

С.М. Першин, А.В. Бухарин, В.М. Линкин, В.С. Макаров

КАЛИБРОВКА АЭРОЗОЛЬНОГО ЛИДАРА С КВАНТОВЫМ СЧЕТЧИКОМ И РЕГИСТРАЦИЯ АТМОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ

Рассмотрена методика и проведена калибровка микроджоульного лидара с квантовым счетчиком в приемном канале с учетом особенностей работы и формирования сигнала в сугубо статистическом режиме. Представлены результаты измерения профиля коэффициента обратного рассеяния и обнаружения невидимых атмосферных неоднородностей вдоль трассы зондирования длиной до нескольких сот метров. Показана перспективность применения таких лидаров с безопасным уровнем излучения для мониторинга среды обитания, наиболее чувствительной к поражающему действию лазерного излучения.

Введение

Проведенный авторами теоретический анализ лидара с квантовым счетчиком в приемном канале показал принципиальную возможность его работы в километровом диапазоне дальностей с предельно малым безопасным для глаз уровнем излучения, когда вероятность регистрации сигнала за один лазерный импульс меньше единицы [1, 2]. Необходимость использования в таком режиме работы лидара большого числа лазерных импульсов для получения статистически значимого результата вносит некоторые особенности в процесс измерения физических параметров среды. Учет этих особенностей прежде всего необходим при проведении калибровки лидара.

Из наиболее известных способов калибровки по абсолютному значению коэффициента рэлеевского рассеяния в стратосфере на высотах 25 – 30 км [3] или по поверхности мишени с известным альбедо [4, 5] более доступным в реальном эксперименте является второй, который и был использован в данной статье. Результаты калибровки лидара с квантовым счетчиком в приемном канале позволили получить профиль коэффициента обратного рассеяния при зондировании неоднородной атмосферы. Изложение этих результатов и явилось предметом данного сообщения.

Лидар

Макет лидара собран по классической бистатической схеме с разделенными приемопередающими каналами. Он состоит из оптического блока, электронного блока управления и системы обработки и отображения информации на базе компактного компьютера.

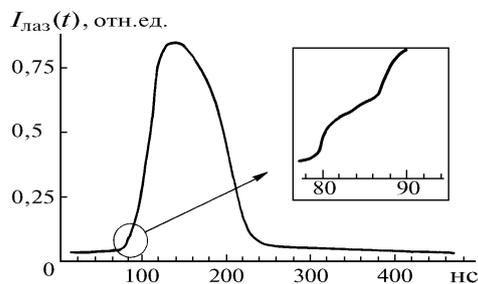


Рис. 1

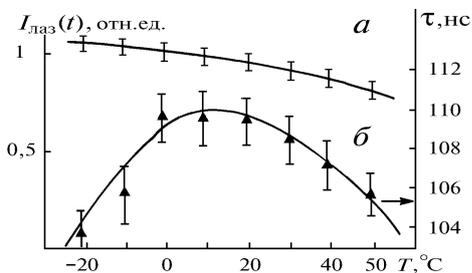


Рис. 2

В передающем канале использован полупроводниковый импульсный лазер, сопряженный с объективом, формирующим расходимость и форму поперечного сечения луча лазера. На

рис. 1 представлены характерный вид импульса лазера с фрагментом начала его фронта. Скачок световой энергии в начале импульса лазера с быстрым (менее 1 нс) временем нарастания и стабильной задержкой от импульса запуска (менее 0,5 нс) позволяет измерять временную задержку импульса лазера в пути по его фронту с большой точностью. Температурная зависимость относительной мощности и длительности импульса лазера в диапазоне температур от -20 до $+50^{\circ}\text{C}$ показана на рис. 2. Незначительные изменения мощности и длительности импульса лазера в области комнатных температур позволяют работать в нормальных условиях без специальной стабилизации температуры лидара.

Ниже приведены основные параметры канала передатчика лидара и диапазон возможного их изменения при замене лазера:

энергия в импульсе . . . . .	. . . . .	0,4 – 1 мкДж
длительность импульса . . . . .	. . . . .	70 – 110 нс
длина волны*/ширина линии . . . . .	. . . . .	850 – 910 нм/1 нм
частота включения . . . . .	. . . . .	до 20 кГц
размер излучающей области . . . . .	. . . . .	1000×2 мкм
диаметр выходной апертуры/расходимость . . . . .	. . . . .	40 мм/10 \times 1 мрад

* В макете лидара установлен лазер ($\lambda = 884,3$ нм и энергия в импульсе 0,5 мкДж), работающий с частотой 2,5 кГц

Приемный канал собран на кремниевом лавинном фотодиоде с пикосекундным временем отклика, низким уровнем собственных шумов при внутреннем коэффициенте усиления до 10^9 . На рис. 3 приведена характерная температурная зависимость частоты собственных шумовых импульсов детектора ($\omega_{ш}$) с диаметром приемной площадки 100 мкм.

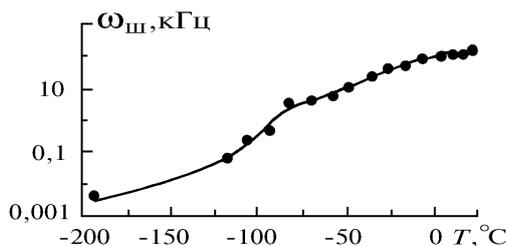


Рис. 3

Из рисунка видно, что уже при температуре -50°C частота собственных шумов приемника не превышает 10 кГц, что соответствует уровню шумов приемника с диаметром 40 мкм при комнатной температуре. Такой низкий уровень шумов при комнатной температуре позволяет работать в режиме счета фотонов без охлаждения фотоприемника при его стробировании импульсами длительностью, меньшей или равной интервалу между шумовыми импульсами. При этом просмотр трассы по дальности производится перемещением строка по временной шкале относительно лазерного импульса. Ниже даны основные параметры приемного канала:

чувствительная область	20 мкм	40 мкм	100 мкм
спектральный диапазон	0,36 – 1,1 мкм		
квантовая эффективность на 850 нм	23 %		
напряжение пробоя лавины	18 – 33 В		
частота собственных шумов при 20 °C и 0,7 В			
превышения порога пробоя	< 30 Гц	< 10 кГц	< 300 кГц
апертура объектива	16 мм		
поле зрения*	1 мрад		
интерференционный фильтр			
полоса/пропускание	8 нм/70 %		
длина волны	884 нм		

* Поле зрения приемника охватывает только 1/10 часть луча лазера в рассматриваемом варианте лидара.

Приемо-передающие каналы смонтированы на общем основании оптического блока лидара на расстоянии 75 мм между оптическими осями, обеспечивающем взаимную их

юстировку и фиксацию оптических осей каналов. Оптический блок соединен кабелем с интерфейсным блоком и далее с компьютером. Масса всего лидара без учета компьютера не превышает 2 кг в зависимости от конфигурации при общем энергопотреблении не более 5 Вт, что позволяет использовать батарейное питание малой емкости в бортовом варианте. При этом дальность действия лидара составляет несколько километров в зависимости от уровня внешней засветки и прозрачности атмосферы.

Как следует из рассмотрения основных принципов работы лидара [2], область его применения может быть весьма разнообразной. В этом сообщении представлены результаты, иллюстрирующие возможности, представляющие определенный интерес для мониторинга среды обитания. Например, регистрация локальных источников аэрозольного загрязнения (пыль, дым и др.) в жилых и производственных помещениях. Так, при зондировании атмосферы коридора была обнаружена невидимая глазом повышенная запыленность воздуха в лифтовом холле, через который проходила трасса зондирования. В коридоре пассажирского теплохода <Илья Репин> было зарегистрировано монотонное увеличение аэрозольного загрязнения атмосферы коридора от кормы к музыкальному салону в носовой части судна.

Калибровка лидара

Для получения количественных характеристик профиля коэффициента обратного рассеяния вдоль трассы зондирования была проведена калибровка лидара. Калибровка проводилась по известной методике регистрации сигнала при рассеянии импульса зондирования поверхностью мишени [4, 5], с учетом специфики работы приемника лидара в режиме счета фотонов и представления данных в виде гистограмм [2].

Выпишем лидарное уравнение [5] для числа сигнальных фотоотсчетов, обусловленных рассеянием лазерных фотонов в атмосферном слое толщиной dx без учета поглощения вдоль трассы зондирования:

$$N(\Omega_1; x) = \eta \Phi N \beta \frac{S}{x^2} O(x) dx, \quad (1)$$

где η – эффективность приемной оптической системы; $N \times \Phi$ – суммарное число фотонов, излученных передатчиком в атмосферу при N включениях лазера; β – коэффициент обратного рассеяния; $O(x)$ – геометрический форм-фактор, характеризующий перекрытие углов зрения приемника и луча лазера на расстоянии x от лидара [5]; S – площадь входной апертуры приемного канала.

Элементарным интегрированием уравнения (1) найдем число фотонов, рассеянных атмосферным слоем, удаленным на расстояние L и имеющим толщину $c\tau/2$, где τ – размер ячеек, на которые разделен строб T , c – скорость света:

$$N(\Omega_1; L) = \eta \Phi N S \beta \int_L^{L+\frac{c\tau}{2}} \frac{dx}{x^2} O(x) = \eta N \Phi \beta S O(L) \int_L^{L+\frac{c\tau}{2}} \frac{dx}{x^2} = \eta N \Phi S \bar{O}(L) \beta \frac{c\tau/2}{L(L+c\tau/2)};$$

$$N(\Omega_1; L) = \eta N \Phi \beta S \bar{O}(L) \frac{c\tau/2}{L(L+c\tau/2)}, \quad (2)$$

$\bar{O}(L)$ – среднее значение форм-фактора вдоль слоя, находящегося на расстоянии от L до $L + c\tau/2$.

При этом суммарное число отсчетов в сигнальном пике на гистограмме при регистрации фотонов, рассеянных поверхностью, установленной на дистанции R , находится из следующего выражения:

$$N^{(1)}(\Omega_1) = \eta \rho \Phi N^{(1)} \frac{S^{(1)}}{R^2} O(R). \quad (3)$$

Индекс (1) соответствует величинам, полученным в эксперименте по калибровке при рассеянии на поверхности мишени; ρ – коэффициент рассеяния на поверхности мишени.

Отличие выражений (2) и (3) обусловлено спецификой формирования сигнала при рассеянии фотонов в протяженном слое и от плоской поверхности.

Разделим (2) на (3):

$$\frac{N(\Omega_1; L)}{N^{(1)}(\Omega_1)} = \frac{\beta}{\rho} \frac{S}{S^{(1)}} \frac{N}{N^{(1)}} \frac{\bar{O}(L)}{O(R)} \frac{R^2 c \tau}{2(L+c \tau / 2) L}. \quad (4)$$

Отсюда получаем выражение для вычисления коэффициента обратного рассеяния β :

$$\beta = \rho \frac{N(\Omega_1; L) N^{(1)} S^{(1)} O(R) 2 L(L+c \tau / 2)}{N^{(1)}(\Omega_1) N S \bar{O}(L) R^2 c \tau}. \quad (5)$$

Отметим здесь, что при калибровке лидара необходимо использовать поверхности мишеней с минимальной зеркальной составляющей в рассеянном по поверхности излучении, чтобы пользоваться приближением Ламбертовой поверхности. Известно [4], что альбеда σ Ламбертовой поверхности и коэффициент рассеяния ρ связаны соотношением $\rho = \sigma/\pi$, где σ измеряется экспериментально на калиброванном приборе. Учет эффектов, связанных с отличием диаграммы направленности рассеянного излучения для разных мишеней от Ламбертовой поверхности требует осторожности и может давать существенный вклад в погрешность измерения коэффициента обратного рассеяния [5].

В эксперименте по калибровке проводился набор сигнальной и фоновой гистограмм с последующей первичной обработкой в автоматическом режиме, включающей процедуру линейаризации и представление данных в виде, соответствующем приемнику с нулевым мертвым временем [2]. После обработки гистограмм вычислялось среднее число сигнальных фотоотсчетов в стробе для счетчика с нулевым мертвым временем $P(\Omega_1)$. В результате были получены графики зависимости $P(\Omega_1)$ от коэффициента рассеяния ρ и от расстояния до мишени R , которая в нашем случае пропорциональна форм-фактору $O(R)$ [5]. Для данной версии макета лидара функция перекрытия угла зрения приемного канала с лучом передатчика выходит на плато, начиная с 50 м. В этом случае $O(R) = O(L)$ для $R, L \gg 50$ м.

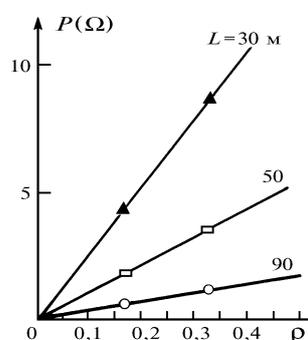


Рис. 4

На рис. 4 представлена искомая калибровочная зависимость $P(\Omega_1)$ от ρ , полученная на трех расстояниях для двух типов шлифовальных «шкурков» с коэффициентом отражения 0,16 и 0,32 на длине волны лазера. Через экспериментальные точки проводится прямая, определяемая методами регрессионного анализа и вычисляется коэффициент пропорциональности в выражении $P(\Omega_1) = \alpha\rho$, а также его погрешность $\Delta\alpha$. В эксперименте, как правило, $\Delta\alpha/\alpha > 0,1$ что является фактической погрешностью коэффициента ρ в формуле (5), определяющей в конечном счете точность измерения коэффициента обратного рассеяния. Величина разброса $\Delta\alpha$ в основном определяется отличием реальной поверхности от Ламбертовой, а также точностью выставления поверхности мишени перпендикулярно лучу лидара.

Так, в нашем случае среднее значение коэффициента α , измеренное на расстояниях 30, 50 и 90 м, составило 1,3; 0,57; 0,17 соответственно при числе включений лазера $N = 32\,000$ в каждой серии.

На основании проведенной калибровки можно получить значение аппаратурной константы [5] для данной версии лидара, вычисленной по 5-му каналу в выражении

$$\beta = K \frac{N_5(\Omega_1)}{N}; \quad K = [\text{м}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}] = 1,2 \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где $N_5(\Omega_1)$ – число отсчетов в 5-м канале восстановленной гистограммы при N включениях лазера.

Анализ факторов, определяющих точность измерения физических параметров лидаром, будет рассмотрен в последующих работах.

Переходя к изложению результатов по измерению коэффициента обратного рассеяния в атмосфере, следует отметить некоторые особенности формирования сигнала рассеяния на гистограмме в зависимости от объекта зондирования, о которых упоминалось выше.

Известно, что прохождение лазерного импульса через проницаемый слой увеличивает ширину сигнального пика на толщину слоя; длительность фронта нарастания сигнального пика при зондировании полубесконечной однородной среды с плоской границей, например, нижней границы облаков или полосы тумана, шлейфа выброса и т.д., имеет размер, примерно равный длительности лазерного импульса, а длительность спада этого пика после коррекции на квадрат расстояния будет определяться удвоенным значением коэффициента экстинкции в показателе экспоненты [5, 7].

Отметим, что если толщина слоя x существенно больше $c\tau$, где τ – длительность лазерного импульса и коэффициент обратного рассеяния β медленно меняется вдоль слоя, $\beta(x, x + c\tau)/\beta(x) \ll 1$, то, начиная с некоторой дистанции, для оценки β необходимо использовать максимальную величину превышения сигнальных отсчетов над фоновыми в отдельном канале гистограммы. В другом случае, в приближении тонкого слоя, когда ширина слоя меньше $c\tau$, так же как при рассеянии на поверхности при калибровке или измерении ее альbedo, в качестве $N(\Omega_1; L)$ следует уже брать суммарное число отсчетов под всем сигнальным пиком на гистограмме, а не в отдельном канале.

В дальнейшем при расчете профиля коэффициента обратного рассеяния в атмосфере при возможном наличии слабопоглощающих слоев на трассе зондирования будем использовать максимальное превышение количества сигнальных отсчетов над фоновыми в отдельной ячейке сигнального пика на гистограмме.

Зондирование атмосферы

Для проведения экспериментальной проверки всего лидарного комплекса необходимо было провести измерение профиля коэффициента обратного рассеяния в однородной атмосфере на участках с маловероятными появлениями локальных источников возмущения атмосферы. Наиболее подходящим местом проведения такого эксперимента в естественных условиях, на наш взгляд, является атмосфера над большими водными пространствами; крупными водохранилищами, заливами при некотором удалении от береговой линии. Здесь однородность параметров на больших поверхностях обеспечивает стационарность процессов в приповерхностном слое атмосферы [7]. При этом проведение эксперимента в ночное время уменьшает возмущающее влияние солнечной радиации на атмосферные слои, снижает уровень шумовой засветки и его флуктуации. Благоприятные метеоусловия позволили провести такой эксперимент в ходе комплексной экологической экспедиции на борту теплохода <Илья Репин> по маршруту Москва – Нижний Новгород – Москва при прохождении Горьковского водохранилища в ночь с 2.07.93 на 3.07.93 г. Лидар был установлен на верхней палубе теплохода на высоте 13 м над поверхностью воды. Зондирование атмосферы проводилось вдоль горизонтальной трассы перпендикулярно движению судна, двигающегося со скоростью ~ 20 км/ч. Непрерывное движение теплохода позволяло получать экспериментальные значения, усредненные по пути следования на отрезках в 0,1 – 2 км в зависимости от времени измерения. Возможность такого усреднения, а также высокая прозрачность атмосферы и отсутствие заметных ветровых потоков позволяли ожидать воспроизводимых значений в серии измерений.

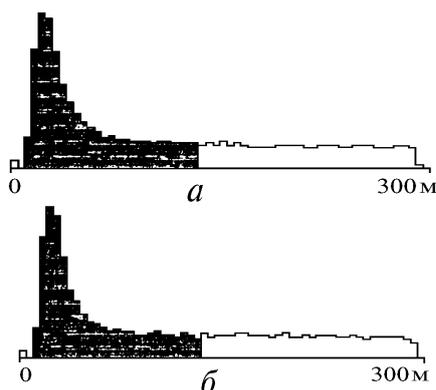


Рис. 5. Характерный вид гистограмм <сигнал+ шум> при зондировании однородной атмосферы над Горьковским водохранилищем в ночь со 2.07.93 на 3.07.93 для двух значений лазерных импульсов: *а* – 1 024 000 и *б* – 512 000, и суммарных чисел отсчетов в заштрихованной области – 36 694 и 17 682 соответственно

На рис. 5, *а*, *б* показаны характерные гистограммы распределения числа фотонов лазерных импульсов, рассеянных в атмосфере без коррекции на дистанцию для двух значений числа лазерных импульсов 1 024 000 и 512 000 соответственно. Из рисунков видно:

1) сигнал обратного рассеяния достигает своего максимума на 25 м от лидара и монотонно убывает с увеличением расстояния. При этом амплитуда и контраст сигнального пика сопоставимы с сигналом обратного рассеяния, полученным лидаром с энергией в импульсе до 5 мДж [9], что в 10 000 раз превышает энергию лазера в нашем лидаре;

2) гистограммы имеют только один сигнальный доминирующий пик на отрезке трассы зондирования, что свидетельствует об однородности атмосферы, отсутствии заметных аэрозольных слоев на этом 300-метровом участке и подтверждает наше предположение;

3) максимальное число фотоотсчетов и сумма сигнальных фотоотсчетов изменяются пропорционально числу лазерных импульсов. Это указывает на возможность использования приближения стационарности атмосферных процессов над поверхностью водохранилища и слабо меняющихся за общее время (10 мин) набора данных лидара.

Сопоставление максимальных значений чисел отсчетов в четырех последовательных сеансах измерений дает превышение выборочного значения среднеквадратического отклонения от его теоретического значения в пределах 20 %, что является фактическим значением степени нестационарности оптических свойств атмосферы во время измерения. По результатам калибровки (6), был проведен расчет профиля коэффициента обратного рассеяния (КОР) вдоль первых 300 м трассы зондирования с учетом коррекции на фактор расстояния. Показано, что на этом участке Горьковского водохранилища значение КОР можно считать постоянным и равным $(4 \pm 1) \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$.

Здесь следует заметить, что отсутствие какого-либо дополнительного сигнала на первых 300 м трассы могло быть обусловлено не только однородностью атмосферы, но также и некоторой разъюстировкой приемо-передающих каналов лидара. Для проверки этого предположения было решено сразу же провести зондирование атмосферы в таком месте, чтобы трасса проходила через заведомо неоднородные участки атмосферы с различной степенью аэрозольного загрязнения. Местом проведения такого эксперимента был выбран коридор 2-й палубы теплохода <Илья Репин>, проходящий через последовательно расположенные малый и большой лестничные холлы и заканчивающийся музыкально-танцевальным салоном в носовой части на расстоянии более 50 м от лидара.

На рис. 6 показана схема зондирования в направлении от кормы теплохода к носовой части и результаты измерения профиля КОР вдоль этой трассы в 2 ч после полуночи 3.07.93 г. Заметим, что в целом степень аэрозольного загрязнения воздуха в коридоре в 2–4 раза выше, чем в открытой атмосфере. При этом первое измерение профиля КОР, обозначенного квадратами на рисунке, показало, что относительно чистая атмосфера в коридоре около кают переходит в атмосферу с повышенным содержанием аэрозоля, пыли, табачного дыма и прочего в области главного лестничного холла и музыкального салона. Причем запыленность

атмосферы в коридоре быстро увеличилась после того, как по его ковровому покрытию прошло несколько человек. Об этом свидетельствует увеличение сигнала обратного рассеяния (кружки на рис. 6) в последующих измерениях после усреднения по трем сериям.

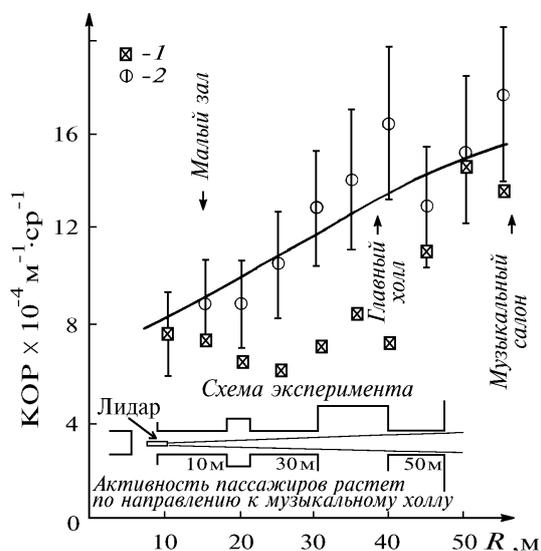


Рис. 6

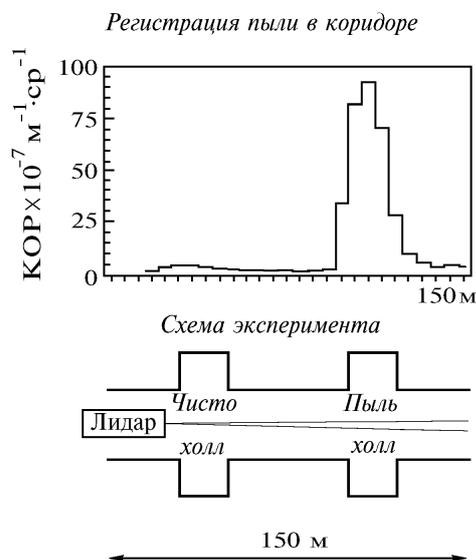


Рис. 7

Рис. 6. Профиль коэффициента обратного рассеяния вдоль коридора второй палубы теплохода <Илья Репин> в 2:00 3.07.93: 1 – результат однократного измерения профиля КОР; 2 – усредненный профиль КОР по трем последующим измерениям после прохождения вдоль коридора группы в несколько человек

Для проверки данной методики измерения профиля КОР подобный эксперимент был проведен в коридоре здания ИКИ РАН после возвращения из экспедиции. На рис. 7 показана схема измерения профиля КОР и результаты его расчета по данным зондирования. Наиболее сильное загрязнение атмосферы ($9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$), вызванное ремонтными работами, было выявлено во втором лифтовом холле здания в конце трассы на расстоянии около 100 м от лидара. При этом степень запыленности была сравнима с аэрозольными загрязнениями в музыкальном салоне теплохода <Илья Репин> ночью 3.07.93. В остальной части коридора значение КОР более чем на порядок меньше его значений в лифтовом холле, однако при визуальном наблюдении прозрачности атмосферы вдоль трассы каких-либо существенных изменений в различных частях коридора замечено не было.

Несмотря на высокое значение КОР в лифтовом холле, степень загрязнения атмосферы в нем меньше, чем в г. Запорожье, где авторами работы [5] была получена линейная зависимость массовой концентрации аэрозоля от КОР при его измерении в пределах $(2 \div 20) \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$. Это позволяет оценить сверху массовую концентрацию аэрозоля (не более $0,1 \text{ мг/м}^3$) в нашем случае. Минимальное значение КОР = $5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$ в середине коридора (см. рис. 7), которое только в несколько раз превышает коэффициент рэлеевского рассеяния в чистой атмосфере ($2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$) [10], указывает на широкие возможности применения такого типа компактных лидаров для контроля чистоты воздуха с безопасным для глаз уровнем излучения.

Таким образом, рассматриваемый лидар позволяет детектировать невидимые аэрозольные и пылевые слои в атмосфере с эффективным сечением обратного рассеяния, сравнимым с рэлеевским рассеянием в чистом воздухе. Зная или предполагая распределение пылевых частиц по размерам, можно оценивать массу пылевой компоненты в воздухе.

Заключение

В статье рассмотрена методика калибровки микроджоульного лидара с квантовым счетчиком в приемном канале, работающего в сугубо статистическом режиме, по поверхности мишени с учетом некоторых особенностей формирования сигнала. Экспериментально продемонстрирована возможность измерения профиля КОР и обнаружения невидимых атмосферных неоднородностей вдоль трассы зондирования до нескольких сот метров. Показано,

что рассматриваемый лидар может давать информацию не только о среднем значении оптических параметров атмосферы за время измерения, но и оценивать степень нестационарности пространственного распределения атмосферного аэрозоля вдоль трассы зондирования.

Полученные результаты показывают, что основной областью применения нового класса лидаров с безопасным уровнем излучения является мониторинг среды обитания, наиболее чувствительной к поражающему действию лазерного излучения [11].

1. Pershin S., Linkin V., Makarov V., Prochaska i., Hamal K. <Space-borne laser altimeter based on the single photon diode receiver and semiconductor laser transmitter>, Proc. of the CLEO'91, paper CFI 10, p 120. Advanced Program.
2. Бухарин А., Першин С. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. N 4. С 521–537.
3. Rosen J., Kjome T. // Appl. Opt. 1991. V. 30. P. 1552–1561.
4. Kawaya M., Menzies R. // Appl. Opt. 1985. V. 24. P. 3444–3453.
5. Лазерное зондирование промышленных аэрозолей /Зуев В.Е., Кауль Б.В., Самохвалов И.В. и др. Новосибирск: Наука, 1986. 186 с.
6. Sassen K., Dodd G. // Appl. Opt. 1982. V. 17. P. 3162–3165.
7. Оптические свойства атмосферных аэрозолей /Ивлев Л.С., Андреев С.Д., Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. 360 с.
8. Шаманаев В. С. Оптика атмосферы и океана. 1992. Т. 5. N 7. С. 702–707.
9. Rairoux P., Wolf J., Woste L. // Appl. Opt. 1989. V. 28. P. 2052–2056.
10. Optics of the Atmosphere / Ed E.J.McCartney, New York: Wiley, 1977.
11. Балин Ю.С., Разенков И.А. // Оптика атмосферы и океана. 1993. Т.6. N 2. С. 169–188.

Институт космических исследований
РАН, Москва

Поступила в редакцию
17 января 1994 г.

S.M. Pershin, A.V. Bukharin, V.M. Linkin, V.S. Makarov. Calibration of an Aerosol Lidar Operating in Photon Counting Regime and Detection of Atmospheric Inhomogeneities.

In this paper we present a technique for calibration of a lidar emitting into the atmosphere sounding pulses of micro-Joul energy that allows for the purely statistical nature of return signals (recorded in the photon counting mode). Some results of measurements of the backscattering coefficient in the atmosphere up to several hundreds meters are presented and the capability of the lidar to detect invisible atmospheric inhomogeneities is demonstrated. Prospects of using such an eye-safe lidar in the environmental monitoring avoiding damage from laser radiation is discussed.