

В. Митев, И. Григоров, В. Симеонов, П. Томов, П. Георгиев

ЛИДАР НА КОМБИНАЦИОННОМ РАССЕЯНИИ СВЕТА И ИЗМЕРЕНИЕ НЕКОТОРЫХ АТМОСФЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Описан СКР-лидар, работающий в режиме счета фотонов и предназначенный для комплексного измерения метеопараметров нижнего слоя атмосферы. Представлены некоторые результаты измерения профиля температуры и коэффициента экстинкции атмосферы по аэрозольному рассеянию.

Изучение нижнего однокилометрового слоя атмосферы актуально в задачах мониторинга окружающей среды. Профили температуры, влажности, обратного аэрозольного рассеяния и др. дают достаточно полную характеристику этого слоя и динамику его видоизменения во времени.

В наших измерениях использован оптико-механический тракт лидара, описанный в [1]. В процессе выполнения исследований он был усовершенствован с целью повышения ряда эксплуатационных параметров.

Электронная система лидара была существенно переработана. Разработана и запущена специализированная система регистрации и обработки лидарных сигналов. В ее состав входят: блок ФЭУ; накопительное устройство; микро-ЭВМ «Правец-82» с двумя дисковыми; плоттер и принтер. Накопительное устройство осуществляет накопление поступающих из блока ФЭУ сигналов. Блок ФЭУ включает в себя семь спектральных каналов, каждый из которых имеет 240 стробов по времени (длительность строба 100 нс, временная неопределенность не более 10 нс). Накопительное устройство управляется микро-ЭВМ при помощи интерфейсного модуля, работающего в диалоговом режиме. Интерфейсный модуль дает в микро-ЭВМ команды о готовности системы к работе, об ошибках, возникающих в системе, об остановке процесса накопления и т. д. При помощи его также ведется управление блоком питания ФЭУ, оптическим затвором и плоттером. Связь интерфейсного модуля с микро-ЭВМ осуществляется при помощи параллельного интерфейса. Запускается накопительное устройство фототранзистором (с предусилителем).

Управление системой ведется пакетом программ, написанных на языке BASIC и ASSEMBLER. Программы работают в диалоговом режиме. Все это оформлено как файл на дискете, что позволяет создать базу данных и результатов. Вывод информации во время измерений — в цифровом или графическом виде.

С помощью данного СКР-лидара проведены предварительные исследования естественных аэрозольных образований (облаков и подоблачной дымки), продемонстрировавшие хорошую работоспособность новой электронной системы. Обработка полученных эхо-сигналов от аэрозольной атмосферы, проведенная по методике Клетта [3, 4], дала возможность построить профили коэффициента экстинкции $\alpha(r)$. Один из этих профилей, полученный 02.09.1986 г., показан на рис. 1. Вычисляя значения коэффициента экстинкции, нами учтены вариации отношения $\alpha(r)/\beta(r)$ (где $\beta(r)$ — коэффициент обратного аэрозольного рассеяния) в зависимости от изменения атмосферной влажности по высоте. При этом экспериментальные данные заимствованы из [5]. На этом рисунке также приведены профили температуры и точки росы, построенных по данным шаров-радиозондов, запускавшихся во время лазерного зондирования. Эти профили позволяют оценить метеорологическую обстановку для трасс лидарных измерений. Сближение этих профилей на высоте 1600 м свидетельствует о существовании подходящих условий для образования плотных аэрозольных слоев, которыми и обусловлен рост значения $\alpha(r)$ на этой высоте. На высоте порядка 600 м наблюдается небольшое локальное увеличение значения коэффициента экстинкции, которое может быть объяснено наличием задерживающего слоя атмосферы, мешающего движению аэрозолей в верхние слои. Точкой на оси абсцисс обозначено значение $\alpha(r)$ у поверхности земли, полученное измерителем метеорологической дальности видимости. Отличие этого значения $\alpha(r)$ от значения, полученного из лидарных данных, лежит в пределах ошибок измерений.

Хорошее соответствие между вычисленным профилем коэффициента экстинкции и данными о метеорологической обстановке дает нам основание говорить о том, что этот профиль правильно отражает стратификацию атмосферного аэрозоля.

Во время предварительных измерений регистрировались сигналы СКР азота и кислорода. Время накопления сигнала в экспериментах составляло 25 мин. Максимальное расстояние, с которого получены сигналы СКР, равнялось 650–700 м. При помощи методики, описанной в [1, 2], были построены профили атмосферной температуры, один из которых показан на рис. 2. Точками на рисунке обозначены полученные лидарным зондированием значения температуры, а непрерывной линией — профиль температуры по данным радиозондирования. Надо иметь в виду, что радиозондовые дан-

ные о температуре приземных атмосферных слоев получены интерполяцией между значениями температуры у поверхности Земли и на высоте 590 м, так как эта зона является мертвой зоной следящей аппаратуры. Эти измерения проведены в ночное время 12.03.1987 г. Ошибка лидарных измерений в предположении пуассоновского распределения фотоотсчетов была 3К для верхней части (т. е. для высот 650–700 м) и 1К — для нижней части зондируемого участка. Для высот выше 700 м возрастает дисперсия вычисленных значений температуры из-за убывания сигнала комбинационного рассеяния до уровня шумовых флуктуации и фона. Для некоторых высот ниже 650 м также наблюдается различие между значениями температуры, определенными при помощи лидара и радиозондированием. Это различие можно объяснить как инерционностью датчика радиозонда, так и несовпадением по времени лазерного зондирования и радиозондирования.

С вводом в действие специализированной системы для регистрации и обработки лидарных сигналов полностью решена проблема автоматизации измерений, что является существенным шагом на пути создания многофункционального лидара. Первоначальные измерения профилей температуры и коэффициента экстинкции являются первым доказательством функциональных возможностей такого лидара.

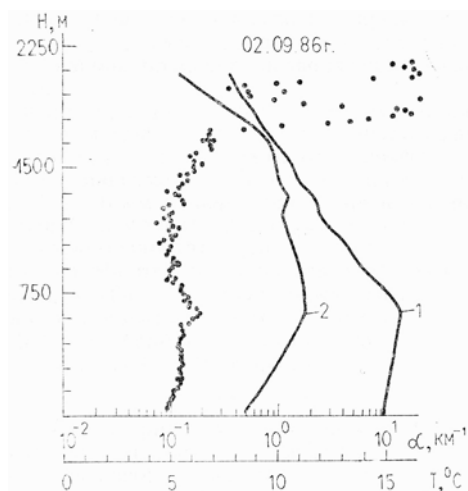


Рис. 1. Профили коэффициента экстинкции (точки), температуры (1) и точки росы (2). Первый профиль построен по данным лидарного зондирования, два других — по данным радиозондирования

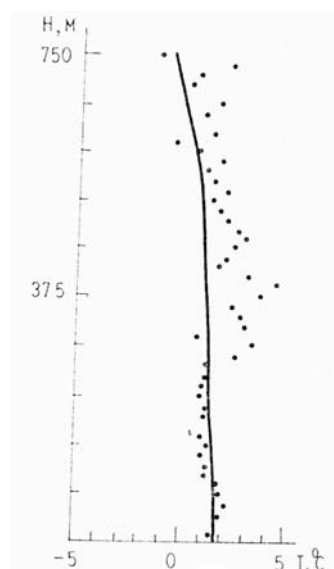


Рис. 2. Профили температуры атмосферы: полученные лазерным зондированием (точки); построенные по данным радиозондирования (сплошная линия)

В будущем планируется доукомплектовать лидарный комплекс дополнительными приемными каналами для более точного определения профиля атмосферной температуры и профиля влажности на основе использования колебательной линии СКР водяного пара.

В настоящее время еще не полностью решена проблема точной калибровки лидара для измерения атмосферных параметров, для чего потребуются создание отдельного набора контактных измерительных приборов.

1. Митев В. М., Симеонов В. Б., Иванов Л. М. и др. В сб.: Доклады от българо-съветски семинар «Лазерни методи и средства за измерване и контрол на параметрите на околната среда», София, 1985, с. 130–132.
2. Arshinov Yu., Bobrovnikov S., Zuev V., Mitev V. — Appl. Opt., 1983, v. 22, p. 2984.
3. Klett J. — Appl. Opt., 1980, v. 20, p. 211.
4. Klett J. — Appl. Opt., 1985, v. 24, No 11.
5. Salemink H., Schotanus P., Bergwerf J. — Appl. Phus, 1984, v. 34, p. 187.

Институт электроники
Болгарской Академии наук,
г. София, НРБ
Институт ядерных исследований и ядерной энергетики
Болгарской Академии наук, г. София, НРБ

Поступила в редакцию
30 декабря 1987 г.

I. Mitev, I. Grigorov, V. Simeonov, P. Tomov, P. Georgiev. **Raman Lidar and Sounding of Certain Atmospheric Parameters.**

Raman lidar operating in the photon-counting mode designed for sounding meteorological parameters of the lowest atmospheric layer is reported. Sampled lidar data on the atmospheric temperature and extinction coefficient are discussed.