

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ МЕТЕОРНЫХ РАДИОЭХО ПО ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Е. И. ФИАЛКО

(Представлено научным семинаром радиотехнического факультета)

Введение

Известно несколько методов определения показателя s , характеризующего распределение метеорных тел по массам [1]:

$$P_m(m) \sim \frac{1}{m^s}. \quad (1)$$

Кайзер [2] использовал зависимость численности обнаруженных метеоров N от параметров радиолокатора и величины s

$$N \sim \left(\frac{P_u \cdot \lambda^3}{\varepsilon} \right)^{\frac{s-1}{2}}, \quad (2)$$

где P_u — импульсная мощность передатчика; ε — мощность порогового сигнала; λ — длина волны.

Воспользовавшись экспериментальными данными Мак-Кинли [3], Кайзер нашел, что в случае спорадических метеоров $s \approx 2$. Браун, Буллоу, Эванс и Кайзер [4] предложили использовать распределение длительности устойчивых эхо: по Кайзеру [5]

$$P_\tau(\tau) \sim \tau^{-\frac{3s+1}{4}}; \quad (3)$$

по Билляму, Брауну [6]

$$P_\tau(\tau) \sim \tau^{-\frac{6s-1}{5}}. \quad (4)$$

Представляется возможным определить величину s , исходя из полученного ранее приближенного выражения для интегрального закона распределения длительностей метеорных эхо устойчивого типа [7]:

$$\frac{N}{N_\Sigma} = \left(\frac{\tau_{\min.}}{\tau} \right)^{s-1}, \quad (5)$$

где N — число отражений с длительностью, превышающей τ ; N_{Σ} — общее число отражений с длительностью $\tau > \tau_{\min}$.

Как было показано [7], формула (5) находится в удовлетворительном соответствии с экспериментом.

Уточненное выражение интегрального распределения имеет вид

$$\frac{N}{N_{\Sigma}} = \left(\frac{\tau_{\min}}{\tau} \right)^{\frac{3}{4}(s-1)}, \quad (6)$$

что находится в соответствии с (3).

Эксперимент

Для построения распределения метеорных эхо по длительности отражений были использованы результаты наблюдений, проводившихся 28 и 29 июля 1957 г. с помощью дальномерной части радиолокатора „ТПИ-2“, созданного коллективом кафедры радиотехнической аппаратуры Томского политехнического института специально для метеорных исследований.

Данные аппаратуры: длина волны $\lambda = 10$ м; мощность в импульсе $P_{\text{и}} \approx 100$ кВт, частота повторения импульсов $F_{\text{и}} = 600$ имп/сек; аппаратура работала в режиме „меченых“ импульсов (одиночные импульсы чередовались с парными); использовалась ненаправленная антенна (полуволновый вибратор на высоте $h \approx \frac{\lambda}{3}$ над уровнем земли).

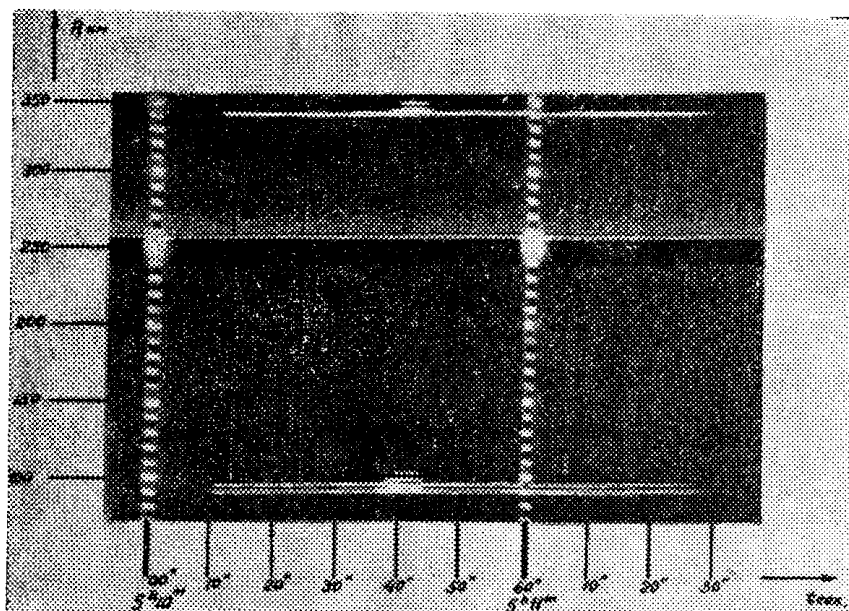


Рис. 1. Фотокопия участка пленки. t — местное время; R — наклонная дальность от локатора до участка метеорного следа, отражающего радиоволны.

Экран яркостного отметчика дальности фотографировался на непрерывно протягивавшуюся пленку; скорость движения пленки равна 17 мм/мин. На рис. 1 представлена фотокопия участка пленки. Ось времени t направлена против движения пленки (t — местное время).

Вдоль оси наклонной дальности R ежеминутно наносилась шкала дальности. Интервал между отметками дальности соответствует 10 км;

пятидесятикилометровые отметки имели повышенную яркость; отметка „250 км“ — наиболее яркая (это облегчает обработку пленки).

На экране индикатора дальности просматривался участок $R=50-350$ км (на фотографии показан участок $R=80-350$ км). На время действия зондирующего импульса приемник замирался, вследствие чего на фотографии видна широкая темная полоса (на $R=250$ км).

Кратковременные отражения от метеоров получаются в виде „двоеточия“, длительные — в виде двух полосок. В случае, когда наклонная дальность от локатора до метеора заключена в пределах $50 \text{ км} < R < 100 \text{ км}$ и $300 \text{ км} < R < 350 \text{ км}$ кроме парной отметки видна одинарная отметка, причем расстояние между ними соответствует 250 км.

Отсчет дальности производится по первой точке парной отметки.

В случае $100 \text{ км} < R < 300 \text{ км}$ на пленке получается только двойная отметка. Когда расстояние от локатора до метеора превышает 350 км, на пленке фиксируется одинарная отметка; в этом случае слабый метеор трудно отличить от помехи. В маловероятном случае появления метеора на $R < 50$ км могла бы появиться одинарная отметка в зоне 250 ÷ 300 км.

При обработке пленок учитывались лишь двойные отметки.

На рис. 1 зафиксировано 6 кратковременных отражений, два отражения с длительностью в несколько секунд (на R около 100 км) и одно отражение с $\tau > 1$ мин.

За 5 час. 38 мин фоторегистацией было зафиксировано 1356 отражений (таблица).

На рис. 2 представлено распределение отражений по длительности в логарифмическом масштабе для $\tau \geq 0,5$ сек (результаты эксперимента отмечены точками).

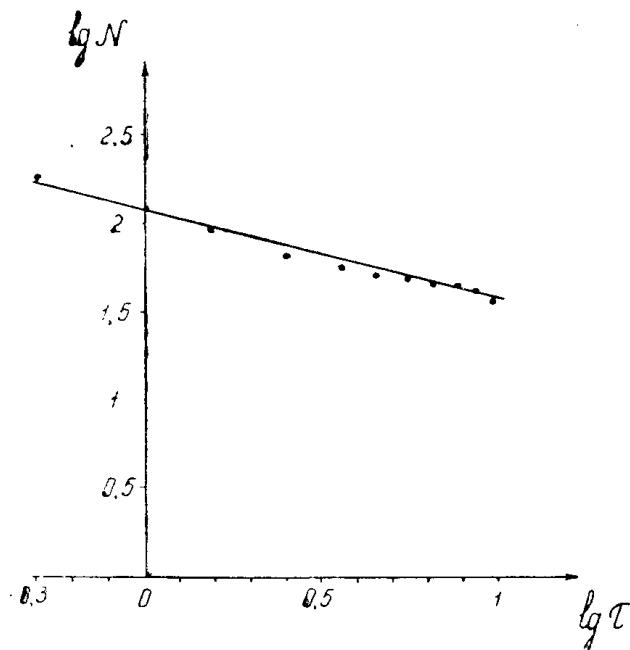


Рис. 2. Распределение метеорных радиоэхо по длительности для $\tau \geq 0,5$ сек. N — число отражений с длительностью, превышающей τ . Аппроксимирующая линия — сплошная. Результаты эксперимента отмечены точками.

по длительности в логарифмическом масштабе для $\tau \geq 0,5$ сек (результаты эксперимента отмечены точками).

Т а б л и ц а

Распределение метеорных радиоэхо по дальности

N — количество зафиксированных отражений с длительностями $\geq \tau$;

τ — длительность в секундах.

τ	0	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
N	1356	168	96	67	59	52	51	48	47	43	37

Определение величины s

Аппроксимируя экспериментальную зависимость функцией

$$N \sim \frac{1}{\tau^n}, \quad (7)$$

получим
$$n = \frac{\lg N_2 - \lg N_1}{\lg \tau_1 - \lg \tau_2}. \quad (8)$$

Сопоставляя (5) и (7), найдем $s = 1 + n$,

или из (6) и (7)
$$s = 1 + \frac{4}{3} n. \quad (9)$$

Формулы (5) и (6) справедливы лишь для случая линейной плотности электронов $\alpha > 2,4 \cdot 10^{12}$ эл/см. Такому значению α будут соответствовать отражения с длительностями, превышающими некоторое минимальное значение, зависящее от величины коэффициента диффузии D .

При средней скорости метеора ($\bar{v} \approx 45$ км/сек) устойчивые эхо с $\alpha \geq 5 \cdot 10^{12}$ эл/см будут иметь длительность $\lesssim 0,5$ сек.

Поэтому необходимо исключить из рассмотрения отражения с $\tau < 0,5$ сек.

Аппроксимируя зависимость $\lg N(\lg \tau)$ прямой, получим для $\tau < 0,5$ сек значение $n \approx 0,51$ и, следовательно, $s \approx 1,51 \div 1,68$.

Замечание

28 и 29 июля 1957 года могли наблюдаться как спорадические метеоры, так и метеоры потоков δ — Акварид, Персеид и др. Поэтому полученное значение s характеризует распределение совокупности метеорных тел (как спорадических, так и относящихся к потокам).

Найденное выше значение $s \approx 1,51 \div 1,68$ существенно отличается как от величины $s \approx 2$ для спорадического фона [2, 5], так и от $s \approx 2,2$ для δ — Акварид [1].

Вследствие этого можно предположить, что большинство метеоров, зарегистрированных 28 и 29 июля 1957 г., не относится ни к потоку δ — Акварид, ни к спорадическому фону, либо, что наблюдавшийся спорадический фон имеет распределение, отличное от найденного ранее [2, 5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Б. Ю. Физическая теория метеоров и метеорное вещество в Солнечной системе, Изд. АН СССР, 1956.
2. T. R. Kaiser, M. N., 114, 39, 1954.
3. D. W. R. McKinley, Canad. Journ. Phys., 29, 403, 1951.
4. I. C. Browne, K. Bullough, S. Evans, T. R. Kaiser, Proc. Phys. Soc., B 69, 83, 1956.
5. T. R. Kaiser, Advanc. Phys., 2, 495, 1953.
6. E. R. Billam, I. C. Browne, Proc. Phys. Soc., B. 69, 98, 1956.
7. Физалко Е. И., Астрономический журнал, 34, 241, 1957.