

1. Погрешность измерений

Методика обеспечивает выполнение измерений с погрешностью, не превышающей +/- 25%, при доверительной вероятности 0,95.

2. Метод измерений

Измерения концентраций диметоата выполняют методом капиллярной газожидкостной хроматографии (ГЖХ) с термоионным детектором (ТИД).

Концентрирование диметоата из воздушной среды осуществляют на последовательно соединенные фильтр "синяя лента" и фильтр из пенополиуретана (ППУ), экстракцию с фильтров проводят ацетоном.

Нижний предел измерения в анализируемом объеме пробы - 0,02 нг. Средняя полнота извлечения с фильтров - 97,44%.

3. Средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы и материалы

3.1. Средства измерений

Газовый хроматограф "Кристалл-2000М",
снабженный термоионным детектором
с пределом детектирования по азоту
-13

в азобензоле 5 x 10 гр/с,
предназначенный для работы
с капиллярной колонкой
Весы аналитические ВЛА-200

Номер Госреестра 14516-08
ГОСТ 24104-2001

Меры массы

ГОСТ 7328-2001

Микрошприц типа SGE-Cromatek
емкостью 10 куб. мм

Номер Госреестра 39206-08

Пробоотборное устройство ОП-442ТЦ,
ЗАО "ОПТЕК" г. Санкт-Петербург

Номер Госреестра 18860-05

Барометр-анероид М-67

ТУ 25.04-1797-75

Термометр лабораторный шкальный ТЛ-2, цена
деления 1 °С, пределы измерения 0 - 55 °С

ТУ 25-2021.003-88

Колбы мерные емкостью 100 куб. см

ГОСТ 1770-74

Пипетки градуированные 2-го класса точности
емкостью 1,0, 2,0, 5,0 и 10,0 куб. см

ГОСТ 29227-91

Допускается использование средств измерения с аналогичными или лучшими характеристиками.

3.2. Реактивы

Диметоат, аналитический стандарт с содержанием действующего вещества 99,0% (абсолютное значение погрешности +/- 0,6% (НПК "Блок-1")	ГСО 7406-97
Азот особой чистоты, из баллона	ГОСТ 9293-74
Ацетон, ос.ч.	ГОСТ 2603-79
Калий марганцовокислый (перманганат калия), х.ч.	ГОСТ 20490-75
Калий углекислый (карбонат калия), х.ч., прокаленный	ГОСТ 10690-73
Спирт этиловый (этанол) ректифицированный	ГОСТ Р 51652-2000 или ГОСТ 18300-87

Возможно использование реактивов более высокой квалификации, которые не требуют выполнения п. 7.1 (очистка).

3.3. Вспомогательные устройства, материалы

Аппарат для встряхивания типа АВУ-6с	ТУ 64-1-2851-78
Баня водяная	ТУ 4622603-75
Бумажные фильтры "синяя лента", обеззолненные	ТУ 2642-001-05015242-07
Воронка Бюхнера	ГОСТ 9147-80
Воронки конусные диаметром 40 - 45 мм	ГОСТ 25336-82
Груша резиновая	ТУ 9398-005-0576-9082-2003
Колба Бунзена	ГОСТ 25336-82
Колбы конические круглодонные (для упаривания) на шлифе вместимостью 100 куб. см	ГОСТ 9737-93
Механическая (бытовая) ломтерезка	
Насос водоструйный стеклянный	ГОСТ 25336-82
Пенополиуретан ППУ ПЕНОР 301 Арктика	ТУ 2254-018-329-57768-2002
Пинцет медицинский	ГОСТ 21241-89
Стаканы химические с носиком вместимостью 150 куб. см	ГОСТ 25336-82
Стекловата	
Стекланные палочки	
Ректификационная колонна с числом теоретических тарелок не менее 30	
Ротационный вакуумный испаритель	
Установка для перегонки растворителей	
Фильтродержатель	
Хроматографическая колонка капиллярная VF-5ms, длиной 30 м, внутренним диаметром 0,32 мм, толщина пленки сорбента 0,5 мкм	

Допускается применение другого оборудования с аналогичными или лучшими техническими характеристиками.

4. Требования безопасности

4.1. При выполнении измерений необходимо соблюдать требования техники безопасности при работе с химическими реактивами по ГОСТ 12.1.007-76, требования по электробезопасности при работе с электроустановками по ГОСТ 12.1.019-79, а также требования, изложенные в технической документации на газовый хроматограф.

4.2. Помещение должно соответствовать требованиям пожаробезопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83. Содержание вредных веществ в воздухе не должно превышать норм, установленных ГН 2.2.5.1313-03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны". Организация обучения работников безопасности труда - по ГОСТ 12.0.004-90.

4.3. При работе с газами, находящимися в баллонах под давлением до 15 МПа (150 кгс/кв. см), необходимо соблюдать "Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов под давлением", ПБ 03-576-03. Запрещается открывать вентиль баллона, не установив на нем понижающий редуктор.

5. Требования к квалификации оператора

К выполнению измерений допускают специалиста, имеющего квалификацию не ниже лаборанта-исследователя, с опытом работы на газовом хроматографе, освоившего данную методику и подтвердившего экспериментально соответствие получаемых результатов нормативам контроля погрешности измерений по п. 12.

6. Условия измерений

При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

- процессы приготовления растворов и подготовки проб к анализу проводят при температуре воздуха (20 +/- 5) °С и относительной влажности не более 80%;
- выполнение измерений на газовом хроматографе проводят в условиях, рекомендованных технической документацией к прибору.

7. Подготовка к выполнению измерений

Выполнению измерений предшествуют следующие операции: очистка ацетона (при необходимости), приготовление градуировочных растворов, установление градуировочной характеристики, подготовка фильтров "синяя лента" и ППУ, отбор проб.

7.1. Очистка ацетона

Ацетон перегоняют над небольшим количеством $KMnO_4$ и прокаленным карбонатом калия или подвергают ректификационной перегонке на колонне с числом теоретических тарелок не менее 30.

7.2. Приготовление градуировочных растворов и растворов внесения

7.2.1. Исходный раствор диметоата для градуировки (концентрация 100 мкг/куб. см). В мерную колбу вместимостью 100 куб. см помещают 0,01 г диметоата, растворяют в 50 - 60 куб. см ацетона, доводят ацетоном до метки, тщательно перемешивают.

Раствор хранят в морозильной камере при температуре -18 °С не более 3-х месяцев.

7.2.2. Раствор N 1 для внесения (концентрация 2,0 мкг/куб. см). В мерную колбу вместимостью 100 куб. см помещают 2 куб. см исходного раствора с концентрацией 100 мкг/куб. см (п. 7.2.1), доводят до метки ацетоном, тщательно перемешивают, получают раствор N 1 с концентрацией диметоата 2,0 мкг/куб. см, который используют для приготовления проб с внесением при оценке полноты извлечения действующего вещества методом "внесено-найдено".

Хранят в морозильной камере при температуре -18 °С в течение 2 месяцев.

7.2.3. Рабочие растворы N 2 - 5 диметоата для градуировки (концентрация 0,02 - 0,2 мкг/куб. см). В 4 мерные колбы вместимостью 100 куб. см помещают по 1,0; 2,0; 5,0 и 10,0 куб. см раствора для внесения N 1 с концентрацией 2,0 мкг/куб. см (п. 7.2.2), доводят до метки ацетоном, тщательно перемешивают, получают рабочие растворы N 2 - 5 с концентрацией диметоата 0,02; 0,04; 0,1 и 0,2 мкг/куб. см.

Растворы N 2 - 5 хранят в морозильной камере при температуре -18 °С в течение 30 дней.

7.3. Установление градуировочной характеристики

Градуировочную характеристику, выражающую зависимость площади пика (мВ x с) от концентрации диметоата в растворе (мкг/куб. см), устанавливают методом абсолютной калибровки по 4-м растворам для градуировки.

В испаритель хроматографа вводят по 1 куб. мм каждого градуировочного раствора и анализируют в условиях хроматографирования по п. 7.3.1.

Осуществляют не менее 5-ти параллельных измерений. Устанавливают площади пиков (мВ x с), на основании которых строят градуировочную зависимость. Градуировочный график проверяют перед проведением измерений, анализируя один из градуировочных растворов. Если значения площадей отличаются более чем на 13% от параметров градуировочной характеристики, ее строят заново, используя свежеприготовленные рабочие растворы для градуировки.

7.3.1. Условия хроматографирования

Измерения выполняют при следующих режимных параметрах:

Газовый хроматограф, снабженный термоионным детектором.

Колонка капиллярная VF-5, длиной 30 м, внутренним диаметром 0,32 мм, толщина пленки сорбента 0,5 мкм.

Температура детектора: 320 °С
испарителя: 260 °С.

Температура термостата колонки программированная. Начальная температура 140 °С, выдержка 2 мин., нагрев колонки со скоростью 10 градусов в минуту до температуры 230 °С, выдержка 3 мин., нагрев колонки со скоростью 20 градусов в минуту до температуры 270 °С.

Скорость газа 1 (азот): 28,07 куб. см/с, давление 60 кПа, поток 1,289 куб. см/мин.

Газ 2 (азот): деление потока 1:5,1.

Хроматографируемый объем: 1 куб. мм.

Ориентировочное время выхода диметоата: 11,80 - 11,81 мин.

Линейный диапазон детектирования: 0,02 - 0,2 нг.

7.4. Подготовка фильтров для отбора проб воздуха

Из пенополиуретана вырезают фильтр толщиной 2 - 2,5 мм, диаметром 48 - 50 мм, соответствующий внутреннему диаметру фильтродержателя. Диаметр бумажного фильтра "синяя лента" также должен соответствовать внутреннему диаметру фильтродержателя.

Фильтры из пенополиуретана и бумаги последовательно по 3 раза промывают на воронке Бюхнера этанолом, затем ацетоном порциями 25 - 30 куб. см, сушат с помощью разряжения, создаваемого водоструйным насосом, затем на воздухе при комнатной температуре. До использования фильтры хранят в герметично закрытой стеклянной таре.

Для оценки квалификации растворителей применительно к задачам подготовки фильтров проводят контроль чистоты по процедуре пробоподготовки и измерения, изложенной в п. 7.1.

8. Отбор и хранение проб воздуха

Отбор проб осуществляют в соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.4.02-81 "ОПА. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ в воздухе населенных мест".

Воздух с объемным расходом 5 куб. дм/мин. аспирируют через пробоотборную систему, состоящую из последовательно соединенных фильтра "синяя лента" и фильтра ППУ, помещенных в фильтродержатель.

Для измерения концентрации диметоата на уровне предела обнаружения (0,0002 мг/куб. м) для атмосферного воздуха необходимо отобрать 100 куб. дм воздуха; на уровне 0,8 ОБУВ (0,00024 мг/куб. м) - 83,5 куб. дм воздуха. Срок хранения отобранных проб, помещенных в полиэтиленовые пакеты, в морозильной камере при температуре -18 °С - 14 дней.

9. Выполнение измерений

Экспонированные фильтры ("синяя лента" и фильтр ППУ) переносят в химический стакан вместимостью 150 куб. см, заливают 10 куб. см ацетона, помещают на встряхиватель на 15 мин. Растворитель сливают, фильтр еще дважды обрабатывают новыми порциями ацетона объемом 10 куб. см, выдерживая на встряхивателе по 10 мин.

Объединенный экстракт переносят (через воронку) в круглодонную колбу, упаривают на ротационном вакуумном испарителе при температуре бани не выше 35 °С почти досуха, оставшийся растворитель отдувают потоком теплого воздуха. Остаток растворяют в 1 куб. см ацетона и анализируют при условиях хроматографирования, указанных в п. 7.3.1.

Пробу вводят в испаритель хроматографа не менее двух раз. Устанавливают площадь пика действующего вещества, с помощью градуировочного графика определяют концентрацию диметоата в хроматографируемом растворе.

Образцы, дающие пики большие, чем градуировочный раствор 0,2 мкг/куб. см, разбавляют ацетоном (не более чем в 50 раз).

10. Обработка результатов анализа

Концентрацию диметоата в пробе воздуха (X), мг/куб. м, рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{C \times W}{V \times t},$$

где:

C - концентрация диметоата в хроматографируемом растворе, найденная по градуировочному графику в соответствии с величиной площади хроматографического пика, мкг/куб. см;

W - объем экстракта, подготовленного для хроматографирования, куб. см;

V - объем пробы воздуха, отобранный для анализа, приведенный к нормальным условиям (давление 760 мм рт. ст., температура 0 °С), куб. дм.

$$V = \frac{R \times P \times ut}{t \times (273 + T)},$$

где:

T - температура воздуха при отборе проб (на входе в аспиратор), °С;

P - атмосферное давление при отборе пробы, мм рт. ст.;

u - расход воздуха при отборе пробы, куб. дм/мин.;

t - длительность отбора пробы, мин.;

R - коэффициент, равный 0,357 для атмосферного воздуха.

За результат анализа принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, расхождение между которыми не превышает предела повторяемости (1):

$$\frac{2 \times |X_1 - X_2| \times 100}{(X_1 + X_2)} \leq r, \quad (1)$$

где:

X_1, X_2 - результаты параллельных определений, мг/куб. м;

r - значение предела повторяемости (табл.), при этом $r = 2,8 \sigma$.

При невыполнении условия (1) выясняют причины превышения предела повторяемости, устраняют их и вновь выполняют анализ.

12. Оформление результатов измерений

Результат количественного анализа представляют в виде:

- результат анализа \bar{X} в мг/куб. м, характеристика погрешности дельта, % (табл.), $P = 0,95$ или

$$(\bar{X} \pm \text{ДЕЛЬТА}) \text{ мг/куб. м при вероятности } P = 0,95,$$

где:

\bar{X} - среднее арифметическое результатов определений, признанных приемлемыми, мг/куб. м;

ДЕЛЬТА - граница абсолютной погрешности, мг/куб. м;

$$\text{ДЕЛЬТА} = \frac{\text{дельта} \times \bar{X}}{100},$$

где дельта - граница относительной погрешности методики (показатель точности по диапазону концентраций, табл. 1), %.

Результат измерений должен иметь тот же десятичный разряд, что и погрешность.

Если содержание вещества менее нижней границы диапазона определяемых концентраций, результат анализа представляют в виде:

"содержание диметоата в пробе атмосферного воздуха - менее 0,0002 мг/куб. м" <*>.

<*> 0,0002 мг/куб. м - предел обнаружения при отборе 100 куб. дм атмосферного воздуха.

12. Контроль качества результатов измерений

Оперативный контроль погрешности и воспроизводимости измерений осуществляется в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-1-6-2002 "Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений".

ЗНАЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОГРЕШНОСТИ, НОРМАТИВОВ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ, ПОВТОРЯЕМОСТИ, ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ

Анализируемый объект	Диапазон определяемых концентраций, мг/куб. м	Характеристика погрешности, +/- дельта, %, P = 0,95	Норматив оперативного контроля точности, мг/куб. м (P = 0,95, m = 2)	Стандартное отклонение повторности, сигма, мг/куб. м	Предел повторности, r, мг/куб. м	Предел воспроизводимости, R, мг/куб. м (P = 0,95, m = 2)
Атмосферный воздух	0,0002 - 0,002 мг/куб. м	19%	0,21 x X	0,040 x X	0,11 x X	0,14 x X

X - массовая концентрация анализируемого компонента в пробе,

X - среднее значение, мг/куб. м.

12.1. Стабильность результатов измерений контролируют перед проведением измерений, анализируя один из градуировочных растворов.

12.2. Плановый внутрилабораторный оперативный контроль процедуры выполнения анализа проводится методом добавок.

Образцами для контроля являются реальные пробы атмосферного воздуха. Объем отобранной для контроля процедуры выполнения анализа пробы воздуха должен соответствовать удвоенному объему, необходимому для проведения анализа по методике. Экстракт с фильтров делят на две равные части, первую из которых анализируют в точном соответствии с прописью методики и получают результат анализа исходной рабочей пробы - X. Во вторую часть делают добавку анализируемого компонента (величина добавки X должна

соответствовать 50 - 150% от содержания компонента в пробе, общая концентрация не должна превышать верхнюю границу диапазона измерения) и анализируют в точном соответствии с прописью методики, получая результат анализа рабочей пробы с добавкой - X'. Результаты анализа исходной рабочей пробы (X) и рабочей пробы с добавкой (X') получают в условиях повторяемости (один аналитик, использование одного набора мерной посуды, одной партии реактивов и т.д.).

Решение об удовлетворительности процедуры анализа принимают при выполнении условия:

$$|X' - X - X| \leq K, \quad (2)$$

д

где:

$$K = 0,21 \times \bar{X},$$

$$X = 1/2(X + X' - X),$$

д

X, X' - результаты измерений исходной рабочей пробы и пробы с добавкой, соответственно, мг/куб. м;

X - величина добавки, мг/куб. м;

д

K - норматив оперативного контроля точности (в соответствии с диапазоном концентраций, табл.), мг/куб. м.

При невыполнении условия (2) процедуру контроля повторяют. При повторном невыполнении условия (2) выясняют причины, приводящие к неудовлетворительным результатам, и принимают меры по их устранению.

12.3. Проверка приемлемости результатов измерений, полученных в условиях воспроизводимости:

Расхождение между результатами измерений, выполненных в двух разных лабораториях, не должно превышать предела воспроизводимости (R):

$$|X_1 - X_2| \leq R, \quad (3)$$

где:

$$R = 0,17 \times \bar{X};$$

$$\bar{X} = 1/2(X_1 + X_2),$$

где:

X₁, X₂ - результаты измерений в двух разных лабораториях, мг/куб. м;

R - предел воспроизводимости (в соответствии с диапазоном концентраций, табл.), мг/куб. м.

Если выполняется условие (3), то воспроизводимость измерений считается удовлетворительной.

При превышении норматива контроля воспроизводимости эксперимент повторяют, при повторном превышении указанного норматива выясняют причины и по возможности их устраняют.

13. Разработчики

ФГУН "Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора".