

Применение специализированных газоаналитических комплексов и новейших аналитических технологий для контроля качества атмосферного воздуха



Рассмотрены новейшие технологии для автоматического определения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В качестве примера представлен газоанализатор Gasega ONE Formaldehyde для определения концентрации формальдегида.

ООО «Группа Ай-Эм-Си», г. Москва

Рост городов, развитие промышленности, увеличение количества автомобильного транспорта обуславливают увеличение массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Хотя своевременная реализация целого ряда воздухоохраных мероприятий, таких как перевод на газообразное топливо предприятий энергетического комплекса и части автотранспортного парка, оборудование новейшими газоочистными установками основных источников выбросов и другие, позволяет сдерживать увеличение объемов поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в последние годы в ряде крупных городов накопился ряд серьезных проблем, препятствующих достижению требуемого качества окружающей среды.

Значительную лепту в загрязнение атмосферного воздуха вносит автомобильный транспорт. В некоторых городах доля выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств превышает долю выбросов от стационарных источников. Так, в Москве эта величина составляет 74,7%, в Санкт-Петербурге — 47,6%, в Казани — 44,6% [1]. Именно загрязнение атмосферного воздуха является здесь одной из главных проблем.

Чтобы снизить давление этого фактора, службы экологического мониторинга многих российских городов в последние годы предпринимают меры по созданию и развитию единой системы экологического мониторинга (СЭМ) в соответствии с нормативными требованиями ГОСТ 17.2.3.01-86, ГОСТ 17.2.4.02-81, РД 52.04.186-89. Программой природоохраных мероприятий Москвы, Санкт-Петербурга, Уфы, Казани и других городов планируется дальнейшее развитие таких СЭМ: для наблюдения за состоянием атмосферы и загрязнением окружающего воздуха будут приобретаться новые стационарные автоматические станции контроля загрязнения атмосферного воздуха (АСКЗА), а также передвижные мобильные лаборатории (ПЭЛ).

На протяжении последних 40 лет в мире в целях обеспечения непрерывного экологического контроля окружающего воздуха были инструментально реализованы классические (эталонные) методы и технологии для определения неорганических соединений в атмосфере. Сегодня автоматические стационарные приборы, работа которых основана на давно известных принципах, способны определять такие компоненты в воздухе, как SO_2 ,

H_2S (УФ-флуоресценция), NO , NO_2 , NH_3 (хемилюминесценция), CO (ИК-оптика), O_3 (УФ-фотометрия) и другие вещества. Они могут непрерывно работать 24 часа в сутки, собирая, обрабатывая и передавая информацию о текущем состоянии окружающей среды в месте своей установки.

В связи с развитием аналитических технологий в последнее десятилетие количество методов для детектирования как органических, так и неорганических веществ в атмосферном воздухе увеличилось. Также благодаря появлению новых технологий стало возможным определять в атмосферном воздухе различные компоненты на уровне 0,3–20 ПДК.

Приведем примеры использования нескольких новейших технологий, с помощью которых было реализовано автоматическое определение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Автоматизированная газовая хроматография

Метод автоматизированной газовой хроматографии предназначен для количественного химического анализа органических и неорганических смесей веществ и основан на классической газовой хроматографии (ГХ).

Суть метода состоит в разделении смесей веществ на капиллярных колонках и последующем их детектировании на двух типах детекторов – пламенно-ионизационном (ПИД) и фотоионизационном (ФИД), работающих одновременно.

На капиллярных колонках анализируются вещества с температурой кипения от -70 до $+250$ °С. Высокая чувствительность хроматографической системы достигается благодаря включению в ее состав обогатительной колонки (предконцентрационной трубки) и поршневого насоса для отбора проб объемом до 400 см³, обеспечивающих от 5- до 800-кратного обогащения анализируемой пробы и реализацию количественного химического анализа на уровне от 1 мкг/м³. Благодаря автоматизации подобной хроматографической системы стало возможным проводить анализ пробы воздуха при параллельном отборе следующей порции пробы и ее подготовке (обогащение – пошаговое накопление пробы).

Важную роль в хроматографической системе играет наличие функции Backflush (обратная продувка стрипперной колонки с использованием дополнительной колонки для удаления неизмеряемых примесей), которая позволяет удалять ненужные для измерения компоненты до введения пробы в аналитическую колонку, что сокращает время анализа и увеличивает эксплуатационный ресурс аналитической колонки до 5 лет. Для разделения компонентов с температурами

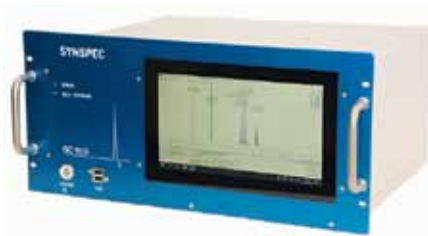


Рис. 1. Автоматический газовый хроматограф Synspec GC 955

кипения ниже 20 °С предусмотрено охлаждение предконцентрационной трубки до -5 °С.

В качестве прибора для измерения фоновых концентраций органических соединений в атмосферном воздухе или воздухе рабочей зоны мы используем автоматический газовый хроматограф Synspec GC 955 – измерение ароматических (ВТЕХ), токсичных углеводородов класса C_6-C_{12} , «предшественников озона» (легких углеводородов класса C_2-C_5), спиритов, альдегидов, олефинов, хлорорганических или сераорганических углеводородов, массовых концентраций метана, этана, пропана, бутана, пентана, гексана, суммы предельных углеводородов C_1-C_5 и C_6-C_{10} по утвержденным методикам измерений.

Фотоакустическая спектроскопия (ФАС) с применением ИК узкополосных оптических фильтров и (или) квантово-каскадных лазеров

Суть метода состоит в использовании импульсного источника инфра-

красного излучения (лазера) и узкополосных оптических фильтров для формирования индивидуальных спектральных полос среднего ИК-диапазона. Измерительная ячейка работает в нерезонансном режиме и позволяет измерять лазерное излучение от двух источников при помощи высокочувствительных кантилеверов с двумя различными частотными модуляциями. Уровень фотоакустического сигнала прямо пропорционален концентрации определяемого вещества в измерительной ячейке. Сегодня существует множество различных настраиваемых лазеров, работающих в ближнем ИК-диапазоне, самым чувствительным лазером является квантово-каскадный, позволяющий обеспечить практически нулевой уровень фонового сигнала [2].

Несмотря на то что многие из перечисленных технологий в областях теоретической физики существуют достаточно давно, реализовать их, доведя до инструментального решения конкретных аналитических задач, удалось сравнительно недавно. Сегодня появилась возможность комплектовать подобными приборами как новые, так и уже действующие станции автоматического контроля загрязнения атмосферного воздуха или передвижные экологические лаборатории.

Таким образом, новые методы определения загрязняющих компонентов в атмосферном воздухе позволяют существенно расширить список стоящих перед контролирующими

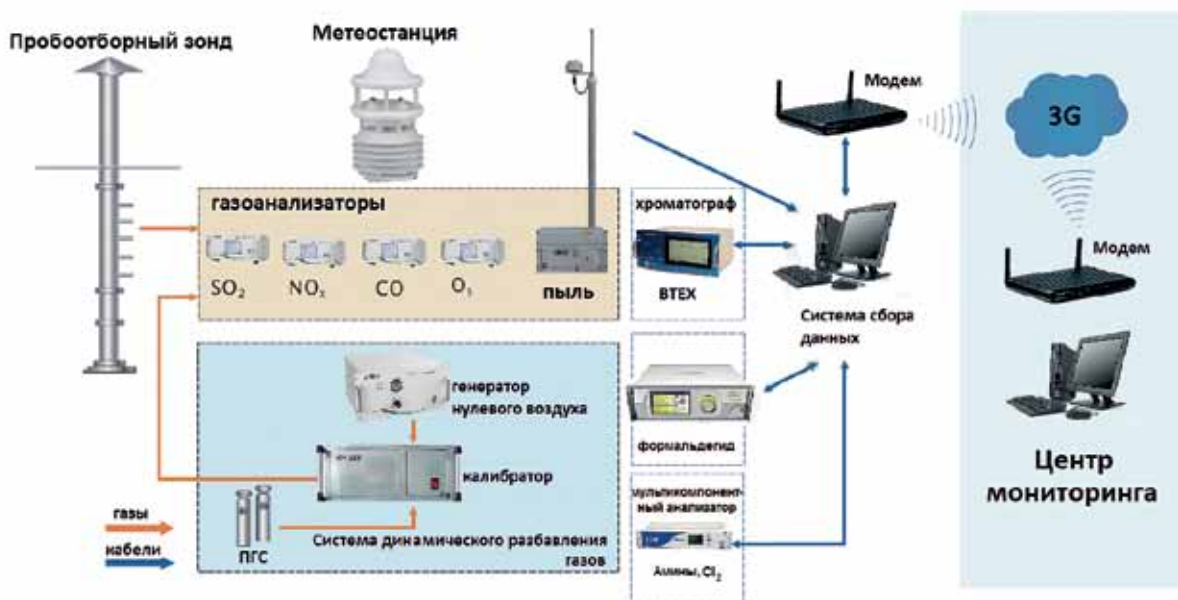


Рис. 2. Пример построения системы экологического мониторинга (СЭМ)

органами аналитических задач. С использованием приборов, основанных на новых принципах измерения, сегодня можно в непрерывном режиме вести детектирование таких веществ, которые невозможно было автоматически измерить еще 10–15 лет назад. Объединение перечисленных аналитических методов в единую систему экологического контроля позволяет получать в режиме реального времени объективную картину загрязнений атмосферного воздуха в местах проживания населения и вести непрерывный контроль экологической ситуации для принятия оперативных управленческих решений.

Создавая СЭМ на длительную перспективу (рис. 2), необходимо уделять особое внимание надежности и качеству используемых измерительных средств и программного обеспечения. Прежде всего, это касается высокоточного измерительного оборудования: автоматических газоанализаторов, хроматографов, анализаторов пыли, метеостанций и других приборов. В результате селективного отбора, с учетом последних достижений в области проектирования, изготовления и эксплуатации автоматизированных СЭМ в РФ и за рубежом, а также опыта реальной эксплуатации оборудования в течение 5–6 лет нами был определен наиболее целесообразный комплект приборов, отвечающих современным требованиям.

«Сердцем» СЭМ является аналитический комплекс, предназначенный для непрерывного автоматического измерения содержания загрязняющих веществ. Функционально в состав аналитического комплекса входят:

- ▶ газоаналитическое оборудование (газоанализаторы, автоматический газовый хроматограф);
- ▶ система пробоотбора (с подогревом);
- ▶ система сбора, обработки, накопления и хранения данных;
- ▶ датчики метеорологических параметров окружающей среды;
- ▶ оптический анализатор пыли с обогреваемым пробоотборным зондом;
- ▶ средства для калибровки, проверки точности и корректировки показаний, а также поверки газоаналитического оборудования;
- ▶ пакет прикладных программ для сбора, обработки и хранения данных.

Классическими методами с использованием новейшего оборудования компании FPI Inc. (КНР) аналитический комплекс определяет следующие компоненты: диоксид серы (SO_2), сероводород (H_2S), оксиды азота (NO , NO_2 , NO_x), аммиак (NH_3), оксид углерода (CO), озон (O_3), также выполняется измерение пыли с использованием оптического анализатора компании Grimm GmbH (Германия).

Включение в состав комплекса автоматических газовых хроматографов фирмы Synspec b.v. (Нидерланды) позволяет определять: метан (CH_4) и сумму углеводородов без метана ($\text{C}_2\text{--C}_{12}$), предельные углеводороды $\text{C}_1\text{--C}_3$ и $\text{C}_6\text{--C}_{10}$, бензол (C_6H_6), толуол (C_7H_8), изомеры ксилола (C_8H_{10}), фенол ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$), винилхлорид ($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$), 1,3-бутадиен (C_4H_6), 1,2-дихлорэтан ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$), метилмеркаптан (CH_4S) и другие органические соединения.

Фотоакустические спектрометры компании Gasera Ltd. (Финляндия) дают возможность определять широкий перечень как органических, так и неорганических веществ: формальдегид (CH_2O), гидрофторид (HF) и гидрохлорид (HCl).

Расскажем подробнее об одном из приборов данного производителя для определения содержания в воздухе формальдегида – опасного вещества, которое раньше было невозможно обнаружить.

Газоанализатор Gasera ONE Formaldehyde

Формальдегид – летучее органическое соединение (ЛОС). Источником формальдегида в домах, как правило, является мебель, в атмосферном воздухе – выхлопные газы автомобилей. Существует также естественный фон, возникающий в результате фотохимических процессов. Формальдегид присутствует внутри помещений в следовых концентрациях, и зачастую концентрация формальдегида внутри помещения выше, чем на улице.

Формальдегид является предшественником озона и классифицируется как канцерогенное вещество даже при низких концентрациях. Ввиду своей токсичности и летучести он представляет высокую опасность для здоровья человека. Типичный фоновый уровень концентрации в воздухе составляет 5–10 мкг/м³, ПДК формальдегида в атмосферном воздухе – 50 мкг/м³.

Концентрации свыше 100 мкг/м³ могут вызвать острые проблемы со здоровьем. Многие повседневные продукты, такие как косметика и моющие средства, также содержат формальдегид.

Влияние формальдегида на организм человека можно разделить на два уровня: умеренный и высокий. Умеренный уровень (40–100 мкг/м³) способен привести к респираторным проблемам, например кашлю, хрипам, аллергическим проявлениям, высокий уровень (>100 мкг/м³) вызывает раздражение глаз, слизистых носа и горла и более значительные проблемы с дыхательной системой и легкими.

Для измерения фоновых концентраций формальдегида в атмосферном воздухе или помещениях применим газоанализатор Gasera ONE Formaldehyde (рис. 3), разработанный в 2016 году компанией Gasera Ltd. по заказу ООО «Группа Ай-Эм-Си», который селективно измеряет концентрации формальдегида в режиме реального времени. Прибор включает сверхчувствительную кантилеверную технологию фотоакустического детектирования с использованием квантово-каскадного лазера, работающего на средней спектральной линии поглощения формальдегида.

Основным преимуществом фотоакустического эффекта является независимость чувствительности прибора от длины пути поглощения. Газоанализатор обеспечивает достаточную чувствительность для надежного измерения фоновых концентраций формальдегида в режиме реального времени и не нуждается в каких-либо расходных материалах. Диапазон измерения прибора охватывает 0,04–75 ПДК атмосферного воздуха. Предел обнаружения формальдегида данным газоанализатором составляет 2 мкг/м³.

Газоанализатор был испытан в статических и динамических условиях в лаборатории в Южной Финляндии в 2017 году. В 2019 году газоанализатор успешно прошел метрологические испытания в Российской Федерации во ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, где были подтверждены его метрологические свойства и селективность. Прибор внесен в Госреестр СИ РФ под номером 80026-20. В 2021 году газоанализатор получил экспертное заключение ГО им. А. И. Воейкова № 01/21 о соответствии нормативно-методическим документам в области мониторинга



Рис. 3. Газоанализатор Gasera ONE Formaldehyde

загрязнения атмосферы для нужд Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и был рекомендован для использования в целях мониторинга загрязнения атмосферы на постах наблюдений и в передвижных лабораториях, оснащенных средствами регистрации данных.

Газоанализатор обеспечивает надежные измерения концентраций формальдегида в режиме реального времени, выдает результаты измерений на экране меньше чем за минуту.

В период проведения полевых измерений с помощью газоанализатора были проверены жилые дома на наличие концентраций формальдегида, причем результаты измерений коррелируют с данными, полученными в лаборатории. Газоанализатор чувствитель-

лен и имеет быстрое время отклика на изменения концентрации формальдегида как внутри зданий, так и снаружи. Прибор отличается исключительно высоким уровнем стабильности, поэтому не требуется частая калибровка и, следовательно, обеспечивается низкая совокупная стоимость владения.

Результаты измерений газоанализатора сравнивались с результатами измерений эталонных лабораторных методов, результаты имеют хорошую сходимость (в пределах погрешности 15 %).

Заключение

Как СЭМ в целом, так и отдельные анализаторы успешно эксплуатируются на многих предприятиях по добыче и транспортировке нефти и газа, в металлургической и химической

отраслях, в эколого-аналитических лабораториях, аккредитованных в области охраны окружающей среды, а также в научно-исследовательских институтах. Совместно с ведущими зарубежными и российскими предприятиями компания ООО «Группа Ай-Эм-Си» готова решать различные по масштабу и сложности задачи заказчика по организации мониторинга атмосферного воздуха. Компания осуществляет поставку оборудования, монтаж и установку систем, их гарантийное и послегарантийное обслуживание, проводит первичный инструктаж и обучение персонала.

Литература

1. Т. Д. Белкина, М. М. Минченко, Н. Н. Ноздрин, Л. В. Протокалистова, Е. М. Щербакова. Мониторинг состояния и проблем развития городов России в годы реформ // Проблемы прогнозирования. 2011. № 2.

2. Christian Bernd Hirschmann. Cantilever-enhanced photoacoustic spectroscopy in the analysis of volatile organic compounds // VTT (Центр технических исследований Финляндии): [сайт]. URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp> (дата обращения: 02.09.2021).

А. Г. Куликов, Е. А. Панков,
ООО «Группа Ай-Эм-Си», г. Москва,
тел.: +7 (495) 374-0401,
e-mail: sales@imc-systems.ru,
сайт: imc-systems.ru

19-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ

ChipEXPO-2021

КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

ОРГАНИЗАТОРЫ:
ЗАО «ЧипЭКСПО»
Москва, 121351,
ул. Ярцевская, д. 4.
Тел.: +7 (495) 221-50-15
E-mail: info@chipexpo.ru
<http://www.chipexpo.ru>

ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ

14-16.09

В ТЕХНОПАРКЕ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА

СКОЛКОВО

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ:

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, включая:
 - экспозицию предприятий, являющихся изготовителями изделий, включенных в единый реестр российской радиоэлектронной продукции (Постановление Правительства РФ №878)
 - экспозицию разработок, созданных в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы» (Постановление Правительства РФ №109)
 - экспозицию разработок, обеспечивающих выполнение приоритетных национальных проектов.
- Дивизионы кластера «Радиоэлектроника» ГК «Ростех»
- Квалифицированные поставщики ЭКБ
- Участники конкурса «Золотой Чип»
- Стартапы в электронике
- Консорциумы и дизайн-центры по электронике
- Корпорация развития Зеленограда

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА: