³;

C_0 – массовая концентрация металла в пробе с неэкспонированным фильтром, мкг/дм³;

V_1 – объем экстрагирующего раствора, дм³;

V_0 – объем аспирированного через фильтр воздуха, м³.

12.6 Результат измерения массовой концентрации определяемого металла в документах, предусматривающих его использование, представляют в виде

$$\overline{X'} \pm \Delta, \text{ мкг/дм}^3, \text{ при } (P=0,95), \quad (6)$$

где $\overline{X'}$ – среднее арифметическое значение двух результатов, мкг/дм³, разность между которыми не превышает предела повторяемости r ($2,77\sigma_r$).

$\pm\Delta$ – границы характеристики погрешности измерения данной массовой концентрации металла, мкг/дм³.

13 Контроль качества результатов измерений

13.1 Общие положения

13.1.1 Контроль качества результатов измерений при реализации методики в лаборатории предусматривает:

- оперативный контроль исполнителем процедуры выполнения измерений (на основе оценки повторяемости, погрешности при реализации отдельно взятой контрольной процедуры);

- контроль стабильности результатов измерений (на основе контроля стабильности среднеквадратического отклонения повторяемости, погрешности).

13.1.2 Периодичность оперативного контроля и процедуры контроля стабильности результатов измерений регламентируют в Руководстве по качеству лаборатории.

13.2 Алгоритм оперативного контроля повторяемости

13.2.1 Контроль повторяемости осуществляют для каждого из результатов измерений, полученных в соответствии с методикой. Для этого отобранную пробу делят на две части и выполняют измерения в соответствии с разделом 10.

13.2.2 Результат контрольной процедуры r_k , мкг/дм³, рассчитывают по формуле:

$$r_k = X_{max} - X_{min}, \quad (7)$$

где X_{max} , X_{min} – результаты единичных измерений массовой концентрации металла в пробе, мкг/дм³.

13.2.3 Предел повторяемости r_n , мкг/дм³, рассчитывают по формуле

$$r_n = 2,77 \cdot \sigma_r, \quad (8)$$

где σ_r – показатель повторяемости для массовой концентрации, равной – X , мкг/дм³.

13.2.4 Результат контрольной процедуры должен удовлетворять условию

$$r_k \leq r_n. \quad (9)$$

13.2.5 При несоблюдении условия (9) выполняют еще два измерения и сравнивают разницу между максимальным и минимальным результатами с нормативом контроля, равным $3,6 \cdot \sigma_r$. В случае повторного превышения предела повторяемости поступают в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-6 (раздел 5).

13.3 Алгоритм оперативного контроля процедуры выполнения измерений с использованием метода добавок

13.3.1 Оперативный контроль исполнителем процедуры выполнения измерений проводят путем сравнения результатов отдельно взятой контрольной процедуры K_k с нормативом контроля K .

13.3.2 Результат контрольной процедуры K_k , мкг/дм³, рассчитывают по формуле

$$K_k = |X'' - X - C|, \quad (10)$$

где X'' – результат контрольного измерения массовой концентрации металла в пробе с известной добавкой, мкг/дм³;

X – результат контрольного измерения массовой концентрации металла в рабочей пробе атмосферных осадков и аэрозоля, мкг/дм³;

C – величина добавки, мкг/дм³.

13.3.3 Норматив контроля погрешности K , мкг/дм³ рассчитывают по формуле

$$K = \sqrt{(\Delta_{\text{ЛX}'})^2 + (\Delta_{\text{ЛX}})^2}, \quad (11)$$

где $\Delta_{лХ'}$ – значение характеристики погрешности результатов измерений, установленное в лаборатории при реализации методики, соответствующие массовой концентрации металла в пробе с добавкой, мкг/дм³;

$\Delta_{лХ}$ – значения характеристики погрешности результатов измерений, установленные в лаборатории при реализации методики, соответствующие массовой концентрации металла в рабочей пробе, мкг/дм³.

Примечание – Допустимо для расчета норматива контроля использовать значения Характеристики погрешности, полученные расчетным путем по формулам $\Delta_{лХ'} = 0,84 \cdot \Delta_{Х'}$, $\Delta_{лХ} = 0,84 \cdot \Delta_{Х}$, где $\Delta_{Х'}$, $\Delta_{Х}$ – приписанные методике значения Характеристики погрешности, соответствующие концентрации определяемого металла в пробе с добавкой и рабочей пробе, соответственно.

13.3.4 Если результат контрольной процедуры удовлетворяет условию

$$|K_k| \leq K, \quad (12)$$

процедуру анализа признают удовлетворительной.

При невыполнении условия (12) контрольную процедуру повторяют. При повторном невыполнении условия выясняют причины, приводящие к неудовлетворительным результатам, и принимают меры по их устранению.

Приложение А (рекомендуемое)

Методика приготовления стандартных растворов для установления градуировочных характеристик и контроля точности измерений массовой концентрации свинца, кадмия, марганца, никеля, меди, хрома, цинка и железа атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией

А.1 Назначение и область применения

Методика устанавливает процедуры при приготовлении растворов из государственных стандартных образцов, используемых для установления градуировочных характеристик и контроля точности измерений массовой концентрации свинца, кадмия, марганца, никеля, меди, хрома, цинка и железа в атмосферных осадках и аэрозолях атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией.

А.2 Метрологические характеристики

Метрологические характеристики стандартных растворов ГСО, используемых для установления градуировочных характеристик и контроля точности измерений массовой концентрации свинца, кадмия, марганца, никеля, меди, хрома, цинка и железа в атмосферных осадках и аэрозолях атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 - Метрологические характеристики стандартных растворов свинца, кадмия, марганца, никеля, меди, хрома, цинка и железа при доверительной вероятности $P = 0,95 \%$

Номер СО	Наименование металла	Аттестованная характеристика СО	Обозначение единицы концентрации	Аттестованное значение металла в СО, г/дм ³	Границы относительной погрешности аттестованного значения СО при доверительной вероятности 0,95 %
РМ-2 ГСО 7272-96	Железо	Массовая концентрация металла	г/дм ³	0,511	±2,0
	Никель			0,103	
	Свинец			0,102	
	Марганец			0,101	
	Цинк			0,101	
РМ-3 ГСО 7325-96	Кадмий			0,101	±2,0
	Хром			0,103	
	Медь			0,100	

А.3 Средства измерений, вспомогательные устройства

А.3.1 Колбы мерные 2-го класса точности исполнения 2, 2а по ГОСТ 1770–74 вместимостью: 50 см³ – 4 шт., 200 см³ – 22 шт., 1000 см³ – 2 шт.

А.3.2 Пипетки градуированные 1-го класса точности исполнения 1, 2 по ГОСТ 29227–91 вместимостью: 1 см³ – 2 шт., 2 см³ – 1 шт., 10 см³ – 1 шт.

А.3.3 Пипетки с одной отметкой 1-го класса точности исполнения 2 по ГОСТ 29169–91 вместимостью: 1 см³ – 2 шт., 2 см³ – 2 шт., 5 см³ – 2 шт., 10 см³ – 2 шт.

А.3.4 Стаканчики для взвешивания СВ-24/10 по ГОСТ 25336–82 – 2 шт.

А.3.5 Дозаторы пипеточные со сменным наконечником 2-го класса точности типа ДПВ-1 по ТУ 9452-001-33189998–95 с объемом дозирования от 1 до 10 мм³ – 1 шт., от 40 до 200 мм³ – 1 шт., от 200 до 1000 мм³ – 1 шт.

А.3.6 Наконечник одноканальный к дозатору вместимостью от 0,2 до 50 мм³ – 1000 шт., от 40 до 200 мм³ – 200 шт., от 200 до 1000 мм³ – 40 шт.

А.3.7 Колбы конические исполнения 2 по ГОСТ 25336–82 вместимостью 50 см³ – 20 шт.

А.3.8 Стакан лабораторный стеклянный В-1-1000 ТС с мерной шкалой по ГОСТ 25336–82.

А.3.9 Цилиндр 1-го класса точности исполнения 1, по ГОСТ 1770–74, вместимостью 500 см³.

А.3.10 Пипетки с одной меткой не ниже 1-го класса точности, исполнения 2 по ГОСТ 29169–91 вместимостью: 1 см³ – 3 шт., 2 см³ – 3 шт., 5 см³ – 3 шт., 10 см³ – 2 шт., 20 см³ – 2 шт.

А.3.11 Чашки ЧБН-1-100 (Петри) по ГОСТ 25336–82 – 10 шт.

А.3.12 Эксикатор исполнения 2 с диаметром корпуса 190 мм по ГОСТ 25336–82.

А.3.13 Низкотемпературная лабораторная электропечь типа SNOL 67/350.

А.4 Исходные компоненты для приготовления растворов из ГСО

А.4.1 Кислота азотная концентрированная по ГОСТ 11125–84 ос.ч.

А.4.2 Спирт этиловый ректификованный по ГОСТ 5962–2013.

А.4.3 Вода дистиллированная по ГОСТ 6709–72.

А.4.4 Вода деионизованная на установке для финальной очистки воды по ГОСТ 25661–83 с удельным сопротивлением не менее 18,2 МОм.

А.4.3 Раствор азотной кислоты 1:1

В мерный стакан вместимостью 1000 см³ помещают 500 см³ деионизованной воды, цилиндром вместимостью 500 см³ отмеряют 500 см³ концентрированной азотной кислоты и осторожно по каплям добавляют в мерный стакан. Используют при приготовлении градуировочных растворов.

А.4.4 Раствор азотной кислоты 1:200 (фоновый раствор)

В мерную колбу вместимостью 1000 см³ помещают 100 см³ деионизованной воды, переносят 10 см³ раствора азотной кислоты 1:1 доводят

деионизованной водой до метки. Используют при приготовлении градуировочных растворов.

А.5 Приготовление основных градуировочных растворов из РМ-2 ГСО 7272–96

А.5.1 Процедура приготовления основного градуировочного раствора СО1 массовой концентрацией 50 мг/дм³ железа и 10,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка

А.5.1.1 Вскрывают ампулу стандартного образца РМ-2 никеля, свинца, марганца, цинка и железа. Содержимое ампулы выливают в чистый сухой стаканчик для взвешивания СВ-24/10, отбирают пипеткой с одной отметкой вместимостью 5 см³ и переносят его в мерную колбу вместимостью 50 см³. Доводят до метки фоновым раствором.

А.5.1.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 50 мг/дм³ железа и 10,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка.

А.5.2 Расчет погрешности приготовления основного градуировочного раствора СО1

Расчет погрешности приготовления раствора никеля, свинца, марганца, цинка с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ и железа – 50 мг/дм³ проводят по формулам

$$\Delta_{\text{СО1}}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{Ni}}}{\mu_{\text{Ni}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{Pb}}}{\mu_{\text{Pb}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{Mn}}}{\mu_{\text{Mn}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{Zn}}}{\mu_{\text{Zn}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_2}}{V_2}\right)^2}, \quad (\text{A.1})$$

$$\Delta_{\text{СО1}}^{\text{Fe}} = 50 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{Fe}}}{\mu_{\text{Fe}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_2}}{V_2}\right)^2}, \quad (\text{A.2})$$

где Δ_{Fe} , Δ_{Ni} , Δ_{Pb} , Δ_{Zn} , Δ_{Mn} – погрешности аттестованных значений ГСО железа, никеля, свинца, цинка и марганца, мг;

μ_{Fe} , μ_{Ni} , μ_{Pb} , μ_{Zn} , μ_{Mn} – массовая доля основного вещества, приписанная

соответствующему реактиву, мг;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_2} – предельное значение возможного отклонения вместимости пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_2 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³.

Погрешность приготовления основного градуировочного раствора с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка и 50 мг/дм³ железа

$$\Delta_{\text{CO1}}^{\text{Ni,Pb,Zn,Mn}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,00206}{0,103}\right)^2 + \left(\frac{0,00204}{0,102}\right)^2 + \left(\frac{0,00202}{0,101}\right)^2 + \left(\frac{0,12}{50}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{5}\right)^2} =$$

$$= 0,352 \text{ мг/дм}^3,$$

$$\Delta_{\text{CO1}}^{\text{Fe}} = 50 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,01022}{0,511}\right)^2 + \left(\frac{0,12}{50}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{5}\right)^2} = 1,051 \text{ мг/дм}^3.$$

А.5.3 Процедура приготовления промежуточного градуировочного раствора СО2 с массовой концентрацией 10 мг/дм³ железа и 2,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка

А.5.3.1 Отбирают 10 см³ раствора СО1 пипеткой с одной отметкой вместимостью 10 см³, переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.5.3.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 2,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка и 10 мг/дм³ железа.

А.5.4 Расчет погрешности приготовления промежуточного стандартного раствора CO₂ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ железа и 2,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка

Расчет погрешности приготовления раствора железа с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ проводят по формуле

$$\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_1}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_1}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.3})$$

где C_{CO_1} - основной стандартный раствор с массовой концентрацией 50 мг/дм³ железа;

$\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора с массовой концентрацией 50 мг/дм³ железа;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_3 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

$$\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{1,051}{50}\right)^2 + \left(\frac{0,12}{50}\right)^2 + \left(\frac{0,04}{10}\right)^2} = 0,215 \text{ мг/дм}^3.$$

Расчет погрешности приготовления раствора никеля, свинца, марганца и цинка с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ проводят по формуле

$$\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_1}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}}}{C_{\text{CO}_1}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.4})$$

где C_{CO_1} - основной стандартный раствор с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка;

$\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка;

ΔV_1 – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

ΔV_3 – предельное значение возможного отклонения вместимости пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_3 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

$$\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,352}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,12}{50}\right)^2 + \left(\frac{0,04}{10}\right)^2} = 0,071 \text{ мг/дм}^3.$$

А.6 Приготовление рабочих градуировочных растворов для атмосферных осадков

А.6.1 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 10 мкг/дм³ железа и 2 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

А.6.1.1 Отбирают 200 мм³ раствора СО₂ дозатором типа ДПВ-1 со сменным наконечником от 200 до 1000 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.6.1.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 10 мкг/дм³ железа и 2 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца.

А.6.2 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 10 мкг/дм³ железа и 2 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

Расчет погрешности проводят по формулам

$$\Delta_{10}^{\text{Fe}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.5})$$

$$\Delta_2^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.6})$$

где C_{CO_2} – промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 50 мг/дм³ железа и 10,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка.

Δ_{10}^{Fe} – погрешность приготовления основного стандартного раствора с массовой концентрацией 50 мг/дм³ железа;

$\Delta_2^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}}$ – погрешность приготовления основного стандартного раствора с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка;

Δ_{V_4} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_4 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_5} – предельное значение возможного отклонения вместимости наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_5 – вместимость наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{10}^{\text{Fe}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,215}{10000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,151 \text{ мкг/дм}^3,$$

$$\Delta_2^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,030 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.6.3 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 25 мкг/дм³ железа и 5 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

А.6.3.1 Отбирают 500 мм³ раствора СО₂ дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 200 до 1000 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.6.3.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 25 мкг/дм³ железа и 5 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца.

А.6.4 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 25 мкг/дм³ железа и 5 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

Расчет погрешности приготовления проводят по формулам

$$\Delta_{25}^{\text{Fe}} = 25 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.7})$$

$$\Delta_5^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}} = 5 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.8})$$

$$\Delta_{25}^{\text{Fe}} = 25 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,215}{10000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,377 \text{ мкг/дм}^3,$$

$$\Delta_5^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 5 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,075 \text{ мкг/дм}^3$$

А.6.5 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 50 мкг/дм³ железа и 10 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

А.6.5.1 Отбирают 1000 мм³ раствора СО₂ дозатором типа ДПВ-1 со сменным наконечником от 200 до 1000 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.6.5.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 50 мкг/дм³ железа и 10 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца.

А.6.6 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 50 мкг/дм³ железа и 10 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

Расчет погрешности приготовления производят по формулам

$$\Delta_{50}^{\text{Fe}} = 50 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.9})$$

$$\Delta_{10}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.10})$$

$$\Delta_{50}^{\text{Fe}} = 50 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,215}{10000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,754 \text{ мкг/дм}^3,$$

$$\Delta_{10}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,150 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.6.7 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 100 мкг/дм³ железа и 20 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

А.6.7.1 Отбирают 2 см³ раствора СО₂ пипеткой с одной меткой вместимостью 2,0 см³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.6.7.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 100 мкг/дм³ железа и 20 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца.

А.6.8 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 100 мкг/дм³ железа и 20 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

Расчет погрешности приготовления проводят по формулам

$$\Delta_{100}^{\text{Fe}} = 100 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.11})$$

$$\Delta_{20}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}} = 20 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.12})$$

$$\Delta_{100}^{\text{Fe}} = 100 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,215}{10000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{2}\right)^2} = 1,01 \text{ мкг/дм}^3,$$

$$\Delta_{20}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 20 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{0,02}{2}\right)^2} = 0,20 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.6.9 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 200 мкг/дм³ железа и 40 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

А.6.9.1 Отбирают 4 см³ раствора CO₂ градуированной пипеткой вместимостью 5,0 см³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.6.9.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 200 мкг/дм³ железа и 40 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца.

А.6.10 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 200 мкг/дм³ железа и 40 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

Расчет погрешности приготовления проводят по формулам

$$\Delta_{200}^{\text{Fe}} = 200 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.13})$$

$$\Delta_{40}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}} = 40 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Mn, Zn}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.14})$$

$$\Delta_{200}^{\text{Fe}} = 200 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,215}{10000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{0,05}{5}\right)^2} = 2,02 \text{ мкг/дм}^3,$$

$$\Delta_{40}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 40 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{0,05}{5}\right)^2} = 0,40 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.6.11 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 60 мкг/дм³ никеля

А.6.11.1 Отбирают 5 см³ раствора СО₂ градуированной пипеткой вместимостью 5,0 см³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.6.11.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 60 мкг/дм³ никеля

А.6.12 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 60 мкг/дм³ никеля

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{60}^{\text{Ni}} = 60 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.15})$$

$$\Delta_{60}^{\text{Ni}} = 60 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2000}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{0,05}{5}\right)^2} = 0,61 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.7 Приготовление градуировочных растворов из РМ-3 ГСО 7325-96

А.7.1 Процедура приготовления основного градуировочного раствора СОЗ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди

А.7.1.1 Вскрывают ампулу стандартного образца РМ-3 кадмия, хрома и меди. Содержимое ампулы выливают в чистый сухой стаканчик для взвешивания СВ-24/10, отбирают 5 см³ пипеткой с одной меткой и переносят его в мерную колбу вместимостью 50 см³. Доводят до метки фоновым раствором.

А.7.1.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 10,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди.

А.7.2 Расчет погрешности приготовления основного стандартного раствора СОЗ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ кадмия хрома и меди

Расчет погрешности приготовления раствора с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди проводят по формуле

$$\Delta_{\text{СОЗ}}^{\text{Cd, Cr, Cu}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{Cd}}}{\mu_{\text{Cd}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{Cr}}}{\mu_{\text{Cr}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{Cu}}}{\mu_{\text{Cu}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_2}}{V_2}\right)^2}, \quad (\text{A.16})$$

где Δ_{Cd} , Δ_{Cr} , Δ_{Cu} – погрешности аттестованных значений ГСО кадмия, хрома и меди соответственно, мг;

μ_{Cd} , μ_{Cr} , μ_{Cu} – массовая доля основного вещества, приписанная соответствующему реактиву, г;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_2} – предельное значение возможного отклонения вместимости пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_2 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³.

$$\Delta_{\text{CO}_3}^{\text{Cd, Cr, Cu}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,00202}{0,101}\right)^2 + \left(\frac{0,00206}{0,103}\right)^2 + \left(\frac{0,0020}{0,100}\right)^2 + \left(\frac{0,12}{50}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{5}\right)^2} =$$

$$= 0,352 \text{ мг/дм}^3$$

А.7.3 Процедура приготовления промежуточного стандартного раствора СО4 с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди

А.7.3.1 Отбирают 10 см³ раствора СО3 пипеткой с одной отметкой вместимостью 10 см³, переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.7.3.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 2,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди.

А.7.4 Расчет погрешности приготовления промежуточного стандартного раствора СО4 с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди

Расчет погрешности приготовления раствора с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди проводят по формуле

$$\Delta_{\text{CO}_4}^{\text{Cd, Cr, Cu}} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_3}^{\text{Cd, Cr, Cu}}}{C_{\text{CO}_3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.17})$$

где C_{CO_3} - основной стандартный раствор с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди;

$\Delta_{\text{CO}_3}^{\text{Cd, Cr, Cu}}$ – погрешность приготовления основного стандартного раствора с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

ΔV_3 – предельное значение возможного отклонения вместимости пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_3 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

$$\Delta_{\text{CO}_4}^{\text{Cd, Cr, Cu}} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,352}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,12}{50}\right)^2 + \left(\frac{0,04}{10}\right)^2} = 0,071 \text{ мг/дм}^3.$$

А.7.5 Процедура приготовления промежуточного стандартного раствора СО5 с массовой концентрацией 0,5 мг/дм³ кадмия, хрома и меди

А.7.5.1 Отбирают 10 см³ раствора СО3 пипеткой с одной отметкой вместимостью 10 см³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.7.5.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 0,5 мг/дм³ кадмия, хрома и меди.

А.7.6 Расчет погрешности приготовления промежуточного стандартного раствора СО5 с массовой концентрацией 0,5 мг/дм³ кадмия, хрома и меди

Расчет погрешности приготовления раствора кадмия, хрома и меди с массовой концентрацией 0,5 мг/дм³ проводят по формуле

$$\Delta_{\text{CO}_5}^{\text{Cd, Cr, Cu}} = 0,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_3}^{\text{Cd, Cr, Cu}}}{C_{\text{CO}_3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_1}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_3}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.18})$$

где C_{CO_3} – основной стандартный раствор с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди;

$\Delta_{\text{CO}_3}^{\text{Cd, Cr, Cu}}$ – погрешность приготовления основного стандартного раствора с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди;

ΔV_1 – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_3 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

$$\Delta_{\text{CO}_5}^{\text{Cd, Cr, Cu}} = 0,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,352}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{0,04}{10}\right)^2} = 0,018 \text{ мг/дм}^3.$$

А.8 Приготовление рабочих градуировочных растворов с массовыми концентрациями 2,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0 мкг/дм³ кадмия, хрома и меди

А.8.1 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ кадмия, хрома и меди

А.8.1.1 Отбирают 200 мм³ раствора СО4 дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 200 до 1000 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.8.1.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 2 мкг/дм³ кадмия, хрома и меди.

А.8.2 Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ кадмия, хрома и меди

Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора кадмия, хрома и меди с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ проводят по формуле

$$\Delta_2^{\text{Cd, Cr, Cu}} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_4}^{\text{Cd, Cr, Cu}}}{C_{\text{CO}_4}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.19})$$

где C_{CO_4} – промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ кадмия, хрома и меди;

$\Delta_{\text{CO}_4}^{\text{Cd, Cr, Cu}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, см³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, см³;

$$\Delta_2^{\text{Cd, Cr, Cu}} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,071 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.8.3 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 5,0 мкг/дм³ кадмия, хрома и меди

А.8.3.1 Отбирают 500 мм³ раствора СО₄ дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 200 до 1000 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.8.3.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 5,0 мкг/дм³ кадмия, хрома и меди.

А.8.4 Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 5,0 мкг/дм³ кадмия, хрома и меди

Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора хрома и меди с массовой концентрацией 5,0 мкг/дм³ проводят по формуле

$$\Delta_5^{\text{Cd, Cr, Cu}} = 5 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_4}^{\text{Cd, Cr, Cu}}}{C_{\text{CO}_4}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.20})$$

где C_{CO_4} – промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди;

$\Delta_{\text{CO}_4}^{\text{Cd, Cr, Cu}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди;

ΔV_1 – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

ΔV_3 – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-, мм³;

$$\Delta_5^{\text{Cd, Cr, Cu}} = 5 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,19 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.8.5 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 10,0 мкг/дм³ хрома и меди

А.8.5.1 Отбирают 200 мм³ раствора СОЗ дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 200 до 1000 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.8.5.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 10,0 мкг/дм³ хрома и меди.

А.8.6 Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 10,0 мкг/дм³ хрома и меди

Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 10,0 мкг/дм³ хрома и меди проводят по формуле

$$\Delta_{10}^{\text{Cr, Cu}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_3}^{\text{Cr, Cu}}}{C_{\text{CO}_3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_1}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_3}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.21})$$

где C_{CO_3} – основной стандартный раствор с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди;

$\Delta_{\text{CO}_3}^{\text{Cr, Cu}}$ – погрешность приготовления основного стандартного раствора с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{10}^{\text{Cr, Cu}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,352}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,38 \text{ мкг/дм}^3$$

А.8.7 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 20,0 мкг/дм³ хрома и меди

А.8.7.1 Отбирают 400 мм³ раствора СОЗ дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 200 до 1000 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.8.7.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 20,0 мкг/дм³ хрома и меди.

А.8.8 Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 20,0 мкг/дм³ хрома и меди

Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 20,0 мкг/дм³ хрома и меди проводят по формуле

$$\Delta_{20}^{\text{Cr, Cu}} = 20 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_3}^{\text{Cr, Cu}}}{C_{\text{CO}_3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.22})$$

где C_{CO_3} – основной стандартный раствор с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди;

$\Delta_{\text{CO}_3}^{\text{Cr, Cu}}$ – погрешность приготовления основного стандартного раствора с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{20}^{\text{Cr, Cu}} = 20 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,352}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,77 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.8.9 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 30,0 мкг/дм³ хрома и меди

А.8.9.1 Отбирают 600 мм³ раствора СО₃ дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 200 до 1000 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.8.9.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 30,0 мкг/дм³ хрома и меди.

А.8.10 Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 30,0 мкг/дм³ хрома и меди

Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 30,0 мкг/дм³ хрома и меди проводят по формуле

$$\Delta_{30}^{\text{Cr, Cu}} = 30 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_3}^{\text{Cr, Cu}}}{C_{\text{CO}_3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.23})$$

где $C_{\text{СОЗ}}$ – основной стандартный раствор с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди;

$\Delta_{\text{СОЗ}}^{\text{Cr,Cu}}$ – погрешность приготовления основного стандартного раствора с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди;

ΔV_1 – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

ΔV_3 – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{30}^{\text{Cr,Cu}} = 30 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,352}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 1,15 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.9 Приготовление рабочих градуировочных растворов с массовыми концентрациями 0,10; 0,25; 0,50; 1,00; 2,00 мкг/дм³ кадмия

А.9.1 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,10 мкг/дм³ кадмия

А.9.1.1 Отбирают 40 мм³ раствора СО5 дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 40 до 200 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.9.1.2 Полученному раствору кадмия приписывают массовую концентрацию 0,10 мкг/дм³.

А.9.2 Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,10 мкг/дм³ кадмия

Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,10 мкг/дм³ кадмия проводят по формуле

$$\Delta_{0,1}^{\text{Cd}} = 0,10 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO5}}^{\text{Cd}}}{C_{\text{CO5}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.24})$$

где C_{CO5} – промежуточный стандартный раствор кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

$\Delta_{\text{CO5}}^{\text{Cd}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{0,1}^{\text{Cd}} = 0,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,018}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{4}{200}\right)^2} = 0,004 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.9.3 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,25 мкг/дм³ кадмия

А.9.3.1 Отбирают 100 мм³ раствора СО5 дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 40 до 200 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.9.3.2 Полученному раствору кадмия приписывают массовую концентрацию 0,25 мкг/дм³.

А.9.4 Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,25 мкг/дм³ кадмия

Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,25 мкг/дм³ проводят по формуле

$$\Delta_{0,25}^{\text{Cd}} = 0,25 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_5}^{\text{Cd}}}{C_{\text{CO}_5}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.25})$$

где C_{CO_5} – промежуточный стандартный раствор кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

$\Delta_{\text{CO}_5}^{\text{Cd}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{0,25}^{\text{Cd}} = 0,25 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,018}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{4}{200}\right)^2} = 0,010 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.9.5 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,5 мкг/дм³ кадмия

А.9.5.1 Отбирают 200 мм³ раствора СО5 дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 20 до 200 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.9.5.2 Полученному раствору кадмия приписывают массовую концентрацию 0,5 мкг/дм³.

А.9.6 Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,5 мкг/дм³ кадмия

Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,5 мкг/дм³ проводят по формуле

$$\Delta_{0,5}^{Cd} = 0,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{CO_5}^{Cd}}{C_{CO_5}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (A.26)$$

где C_{CO_5} – промежуточный стандартный раствор кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

$\Delta_{CO_5}^{Cd}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{0,5}^{Cd} = 0,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,018}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{4}{200}\right)^2} = 0,021 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.9.7 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 1,0 мкг/дм³ кадмия

А.9.7.1 Отбирают 400 мм³ раствора CO₅ дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 200 до 1000 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.9.7.2 Полученному раствору кадмия приписывают массовую концентрацию 1,0 мкг/дм³.

А.9.8 Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 1,0 мкг/дм³ кадмия

Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора кадмия с массовой концентрацией 1,0 мкг/дм³ проводят по формуле

$$\Delta_{1,0}^{\text{Cd}} = 1,0 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_5}^{\text{Cd}}}{C_{\text{CO}_5}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.27})$$

где C_{CO_5} – промежуточный стандартный раствор кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

$\Delta_{\text{CO}_5}^{\text{Cd}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{1,0}^{\text{Cd}} = 1 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,018}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,039 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.9.9 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ кадмия

А.9.9.1 Отбирают 800 мм³ раствора СО₅ дозатором типа ДВП-1 со сменным наконечником от 200 до 1000 мм³, переносят в мерную колбу вместимостью 200 см³ и доводят до метки фоновым раствором.

А.9.9.2 Полученному раствору кадмия приписывают массовую концентрацию 2,0 мкг/дм³.

А.9.10 Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ кадмия

Расчет погрешности приготовления градуировочного раствора кадмия с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ проводят по формуле

$$\Delta_{2,0}^{Cd} = 2,0 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{CO5}^{Cd}}{C_{CO5}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_1}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_3}{V_3}\right)^2}, \quad (A.28)$$

где C_{CO5} – промежуточный стандартный раствор кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

Δ_{CO5}^{Cd} – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

ΔV_1 – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной колбы от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной колбы, см³;

ΔV_3 – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{2,0}^{Cd} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,018}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,3}{200}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 0,078 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.10 Приготовление рабочих градуировочных растворов для аэрозолей с массовыми концентрациями 10,0; 25,0; 50,0; 100,0; 200,0 мкг/дм³ железа, 5,0; 10,0; 20,0; 40,0 и 60,0 мкг/дм³ никеля и 2,0; 5,0; 10,0; 20,0; 40,0 мкг/дм³ свинца, марганца, цинка

А.10.1 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 10,0 мкг/дм³ железа и 2,0 мкг/дм³ свинца, марганца, цинка

А.10.1.1 Помещают чистый фильтр в чашу Петри, в центр фильтра дозатором типа ДВП-1 вносят 0,2 см³ ректификованного этилового спирта. Затем дозатором типа ДВП-1 на фильтр вносят 20 мм³ раствора СО₂ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ железа, и 2,0 мг/дм³ свинца, марганца и цинка. Высушивают фильтр в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в

эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.10.1.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 10,0 мкг/дм³ железа и 2,0 мкг/дм³ свинца, марганца, цинка.

А.10.2 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 10,0 мкг/дм³ железа и 2,0 мкг/дм³ свинца, марганца, цинка

Расчет погрешности для аэрозолей проводят по формулам

$$\Delta_{10a}^{\text{Fe}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.29})$$

$$\Delta_{2a}^{\text{Pb, Zn, Mn}} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Pb, Zn, Mn}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2} \quad (\text{A.30})$$

где C_{CO_2} – промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 10,0 мкг/дм³ свинца, марганца, цинка и 50 мкг/дм³ железа;

$\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора с массовой концентрацией железа 50 мкг/дм³;

$\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Pb, Zn, Mn}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора с массовой концентрацией 10,0 мкг/дм³ свинца, марганца, цинка;

Δ_{V_4} – предельное значение возможного отклонения вместимости пипетки с одной меткой, см³;

V_4 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

Δ_{V_5} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_5 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{10a}^{\text{Fe}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,215}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{3}{50}\right)^2} = 0,64 \text{ мкг/дм}^3,$$

$$\Delta_{2a}^{\text{Pb, Zn, Mn}} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{3}{50}\right)^2} = 0,14 \text{ мкг/дм}^3$$

А.10.3 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 25,0 мкг/дм³ железа и 5,0 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

А.10.3.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 50 мм³ раствора СО₂ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ железа, и 2,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца и цинка. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.10.3.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 25,0 мкг/дм³ железа и 5,0 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца.

А.10.4 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 25,0 мкг/дм³ железа и 5,0 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

Расчет погрешности приготовления проводят по формулам

$$\Delta_{25a}^{\text{Fe}} = 25 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.31})$$

$$\Delta_{5a}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 5 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.32})$$

$$\Delta_{25a}^{\text{Fe}} = 25 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,215}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{3}{50}\right)^2} = 1,59 \text{ мкг/дм}^3,$$

$$\Delta_{5a}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 5 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{3}{50}\right)^2} = 0,35 \text{ мкг/дм}^3$$

А.10.5 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 50,0 мкг/дм³ железа и 10,0 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

А.10.5.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 100 мм³ раствора CO₂ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ железа, и 2,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца и цинка. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.10.5.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 50 мкг/дм³ железа и 10 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца.

А.10.6 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 50,0 мкг/дм³ железа и 10,0 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

Расчет погрешности приготовления проводят по формулам

$$\Delta_{50a}^{\text{Fe}} = 50 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.33})$$

$$\Delta_{10a}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.34})$$

$$\Delta_{50a}^{\text{Fe}} = 50 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,215}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{2}{200}\right)^2} = 1,19 \text{ мкг/дм}^3,$$

$$\Delta_{10a}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{2}{200}\right)^2} = 0,37 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.10.7 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 100,0 мкг/дм³ железа и 20,0 мкг/дм³ никеля, свинца, цинка, марганца

А.10.7.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 200 мм³ раствора СО₂ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ железа, и 2,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца и цинка. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.10.7.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 100,0 мкг/дм³ железа и 20,0 мкг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка.

А.10.8 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 100,0 мкг/дм³ железа и 20,0 мкг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка

Расчет погрешности приготовления проводят по формулам

$$\Delta_{100a}^{\text{Fe}} = 100 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.35})$$

$$\Delta_{20a}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 20 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.36})$$

$$\Delta_{100a}^{\text{Fe}} = 100 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,215}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{2}{200}\right)^2} = 2,38 \text{ мкг/дм}^3,$$

$$\Delta_{20a}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 20 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{2}{200}\right)^2} = 0,74 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.10.9 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 200,0 мкг/дм³ железа и 40,0 мкг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка

А.10.9.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 400 мм³ раствора СО₂ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ железа, и 2,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца и цинка. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной

меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.10.9.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 200,0 мкг/дм³ железа и 40,0 мкг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка.

А.10.10 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовыми концентрациями 200,0 мкг/дм³ железа и 40,0 мкг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка.

Расчет погрешности приготовления проводят по формулам

$$\Delta_{200a}^{\text{Fe}} = 200 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Fe}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.37})$$

$$\Delta_{40a}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 40 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.38})$$

$$\Delta_{200a}^{\text{Fe}} = 200 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,215}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 5,25 \text{ мкг/дм}^3,$$

$$\Delta_{40a}^{\text{Ni, Pb, Zn, Mn}} = 40 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 1,54 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.10.11 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 60 мкг/дм³ никеля

А.10.11.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 600 мм³ раствора СО₂ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ железа, и 2,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца и цинка. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³

этилового спирта ректифицированного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.10.11.2 Полученному раствору никеля приписывают массовую концентрацию 60 мкг/дм³.

А.10.12 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 60,0 мкг/дм³ никеля

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{60a}^{\text{Ni}} = 60 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO}_2}^{\text{Ni}}}{C_{\text{CO}_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_4}}{V_4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_5}}{V_5}\right)^2}, \quad (\text{A.39})$$

$$\Delta_{60a}^{\text{Ni}} = 60 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{15}{1000}\right)^2} = 2,31 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.11 Приготовление рабочих градуировочных растворов для аэрозолей с массовыми концентрациями 2,0; 5,0; 10,0; 20,0 и 30,0 мкг/дм³ хрома и меди

А.11.1 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ хрома и меди

А.11.1.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 20 мм³ раствора СО4 с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ хрома и меди. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректифицированного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.11.1.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 2,0 мкг/дм³ хрома и меди.

А.11.2 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ хрома и меди

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{2a}^{Cr, Cu} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{CO4}^{Cr, Cu}}{C_{CO4}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V1}}{V1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V3}}{V3}\right)^2}, \quad (A.40)$$

где C_{CO4} - промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ хрома и меди;

$\Delta_{CO4}^{Cr, Cu}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ хрома и меди;

Δ_{V1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

$V1$ – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

Δ_{V3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

$V3$ – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{2a}^{Cr, Cu} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{3}{50}\right)^2} = 0,14 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.11.3 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 5,0 мкг/дм³ хрома и меди

А.11.3.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 50 мм³ раствора CO4 с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ хрома и меди. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу

вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректифицированного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.11.3.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 5,0 мкг/дм³ хрома и меди.

А.11.4 Расчет погрешности рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 5,0 мкг/дм³ хрома и меди

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{5a}^{\text{Cr, Cu}} = 5 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO4}}^{\text{Cr, Cu}}}{C_{\text{CO4}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.41})$$

где C_{CO4} – промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ хрома и меди;

$\Delta_{\text{CO4}}^{\text{Cr, Cu}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ хрома и меди;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{5a}^{\text{Cr, Cu}} = 5 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{3}{50}\right)^2} = 0,35 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.11.5 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 10,0 мкг/дм³ хрома и меди

А.11.5.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 20 мм³ раствора СОЗ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и

меди. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.11.5.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 10,0 мкг/дм³ хрома и меди.

А.11.6 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 10,0 мкг/дм³ хрома и меди

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{10a}^{Cr, Cu} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{CO4}^{Cr, Cu}}{C_{CO4}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (A.42)$$

где C_{CO4} – промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ хрома и меди;

$\Delta_{CO4}^{Cr, Cu}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора с массовой концентрацией 2,0 мкг/дм³ хрома и меди;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{10a}^{Cr, Cu} = 10 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,071}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{3}{50}\right)^2} = 0,70 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.11.7 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 20,0 мкг/дм³ хрома и меди

А.11.7.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 40 мм³ раствора СОЗ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.11.7.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 20,0 мкг/дм³ хрома и меди.

А.11.8 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 20,0 мкг/дм³ хрома и меди

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{20a}^{Cr, Cu} = 20 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{Cr, Cu}}{C_{CO3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (A.43)$$

где C_{CO3} - основной стандартный раствор с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди;

$\Delta_{CO3}^{Cr, Cu}$ – погрешность приготовления основного стандартного раствора с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{20a}^{Cr, Cu} = 20 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,352}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{3}{50}\right)^2} = 1,39 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.11.9 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 30,0 мкг/дм³ хрома и меди

А.11.9.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 60 мм³ раствора СОЗ с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.11.9.2 Полученному раствору приписывают массовую концентрацию 30,0 мкг/дм³ хрома и меди.

А.11.10 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 30,0 мкг/дм³ хрома и меди

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{30a}^{Cr, Cu} = 30 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{CO3}^{Cr, Cu}}{C_{CO3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V1}}{V1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V3}}{V3}\right)^2}, \quad (\text{A.44})$$

где C_{CO3} - основной стандартный раствор с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди;

$\Delta_{CO3}^{Cr, Cu}$ – погрешность приготовления основного стандартного раствора с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ хрома и меди;

Δ_{V1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

ΔV_3 – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{30a}^{Cr, Cu} = 30 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,352}{10}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{2}{100}\right)^2} = 1,21 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.12 Приготовление рабочих градуировочных растворов для аэрозолей с массовыми концентрациями 0,10; 0,25; 0,50; 1,00 и 2,00 мкг/дм³ кадмия

А.12.1 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора для аэрозолей с массовой концентрацией 0,10 мкг/дм³ кадмия

А.12.1.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 4 мм³ раствора СО5 с массовой концентрацией 0,5 мг/дм³ кадмия. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.12.1.2 Полученному раствору кадмия приписывают массовую концентрацию 0,10 мкг/дм³.

А.12.2 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,10 мкг/дм³ кадмия

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{0,1a}^{Cd} = 0,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{CO5}^{Cd}}{C_{CO5}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V3}}{V_3}\right)^2}, \quad (A.45)$$

где C_{CO5} - промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³ кадмия;

Δ_{CO5}^{Cd} – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

Δ_{V1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

Δ_{V3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{0,1a}^{Cd} = 0,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,018}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{2}{10}\right)^2} = 0,02 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.12.3 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,25 мкг/дм³ кадмия

А.12.3.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 10 мм³ раствора CO5 с массовой концентрацией 0,5 мг/дм³ кадмия. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.12.3.2 Полученному раствору кадмия приписывают массовую концентрацию 0,25 мкг/дм³.

А.12.4 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,25 мкг/дм³ кадмия

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{0,25a}^{Cd} = 0,25 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{CO5}^{Cd}}{C_{CO5}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V3}}{V_3}\right)^2}, \quad (A.46)$$

где C_{CO5} - промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³ кадмия;

Δ_{CO5}^{Cd} – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

Δ_{V1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной пипетки, см³;

Δ_{V3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{0,25a}^{Cd} = 0,25 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,018}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{2}{50}\right)^2} = 0,013 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.12.5 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,50 мкг/дм³ кадмия

А.12.5.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 20 мм³ раствора CO5 с массовой концентрацией 0,5 мг/дм³ кадмия. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В

колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.12.5.2 Полученному раствору кадмия приписывают массовую концентрацию 0,50 мкг/дм³.

А.12.6 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 0,50 мкг/дм³ кадмия

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{0,5a}^{\text{Cd}} = 0,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{CO5}}^{\text{Cd}}}{C_{\text{CO5}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (\text{A.47})$$

где C_{CO5} – промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³ кадмия;

$\Delta_{\text{CO5}}^{\text{Cd}}$ – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной пипетки, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{0,5a}^{\text{Cd}} = 0,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,018}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{2}{50}\right)^2} = 0,027 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.12.7 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 1,00 мкг/дм³ кадмия

А.12.7.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 40 мм³ раствора СО5 с массовой концентрацией 0,5 мг/дм³ кадмия.

Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.12.7.2 Полученному раствору кадмия приписывают массовую концентрацию 1,00 мкг/дм³.

А.12.8 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 1,00 мкг/дм³ кадмия

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{1,0a}^{Cd} = 1,0 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{CO5}^{Cd}}{C_{CO5}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V3}}{V_3}\right)^2}, \quad (A.48)$$

где C_{CO5} – промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³ кадмия;

Δ_{CO5}^{Cd} – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора кадмия с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³;

Δ_{V1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной пипетки с одной меткой, см³;

Δ_{V3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{1,0a}^{Cd} = 1,0 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,018}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{2}{50}\right)^2} = 0,054 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.12.9 Процедура приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 2,00 мкг/дм³ кадмия

А.12.9.1 На подготовленный согласно А.10.1 чистый фильтр дозатором типа ДВП-1 вносят 80 мм³ раствора СО5 с массовой концентрацией 0,5 мг/дм³ кадмия. Высушивают в низкотемпературной лабораторной электропечи типа SNOL 67/350 при температуре 105 °С. Закрывают чашки Петри крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 24 ч. Фильтр помещают в коническую колбу вместимостью 50 см³, смачивают 1 см³ этилового спирта ректификованного. В колбу с фильтром пипеткой с одной меткой вместимостью 20 см³ приливают 20 см³ фонового раствора, тщательно взбалтывают и оставляют на сутки.

А.12.9.2 Полученному раствору кадмия приписывают массовую концентрацию 2,00 мкг/дм³.

А.12.10 Расчет погрешности приготовления рабочего градуировочного раствора с массовой концентрацией 2,00 мкг/дм³ кадмия

Расчет погрешности приготовления проводят по формуле

$$\Delta_{2,0a}^{Cd} = 2,0 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta_{CO5}^{Cd}}{C_{CO5}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_1}}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{V_3}}{V_3}\right)^2}, \quad (A.49)$$

где C_{CO5} – промежуточный стандартный раствор с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³ кадмия;

Δ_{CO5}^{Cd} – погрешность приготовления промежуточного стандартного раствора с массовой концентрацией 0,50 мг/дм³ кадмия;

Δ_{V_1} – предельное значение возможного отклонения вместимости мерной пипетки с одной меткой от номинального значения, см³;

V_1 – вместимость мерной пипетки, см³;

Δ_{V_3} – предельное значение возможного отклонения вместимости сменного наконечника дозатора типа ДВП-1 от номинального значения, мм³;

V_3 – вместимость сменного наконечника дозатора типа ДВП-1, мм³;

$$\Delta_{2,0a}^{Cd} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,018}{0,5}\right)^2 + \left(\frac{0,03}{20}\right)^2 + \left(\frac{2}{100}\right)^2} = 0,08 \text{ мкг/дм}^3.$$

А.13 Требования безопасности

Необходимо соблюдать общие требования техники безопасности при работе в химических лабораториях.

А.14 Требования к квалификации операторов

Аттестованные растворы может готовить инженер или лаборант со средним специальным образованием, прошедший специальную подготовку и имеющий стаж работы в химической лаборатории не менее года.

А.15 Требования к маркировке

На склянки с аттестованными растворами должны быть наклеены этикетки с указанием условного обозначения аттестованного раствора, массовой концентрации металла в растворе, погрешности ее установления и даты приготовления.

А.16 Условия хранения

А.16.1 Основной стандартный раствор СО1 с массовой концентрацией 10 мг/дм³ никеля, свинца, марганца и цинка и 50 мг/дм³ железа хранят в плотно закрытой полиэтиленовой посуде в течение 1 года.

А.16.2 Основной стандартный раствор СО3 с массовой концентрацией 10,0 мг/дм³ кадмия, хрома и меди хранят в плотно закрытых полиэтиленовых сосудах в течение 1 года.

А.16.3 Промежуточные стандартные растворы СО2 с массовой концентрацией 2,0 мг/дм³ никеля, свинца, марганца, цинка и 10,0 мг/дм³ железа,

РД 52.04.882–2019

СО4 и СО5 с массовой концентрацией 2,0 и 0,5 мг/дм³ кадмия, хрома и меди хранят в плотно закрытой полиэтиленовой посуде в течение 6 мес.

А.16.4 Рабочие градуировочные растворы с массовыми концентрациями: 10; 25; 50; 100; 200 мкг/дм³ – железа; 5; 10; 20; 40; 60 мкг/дм³ – никеля; 2; 5; 10; 20; 30 мкг/дм³ – марганца, меди и хрома; 2; 5; 10; 20; 40 мкг/дм³ – свинца и цинка; 0,10; 0,25; 0,50; 1,00; 2,00 мкг/дм³ – кадмия хранят в плотно закрытой полиэтиленовой посуде не более 3 мес.

Библиография

- [1] Д.В. Сивухин Атомная и ядерная физика // Общий курс физики. — М.: Физматлит, 2002. — Т. 5. — 784 с.
- [2] А.А. Пупышев Атомно-абсорбционный спектральный анализ: — Москва, Техносфера, 2009 г. — 784 с.
- [3] Правила по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета. – Л.: Гидрометеоздат, 1983 г.
- [4] Спектрометр атомно-абсорбционный «КВАНТ — Z.ЭТА». Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ГKNЖ.09.00.000 ТО. – ООО «КОРТЭК», 2001 г.

Ключевые слова: атмосферные осадки, аэрозоли, спектрометр, атомно-абсорбционный метод, электротермическая атомизация, лампы с полым катодом, атомизатор, модификатор, основной стандартный раствор, рабочий градуировочный раствор, градуировочная зависимость, массовая концентрация металлов, показатель повторяемости, показатель воспроизводимости

Лист регистрации изменений

Номер изме- нения	Номер страницы				Номер доку- мента	Подпись	Дата	
	изме- нен- ной	заме- ненной	новой	анну- лиро- ванной			внесе- ния изм.	введе- ния изм.

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
(Росгидромет)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

344090, г. Ростов-на-Дону
пр. Стачки, 198

Факс: (863) 222-44-70
Телефон (863) 297-51-63
E-mail: Info@gidrohim.com

СВИДЕТЕЛЬСТВО

об аттестации методики измерений № С35.882.RA.RU.311345-2019

Методика измерений массовой концентрации свинца, кадмия, марганца, никеля, меди, хрома, цинка и железа в атмосферных осадках и аэрозолях атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией,

разработанная Федеральным государственным бюджетным учреждением «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» (ФГБУ «ГГО»), ул. Карбышева, д. 7, Санкт-Петербург, 194021

и регламентированная РД 52.04.882-2019 «Массовая концентрация свинца, кадмия, марганца, никеля, меди, хрома, цинка и железа в атмосферных осадках и аэрозолях. Методика измерений атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией» на 80 с.,

аттестована в соответствии с Приказом Минпромторга от 15.12.2015 № 4091 «Об утверждении порядка аттестации первичных референтных методик (методов) измерений, референтных методик (методов) измерений и методик (методов) измерений и их применения» и ГОСТ Р 8.563-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений».

Аттестация осуществлена по результатам метрологической экспертизы материалов экспериментальных исследований.

Показатели повторяемости и воспроизводимости, правильности и точности приведены в приложении на 2 л., являющихся неотъемлемой частью настоящего свидетельства.

Директор

М.М. Трофимчук

Главный метролог

А.А. Назарова

Дата выдачи свидетельства 05.12.2019.

Приложение

к свидетельству № С35.882.RA.RU.311345–2019

об аттестации методики измерений массовой концентрации свинца, кадмия, марганца, никеля, меди, хрома, цинка и железа в атмосферных осадках и аэрозолях атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией

Таблица 1 – Диапазон измерений, значения характеристик погрешности и ее составляющих для атмосферных осадков при доверительной вероятности $P=0,95$

Наименование металла	Диапазон измерений массовой концентрации и металла	Показатель повторяемости (средне-квадратическое отклонение повторяемости)	Показатель воспроизводимости (средне-квадратическое отклонение воспроизводимости)	Показатель правильности (границы систематической погрешности)	Показатель точности (границы погрешности)
	X , мкг/дм ³	σ_p , мкг/дм ³	σ_R , мкг/дм ³	$\pm\Delta_c$, мкг/дм ³	$\pm\Delta$, мкг/дм ³
Железо	От 10,0 до 200 включ.	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,04 \cdot X$	$0,15 \cdot X$
Кадмий	От 0,10 до 2,0 включ.	$0,09 \cdot X$	$0,09 \cdot X$	$0,05 \cdot X$	$0,19 \cdot X$
Марганец	От 2,0 до 40,0 включ.	$0,06 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,09 \cdot X$	$0,14 \cdot X$
Медь	От 2,0 до 30,0 включ.	$0,07 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,05 \cdot X$	$0,15 \cdot X$
Никель	От 5,0 до 60,0 включ.	$0,06 \cdot X$	$0,06 \cdot X$	$0,01 \cdot X$	$0,12 \cdot X$
Свинец	От 2,0 до 40,0 включ.	$0,06 \cdot X$	$0,06 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,13 \cdot X$
Хром	От 2,0 до 30,0 включ.	$0,07 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,15 \cdot X$
Цинк	От 2,0 до 40,0 включ.	$0,06 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,15 \cdot X$

Таблица 2 – Диапазон измерений, значения характеристик погрешности и ее составляющих для аэрозолей при доверительной вероятности $P=0,95$

Наименование металла	Диапазон измерений массовой концентрации металла X , мкг/дм ³	Показатель повторяемости (средне-квадратическое отклонение повторяемости) σ_p , мкг/дм ³	Показатель воспроизводимости (средне-квадратическое отклонение воспроизводимости) σ_R , мкг/дм ³	Показатель правильности (границы систематической погрешности) $\pm\Delta_c$, мкг/дм ³	Показатель точности (границы погрешности) $\pm\Delta$, мкг/дм ³
Железо	От 10,0 до 200 включ.	$0,08 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,18 \cdot X$
Кадмий	От 0,10 до 2,0 включ.	$0,09 \cdot X$	$0,10 \cdot X$	$0,23 \cdot X$	$0,30 \cdot X$
Марганец	От 2,0 до 40,0 включ.	$0,05 \cdot X$	$0,05 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,13 \cdot X$
Медь	От 2,0 до 30,0 включ.	$0,07 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,17 \cdot X$
Никель	От 5,0 до 60,0 включ.	$0,06 \cdot X$	$0,06 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,14 \cdot X$
Свинец	От 2,0 до 40,0 включ.	$0,07 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,16 \cdot X$
Хром	От 2,0 до 30,0 включ.	$0,07 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,15 \cdot X$
Цинк	От 2,0 до 40,0 включ.	$0,08 \cdot X$	$0,07 \cdot X$	$0,08 \cdot X$	$0,17 \cdot X$

При реализации методики в лаборатории обеспечивают:

- оперативный контроль исполнителем процедуры выполнения измерений на основе оценки повторяемости, погрешности при реализации отдельно взятой контрольной процедуры;
- контроль стабильности результатов измерений (на основе контроля стабильности повторяемости, погрешности).

Алгоритм оперативного контроля исполнителем процедуры выполнения измерений приведен в РД 52.04.882-2019.

Периодичность оперативного контроля и процедуры контроля стабильности результатов выполнения измерений регламентируют в Руководстве по качеству лаборатории.

Начальник. ИАЦ ЗА ФГБУ «ГГО»,
канд. ф.-м. наук



А.И. Полищук

Подписано в печать 27.02.2020. Формат 60×84 1/16. Гарнитура Arial. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 4,82. Тираж 200 экз. Заказ № 10-19/14050.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ООО «Амирит»,
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88. Тел.: 8-800-700-86-33 | (845-2) 24-86-33
E-mail: zakaz@amirit.ru Сайт: amirit.ru