

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ МЕТЕОРОВ ПО ГЕОЦЕНТРИЧЕСКИМ СКОРОСТЯМ РАДИОМЕТОДОМ

Б. Л. Кащеев, В. М. Ушаков

При изучении свойств совокупности метеоров в околоземном пространстве значительный интерес представляет вопрос о распределении их по геоцентрическим скоростям в разных областях небесной сферы. Для решения этой задачи в ХПИ был создан радиолокационный комплекс [1], имеющий следующие параметры:

длина волны 8,13 м;

мощность передатчика в импульсе 100 квт;

длительность импульса 10 мксек;

частота повторения импульсов 500 гц;

коэффициент усиления передающей и приемной антенн 16;

полоса пропускания приемника 150 кгц;

предельная чувствительность приемника $0,2 \cdot 10^{-15}$ вт.

Для однозначного определения дальности метеорного следа последовательность импульсов кодируется: каждый пятый импульс — двойной с интервалом кода 167 мксек. При опознавании пришедшего сигнала в приемно-регистрирующем устройстве проводилась проверка длительности и периода следования импульсов. В качестве индикатора использовалась электронно-лучевая трубка. Осциллограммы отраженных от метеорных следов сигналов регистрировались фотокамерой с открытым затвором на кинопленку. Данная аппаратура позволяет наблюдать метеоры до $+7^m$. Погрешность измерения скорости метеора при использованном дифракционно-импульсном методе составляет (2—5) км/сек.

Если нет сведений о распределении метеоров каждого радианта по геоцентрическим скоростям, всем метеорам данного радианта приписывается одинаковая скорость, определяемая следующей формулой:

$$V = \left[V_e \cos \epsilon + \sqrt{V_h^2 - V_e^2 (1 - \cos^2 \epsilon) + 125} \right]^{0,5}, \quad (1)$$

где

V — геоцентрическая скорость метеора;

V_e — орбитальная скорость движения Земли;

ϵ — угол элонгации радианта метеора от апекса;

V_h — гелиоцентрическая скорость метеора.

Однако некоторые прикладные задачи радиофизики требуют для своего решения сведений о распределении метеоров каждого радианта по геоцентрическим скоростям. Чтобы получить такие распределения, необходимо иметь большой экспериментальный материал, относящийся ко всем участкам небесной сферы. В силу географического положения пунктов наблюдения измерения, проводимые в СССР [1,2 и др.], охватывают только северную небесную полусферу. В связи с этим имеется возможность построить распределение метеоров по геоцентрическим скоростям для северной части небесной сферы.

Теоретическая модель зависимости геоцентрической скорости метеора от положения его радианта на небесной сфере относительно Земли определяется углом элонгации радианта от апекса (1), поэтому необходимые распределения интересно построить для различных ϵ во всем диапазоне его изменения. Этот угол меняется от 0 до 180° . Такие распределения были получены в работе [2] по результатам наблюдений 3100 радиометеоров. Недостаточное количество экспериментальных данных приводит к наличию в этих распределениях существенных случайных флуктуаций.

Таблица 1

V°	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100	100—110	110—120
70—75	5,8	4,8	3,7	0,4	0,7	0,2	0,1			0,5		
65—70	40	23,5	15,6	4,4	2,8	0,4	0,1	1,2		0,2		
60—65	25,7	31,9	30,7	17,3	2,7	0,7	0,3	0,4	0,6	0,7	0,1	
55—60	15,2	19,8	24,1	30,7	12	4,2	0,2	0,7	0,4	0,9	0,3	0,8
50—55	3,6	8,7	12,6	19	24	2,6	0,7	0,9	0,8	0,5	0,8	0,1
45—50	5,9	4,7	6	10,4	12	10	8,4	2,8	0,4	0,5	0,9	3,4
40—45	2	2,2	2,5	6,1	8,2	22,3	25	6,3	2,7	0,5	1,2	0,4
35—40	1,2	1,8	1,4	5,6	13	30,7	28	19,7	3,5	4,3	2,2	0,7
30—35	0,4	1,4	1,3	2,8	17,6	19	17,2	29,6	16,7	5,7	3,2	1,7
25—30	0,2	0,4	0,9	1,7	5,7	6,7	7,8	20,1	25	13,9	1,1	3,3
20—25		0,8	0,6	1,6	0,8	1,9	3,4	6,6	22,2	32,1	35,9	13,7
15—20			0,5	0,1	0,5	0,8	5	8,8	23,4	34,6	40,8	24,8
10—15			0,1			0,1	3,8	2,9	4,5	5,7	13,6	50,2

В 1960—1962 гг. в ХПИ проводились измерения индивидуальных радиантов и орбит метеоров с помощью описанного выше радиолокационного комплекса. После окончательной обработки было получено свыше 10 тыс. метеорных радиантов. Используя эти результаты, в данной работе построим распределения метеоров по геоцентрическим скоростям для разных углов элонгации радианта от апекса. Область изменения этого угла была разбита на 18 одинаковых интервалов ($\Delta\epsilon = 10^\circ$), для 12 из которых получены соответствующие среднегодовые распределения. Они приведены в табл. 1. В верхней строке приведены интервалы изменения угла элонгации через 10° , в левом столбце — интервалы группирования метеоров по скоростям через 5 км. Число, стоящее в какой-либо клеточке этой таблицы, равняется количеству метеоров в соответствующих интервалах изменения геоцентрической скорости и угла элонгации (%). Чтобы исключить зависимость распределений метеоров по скоростям от метода и аппаратуры наблюдения, они были исправлены за геометрический и физический факторы замечаемости [1]. Области небесной сферы, лежащие вблизи антиапекса ($\epsilon = 180^\circ$), наблюдаются очень плохо, поэтому надежные распределения метеоров по геоцентрическим скоростям удалось получить только для $\epsilon \leq 120^\circ$. Большинство распределений носит одногорбый характер. При $\epsilon = 40—50^\circ$ имеется два ярко выраженных максимума в интервале скоростей 30—35 и 50—55 км/сек. При

$\epsilon = 50-60^\circ$ есть большой максимум в интервале $35-40$ км/сек и малый максимум в интервале $55-60$ км/сек.

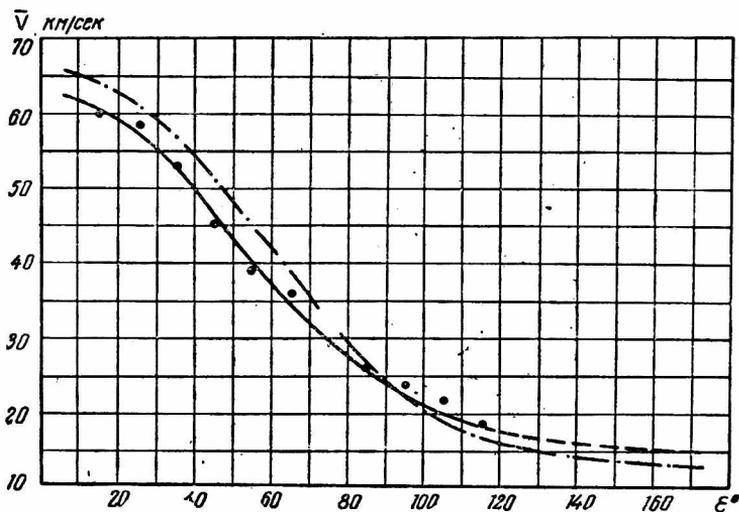


Рис. 1. Экспериментальная (————) и теоретическая (-----) зависимости геоцентрической скорости метеора от угла элонгации радианта от апекса.

По данным распределений были вычислены среднегодовые геоцентрические скорости метеоров для каждого из 12 углов элонгации радианта от апекса. Зависимость среднегодовой скорости, полученной по экспериментальным данным, от угла элонгации приведена на рис. 1 (сплошная кривая). В связи с отсутствием надежных результатов для больших углов элонгации экспериментальная зависимость при $\epsilon \leq 120^\circ$ была экстраполирована на интервал изменения $120^\circ < \epsilon < 180^\circ$ (продолжение сплошной кривой пунктиром). На этом же рисунке показана теоретическая зависимость геоцентрической скорости метеора от угла элонгации радианта от апекса (штрихпунктирная кривая), вычисленная по формуле (1) при гелиоцентрической скорости, равной 36 км/сек. Сравнение экспериментальной и теоретической зависимостей показывает, что при $\epsilon < 90^\circ$ экспериментальная кривая идет несколько ниже теоретической, а при $\epsilon > 90^\circ$ — несколько выше. По-видимому, это объясняется преобладающим влиянием метеоров с различными гелиоцентрическими скоростями. При $\epsilon > 90^\circ$ в атмосферу Земли входят в основном метеорные частицы, имеющие гелиоцентрические скорости больше 36 км/сек.

Значительный интерес представляет также исследование сезонного изменения распределений метеоров по геоцентрическим скоростям для данного угла элонгации радианта от апекса. Для этой цели были отобраны такие углы элонгации и месяцы года, когда имеется достаточно данных для построения статистически надежных распределений в каждом месяце. Это оказалось возможным в марте — октябре при $\epsilon = 0-70^\circ$. Были вычислены относительные отклонения среднемесячной скорости от среднегодовой для каждого из семи углов элонгации радианта от апекса по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{\bar{V}_n - \bar{V}}{\bar{V}} \cdot 100\%,$$

где \bar{V} — среднегодовая скорость метеора для данного угла элонгации;

\bar{V}_n — среднемесячная скорость метеора в n месяце для того же угла элонгации.

Результаты вычислений приведены в табл. 2. Анализ данных этой таблицы показывает, что сезонный ход относительного отклонения среднемесячной скорости от среднегодовой повторяется при переходе от одного угла элонгации к другому. На основании этого было определено средневзвешенное отклонение Δ_{cp} скорости метеоров в каждом месяце от годовой по всем углам элонгации радианта от апекса. Сезонный ход средневзвешенного отклонения приведен на рис. 2. Можно отметить, что в апреле — июле среднемесячная скорость оказывается ниже среднегодовой, в остальные месяцы — выше. Относительное отклонение среднемесячной скорости от среднегодовой при усреднении по всем углам элонгации не превышает 7%. Сезонный ход среднемесячной скорости объясняется различием в распределениях метеоров по гелиоцентрическим скоростям по небесной сфере. При орбитальном движении Земли участок небесной сферы, который посылает метеорное вещество на нашу планету, изменяется.

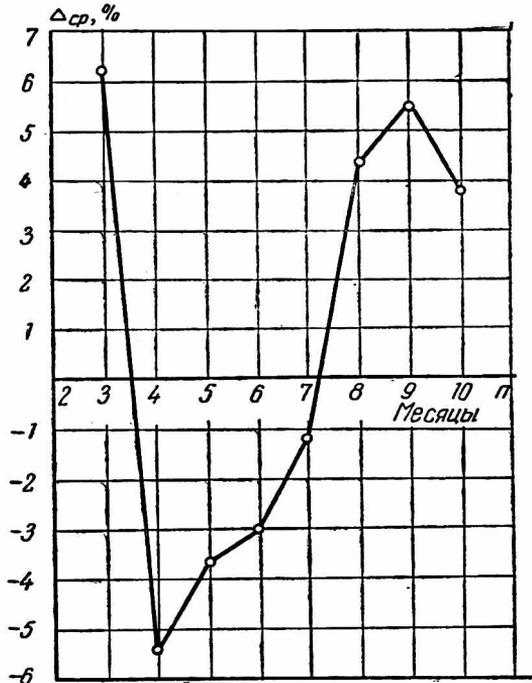


Рис. 2. Сезонный ход средневзвешенного относительного отклонения скорости метеора в каждом месяце от среднегодовой.

Таблица 2

$\epsilon^\circ \backslash n$	3	4	5	6	7	8	9	10
0—10	8,8	-3,8	1,8	-17,8	-4,5	1,6	2,2	1,6
10—20	5,2	-7,2	-5,0	-6,7	-1,0	2,3	6,2	4,0
20—30	6,0	-10,1	1,7	-6,0	-3,9	2,1	2,6	3,1
30—40	5,5	-7,5	-1,0	1,9	0,2	3,6	3,4	2,8
40—50	8,6	-4,9	-5,1	-5,5	0	4,4	10,0	6,4
50—60	3,6	-3,1	-6,6	-1,8	-0,8	10,7	7,9	8,2
60—70	8,0	-4,9	-7,7	-5,3	-1,2	12,4	7,1	4,6
Δ_{cp}	6,2	-5,4	-3,7	-3,1	-1,2	4,4	5,5	3,8

Кривая рис. 2 позволяет также предположить наличие периодичности изменения среднемесячной скорости метеоров в течение года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Л. К а щ е е в, В. Н. Л е б е д и н е ц, М. Ф. Л а г у т и н. Метеорные явления в атмосфере Земли. Изд-во «Наука», 1967.
2. Н. С. А н д р и а н о в. Измерение индивидуальных радиантов и скоростей метеоров по наклонным радиоотражениям. Автореф. канд. дисс., Казань, 1968.