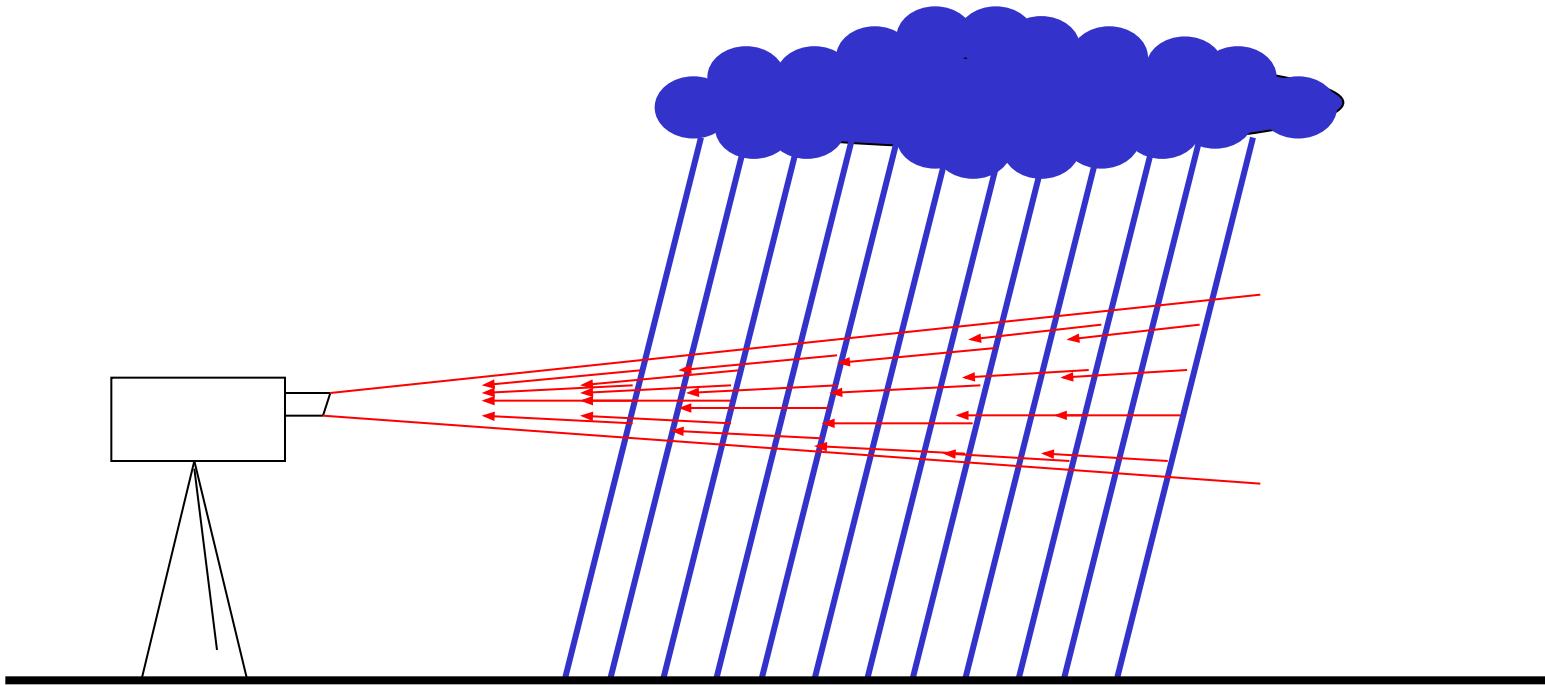


Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

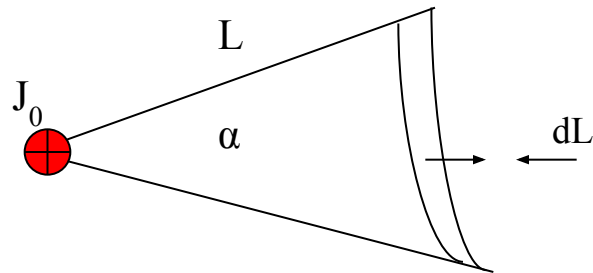
Метод обратного рассеяния заключается в измерении светового пучка, рассеянного аэрозолями в обратном направлении.



Исследуем зависимость яркости пучка, рассеянного в обратном направлении, от МДВ.

Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

Пусть имеется источник света, излучающий в телесном угле α .



Выделим объем, заключенный внутри телесного угла α между сферическими сегментами, отстоящими друг от друга на расстояние dL .

Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

Площадь сегмента, ограниченного телесным углом α :

$$S_{\text{сегм}} = 4\pi L^2 \cdot \frac{\alpha}{4\pi} = L^2 \cdot \alpha$$

Тогда элементарный объем толщиной dL :

$$dV = L^2 \cdot \alpha \cdot dL$$

Если число частиц в единице объема равно N , то их число в объеме dV :

$$N \cdot dV = L^2 \cdot \alpha \cdot NdL$$

Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

Излучение, падающее на одну частицу, рассчитаем по закону Буге-Ламберта:

$$J = J_0 \cdot e^{-k \cdot L}$$

J - излучение, дошедшее до частицы,

J_0 - яркость источника света,

L - расстояние до частицы,

k - показатель ослабления.

Пусть все частицы одинаковые, шарообразные с радиусом r . Тогда поперечник одной частицы:

$$S_{\text{част.}} = \pi \cdot r^2$$

Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

С учетом того, что все излучение распространяется внутри телесного угла α , излучение, падающее на одну частицу:

$$J_r = \frac{S_{\text{част}}}{S_{\text{сегм}}} J = \frac{\pi \cdot r^2}{L^2 \cdot \alpha} J_0 \cdot e^{-k \cdot L}$$

А излучение, рассеянное одной частицей:

$$J_{\text{рас}} = \frac{\pi \cdot r^2}{L^2 \cdot \alpha} J_0 \cdot e^{-k \cdot L} \cdot k_{\text{рас}}$$

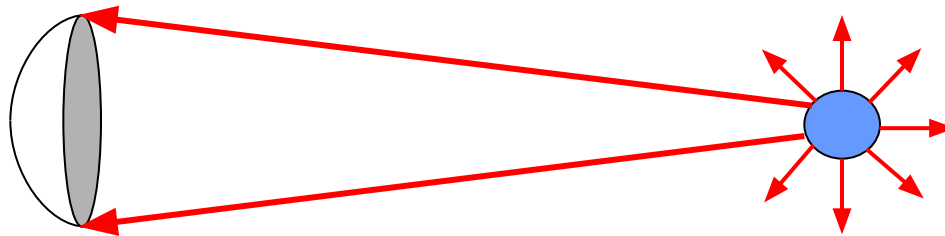
где $k_{\text{рас}}$ - коэффициент рассеяния излучения частицей.

Для капель $k_{\text{рас}} \approx 0,95$.

Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

Будем считать рассеяние сферическим. Тогда часть рассеянного излучения, попадающее на зеркало приемника площадью s :

$$J_1 = \frac{\pi \cdot r^2}{L^2 \cdot \alpha} J_0 \cdot e^{-2k \cdot L} \cdot k_{рас} \cdot \frac{s}{4\pi \cdot L^2}$$



Или:

$$J_1 = \frac{r^2 \cdot s \cdot k_{рас}}{4L^4 \cdot \alpha} J_0 \cdot e^{-2k \cdot L}$$

Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

Излучение, полученное от всех частиц в объеме dV :

$$J_{\Sigma} = \frac{r^2 \cdot s \cdot k_{pac}}{4L^4 \cdot \alpha} J_0 e^{-2k \cdot L} L^2 \cdot \alpha \cdot NdL$$

Интегральное излучение, полученное от всех частиц на всем протяжении луча:

$$J = \int_0^L \frac{r^2 \cdot s \cdot k_{pac}}{4L^2} J_0 e^{-2k \cdot l} NdL$$

Или:

$$J = \frac{r^2 s k_{pac} J_0 N}{4} \int_0^L \frac{1}{L^2} e^{-2kL} dL$$

Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

Обозначим:

$$B = \int_0^L \frac{1}{L^2} e^{-2kL} dL$$

Тогда:

$$J = Nr^2 \cdot \frac{sk_{pac} J_0}{4} \cdot B$$

Исследуя зависимость $B(L)$ можно заключить, что при $L > 50$ м интеграл B не изменится. Тогда верхний предел в формуле для B можно принять равным 50 м.

Некорректно брать нижний предел интеграл B равным нулю. С учетом того, что источник света находится внутри прибора на некотором расстоянии от стенки, примем нижний предел равным 0,5 м.

Интеграл B в конечном виде не берется. Его можно взять только численно.

Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

$$J = Nr^2 \cdot \frac{sk_{pac} J_0}{4} \cdot B$$

Теперь свяжем величину обратного сигнала J с МДВ. По формуле Траберта:

$$S_m = \frac{b}{N \cdot r^2}$$

S_m - метеорологическая дальность видимости,

$$b = const \approx 0,62 .$$

Тогда:

$$Nr^2 = \frac{b}{S_m}$$

Подставив в формулу для J , получим:

$$J = \frac{b}{S_m} \cdot \frac{sk_{pac} J_0}{4} \cdot B$$

Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

$$J = \frac{b}{S_m} \cdot \frac{sk_{pac} J_0}{4} \cdot B$$

$$B = \int_0^L \frac{1}{L^2} e^{-2kL} dL$$

С другой стороны, по формуле Кошмидера, приняв $\varepsilon = 0,03$, имеем:

$$k = -\frac{\ln \varepsilon}{S_m} = \frac{3,9}{S_m}$$

Значит, интеграл **B** также зависит от МДВ.

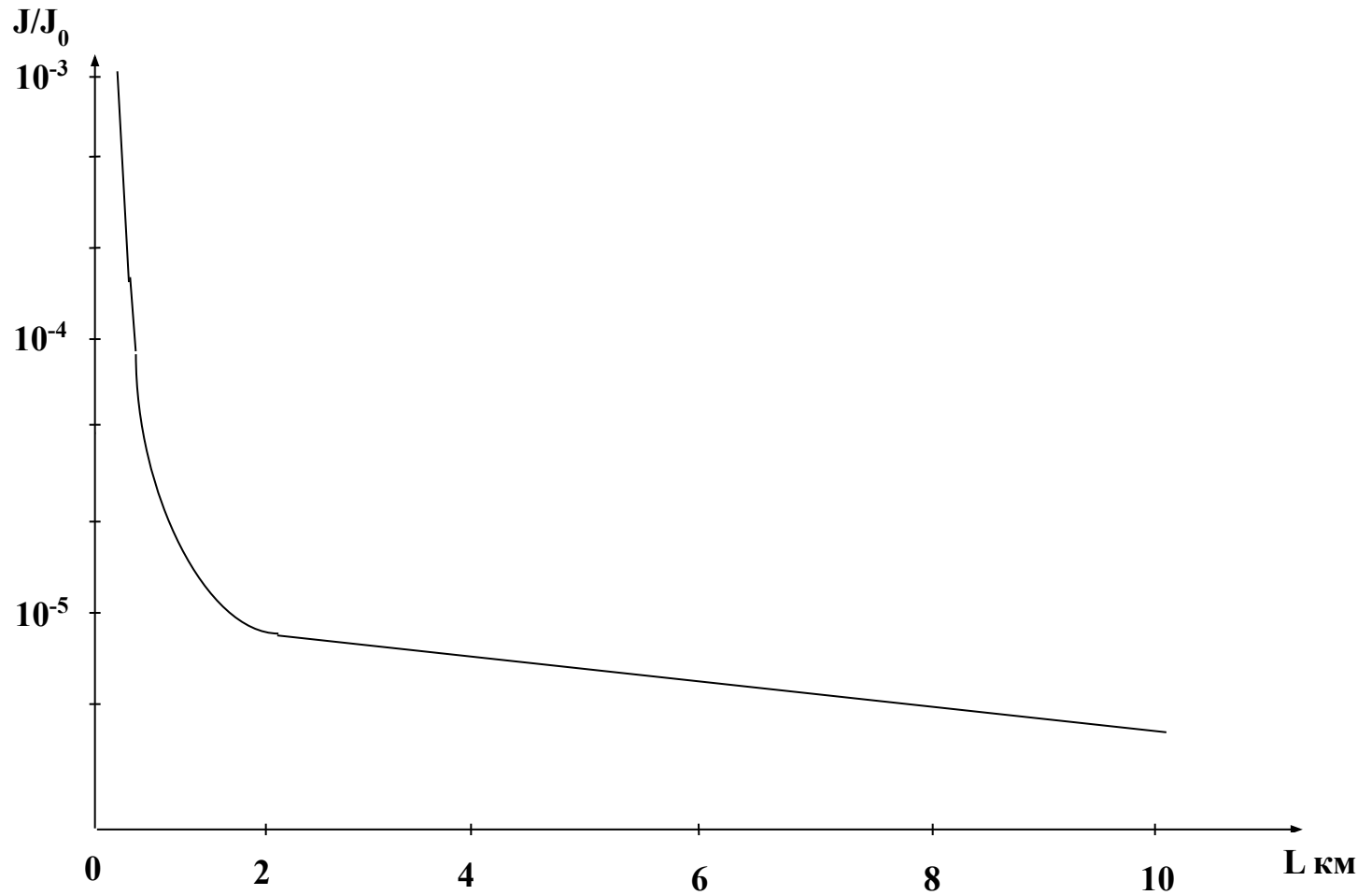
Видно, что МДВ не может быть выражено через **J** в конечном виде. Обратная задача решена быть не может.

Можно, однако, решить прямую задачу – выразить **J** через МДВ.

Эту задачу можно решить только численно.

Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

Численное решение дает зависимость:



Лекция 10. Метод обратного рассеяния для измерения МДВ

Выводы.

- 1.** Зависимость $J(\text{МДВ})$ носит обратный характер по отношению к трансмиссометрам.
- 2.** Для реализации метода чувствительность приемной аппаратуры должна быть гораздо выше, чем у трансмиссометров.
- 3.** Для исключения влияния паразитных сигналов необходимо применять импульсные источники света.