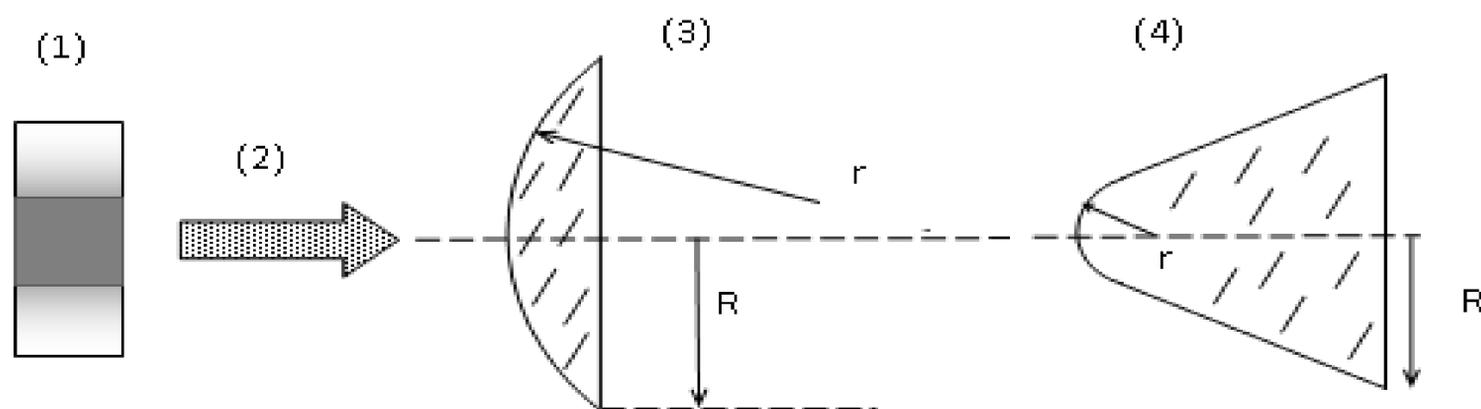


# Статистические модели рассеивающих центров с минимальным количеством параметров для задач формирования лидарных сигналов от рассеивающего слоя

Г. П. Арумов, А. В. Бухарин

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия. E-mail: [tumbul@iki.rssi.ru](mailto:tumbul@iki.rssi.ru)

Спектральная зависимость фактора эффективности характеризуется значительными осцилляциями. Однако, наличие поглощения приводит к уменьшению амплитуды этих осцилляций. Кроме того, частицы в атмосфере характеризуются функцией распределения по размерам, которая так же приводит к уменьшению амплитуды осцилляций. В результате фактор эффективности становится практически монотонной функцией. При  $r > \lambda$  фактор эффективности близок к 2. При  $r < \lambda$  фактор эффективности монотонно убывает. Таким образом, фактор эффективности с увеличением радиуса частицы представляет собой монотонно возрастающую функцию. В такой ситуации для определения эквивалентной среды с монодисперсными частицами достаточно использовать цифровые снимки для частиц среды. Открывается возможность использования случайных пропускающих экранов (СПЭ) для определения эквивалентного сечения рассеивающей неоднородности. Двумерный СПЭ представляет собой контрастный черно-белый экран, в котором рассеивающим частицам соответствует непрозрачные пятна. По СПЭ можно изготовить негатив. Посредством пропускания пучка через СПЭ-негатив, полученный из цифровой фотографии частиц, можно определять угловое уширение пучка. Это уширение зависит от моментов первого и второго порядков для сечений частиц. Отношение указанных моментов дает эквивалентное сечение монодисперсных частиц. Монодисперсные частицы с указанным сечением создают эквивалентный рассеивающий объект по коэффициенту пропускания, который не всегда можно измерить только из данных дистанционного зондирования.



Модель отклика рассеивающей частицы на лидарный сигнал. Цифрой (1) обозначен совмещенный канал приемника и передатчика, (2) направление зондирующего пучка, (3) сферический сектор для случая  $r \gg R$ , Цифрой (4) обозначен усеченный конус для случая  $r < R$

**Таблица**

№	Рассеивающий объект	$\beta$	$\alpha/\beta$	$\alpha/2\pi\beta$	$\alpha/4\pi\beta$	$\alpha/8\pi\beta$
1	Ламбертов диск	$R^2 n$	$2\pi$	1	0.5	0.25
2	Изотропный диск	$R^2 n/2$	$4\pi$	2	1	0.5
3	<u>Зеркальный диск</u>	$R^2 n/\gamma^2$	$2\pi\gamma^2$	$\gamma^2$	$\gamma^2/2$	$\gamma^2/4$
4	Отражающая сфера	$R^2 n/4$	$8\pi$	4	2	1
5	Усеченный конус	$r^2 n/4$	$8\pi R^2/r^2$	$4R^2/r^2$	$2R^2/r^2$	$R^2/r^2$
6	Сферический сегмент	$r^2 n/4$	$8\pi R^2/r^2$	$4R^2/r^2$	$2R^2/r^2$	$R^2/r^2$
7	Молекула		$8\pi/3$	$4/3$	$2/3$	$1/3$

В общем случае для зеркальных сферических частиц размером больше длины волны КЭ и КОР можно представить в виде

$$\beta = \frac{r^2 n}{4}, \quad \alpha = 2\pi R^2 n,$$

Здесь  $\alpha$  - коэффициент экстинкции,  $\beta$  - коэффициент обратного рассеяния,  $R$  - радиус сечения частицы (см рисунок 2),  $r$  — радиус кривизны передней поверхности частицы,  $n$  - концентрация эквивалентных частиц.

## **Выводы**

Показано, что непосредственно измеряемому коэффициенту обратного рассеяния (КОР) при наличии эквивалентного сечения можно практически всегда сопоставить выпуклые сферические сегменты, позволяющие моделировать практически любой КОР с последующим определением коэффициента экстинкции. В этом случае изменениям базовых коэффициентов среды можно сопоставить концентрации рассеивающих частиц. Указанный метод применим для стационарного аэрозоля, состоящего из полидисперсных и несферических рассеивающих центров. Отметим отсутствие необходимости определения мнимой и действительной частей коэффициента преломления для предложенного сценария измерений. Работа выполнена в рамках программы «Мониторинг».

## **Литература**

- Г. П. Арумов, А. В. Бухарин, А. В. Тюрин. Журнал "Измерительная техника", 2014, №3, стр. 36-40. Использование статистически неоднородных экранов в задаче калибровки лидара по параметрам изображений частиц для приземного слоя атмосферы.
- Арумов Г. П., Бухарин А. В. Трехмерные экраны для измерения ненормализованных моментов. "Измерительная техника", 2018, №9, С. 44-48.
- Paramesvaran K., Rose K. O., Krishna Murthy B. V. Relationship between backscattering and extinction coefficients of aerosols with application to turbid atmosphere. //Applied Optics, 1991, Vol. 30, Number 21, P. 3059 - 3071.