ŋqdqɥɘʏ bɆ dɘqɆbʏɜɘ d ɕɑɑbɔɥ Ɉqdqʏqɥè

методы в химии

Ю. С. Другов, А. А. Родин

ГАЗОХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОЗДУХА

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

6-е издание, электронное

Москва
Лаборатория знаний
2020

ŋqdqɥɘʏ bɆ dɘqɆbʏɜɘ d ɕɑɑbɔɥ Ɉqdqʏqɥè

ŋqdqɐeɎ bɆ dədɆbɎɜə d ɞɔɑbɔɐ Ɉqddɏqɐè

УДК 543.544
ББК 24.4
Д91

Серия основана в 2003 г.

Рецензенты:
д-р хим. наук, профессор О. Г. Ларионов и
д-р техн. наук, профессор А. М. Воронцов

Другов Ю. С.

Д91 Газохроматографический анализ загрязненного воздуха : практическое руководство / Ю. С. Другов, А. А. Родин. — 6-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2020. — 531 с. — (Методы в химии). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-00101-676-2

В практическом руководстве обсуждаются методология и практическое использование газовой хроматографии в анализе загрязненного воздуха (атмосферный воздух, промвыбросы, воздух рабочей зоны и промплощадок заводов, воздух жилых помещений и административных зданий, выдыхаемый воздух). Подробно обсуждаются все этапы аналитической процедуры (отбор проб, пробоподготовка, хроматографирование, детектирование, приготовление стандартных смесей веществ, идентификация, количественный анализ и метрологическая оценка). Приводятся рутинные и стандартные (эталонные) методики определения приоритетных загрязнений в воздухе.

Для химиков-аналитиков, специалистов СЭС и других специализированных лабораторий, а также студентов химических вузов.

УДК 543.544
ББК 24.4

Деривативное издание на основе печатного аналога: Газохроматографический анализ загрязненного воздуха : практическое руководство / Ю. С. Другов, А. А. Родин. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. — 528 с. : ил. — (Методы в химии). — ISBN 5-94774-393-0.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-00101-676-2

© Лаборатория знаний, 2015

ŋqdqɐeɎ bɆ dədɆbɎɜə d ɞɔɑbɔɐ Ɉqddɏqɐè

ŋqdqȺeɎ bɆ dədɆbɎɜə d ɕɔɑbɔȺ Ɉqdɗ⅄qȺè

Оглавление

Предисловие 3
Введение 5
Глава I. Воздух как объект анализа 7
  1. Источники загрязнения атмосферы 7
  2. Классификация загрязнителей воздуха 9
  3. Химические реакции загрязнителей 12
  4. Состав загрязнений воздуха 13
  5. Мониторинг загрязнителей воздуха 15
  6. Нормирование загрязнений воздуха 17
  Литература 19

Глава II. Пробоподготовка 21
  1. Отбор проб воздуха в контейнеры 24
    1.1. Типы контейнеров 25
    1.2. Возможные артефакты 28
    1.3. Практическое использование контейнеров 30
  2. Газохроматографический анализ с использованием канистр 34
  3. Криогенное концентрирование 38
    3.1. Криогенные ловушки 39
    3.2. Возможные артефакты. Осушка пробы 43
    3.3. Криофокусирование 48
    3.4. Практика криогенного пробоотбора в определении загрязнений воздуха 53
      3.4.1. Монооксид углерода 53
      3.4.2. Гидриды 54
      3.4.3. Азотсодержащие неорганические газы 55
      3.4.4. Соединения серы 55
      3.4.5. Углеводороды 57
      3.4.6. Галогенсодержащие углеводороды 58
      3.4.7. Альдегиды и кетоны 60
  4. Сорбция (адсорбция) 60
    4.1. Активный уголь 67
    4.2. Углеродсодержащие сорбенты 71
    4.3. Пористые полимерные сорбенты 76
      4.3.1. Тенаксы 78
      4.3.2. Порапаки 83
      4.3.3. Полисорбы 85
      4.3.4. Новые отечественные полимерные сорбенты 88
      4.3.5. Полидифенилфталиды 92
      4.3.6. Хромосорбы 99
      4.3.7. Полимерные смолы ХАД 100
      4.3.8. Пенополиуретан 102
    4.4. Колоночные сорбенты 102
    4.5. Силикагель 105
    4.6. Молекулярные сита 109
    4.7. Оксид алюминия 111

ŋqdqȺeɎ bɆ dədɆbɎɜə d ɕɔɑbɔȺ Ɉqdɗ⅄qȺè

ŋqdqɏeɎ bɆ dədɆbɎɜə d ɞɔɑbɔɏ Ɉqddɏqɏè

4.8. Многослойные ловушки 111
4.9. Пассивный пробоотбор 112
4.10. Хемосорбенты. Дериватизация 121
4.11. Стандартные пробоотборные трубки 130
4.12. Реакционно-сорбционное концентрирование 132
4.13. Хромато-распределительный метод 134
4.14. Улавливание аэрозолей 143
4.14.1. Фильтры 145
4.14.2. Комбинированные ловушки 155
4.15. Твердофазная микроэкстракция 159
4.16. Новые отечественные пробоотборники – микросорберы 168
5. Десорбция примесей из сорбента 172
5.1. Экстракция растворителем 172
5.2. Экстракция в аппарате Сокслета 174
5.3. Термодесорбция 175
5.4. Экстракция горячим растворителем 180
5.4.1. Лабораторная посуда и ее подготовка 181
5.4.2. Экстракция твердых образцов 182
5.4.3. Экстракция золы 184
5.4.4. Очистка экстракта пробы 184
5.5. Экстракция водой в субкритическом состоянии 187
6. Выбор способа пробоотбора 188
Литература 195

Глава III. Анализ 201
1. Хроматографическое разделение 201
2. Детектирование 210
3. Идентификация 217
3.1. Хромато-масс-спектрометрия 218
3.2. Селективные детекторы 221
3.3. Гибридные методы 225
3.4. Получение производных 227
3.5. Приемы реакционной газовой хроматографии 230
4. Количественный анализ 231
4.1. Методы расчета хроматограмм 232
4.2. Приготовление стандартных смесей для калибровки детекторов 236
4.2.1. Статические методы 237
4.2.2. Диффузионные методы 243
4.2.3. Газовая экстракция 247
4.2.4. Разбавление 251
5. Метрология 252
5.1. Параметры погрешности 254
5.2. Практика оценки погрешности 262
Литература 264

Глава IV. Практика газохроматографического определения загрязнений воздуха 267
1. Атмосферный воздух 267
1.1. Летучие органические соединения 268
1.1.1. Алкилбензолы и галогенуглеводороды 291
1.1.2. Альдегиды и кетоны. Спирты 303
1.1.3. Амины, нитраты и нитрилы 319
1.1.4. Серосодержащие соединения 330
1.1.5. Несимметричный диметилгидразин 342
1.2. Малолетучие соединения 347
1.2.1. Полициклические ароматические углеводороды 347
1.2.2. Пестициды 356
1.2.3. Тетраэтилсвинец 361
1.2.4. Цианаты 369
1.2.5. Отравляющие вещества 369

ŋqdqɏeɎ bɆ dədɆbɎɜə d ɞɔɑbɔɏ Ɉqddɏqɏè

ŋqqbqɏeʏ bɆ deqɆbʏзe d ɛɑɑbcɏ Ɉqqbʏqɏè

1.3. Твердые атмосферные частицы и аэрозоли 373
1.3.1. Пробоотбор 376
1.3.2. Гликоли 377
1.3.3. Металлоорганические соединения 379
1.3.4. Полициклические ароматические соединения 380
1.3.5. Хлорорганические и фосфорорганические супертоксиканты 384
1.3.6. Скрининговое обнаружение полифторированных бифенилов методом перхлорирования 389
2. Определение вредных веществ в воздухе рабочей зоны и промышленных технологиях 393
2.1. Углеводороды 394
2.2. Летучие соединения 395
2.3. Хлоруглеводороды 396
2.4. Винилхлорид 398
2.5. Фреоны 409
2.5.1. Промышленный анализ 410
2.5.2. Воздух рабочей зоны 411
2.5.3. Атмосферный воздух населенных мест 413
2.6. Пестициды 415
2.7. Унифицированные методики определения пестицидов 421
2.8. Изоцианаты 422
3. Воздух жилых помещений и административных зданий 425
3.1. Летучие соединения 427
3.2. Табачный дым 439
3.3. Малолетучие токсиканты 448
4. Выдыхаемый воздух 449
5. Определение загрязняющих веществ в промышленных выбросах 450
5.1. Хроматографическое определение суммарной концентрации углеводородов в промышленных газовых выбросах 453
5.2. Методика хроматографического измерения массовой концентрации керосина в промышленных выбросах с использованием универсального одноразового пробоотборника (ПНД Ф 13.1.6-97) 458
5.3. Методика хроматографического измерения массовой концентрации бензина, уайт-спирита и сольвента в промышленных выбросах с использованием одноразового пробоотборника (ПНД Ф 13.1.8-97) 461
5.4. Промвыбросы различных производств 462
6. Определение металлов в промвыбросах, воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе 464
6.1. Инверсионная вольтамперометрия 464
6.1.1. Электрохимические сенсоры 465
6.1.2. Свинец 467
6.1.3. Свинец, олово, медь, кадмий 468
6.1.4. Свинец, кронсодержащая красочная пыль 471
6.2. Атомная абсорбция 473
6.2.1. Кадмий и стронций 475
6.2.2. Ртуть 477
6.2.3. Свинец и его соединения 479
6.2.4. Тетраэтилсвинец (ТЭС) 481
6.3. Люминесценция 483
6.3.1. Методические указания по измерению массовой концентрации кадмия флуориметрическим методом в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населенных мест 483
6.4. Рентгеновская флуоресценция 490

ŋqqbqɏeʏ bɆ deqɆbʏзe d ɛɑɑbcɏ Ɉqqbʏqɏè

ŋqdqɏəɤ bɆ dəqɆbɤɜə d ɛɔɑbɔɏ Ɉqdqɤqɏè

6.5. ИСП/эмиссионная спектрометрия 492
6.6. ИСП/масс-спектрометрия 493
6.7. Газовая хроматография 494
6.7.1. Определение тетраэтилсвинца в атмосферном воздухе 495
7. Полевые анализы 497
7.1. Передвижные лаборатории 497
8. Технологические газы 503
9. Автоматические газоанализаторы 508
Литература 511

Предметный указатель 522

ŋqdqɏəɤ bɆ dəqɆbɤɜə d ɛɔɑbɔɏ Ɉqdqɤqɏè