

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТРАССОВЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР НА ОСНОВЕ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ ДИОДНЫХ ЛАЗЕРОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДИНАМИКИ АТМОСФЕРНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

М. Ангелова*, А. Дончев*, И.И. Засавицкий, Ю.В. Косичкин, Т. Крыстев*, А.И. Кузнецов, А.Н. Перов, С.П. Пенчев, Е.В. Степанов, А.Н. Филиппов, В. Цанев*, А.П. Шотов

Создан автоматизированный трассовый измеритель содержания СО в атмосфере на основе диодных лазеров, управляемый персональным компьютером. Приведены результаты испытания прибора в режиме долговременной регистрации в полевых условиях на горе Витоша, НРБ.

В работе /1/ была предложена простая и эффективная методика измерения микроконцентрации загрязняющих атмосферу газов, основанная на использовании перестраиваемых диодных лазеров (ДЛ), работающих в импульсно-периодическом режиме.

Всесторонние испытания описанной в /1/ установки и ее последующих модификаций /2/ в экспериментах по определению содержания СО в атмосфере в различных, в том числе экспедиционных условиях подтвердили перспективность избранного подхода для решения задач мониторинга атмосферных загрязнений.

Целью настоящей работы было совершенствование газоанализатора /1/ путем автоматизации процессов настройки анализатора, вычисления и регистрации концентрации определяемого газа с тем, чтобы обеспечить возможность использования прибора для автономных долговременных измерений в полевых условиях.

Автоматизированный вариант прибора был разработан Институтом общей физики АН СССР и Физическим институтом им. П.Н. Лебедева АН СССР и испытан в период совместной экспедиции указанных институтов и Института электроники Болгарской академии наук осенью 1985 года на территории НРБ.

В настоящей работе, также как и в /1/, использовался режим импульсно-периодической накачки ДЛ, который размещался на хладопроводе малогабаритного азотного криостата. Расход жидкого азота на охлаждение лазера не превышал 1 л в сутки. Излучение ДЛ регистрировалось фоторезисторами на основе Ge: Au, охлаждаемыми жидким азотом.

Оптическая схема газоанализатора /1/ была дополнена плечом, включающим кювету со смесью СО: N₂, и приемником. Эти элементы были введены для стабилизации циклов сканирования частоты ДЛ по линии поглощения и являются составной частью контура стабилизации средней температуры активной области лазера /3/.

Использовался ДЛ на основе полупроводника PbS_{1-x}Se_x, в котором параметр состава x был подобран таким образом, чтобы обеспечить генерацию в области 4,7 мкм, где расположена наиболее интенсивная колебательно-вращательная полоса СО.

Точная настройка ДЛ на выбранную аналитическую линию поглощения осуществлялась подбором амплитуды (0 ÷ 4 А) и длительности (1 ÷ 30 мкс) импульсов тока накачки, а также величины постоянного тока смещения (0 ÷ 100 мкА). Период накачки составлял несколько миллисекунд.

Определение величины резонансного поглощения излучения, связанного с наличием на трассе окиси углерода, вычисление концентрации СО, контроль воспроизводимости частоты ДЛ и коррекция его температурного режима осуществлялись в газоанализаторе с помощью модульной аналого-цифровой измерительной системы, выполненной в стандарте КАМАК и управляемой персональным компьютером "Правец-82" производства НРБ.

* Институт электроники Болгарской академии наук, г. София.

Система содержала 6 независимых каналов выборки/хранения, из которых один использовался для визуализации сигналов фотоприемников на экране дисплея (режим стробоскопического осциллографа), два — для контроля положения линии поглощения CO в спектре пропускания кюветы в дополнительном плече оптической схемы и три — для определения содержания CO на трассе методом дифференциального поглощения.

В каждом цикле сканирования частоты сигналы с выхода всех шести каналов считывались в память компьютера. Эта операция осуществлялась с помощью двух стандартных модулей промышленного изготовления, содержащих 16-канальный аналоговый коммутатор и 12-разрядный АЦП. Программой обработки сигналов предусматривалось усреднение их значений по заданному числу лазерных импульсов, вычисление величины резонансного поглощения и пересчет его в концентрацию CO с учетом результатов калибровки газоанализатора.

Для калибровки использовался набор из двух кювет со смесями CO:N₂ с заданным соотношением компонентов, которые поочередно устанавливались перед приемником, регистрирующим сигнал, пришедший с трассы.

В процессе работы на экране дисплея наряду с формой импульсов излучения, регистрируемых фотоприемником, отображался временной ход концентрации на трассе, а также служебная информация о режиме работы газоанализатора.

Накопленные в оперативной памяти компьютера данные автоматически перезаписывались на гибкий магнитный диск. После окончания измерений полученные данные можно было вывести в графической форме на двухкоординатный графопостроитель либо использовать для последующей обработки на ЭВМ (сглаживание, фурье-анализ и т.п.).

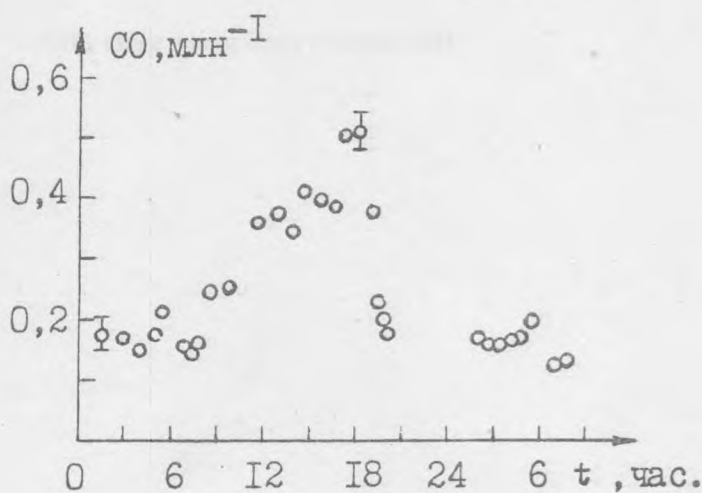


Рис. 1. Суточный ход концентрации CO в атмосфере на горе Витоша (НРБ) 2-3 октября 1985 г.

Испытания газоанализатора производились с 0 часов 2 октября до 8 часов 3 октября 1985 года на высоте 1550 м над уровнем моря на склоне горы Витоша, обращенном в сторону г. Софии. Результаты представлены на рис. 1. В дневное время наблюдается медленный, почти монотонный рост концентрации CO, затем имеет место резкое ее возрастание в районе 17–18 часов и быстрый спад после захода солнца (около 19.00).

Полученная зависимость может быть объяснена с учетом данных аэростатного зондирования температурного профиля атмосферы, предоставленных нам метеостанцией г. Софии. Отсутствие пика концентрации в утренние часы, т.е. в период интенсивного движения автотранспорта в начале рабочего дня, связано, вероятно, с тем, что утром 2 октября ниже точки измерений наблюдались два инверсионных слоя, препятствующих выносу загрязненного воздуха из приземного слоя. Однако уже в 14 часов температурный профиль стал практически монотонным, с нормальным ходом температуры, способствующим развитию кон-

векции. поэтому в конце рабочего дня пик концентрации СО, связанный с увеличением интенсивности движения городского транспорта, наблюдался нами совершенно отчетливо.

Резкий спад концентрации после захода солнца опять-таки связан, скорее всего, с образованием инверсионного слоя у поверхности земли, что косвенно подтверждается данными зондирования в 2 часа 3 октября, выявившего быстрый рост температуры с высотой в приземном слое около 500 м.

Испытания полностью подтвердили возможности использования созданного газоанализатора для долговременных измерений в экспедиционных условиях. С его помощью впервые получены данные о суточных вариациях концентрации СО в воздушном бассейне г. Софии, отражающие важные закономерности накопления и переноса атмосферных загрязнений.

Авторы признательны А.И. Надеждинскому за обсуждение результатов, а также Л. Петрову, С. Цветкову, Г.А. Красильниковой, Е.Г. Чижевскому, Г.В. Флусову, Е.Г. Барабановой, С.В. Демишеву, В.И. Пелипенко за помощь в подготовке и проведении измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов В. И. и др. Квантовая электроника, 9, 531 (1982).
2. Мониторинг фоновое загрязнение природных сред. Под ред. Ю.А. Израэля и Ф.Я. Ровинского, Л., Гидрометеиздат, 1982, с. 175.
3. Засавицкий И. И. и др. Письма в ЖТФ, 8, 1168 (1982).

Поступила в редакцию 6 июня 1986 г.