

Г. И. Туркина, В. Г. Шеманин
(АО "Экология, оптика, лазеры", Новороссийск)

ЛОКАЛЬНАЯ СИСТЕМА АТМОСФЕРНОГО МОНИТОРИНГА

Lidar application possibilities for the atmosphere monitoring purposes are considered. Description of developed by authors for this goal lidar, main functions of controller for lidar work guid from IBM PC and needed PC software and given. The main lidar characteristics are presented. Results of system experimental work in Novorossiysk are discussed and the examples of measuring data representation are given. They allows to make a conclusion about useful application such a system for industrial area atmosphere monitoring.

В последнее время все острее становится проблема охраны окружающей среды и в том числе воздушных бассейнов наших городов. Рост промышленного производства сопровождается увеличением выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

При создании систем мониторинга воздушных бассейнов крупных промышленных центров все большее внимание уделяется дистанционным методам и особенно методу лазерного зондирования [1—5]. Высокая чувствительность лидаров при обнаружении малых аэрозольных и газовых примесей в атмосфере, дистанционность и большая оперативность получения данных делает реальной перспективу их использования для контроля распространения загрязнений в атмосфере и трансформации микрофизических характеристик воздушной среды во времени [1].

В настоящее время лидары применяют для решения следующих задач [2]:

- измерение концентраций как основных, так и малых составляющих атмосферы (контроль загрязнений),
- определение термических, структурных и динамических характеристик атмосферы и океана,
- пороговое обнаружение некоторых составляющих (контроль аварийных ситуаций),
- получение карт параметров рассеяния шлейфами выбросов и их эволюция во времени,
- распознавание определенных мишеней, таких, как нефтяные пятна, по их спектральным характеристикам,
- проведение исследований в области атмосферной оптики,
- оценка микрофизических характеристик аэрозоля: массовой концентрации и спектра размеров частиц.

Эти наблюдения можно проводить дистанционно с наземных платформ или судов, самолетов и даже спутников с получением большого пространственного и временного разрешения.

Большинство существующих лидаров работает на частотах видимого и ближнего инфракрасного диапазонов, особенностью которых является высокая чувствительность к частицам микронной и субмикронной фракций, диаметр которых сравним с длиной волны излучения лазера. Именно такие размеры характерны для многих аэрозолей естественного и индустриального

происхождения, что и обеспечивает успех в использовании лидаров для этих целей.

Концентрация аэрозольных и газообразных примесей в атмосфере вблизи поверхности земли в значительной степени зависит от метеорологических условий и рельефа местности. Важное место среди них занимают скорость и направление ветра, их изменение с высотой, термическая стратификация в пограничном слое атмосферы, наличие облаков и осадков. В связи с этим при создании в крупных городах лидарных систем контроля за уровнем загрязненности воздуха на первый план выдвигается задача установления связей характеристик загрязненной атмосферы (концентрации газовых молекул и аэрозоля, плотности частиц, спектра их размеров) с оптическими параметрами, измеряемыми с помощью лидара, в зависимости от метеопараметров.

Нами создана локальная система атмосферного мониторинга СЛМ-1 на базе лидара и специализированного программного обеспечения для ПК типа IBM PC AT 286 для непрерывного дистанционного контроля загрязнения атмосферы промышленного района радиусом до 5 км аэрозольными и газообразными выбросами, которая позволяет решать задачи оценки состояния атмосферы, прогнозирования состояния с выдачей информации для оперативного управления качеством атмосферы, архивизации данных о загрязнении и создании информационного банка, оценки влияния качества атмосферы на человека.

Система включает в себя аэрозольный лидар ЛД-2, предназначенный для дистанционного определения концентрации твердых частиц в приземном слое атмосферы промышленного района радиусом до 5 км [3], и совмещенный с ним лидар комбинационного рассеяния ЛМ-3, предназначенный для дистанционного определения концентрации газовых молекул в приземном слое атмосферы промышленного района радиусом до 1 км.

В состав лидара (рис. 1) входят твердотельный импульсный лазер 4 с блоком питания и охлаждения 7, приемного 1 и передающего 11 телескопов, размещенные на едином опорно-поворотном устройстве, и контроллера 5 для обработки лидарного сигнала и передачи данных в ПК 6. В излучателе лазера

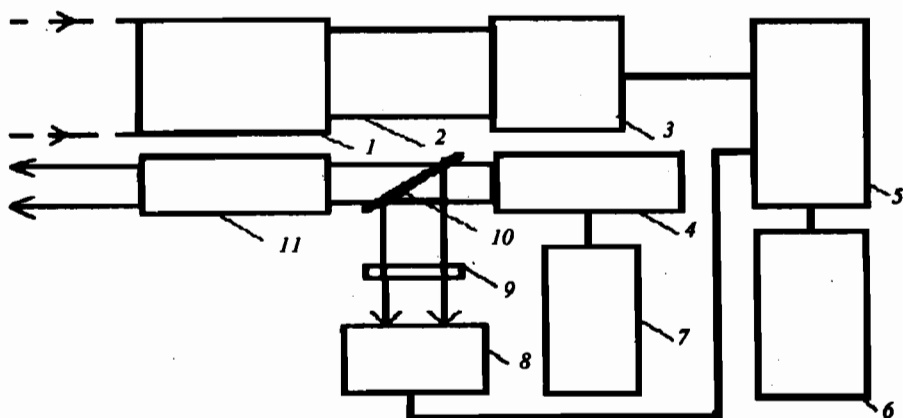


Рис. 1. Структурная схема лидара.
Объяснение в тексте.

применены активные элементы ИСГГ:Cr:Nd 6 X 60 мм, что позволило получить энергию моноимпульса длительностью 10 нс до 65 мДж на длине волны 0,532 мкм при удвоении в кристалле СДА. Приемный телескоп типа Кассегрена диаметром 250 мм с фокусным расстоянием 1 м. Регистрация рассеянного назад излучения на длине волны лазера и комбинационного рассеяния на линиях контролируемых газовых молекул осуществлялась через монохроматор 2 типа МУМ с помощью фотоэлектронного умножителя 3 ФЭУ-79. Часть излучения лазера 4 пластиной 10 через светофильтры 9 направляется на фотодиод ФД-24К 8 для контроля энергии лазерного импульса и синхронизации работы контроллера 5, построенного на микропроцессоре K1816BE51.

Контроллер управляет работой всей системы, запуском лазера, способом регистрации лидарного сигнала и синхронизацией рабочего режима всех его частей; необходимая гибкость обеспечивается за счет применения микропрограммного управления.

Комплекс аппаратных средств работает под управлением программы ЛИДАР для регистрации и обработки импульсных оптических сигналов и позволяет получать распределение концентраций твердых частиц, молекул окислов азота, серы, углерода и суммарной углеводородов в атмосфере по расстоянию вдоль направления лазерного луча; через диалоговый монитор поддерживается интерактивный режим общения с пользователем в режиме меню с подсказкой о возможных действиях в той или иной ситуации.

Выходной информацией лидара является карта распределения концентраций твердых частиц и газовых молекул, выводимой на магнитный или бумажный носитель для документирования.

Основные характеристики лидаров:

дальность зондирования, м	40—5000
диапазон массовой концентрации, мг/м ³	
твердых частиц	1—500
NO, NO ₂	0,01—5
SO ₂ , SO ₃	0,01—5
CO	0,5—100
углеводородов	0,1—20
длина волны лазера, мкм	0,53
число уровней квантования лидарного сигнала	256
минимальный шаг квантования по времени, нс	100
диапазон перемещений опорно-поворотного устройства, град.	
по азимуту	0—180
по углу места	0—60
время подготовки лидара к работе, мин	5

Программное обеспечение СИСТЕМЫ включает в себя:

- блок графического представления результатов зондирования,
- блок накопления и архивизации данных,
- блок расчета концентраций в приземном слое,
- блок оценки загрязнений,
- блок прогнозирования качества атмосферы,
- блок оценки влияния на человека,
- блок модельных оценок,

— блок информации для оперативного управления.

Опытная эксплуатация системы была проведена над промышленным районом в Новороссийске в приземном слое с метеорологической дальностью видимости не менее 30 км. Лидар был установлен на крыше здания на высоте 24 м, зондирование проводилось над территорией лесного порта и вагоноремонтного завода на этой высоте в секторе около 90 град. между направлениями на запад и юг. Результаты измерений из контроллера передаются в ПК в виде отдельных файлов, которые обрабатываются программой ЛИДАР и выводятся на монитор или принтер в виде графиков распределения массовой концентрации контролируемого вещества вдоль лазерного луча с шагом 15 м (рис. ?).

Результаты измерений архивировались на дискете, затем по ним строились диаграммы или карты загрязнений района. Пример диаграммы приведен на

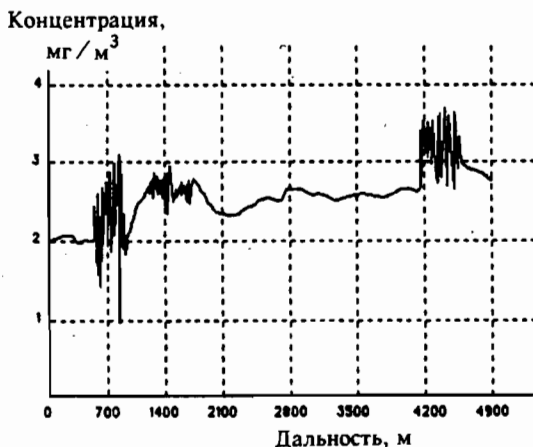


Рис. 2. График распределения массовой концентрации пыли в атмосфере вдоль лазерного луча (здесь и на рис. 3 загрязнитель — пыль, место — Новороссийск, дата — 09.11.92).

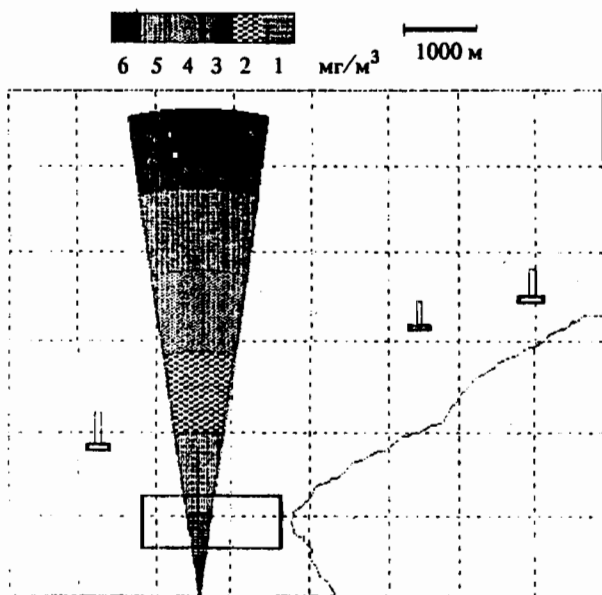


Рис. 3. Карта загрязнения района на высоте 24 м над промышленным районом Новороссийска (условно показаны трубы цементных заводов) в безветренную сухую погоду, температура +8 °С.

рис. 3. Полученное семейство графиков позволяет построить карту загрязнений этого района на заданной высоте, а исследование динамики загрязнений вдоль одного направления зондирования сделать вывод о суточном движении воздушных потоков и переносе загрязняющих веществ в этом районе. Суточная динамика свидетельствует о максимальной концентрации в середине дня и ее спаде к вечеру, как и по данным [5].

Таким образом, результаты опытной эксплуатации позволяют сделать вывод о целесообразности применения подобных систем для мониторинга промышленного района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуев В. Е., Кауль Б. В., Самохвалов И. В. и др. Лазерное зондирование промышленных аэрозолей. Новосибирск, 1986. 186 с.
2. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. М., 1987. 550 с.
3. Коккоз А. Ф., Шеманин В. Г., Шугуров Г. С. // Тезисы докладов конф. "Экологические проблемы застройки Крыма". Севастополь, 1990. С. 96—97.
4. Beniston M., Wolf J. P., Beniston-Rebetez M. e. a. // J. Geophys. Res. 1990. Vol. 95, N D7. P. 9879—9894.
5. Бернштейн П. Б., Бойченко В. Л., Рождественская В. И., Фридман Ш. Д. // Дистанционный мониторинг загрязнений атмосферы и выбросов: Труды ИПГ им. акад. Е.К. Федорова. Вып. 78. М., 1991. С. 109—123.

Рукопись поступила 12.04.93