

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАРИАЦИИ ПОРОГОВОГО СИГНАЛА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ ПО МАССАМ

Е. И. ФИАЛКО

(Представлено научным семинаром радиотехнического факультета)

Введение

Распределение метеорных тел по массам характеризуют функцией $p(m)$, позволяющей определить количество метеорных тел ΔN , массы которых заключены в интервале $m \div m + \Delta m$ [1]

$$\Delta N = p(m) \Delta m. \quad (1)$$

Обычно функцию $p(m)$ представляют в виде [1]

$$p(m) = \frac{b}{m^s}, \quad (2)$$

где b и s —константы.

Таким образом, исследование распределения метеорных тел по массам сводится по существу к определению показателя s .

Для этой цели используются результаты как визуальных и фотографических, так и радиолокационных наблюдений метеоров.

Существует несколько методов определения показателя s по радиолокационным исследованиям метеоров. Один из них базируется на распределении метеорных радиоэхо по длительности [2, 3, 4]; другой—на зависимости среднечасового числа зафиксированных метеоров от параметров радиолокатора [2, 3]. Одной из разновидностей последнего метода является способ определения s , основанный на вариации порогового сигнала [5].

Ранее [5] была рассмотрена возможность нахождения величины s с использованием высокочувствительной аппаратуры, позволяющей фиксировать радиоэхо неустойчивого типа (соответствующие ионизированным следам с линейной плотностью электронов $\alpha_{\min} \ll 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см [3]).

Однако способ вариации порогового сигнала может быть реализован также при использовании низкочувствительной аппаратуры, позволяющей обнаруживать лишь устойчивые радиоэхо (соответствующие следам $\alpha_{\min} \gg 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см) или радиоэхо промежуточного и устойчивого типов (соответствующие $\alpha_{\min} \approx 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см).

Найдем общее выражение показателя s в предположении, что вариация порогового сигнала осуществляется таким образом, что α_{\min} остается в одной из трех областей:

$$\begin{aligned}\alpha_{\min} &\ll 2,4 \cdot 10^{12} \text{ эл/см}; \\ \alpha_{\min} &\gg 2,4 \cdot 10^{12} \text{ эл/см}; \\ \alpha_{\min} &\approx 2,4 \cdot 10^{12} \text{ эл/см}.\end{aligned}$$

Показатель s (общее выражение)

Если минимальная масса метеорного тела, создающего след, фиксируемый радиолокатором, равна m_{\min} , то часовое число обнаруженных метеоров N будет [3]

$$N \sim \frac{1}{m_{\min}^{s-1}}. \quad (3)$$

Линейная плотность электронов в области характеристической высоты α_m [3], как известно, пропорциональна массе метеорного тела

$$\alpha_m \sim m. \quad (4)$$

Мощность эхо-сигнала ε пропорциональна [3]

$$\varepsilon \sim \alpha^n, \quad (5)$$

причем показатель n будет различным в областях неустойчивых, промежуточных и устойчивых эхо.

Полагая, что прием сигналов из области характеристической высоты дает возможность обнаружить метеоры, порождаемые телами с m_{\min} , найдем из (3), (4) и (5):

$$N \sim \varepsilon^{-\frac{s-1}{n}}, \quad (6)$$

где N —количество (например, среднечасовое число) метеоров, дающих эхо-сигналы с мощностью $\geq \varepsilon$.

Фиксируя количество отражений N_1 и N_2 , превышающих соответственно пороговые уровни ε_1 и ε_2 , найдем из (6):

$$s \approx 1 + n \frac{\lg \frac{N_1}{N_2}}{\lg \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}. \quad (7)$$

Для получения рабочей формулы необходимо конкретизировать значения коэффициента n .

Определение коэффициента n

Как известно [3], при $\alpha \ll 2,4 \cdot 10^{12} \text{ эл/см}$ $\varepsilon \sim \alpha^2$ и, следовательно, $n_1 \approx 2$; при $\alpha \gg 2,4 \cdot 10^{12} \text{ эл/см}$ $\varepsilon \sim \alpha^{1/2}$ и, следовательно, $n_2 \approx \frac{1}{2}$.

Для определения показателя n_3 , соответствующего промежуточной области ($\alpha \approx 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см), воспользуемся зависимостью амплитуды эхо-сигнала от α для области $10^{12} < \alpha < 5 \cdot 10^{12}$ эл/см [3]. Переходя от напряжения к мощности ε , представим $\lg \varepsilon$ в функции $\lg \alpha$ (рис. 1).

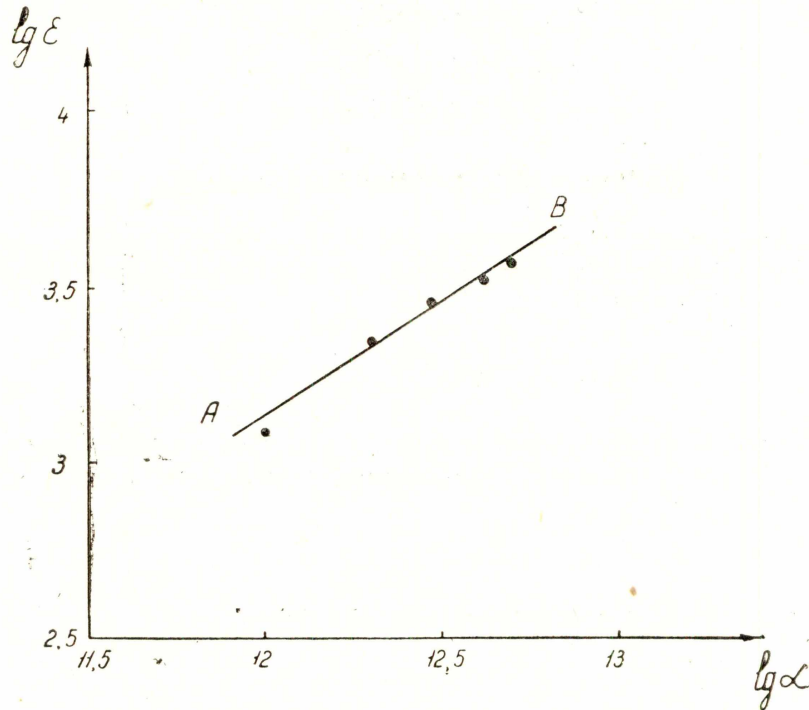


Рис. 1. К аппроксимации зависимости мощности эхо-сигнала Σ от линейной плотности электронов α в ионизированном следе (для радиоэхо промежуточного типа). Точки — теоретический результат [3]; AB — аппроксимирующая линия.

Аппроксимируя, как и прежде, мощность эхо-сигнала параболой $\varepsilon \sim \alpha^{n_3}$, найдем из рис. 1 $n_3 \approx \frac{2}{3}$.

Рабочие формулы

Итак, формула (7) принимает вид.

1. При вариации порогового сигнала в области неустойчивых эхо ($\alpha_{\min 1} \ll 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см, $\alpha_{\min 2} \ll 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см):

$$s \approx 1 + 2 \frac{\lg \frac{N_1}{N_2}}{\lg \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}. \quad (8)$$

Уравнение (8) совпадает с формулой, полученной ранее [5].

2. При вариации порогового сигнала в области устойчивых эхо ($\alpha_{\min 1} \gg 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см; $\alpha_{\min 2} \gg 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см):

$$s \approx 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\lg \frac{N_1}{N_2}}{\lg \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}. \quad (9)$$

3. При вариации порогового сигнала в области промежуточных эхо ($\alpha_{\min 1}$ и $\alpha_{\min 2}$ порядка $2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см):

$$s \approx 1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{\lg \frac{N_1}{N_2}}{\lg \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}. \quad (10)$$

Замечания

Таким образом, при определении показателя s необходимо знать, области каких эхо (устойчивых, промежуточных или неустойчивых) соответствуют пороговые сигналы ϵ_1 и ϵ_2 . В противном случае вычисленное значение s может в несколько раз отличаться от истинного.

Изменение порогового сигнала ϵ в весьма широких пределах может привести к тому, что ϵ_1 будет соответствовать, например, неустойчивым эхо, а ϵ_2 —устойчивым. В этом случае формулы (7)—(10) теряют силу.

Рассмотрение общего случая—перехода из одной области в другую (например, из области $\alpha_{\min} \ll 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см в область $\alpha_{\min} \gg 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см)—является отдельной задачей и здесь не приводится.

Здесь не приводится также оценка погрешностей, присущих рассматриваемым вариантам.

Выводы

1. Определение показателя s , характеризующего распределение метеорных тел по массам методом вариации порогового сигнала, должно осуществляться с учетом особенностей отражения радиоволн от следов различной плотности.

2. Переход из области неустойчивых в область промежуточных и устойчивых метеорных радиоэхо может привести к грубым ошибкам в определении s (если при этом не вносятся необходимые коррективы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Б. Ю., Физическая теория метеоров и метеорное вещество в Солнечной системе, изд. АН СССР, 1956.
2. I. C. Brown, K. Bullough, S. Evans and T. R. Kaiser, Characteristics of radioechoes from meteor trails. II. The distribution of meteor magnitudes and masses, Proc. Phys. Soc. (B), 1956, v. 69, part I, No. 433, B., pp. 83—97.
3. T. R. Kaiser, Radio-echo studies of meteor ionization, J. Adv. Phys., 1953, v. 2, No. 8, p. 495.
4. Ф и а л к о Е. И., Распределение устойчивых метеорных радиоэхо по длительности. (Статья помещена в этом сборнике.)
5. Ф и а л к о Е. И., К вопросу об изучении распределения метеорных тел по массе, А. Ж., т. 34, вып. 3, стр. 419—423, 1957.