

УДК 53.087, 535.31

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА И УФ-ИНДЕКСА

И.И. БРУЧКОВСКИЙ^{1,2}, Г.С. ЛИТВИНОВИЧ², Т.Г. ТАБАЛЬЧУК¹

¹Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ (Минск, Беларусь)

²Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко БГУ (Минск, Беларусь)

Аннотация. В работе представлена концепция переносного автономного малогабаритного прибора собственной разработки, способного производить мониторинг содержания двуокиси азота, диоксида серы и аэрозольной оптической толщи дистанционным методом дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии. Кроме того, при помощи данного прибора, существует возможность измерения величин ультрафиолетового индекса в месте нахождения оператора. Совокупность измеряемых параметров может быть полезна для быстрой оценки качества воздуха и мощности дозы ультрафиолетовой радиации в курортной сфере.

Ключевые слова: дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия, ультрафиолетовый индекс, двуокись азота, мониторинг качества воздуха

AIR QUALITY AND UV INDEX MONITORING INSTRUMENT

ILYA.I. BRUCHKOUSKI, HLEB.S. LITVINOVICH, TATSIANA.G. TABALCHUK

National Ozone Monitoring Research Center of Belarusian State University

A. N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems of Belarusian State University (Minsk, Belarus)

Abstract. The paper presents the concept of a portable small-sized instrument of our own design, suitable for nitrogen dioxide and formaldehyde slant columns monitoring, as well as aerosol optical depth, by remote sensing method of differential optical absorption spectroscopy. In addition, with the help of this instrument, it is possible to measure the values of the ultraviolet index at the location of the operator. The set of measured parameters can be useful for a quick assessment of air quality and UV dose rate in the resort industry.

Keywords: differential optical absorption spectroscopy, ultraviolet index, nitrogen dioxide, air quality monitoring.

Введение

Ухудшение качества воздуха в настоящее время является общепризнанной проблемой глобального уровня. В сочетании с волнами жары, которые являются прямым следствием современных климатических изменений, атмосферное загрязнение приводит к обострению заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистых заболеваний, а также к увеличению смертности среди населения [1-3]. К основным загрязнителям атмосферы в данном случае относят атмосферный аэрозоль, диоксид азота, приземный озон, диоксид серы.

В Беларуси основное число наблюдений на станциях мониторинга осуществляется с использованием отбора проб воздуха при помощи импактных газоанализаторов, что позволяет получать информацию о содержании малых газовых составляющих в точке наблюдения. Кроме точечных наблюдений, на площадке Национального научно-исследовательского центра мониторинга озоносферы Белорусского государственного университета (НИИЦ МО БГУ, г. Минск) в автоматическом режиме проводит наблюдения многоосевой спектрометр MARS-B, данные которого позволяют восстанавливать вертикальное распределение двуокиси азота, формальдегида и оптической толщи аэрозоля в течение светового дня. В Беларуси также функционирует сеть из трёх фильтровых фотометров: Нарочанская биостанция, Гомельский физический факультет, площадка НИИЦ МО БГУ, данные с которых обрабатываются с применением модели переноса излучения libRadtran, что дает возможность рассчитывать общее содержание озона и значения ультрафиолетового индекса. Стоит отметить, что импактные

газоанализаторы в сравнении с пассивными спектрометрами наземного базирования не могут дать усредненной картины касательно содержания двуокиси азота и атмосферного аэрозоля в различных направлениях из точки местонахождения прибора. Имеющийся многоосевой спектрометр MARS-B способен проводить качественные измерения спектров яркости небесной сферы, из которых можно восстановить профиль распределения концентрации двуокиси азота и атмосферного аэрозоля, однако MARS-B – это инструмент стационарного базирования, требующий определенной процедуры установки и времени выхода на режим, в связи с чем его перемещение в иные локации представляет определенные трудности.

Таким образом, существует потребность в проведении измерений содержания двуокиси азота, атмосферного аэрозоля и значений ультрафиолетового индекса как основных параметров качества воздуха и мощности дозы ультрафиолетовой радиации соответственно. Для практических целей интерес может представлять переносной автономный прибор, который способен проводить указанные измерения используя рассеянный солнечный свет, что определило цель настоящей работы.

Методика проведения эксперимента

Для проверки возможности достижения указанной цели, авторами был реализован экспериментальный образец устройства (DEVI) на базе спектрометра собственной разработки. Спектрометр рассчитывался согласно схеме Роуланда для вогнутой сферической дифракционной решетки с радиусом кривизны 60 мм и плотностью штрихов 2581 штр/мм и неохлаждаемой ПЗС-линейки Toshiba TCD1304DG, имеющей 3648 рабочих и 13 конструктивно изолированных от света пикселей. Спектрометр имеет систему освещения входной щели, которая обеспечивает поле зрения около 1° по углу возвышения, что позволяет корректно проводить сравнения получаемых данных с данными эталонного инструмента MARS-B. Спектрометр проектировался на диапазон 280 – 350 нм, однако ввиду относительно большого размера применяемого детектора и наличию авторской системы юстировок, возможна перестройка прибора на диапазон 320 – 390 нм. Наличие отрезающего красную часть спектра фильтра в совокупности с кривой эффективности решетки позволяет выровнять интенсивности регистрируемого сигнала между диапазонами УФА и УФБ, а также уменьшить количество рассеянного излучения. На рисунке 1 представлен внешний вид DEVI и некоторые его видимые компоненты.

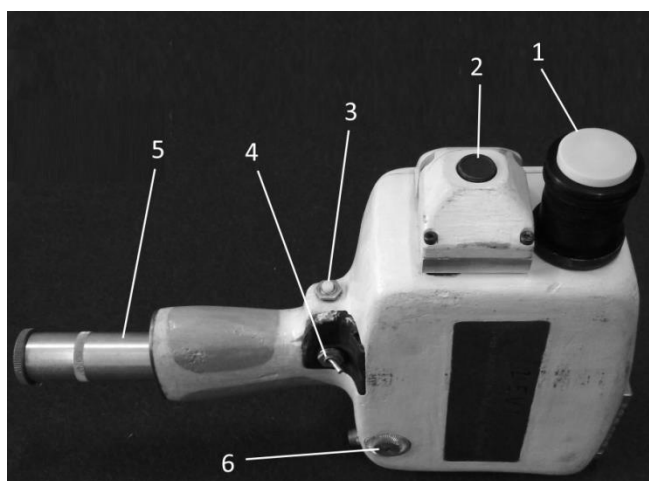


Рис. 1. Внешний вид DEVI: 1 – косинусная насадка; 2 – видеокамера для привязки поля зрения спектрометра; 3 – кнопка регистрации спектра; 4 – кнопка включения питания; 5 – отсек питания; 6 – регулировка времени экспозиции

Косинусная насадка 1 предназначена для использования спектрометра в качестве датчика освещенности, что в совокупности с использованием эталона освещенности, который имеется в НИИЦ МО БГУ, дает возможность абсолютной калибровки спектрометра по спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО). В свою очередь, при наличии

абсолютной калибровки открывается возможность для пересчета величин СПЭО в значения УФ-индекса. Косинусная насадка I может быть удалена, в таком случае прибор способен работать в режиме измерения яркости в пределах угла поля зрения 1° , что теоретически позволяет восстановление из спектров яркости величин дифференциальных наклонных толщ малых газовых составляющих [4].

Результаты и их обсуждение

Разработанный прибор DEVI прошел предварительные испытания в условиях проведения измерений на открытом воздухе, в результате чего были зарегистрированы спектры яркости различных участков небесной сферы. В результате анализа полученных спектров было установлено, что для восстановления малых газовых составляющих необходимо уменьшить шумовую компоненту, которая присутствует в спектрах. Для этого были предприняты усилия по нескольким направлениям:

- изменена схема питания на линейный стабилизатор с целью исключения наводок от ШИМ, что позволило уменьшить уровень шума на 13 %;
- разработана авторская методика удаления шума из спектров на основании априорной информации о параметрах темного сигнала, что позволило увеличить соотношение сигнал-шум на 4 – 9 дБ [5];
- проведение усреднения спектров по большому количеству сканирований.

Для тестирования проведенных изменений и выполнения полноценного сравнения с эталонным спектрометром MARS-B в части восстановления содержания двуокиси азота, разработана сканирующая платформа для установки на измерительную площадку ННИЦ МО БГУ.

Заключение

Совокупность конструктивных и оптических характеристик разработанного инструмента DEVI позволяет надеяться на успешное применение названного прибора для задач полуколичественного определения качества воздуха в терминах аэрозольного оптического поглощения и наличия большого количества двуокиси азота. Препятствия для практической реализации функции измерения УФ-индекса отсутствуют. Для определения метрологических характеристик разработанного прибора требуются дополнительные лабораторные и натурные исследования.

Список литературы

1. De Sario M, Katsouyanni K, Michelozzi P. Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe. *Eur Respir J.* 2013;42:826–843.
2. Pope CA 3rd, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc.* 2006;56:709–742.
3. Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *J Med Toxicol.* 2012;8:166–175.
4. Platt, U. *Differential Optical Absorption Spectroscopy: Principles and Applications* / U. Platt, J. Stutz. – Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 2008. – 597 p.
5. Литвинович Г.С., Бручковский И.И. Алгоритм предварительной обработки данных линейки приборов с зарядовой связью на основе адаптивного фильтра Винера. // Информатика. – Минск, 2021. – Т. 18. – С. 72-83.