

УДК 616-057+613.62:621

*Ю.А. Колиевская, А.И. Кобзарь, Ю.В. Марюха,
И.Д. Перец, Н.П.Вишневская, Д.К. Вила*

Научно-исследовательский институт гигиены труда и профессиональных заболеваний Харьковского национального медицинского университета

ГАЗОЖИДКОСТНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ В СИСТЕМЕ ГИГИЕНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

В статье освещается метод газожидкостной хроматографии при анализе вредных веществ в воздухе рабочей зоны в системе гигиенического контроля производственной среды на примере технологического процесса выплавки металла по пенополистирольным моделям. Предложен универсальный способ отбора проб воздуха на содержание широкого ассортимента различных токсических веществ без применения традиционных воздуходувок, аспираторов, эжекторов вакуумных насосов, как в рабочей зоне производственных помещений так и атмосферном воздухе.

Ключевые слова: газожидкостная хроматография, анализ, воздух.

Санитарно-гигиенический контроль является ведущим звеном в системе обеспечения безопасности условий труда, как так гигиенические заключения и рекомендации основаны на его результатах. В системе санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на улучшение условий труда работающих, наиболее эффективными методами защиты являются ограничения показателей вредных веществ в воздухе рабочей зоны, что в свою очередь требует систематического контроля чистоты воздуха рабочей зоны на промышленных предприятиях.

Контроль содержания вредных веществ необходим для установления соответствия фактических концентраций в воздухе рабочей зоны их предельно допустимым концентрациям – максимально разовым (ПДК), среднесменным (ПДК). Контроль соблюдения ПДК и ОБУВ осуществляется путем отбора и анализа кратковременных проб, а соответствие ПДК определяется по результатам измерений среднесменных концентраций.

Результаты как кратковременных, так и среднесменных измерений концентраций вредных веществ используются при следующих мероприятиях:

- определении уровня загрязнения воздушной среды;
- оценке эффективности внедренных мероприятий;
- установлении необходимости использования средств индивидуальной защиты органов дыхания;
- оценке влияния вредных веществ на состояние здоровья работающих;
- клинко-гигиеническом обосновании и корректировке ПДК.

Результаты кратковременных измерений концентраций необходимы при следующих действиях:

- гигиенической оценке технологического процесса, оборудования, вентиляционных устройств;
- установлении характера (монотонный, интермиттирующий) загрязнения воздушной среды;
- выявлении неблагоприятных гигиенических ситуаций;
- разработке оздоровительных мероприятий.

Материалы и методы. Отбор проб следует проводить при характерных производственных условиях. Любые нарушения технологического процесса, либо неисправное состояние или неправильная эксплуатация

© Ю.А. Колиевская, А.И. Кобзарь, Ю.В. Марюха и др., 2013

оборудования и всех предусмотренных средств предотвращения загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами (вентиляция, укрытие и т. п.), подлежат исправлению до проведения измерений.

Отбор проб следует проводить в рабочей зоне на местах постоянного и временного пребывания работающих при характерных производственных условиях с учетом производственных факторов:

– особенностей технологического процесса (непрерывный, периодический), температурного режима, количества выделяющихся вредных веществ и др.;

– физико-химических свойств контролируемых веществ (агрегатное состояние, плотность, давление пара, летучесть и др.) и возможности превращения последних (окисление, деструкция, гидролиз и др.);

– класса опасности и биологического действия вредного вещества;

– планировки помещений (этажность здания, наличие межэтажных проемов, связь со смежными помещениями и др.);

– количества и вида рабочих мест (постоянные или временные).

Имеющееся в производственных помещениях многообразие вредных химических веществ, загрязняющих воздушную среду, требует постоянного совершенствования и разработки новых способов аналитического контроля. Газохроматографический метод определения – один из наиболее универсальных и эффективных физико-химических методов разделения и анализа сложных смесей.

В литературе описаны хроматографические методы анализа, позволяющие определять несколько десятков химических соединений на одной колонке из одной пробы [1] (табл. 1).

Условия анализа: колонка 0,23×100 см, расход газа-носителя – 25 мл/мин, температура – 175 °С.

Однако при наличии такого количества химических соединений необходимо проводить отбор и соответствующих адсорбентов, что представляет собой определенные трудности. Поэтому в целях упрощения осуществляют отбор узкой фракции веществ, например ароматических, жирных или алифатических углеводородов на разных колонках.

В литературе описаны способы отбора проб воздуха в газовые пипетки, резиновые

Таблица 1. Хроматографические методы анализа определения химических соединений

| Разделяемые вещества | Parapak | | | | |
|----------------------|---------|------|-------|------|------|
| | P | Q | S | N | T |
| Вода | 0,39 | 0,28 | 0,54 | 0,94 | 0,91 |
| Метанол | 0,45 | 0,63 | 0,83 | 1,34 | 1,18 |
| Формальдегид | 0,45 | 0,66 | 0,86 | 1,35 | 0,83 |
| Ацетальдегид | 0,45 | 0,83 | 0,93 | 1,54 | 1,25 |
| Этанол | 0,56 | 1,07 | 1,45 | 2,55 | 2,23 |
| Муравьиная кислота | 0,68 | 1,11 | 1,192 | 5,68 | 0,91 |
| Ацетон | 0,72 | 1,69 | 1,94 | 3,77 | 3,22 |
| Уксусная кислота | 0,87 | 2,07 | 9,50 | 9,30 | 9,20 |
| Метилацетат | 0,76 | 2,07 | 2,18 | 4,15 | 3,56 |
| Пропанол | 0,83 | 2,36 | 3,18 | 5,98 | 5,13 |
| Пентан | 0,63 | 2,47 | 2,33 | 3,40 | 2,26 |
| Изомасляный альдегид | 0,88 | 0,95 | 3,36 | 6,28 | 5,04 |
| Масляный альдегид | 1,04 | 3,50 | 3,99 | 7,57 | 6,20 |
| 2-бутанол | 1,11 | 3,62 | 4,21 | 8,33 | 6,82 |
| Хлороформ | 1,21 | 3,71 | 3,93 | 6,70 | 6,0 |
| Этилацетат | 1,07 | 4,0 | 4,28 | 8,33 | 6,97 |
| Изобутанол | 1,19 | 4,45 | 6,01 | 12,2 | 10,0 |
| Гексан | 0,94 | 4,93 | 4,97 | 6,94 | 4,84 |
| Бутанол | 1,40 | 5,28 | 7,25 | 14,4 | 12,1 |
| Бензол | 1,60 | 5,73 | 6,61 | 9,86 | 8,08 |
| Толуол | 2,75 | 13,4 | 14,2 | 22,5 | 17,7 |

камеры, пластмассовые мешки [3, 4]. Хотя такой отбор проб является легкодоступным, он не позволяет проводить полную десорбцию целого ряда химических соединений, в частности ароматических углеводородов. Кроме этого, при хранении проб до 6 ч наблюдаются потери более 10 %, а в течение 24 ч – до 30 % [5].

В основу нашей разработки положено свойство химических соединений количественно адсорбироваться при пониженных температурах в целом ряде адсорбентов. Известно, что не только парообразные, но и большинство газообразных соединений способны вымораживаться в среде жидкого азота [6]. При этом должна создаваться разность давлений: пониженное в колонке и повышенное в воздушной среде [7]. Это физическое явление и было использовано при создании устройства для отбора и концентрирования проб воздуха.

Результаты и их обсуждение. Следует отметить, что отбор проб в производственных помещениях решается технически просто при наличии электросети и широко применяемых аспираторов модели М822, портативных пылеотборников ППО-1К, ПРВ-1М, аспиратор «Воздух» [2]. В то же время при отборе проб в пожаро- и взрывоопасных помещениях, а тем более воздуха в нефтедобывающих и газоперерабатывающих установках необходимо использование тяжелых аккумуляторных приборов, питающих аспираторы, что представляет собой определенные трудности.

В связи с изложенным выше мы предлагаем простой и универсальный способ отбора и хранения проб как в производственных помещениях, так и в атмосферном воздухе при отсутствии электросети и тяжелых ак-

кумуляторных установок. Сущность способа заключается в использовании жидкого азота. Для этого изготавливается металлическая колонка U-образной формы, один конец которой закрыт, а второй открыт. При отборе проб воздуха колонку помещают в сосуд Дьюара или в термос с жидким азотом емкостью 1 л. В результате разности температур и давления происходит засасывание воздуха. После окончания процесса, который не превышает 20 мин и зависит от объема, колонку закрывают заглушкой и в таком виде транспортируют в лабораторию.

Для осуществления подготовки пробы к хроматографическому анализу колонку снова помещают в жидкий азот. К одному концу подсоединяют газовую пипетку с затворной жидкостью. Затем колонку медленно вынимают из сосуда Дьюара. При этом воздух вытесняет затворную жидкость, по количеству которой и определяют объем отобранного воздуха. При наличии высокочувствительного детектора пробу отбирают через резиновый шланг и вводят в хроматограф для контроля состава выходящего воздуха. При отсутствии таких колонку вынимают из сосуда Дьюара и помещают в трубчатую электропечь, которую затем постепенно нагревают. При этом один конец колонки подсоединяют к газу-носителю, а второй – к газовой пипетке, из которой и отбирают пробы для анализа на газовом хроматографе.

Способ апробирован в производственных условиях, где осуществлялась выплавка металла по пенополистироловым моделям (табл. 2). Для хроматографического анализа использовали колонку 2×0,3 мм, заполненную сферохром-1 с 5 % полиэтиленгликоль-адипинатом. Разделение ароматических углеводородов проводили при следующих условиях:

Таблица 2. Результаты количественного определения ароматических веществ в воздухе рабочей зоны при литье металла по пенополистироловым моделям

| Название веществ | Содержание веществ в пробе, мг/м ³ | | | | |
|------------------|---|---------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| | во время заливки металла | через 5 мин после заливки | через 2 ч после заливки | через 3 ч после заливки | после заливки |
| Бензол | 19,0–1,3 | 123,0–4,5 | 83,0–2,7 | 36,0–1,9 | 10,0–1,0 |
| Толуол | 10,5–1,5 | 8,0–1,4 | 105,0–1,5 | 47,0–2,3 | 17,0–1,2 |
| Этилбензол | Следы | Следы | Следы | – | – |
| Стирол | 13,5–1,0 | 15,0–1,0 | 135,0–3,5 | 30,5–1,2 | 15,0–1,4 |

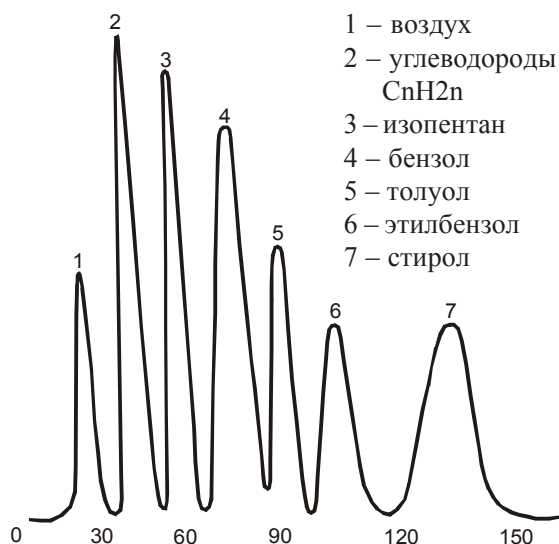


Рис. 1. Хроматограма парових продуктів руйнування пінополістиролу

- температура аналізу – 90 °С;
- температура нагріву пламенно-іонізаційного детектора – 120 °С;
- швидкість потоку газу-носія азоту – 50 мм/мін;

Час аналізу не перевищує 3 хв.

На рис. 1 показано хроматограму, а на рис. 2 – калібрувальні графіки.

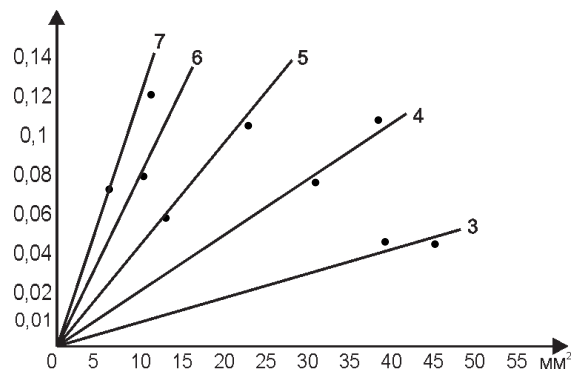


Рис. 2. Калібрувальні графіки кількісного визначення продуктів руйнування пінополістиролу

Висновки

В результаті проведених експериментальних досліджень пропонується універсальний спосіб вибору проб повітря на вміст широкого асортименту різних токсичних речовин без застосування традиційних аспіраторів, ежекторів, вакуумних насосів у робочій зоні виробничих приміщень, в атмосферному повітрі, а також у важкодоступних місцях і місцях з підвищеною вибухобезпекою.

Список літератури

1. Митрука Б. М. Применение газовой хроматографии в микробиологии и медицине / Б. М. Митрука. – М. : Медицина, 1978. – 221 с.
2. Санитарно-химический контроль воздуха промышленных предприятий / С. Н. Муравьева, М. Д. Бабина, А. Г. Атласов, И. С. Новикова. – М. : Медицина, 1982. – 352 с.
3. Барышев А. С. Пробоотборник газов / А. С. Барышев, М. М. Сметанин, А. П. Казаков. – А.С. СССР № 614358ИЗР. – 1978. – № 18. – С. 33.
4. Гердов А. М. Пробоотборник / А. М. Гердов, Г. С. Гицевский, С. А. Плискина. – А.С. СССР № 817519 от 05.04.81 г.
5. Маргна Л. М. Проблемы отбора проб при анализе загрязнений воздуха / Л. М. Маргна, В. О. Пилл, Я. О. Пинчук. – Современные методы санитарно-гигиенических исследований в практике санитарного контроля: материалы симпозиума. – Тарту, 1979. – С. 92–96.
6. Луйга П. О. Криоскопический концентратор / П. О. Луйга, П. С. Пускар. – А. С. СССР № 319896 от 02.11.71 г.
7. Устройства для препарирования жидких аэрозолей / Б. С. Тульчинский, В. Б. Названов, Л. К. Дереза [и др.]. – А.С. СССР № 256350 от 04.11.69 г.

Ю.О. Колиєвська, А.І. Кобзар, Ю.В. Марюха, І.Д. Перець, Н.П. Вишневська, Д.К. Віла ГАЗОРІДИННА ХРОМАТОГРАФІЯ ПРИ АНАЛІЗІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У ПОВІТРІ РОБОЧОЇ ЗОНИ В СИСТЕМІ ГІГІЄНИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

У статті висвітлюється метод газорідної хроматографії при аналізі шкідливих речовин у повітрі робочої зони в системі гігієнічного контролю виробничого середовища на прикладі технологічного процесу виплавки металу за пінополістирольними моделями. Запропоновано універсальний спосіб відбору проб повітря на вміст широкого асортименту різних токсичних речовин без застосування

традиційних повітродувок, аспіраторів, ежекторів вакуумних насосів як в робочій зоні виробничих приміщень, так і в атмосферному повітрі.

Ключові слова: газорідинна хроматографія, аналіз, повітря.

J.A. Kolievskaya, A.I. Kobzar, U.V. Maryukha, I.D. Perez, N.P. Vishnevskaya, D.K. Vila
GAS-LIQUID CHROMATOGRAPHY AT THE ANALYSIS OF HARMFUL SUBSTANCES IN AIR OF THE WORKING ZONE IN SYSTEM OF THE HYGIENIC CONTROL OF THE INDUSTRIAL ENVIRONMENT

In article the method gas-liquid chromatography is shined at the analysis of harmful substances in air of the working zone in system of the hygienic control of the industrial environment on an example of technological process of melt of metal on foamed polystyrene models. The universal way of sampling of air on the maintenance of wide assortment of various toxic substances without application traditional blower-compressors, aspirators, ejectors, vacuum pumps, as in a working zone of industrial premises and atmospheric air is offered.

Key words: gas-liquid chromatography analysis, air.