**Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации**

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

# Методические указания по методам контроля

**Сборник**
**МУК 4.1.2662—4.1.2667—10;**
**4.1.2669—4.1.2672—10**

Издание официальное

**Москва • 2010**

gost.e-ecolog.ru

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

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

# Методические указания по методам контроля

**Сборник**
**МУК 4.1.2662—4.1.2667—10;**
**4.1.2669—4.1.2672—10**

ББК 51.21
М54

М54 Методические указания по методам контроля: Сборник.— М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010.—148 с.

1. Разработаны Федеральным научным центром гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана (авторы В.Н. Ракитский, Т.В. Юдина, Л.В. Горячева, Н. Е. Федорова, В. Н. Волкова, М. В. Ларькина, С. К. Рогачева).

2. Рекомендованы к утверждению Комиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (протокол от 10.06.2010 № 1).

3. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 2.08.2010.

4. Вводятся в действие с 1 октября 2010 г.

5. Введены впервые.

**ББК 51.21**

Подписано в печать 23.12.10

Формат 60x88/16 Печ. л. 9,25

Тираж 200 экз. Заказ 113

Федеральная служба по надзору
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
127994, Москва, Вадковский пер., д. 18, стр. 5, 7

Оригинал-макет подготовлен к печати и тиражирован
отделом издательского обеспечения
Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское ш., 19а
Отделение реализации, тел./факс 952-50-89

**© Роспотребнадзор, 2010**
**© Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010**

## Содержание

Определение остаточных количеств 2,4-Д в воде и почве методом капиллярной газожидкостной хроматографии: МУК 4.1.2662—10 ..... 4

Измерение концентраций пендиметалина в атмосферном воздухе населенных мест методом капиллярной газожидкостной хроматографии: МУК 4.1.2663—10 ..... 19

Измерение концентраций аминопиралида в воздухе рабочей зоны и смывах с кожных покровов операторов методом капиллярной газожидкостной хроматографии: МУК 4.1.2664—10 ..... 30

Определение остаточных количеств имазамокса в семенах и масле рапса методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.2665—10 ..... 46

Определение остаточных количеств МЦПА в воде и почве методом капиллярной газожидкостной хроматографии: МУК 4.1.2666—10 ..... 64

Измерение концентраций изопротурона в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и смывах с кожных покровов операторов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.2667—10 ..... 79

Измерение концентраций пеноксулама в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и смывах с кожных покровов операторов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.2669—10 ..... 93

Измерение концентраций дифлюфеникана в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и смывах с кожных покровов операторов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.2670—10 ..... 107

Измерение концентраций биксафена в воздухе рабочей зоны и смывах с кожных покровов операторов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.2671—10 ..... 121

Определение остаточных количеств боскалида в яблоках, ягодах винограда, яблочном и виноградном соках, луке-репке методом капиллярной газожидкостной хроматографии: МУК 4.1.2672—10 ..... 134

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации
Г. Г. Онищенко
02 августа 2010 г.
Дата введения: 1 октября 2010 г.

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

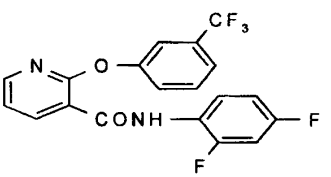
# Измерение концентраций дифлюфеникана в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и смывах с кожных покровов операторов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии

## Методические указания МУК 4.1.2670—10

Настоящие методические указания устанавливают метод высокоэффективной жидкостной хроматографии для определения в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и смывах с кожных покровов операторов массовой концентрации дифлюфеникана в диапазонах: 0,1—1,0 мг/м$^3$, 0,0008—0,008 мг/м$^3$ и 0,2—2,0 мкг/смыв, соответственно.

**Дифлюфеникан:**

2$^{l}$,4$^{l}$-дифтор-2-(α, α, α–трифтор-*m*-толилокси)никотинанилид (ИЮПАК)




$C_{19}H_{11}F_5N_2O_2$
М.м. 394,3

Бесцветное кристаллическое вещество. Температура плавления 159—161 °С. Давление паров 4,25 · 10$^{-3}$ мПа (25 °С). Растворимость в

воде – менее 0,05 мг/дм$^3$ при 25 °С. Растворимость в органических растворителях (г/кг, 20 °С): ацетон – 100; диметилформамид – 100; ацетофенон, циклогексанон – 50; ксилол – 20. Стабилен на воздухе до точки плавления. Устойчив в водном растворе при pH 5, 7 и 9 (22 °С).

Агрегатное состояние в воздухе рабочей зоны – аэрозоль, в атмосферном воздухе – пары и аэрозоль.

*Краткая токсикологическая характеристика.*

Острая пероральная токсичность ($LD_{50}$) для крыс – > 2000 мг/кг, мышей > 1000 мг/кг; острая дермальная токсичность ($LD_{50}$) для крыс – > 2000 мг/кг, острая ингаляционная токсичность $LC_{50}$ для крыс более 2,34 мг/дм$^3$ (4 часа).

*Область применения.*

Дифлюфеникан – контактный персистемный гербицид широкого спектра действия для борьбы с широколиственными и злаковыми сорными растениями в пред- и ранний послевсходовый периоды в озимых пшенице и ячмене, ржи, яровом ячмене.

Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ): в воздухе рабочей зоны – 0,6 мг/м$^3$, атмосферном воздухе – 0,001 мг/м$^3$.

## 1. Погрешность измерений

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

## 2. Метод измерений

Измерения концентраций дифлюфеникана выполняют методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на обращенной фазе с ультрафиолетовым детектором.

Концентрирование дифлюфеникана из воздуха рабочей зоны осуществляют на бумажный фильтр «синяя лента», из атмосферного воздуха – на пробоотборную систему из последовательно соединенных бумажного фильтра «синяя лента» и фильтра из пенополиуретана (ППУ), экстракцию с фильтров выполняют ацетоном или этиловым спиртом. Смыв с кожных покровов проводят этиловым спиртом.

Нижний предел измерения в анализируемом объеме пробы – 2 нг. Средняя полнота извлечения с фильтров «синяя лента» – 91,64 %, с пробоотборной системы (фильтр «синяя лента» и фильтр из ППУ) – 89,81 %, с поверхности кожи – 92,31 %.

## 3. Средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы и материалы

### *3.1. Средства измерений*

| | |
|---|---|
| Жидкостный хроматограф с ультрафиолетовым детектором с переменной длиной волны | Номер в Государственном реестре средств измерений 16193-06 |
| Барометр-анероид М-67 | ТУ 2504-1797—75 |
| Весы аналитические ВЛА-200 | ГОСТ 24104—2001 |
| Колбы мерные 2—100—2 и 2—1000—2 | ГОСТ 1770—74 |
| Меры массы | ГОСТ 7328—2001 |
| Пипетки градуированные 2-го класса точности вместимостью 1,0, 2,0, 5,0, 10 $см^3$ | ГОСТ 29227—91 |
| Пробоотборное устройство ОП 442ТЦ (ЗАО «ОПТЭК», г. Санкт-Петербург) | Номер Госреестра 18860-05 |
| Термометр лабораторный шкальный ТЛ-2, цена деления 1 °С, пределы измерения 0—55 °С | ТУ 25-2021.003—88 |
| Цилиндры мерные 2-го класса точности вместимостью 500 $см^3$ | ГОСТ 1770—74 |

Допускается использование средств измерения с аналогичными или лучшими характеристиками.

### *3.2. Реактивы*

| | |
|---|---|
| Дифлюфеникан, аналитический стандарт с содержанием действующего вещества 99,5 % (CAS No 83164-33-4), относительная погрешность аттестованного значения ± 1 % | |
| Ацетон, осч | ГОСТ 2603—79 |
| Ацетонитрил для хроматографии, хч | ТУ-6-09-14.2167—84 |
| Вода бидистиллированная или деионизованная | ГОСТ 6709—72 |
| Калий марганцовокислый (перманганат калия), хч | ГОСТ 20490—75 |
| Калий углекислый (карбонат калия, поташ), прокаленный, хч | ГОСТ 4221—76 |
| Натрий углекислый, 5 %-ный водный раствор | ГОСТ 83—79 |
| Спирт этиловый (этанол) ректификованный | ГОСТ Р 51652—2000 или ГОСТ 18300—87 |

| | |
|---|---|
| Фосфор (V) оксид (фосфорный ангидрид, пентоксид фосфора), хч | ТУ 6-09-4173—85 |

Допускается использование реактивов иных производителей с более высокой квалификацией, не требующих выполнения п. 7.1 (очистки растворителей).

### *3.3. Вспомогательные устройства, материалы*

| | |
|---|---|
| Аппарат для встряхивания типа АВУ-6с | ТУ 64-1-2851—78 |
| Баня водяная | |
| Бумажные фильтры «синяя лента», обеззоленные | ТУ 2642-001-05015242–07 |
| Бязь хлопчатобумажная белая | |
| Воронка Бюхнера | ГОСТ 9147—80 |
| Воронки конусные диаметром 40—45 мм | ГОСТ 25336—82 |
| Груша резиновая | ТУ 9398-005-0576-908 |
| Колба Бунзена | ГОСТ 25336—82 |
| Колбы круглодонные на шлифе вместимостью 150 $см^3$ | ГОСТ 9737—93 |
| Линейка | ГОСТ 427—75 |
| Мембраны микропористые капроновые ММК | ТУ 9471-002-10471723–2003 |
| Механическая (бытовая) ломтерезка фирмы BOSCH MAS 4600 (Германия) | |
| Набор для фильтрации растворителей через мембрану | |
| Насос водоструйный | ГОСТ 25336—82 |
| Пенополиуретан ППУ ПЕНОР 301 Арктика | ТУ 2254-018-329-57768–2002 |
| Пинцет медицинский нержавеющий | ГОСТ 21241—89 |
| Стаканы химические с носиком, вместимостью 150 $см^3$ | ГОСТ 25336—82 |
| Стекловата | |
| Стеклянные емкости вместимостью 100 $см^3$ с герметичной металлической крышкой | |
| Стеклянные палочки | |
| Ректификационная колонна с числом теоретических тарелок не менее 30 | |
| Ротационный вакуумный испаритель В-169 фирмы Buchi, Швейцария | |
| Установка для перегонки растворителей | |
| Фильтродержатель | |

Хроматографическая колонка стальная,
длиной 150 мм, внутренним диаметром 4,6 мм,
содержащая Eclipse XDB C18, зернением 5 мкм
Шприц для ввода образцов для жидкостного
хроматографа вместимостью 50—100 мм$^3$

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 жидкостный 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.

## 5. Требования к квалификации операторов

К выполнению измерений допускают специалистов, имеющих квалификацию не ниже лаборанта-исследователя, с опытом работы на жидкостном хроматографе.

К проведению пробоподготовки допускают оператора с квалификацией «лаборант», имеющего опыт работы в химической лаборатории.

## 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 жидкостном хроматографе проводят в условиях, рекомендованных технической документацией к прибору.

## 7. Подготовка к выполнению измерений

Выполнению измерений предшествуют следующие операции: очистка органических растворителей (при необходимости), подготовка подвижной фазы для ВЭЖХ, кондиционирование хроматографической колонки, приготовление растворов для градуировки и внесения, установление градуировочной характеристики, подготовка фильтров «синяя лента», фильтров из ППУ и салфеток для отбора проб, отбор проб.

### *7.1. Очистка растворителей*

*7.1.1. Очистка ацетона*

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

*7.1.2. Очистка ацетонитрила*

Ацетонитрил кипятят с обратным холодильником над пентоксидом фосфора не менее 1 часа, после чего перегоняют, непосредственно перед употреблением ацетонитрил повторно перегоняют над прокаленным карбонатом калия.

### *7.2. Подготовка подвижной фазы для ВЭЖХ*

В мерную колбу вместимостью 1000 см$^3$ помещают 650 см$^3$ ацетонитрила и 350 см$^3$ бидистиллированной воды, перемешивают, фильтруют и дегазируют.

### *7.3. Кондиционирование хроматографической колонки*

Промывают колонку подвижной фазой (приготовленной по п. 7.2) при скорости подачи растворителя 0,8 см$^3$/мин до установления стабильной базовой линии.

### *7.4. Приготовление градуировочных растворов и раствора внесения*

*7.4.1. Исходный раствор дифлюфеникана для градуировки (концентрация 100 мкг/см$^3$).* В мерную колбу вместимостью 100 см$^3$ помещают 0,0100 г дифлюфеникана, растворяют в 50—60 см$^3$ ацетонитрила, доводят ацетонитрилом до метки, тщательно перемешивают.

Раствор хранят в морозильной камере при температуре –18 °С в течение 6-ти месяцев.

Растворы № 1—5 готовят объемным методом путем последовательного разбавления исходного раствора для градуировки.

*7.4.2. Раствор № 1 дифлюфеникана для градуировки и внесения (концентрация 10 мкг/см$^3$).* В мерную колбу вместимостью 100 см$^3$ помещают 10 см$^3$ исходного раствора дифлюфеникана с концентрацией 100 мкг/см$^3$ (п. 7.4.1), разбавляют ацетонитрилом до метки.

Градуировочный раствор № 1 хранят в морозильной камере при температуре –18 °С в течение 3-х месяцев.

Этот раствор используют для приготовления проб с внесением при оценке полноты извлечения действующего вещества методом «внесено-найдено».

*7.4.3. Рабочие растворы № 2—5 дифлюфеникана для градуировки (концентрация 0,1—1,0 мкг/см$^3$).* В 4 мерные колбы вместимостью 100 см$^3$ помещают по 1,0; 2,0; 5,0 и 10 см$^3$ градуировочного раствора № 1 с концентрацией 10 мкг/см$^3$ (п. 7.4.2), доводят до метки подвижной фазой, приготовленной по п. 7.2, тщательно перемешивают, получают рабочие растворы №№ 2—5 с концентрацией дифлюфеникана 0,1; 0,2; 0,5 и 1,0 мкг/см$^3$, соответственно.

Рабочие растворы хранят в холодильнике при температуре 4—6 °С не более 2-х месяцев.

### *7.5. Установление градуировочной характеристики*

Градуировочную характеристику, выражающую зависимость площади пика (mAU*sec) от концентрации дифлюфеникана в растворе (мкг/см$^3$), устанавливают методом абсолютной калибровки по 4-м растворам для градуировки №№ 2—5.

В инжектор хроматографа вводят по 20 мм$^3$ каждого градуировочного раствора и анализируют в условиях хроматографирования по п. 7.5.1. Осуществляют не менее 5-ти параллельных измерений. Устанавливают площади пиков (в mAU*sec), на основании которых строят градуировочную зависимость.

Градуировочную характеристику проверяют перед проведением измерения по анализу одного из градуировочных растворов. Если значение площади отличается более, чем на 11 % от данных, заложенных в градуировочную характеристику, ее строят заново, используя свежеприготовленные рабочие растворы для градуировки.

#### *7.5.1. Условия хроматографирования*

Измерения выполняют при следующих режимных параметрах:

Жидкостный хроматограф с ультрафиолетовым детектором с переменной длиной волны

Хроматографическая колонка стальная, длиной 150 мм, внутренним диаметром 4,6 мм, содержащая Eclipse XDB C18, зернением 5 мкм.

Температура колонки: + 25 °С.

Подвижная фаза: ацетонитрил-вода (65 : 35, по объему).

Скорость потока элюента: 0,8 $см^3$/мин.

Рабочая длина волны: 289 и 242 нм*.

Объем вводимой пробы: 20 $мм^3$.

Ориентировочное время выхода дифлюфеникана: 10,77—10,89 мин

Линейный диапазон детектирования: 2—20 нг.

* Хроматографирование пробы при 2-х длинах волн увеличивает надежность идентификации вещества.

### *7.6. 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 ацетонитрилом порциями 25—30 $см^3$, сушат с помощью разряжения, создаваемого водоструйным насосом, затем на воздухе при комнатной температуре. До использования фильтры хранят в герметично закрытой стеклянной таре.

### *7.7. Подготовка салфеток для проведения смыва*

Вырезают салфетки (лоскуты) из белой бязи размером 10 х 10 см, затем их последовательно обрабатывают 5%-ным раствором углекислого натрия (при кипячении), водой до нейтральной реакции промывных вод, 2-х кратно промывают этиловым спиртом, сушат на воздухе при комнатной температуре. До использования салфетки хранят в герметично закрытой стеклянной таре.

## 8. Отбор и хранение проб воздуха

### *8.1. Воздух рабочей зоны*

Отбор проб осуществляют в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005—88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Воздух с объемным расходом 2—4 $дм^3$/мин аспирируют через бумажный фильтр «синяя лента», помещенный в фильтродержатель.

Для измерения концентрации дифлюфеникана на уровне предела обнаружения (0,1 мг/м$^3$) необходимо отобрать 5 дм$^3$ воздуха, на уровне 0,5 ОБУВ воздуха рабочей зоны (0,6 мг/м$^3$) – 1,7 дм$^3$ воздуха. Срок хранения отобранных проб, помещенных в полиэтиленовые пакеты, в холодильнике при температуре 4—5 °С –30 дней.

### *8.2. Атмосферный воздух*

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 дм$^3$/мин аспирируют через пробоотборную систему, состоящую из последовательно соединенных бумажного фильтра «синяя лента» и фильтра из пенополиуретана (ППУ), помещенных в фильтродержатель.

Для измерения концентрации дифлюфеникана на уровне предела обнаружения (0,0008 мг/м$^3$) необходимо отобрать 125 дм$^3$ воздуха. Срок хранения отобранных проб, помещенных в полиэтиленовые пакеты, в холодильнике при температуре 4—6 °С – 30 дней.

## 9. Условия проведения смыва

Смывы проводят в конце работы или после выполнения отдельных операций с открытых и закрытых спецодеждой или другими СИЗ участков тела (лоб, лицо, шея, грудь, предплечье, голень, кисти рук, включая межпальцевые промежутки).

До работы выбирают участок кожи, обрабатывают его для удаления загрязнений, фиксируют площадь (не менее 200 см$^2$). При необходимости отбирают фоновые смывы.

Смыв выполняют способом обмыва фиксированного участка кожи этиловым спиртом, помещая 20 см$^3$ в стеклянную емкостью с металлической крышкой. Тканевой салфеткой, смоченной растворителем, с помощью пинцета (индивидуально) обмывают этот участок сверху вниз. Операцию повторяют дважды.

Срок хранения отобранных проб смывов, помещенных в герметично закрытые емкости, в морозильной камере при температуре –18 °С – 2 месяца.

## 10. Выполнение измерений

### *10.1. Воздух рабочей зоны и атмосферный воздух*

Экспонированный фильтр (или бумажный фильтр «синяя лента» и фильтр из ППУ) переносят в химический стакан вместимостью 150 см$^3$, заливают 20 см$^3$ ацетона или этанола, помещают на встряхиватель на 10 минут. Растворитель сливают, фильтры еще дважды обрабатывают новыми порциями ацетона или этанола объемом 20 см$^3$, выдерживая на встряхивателе по 10 минут.

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 5 см$^3$ (воздух рабочей зоны) или 1 см$^3$ (атмосферный воздух) подвижной фазы (подготовленной по п. 7.2), тщательно перемешивают и анализируют при условиях хроматографирования, указанных в п. 7.5.1.

### *10.2. Смывы с кожных покровов*

Пробу смыва сливают (через воронку) в колбу для упаривания, с помощью пинцета извлекают салфетку, помещают в конусную химическую воронку, установленную в муфту колбы для упаривания, тщательно отжимают и промывают этиловым спиртом дважды порциями по 10 см$^3$, предварительно ополаскивая растворителем емкость, в которой находилась проба.

Объединенный раствор упаривают в круглодонной колбе на ротационном вакуумном испарителе при температуре бани не выше 35 °С почти досуха, оставшийся растворитель отдувают потоком теплого воздуха. Остаток растворяют в 2 см$^3$ подвижной фазы (подготовленной по п. 7.2) и анализируют при условиях хроматографирования, указанных в п. 7.5.1.

Пробу вводят в испаритель хроматографа не менее двух раз. Устанавливают площадь пика (в mAU*sec) действующего вещества, с помощью градуировочной характеристики определяют концентрацию дифлюфеникана в хроматографируемом растворе.

Образцы, дающие пики, большие, чем градуировочный раствор с концентрацией 1,0 мкг/см$^3$, разбавляют подвижной фазой (не более чем в 50 раз).

## 11. Обработка результатов анализа

### *11.1. Воздушная среда*

Концентрацию дифлюфеникана в пробе воздуха (X), мг/м$^3$, рассчитывают по формуле:

$$X = C \cdot W/V_t, \text{ где}$$

$C$ – концентрация дифлюфеникана в хроматографируемом растворе, найденная по градуировочной характеристике в соответствии с величиной площади хроматографического пика, мкг/см$^3$;

$W$ – объем экстракта, подготовленного для хроматографирования, см$^3$;

$V_t$ – объем пробы воздуха, отобранный для анализа, приведенный к стандартным условиям (давление 760 мм рт. ст., температура 20 °С) или нормальным условиям (давление 760 мм рт. ст., температура 0 °С), дм$^3$.

$$V_t = R \cdot P \cdot ut/(273 + T), \text{ где}$$

$T$ – температура воздуха при отборе проб (на входе в аспиратор), град.С,

$P$ – атмосферное давление при отборе пробы, мм рт. ст.

$u$ – расход воздуха при отборе пробы, дм$^3$/мин,

$t$ – длительность отбора пробы, мин.

$R$ – коэффициент, равный 0,386 для воздуха рабочей зоны и 0,357 для атмосферного воздуха.

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

$$\frac{2 \cdot |X_1 - X_2| \cdot 100}{(X_1 + X_2)} \le r, \text{ где} \qquad (1)$$

$X_1, X_2$ – результаты параллельных определений, мг/ м$^3$;

$r$ – значение предела повторяемости (таблица), при этом $r = 2{,}8\sigma_r$.

### *11.2. Смывы с кожных покровов*

Концентрацию дифлюфеникана в пробе смыва X, мкг/смыв, рассчитывают по формуле:

$$X = C \cdot W, \text{ где}$$

$C$ – концентрация дифлюфеникан в хроматографируемом растворе, найденная по градуировочной характеристике в соответствии с величиной площади хроматографического пика, мкг/см$^3$;

$W$ – объем экстракта, подготовленного для хроматографирования, см$^3$.

**Примечание:** Идентификация и расчет концентрации вещества в пробах могут быть проведены с помощью компьютерной программы обработки хроматографических данных, включенной в аналитическую систему.

## 12. Оформление результатов измерений

Результат количественного анализа представляют в виде:

• результат анализа $\overline{X}$ в мг/м$^3$ или мкг/смыв (с указанием площади смыва в см$^2$), характеристика погрешности δ, % (таблица), P = 0,95 или

$\overline{X} \pm \Delta$ мг/м$^3$ (мкг/смыв, площадь смыва, см$^2$), P = 0,95, где

$\overline{X}$ – среднее арифметическое результатов определений, признанных приемлемыми, мг/м$^3$ (мкг/смыв);

Δ – граница абсолютной погрешности, мг/м$^3$ (мкг/смыв);

$$\Delta = \delta \cdot X / 100,$$

$\delta$ – граница относительной погрешности методики (показатель точности по диапазону концентраций, таблица), %.

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 дифлюфеникана в пробе воздуха рабочей зоны – менее 0,1 мг/м$^3$; в пробе атмосферного воздуха – менее 0,0008 мг/м$^3$; смыва – менее 0,2 мкг/смыв»**

** – 0,1 мг/м$^3$; 0,0008 мг/м$^3$; 0,2 мкг/смыв – пределы обнаружения при отборе 5 дм$^3$ воздуха рабочей зоны; 125 дм$^3$ атмосферного воздуха; в пробе смыва (фиксированная площадь смыва, 200 см$^2$), соответственно.*

## 13. 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».

Таблица

**Значения характеристики погрешности, нормативов оперативного контроля точности, повторяемости, воспроизводимости**

| Анализируемый объект | Диапазон определяемых концентраций, мг/м$^3$, мкг/смыв | Характеристика погрешности, ± δ,%, P = 0,95 | Норматив оперативного контроля точности, K, мг/м$^3$, мкг/смыв, (P = 0,95, m = 2) | Стандартное отклонение повторяемости, $\sigma_r$, мг/м$^3$, мкг/смыв | Предел повторяемости, r, мг/м$^3$, мкг/смыв | Предел воспроизводимости, R, мг/м$^3$, мкг/смыв, (P = 0,95, m = 2) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Атмосферный воздух | 0,0008—0,008 мг/м$^3$ | 17 | $0,21 \cdot \overline{X}$ | $0,038 \cdot \overline{X}$ | $0,11 \cdot \overline{X}$ | $0,13 \cdot \overline{X}$ |
| Воздух рабочей зоны | 0,1—1,0 мг/м$^3$ | 15 | $0,21 \cdot \overline{X}$ | $0,036 \cdot \overline{X}$ | $0,10 \cdot \overline{X}$ | $0,12 \cdot \overline{X}$ |
| Смывы с кожных покровов | 0,2—2,0 мкг/смыв | 14 | $0,14 \cdot \overline{X}$ | $0,036 \cdot \overline{X}$ | $0,10 \cdot \overline{X}$ | $0,12 \cdot \overline{X}$ |

$X$ – массовая концентрация анализируемого компонента в пробе, $\overline{X}$ – среднее значение (мг/м$^3$, мкг/смыв).

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

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

Образцами для контроля являются реальные пробы воздушной среды и смывов с кожных покровов. Объем отобранных для контроля процедуры выполнения анализа проб воздуха и смывов с кожи должен соответствовать удвоенному объему, необходимому для проведения анализа по методике, фиксированная площадь смыва должна быть увеличена в 2 раза. После отбора проб экстракт с фильтра, а также пробу смыва 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 $X_д$ 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 услови-

ях повторяемости (один аналитик, использование одного набора мерной посуды, одной партии реактивов и т. д.).

Решение об удовлетворительности процедуры анализа принимают при выполнении условия:

$$|X' - X - X_д| \le K, \qquad (2)$$

где $K = 0{,}21 \cdot \overline{X}$ (воздушная среда),

$K = 0{,}14 \cdot \overline{X}$ (смывы с кожи),

$\overline{X} = 1/2(X + X' - X_д)$

$X$, $X'$ – результаты измерений исходной рабочей пробы и пробы с добавкой, соответственно (мг/м$^3$, мкг/смыв);

$X_д$ – величина добавки (мг/м$^3$, мкг/смыв);

$K$ – норматив оперативного контроля точности (в соответствии с диапазоном концентраций, таблица), мг/м$^3$, мкг/смыв.

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

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

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

$$|X_1 - X_2| \le R \qquad (3)$$

где $R = 0{,}13 \cdot \overline{X}$ (атмосферный воздух);

$R = 0{,}12 \cdot \overline{X}$ (воздух рабочей зоны, смывы с кожи)

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

где $X_1$, $X_2$ – результаты измерений в двух разных лабораториях (мг/м$^3$, мкг/смыв).

$R$ – предел воспроизводимости (в соответствии с диапазоном концентраций, таблица ), мг/м$^3$, мкг/смыв.

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

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

## 14. Разработчики

Юдина Т. В., Федорова Н. Е., Волкова В. Н. (ФГУН «Федеральный [illegible] гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана Роспотребнадзора»).

gost.e-ecolog.ru