

Б. Ю. ЛЕВИН

## ЧИСЛЕННОСТЬ МЕТЕОРОВ ПОТОКА И ПЛОТНОСТЬ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ В РОЕ

(Представлено академиком О. Ю. Шмидтом 7 IV 1953)

1. Численность метеоров какого-либо метеорного потока обычно характеризуется так называемым часовым числом метеоров, т. е. числом метеоров, замечаемых невооруженным глазом одним наблюдателем за 1 час. Эта величина несколько неопределенна и зависит от ряда факторов, обычно не учитываемых.

Во-первых, часовое число зависит от предельной звездной величины регистрируемых метеоров, которая определяется зоркостью наблюдателя, прозрачностью атмосферы, яркостью фона неба. При функции светимости метеоров вида

$$A(m) = A(0) \cdot 10^{0,4xm} = A(0) x^m \quad (1)$$

изменение предела регистрации хотя бы на  $1/2$  звездной величины вызывает существенные изменения численности, поскольку  $x \approx 2-4$  (1). При средних коэффициентах замечаемости слабых метеоров, когда наблюдателем замечается  $9/10$  метеоров 3 зв. вел.,  $1/2$  метеоров 4 зв. вел.,  $1/12$  метеоров 5 зв. вел., получаемые часовые числа эквивалентны полной регистрации всех метеоров до 4,3 зв. вел. (точнее, до 4,26 при  $x = 2,5$  и до 4,39 при  $x = 4$ ).

Во-вторых, часовое число зависит от размеров наблюдаемого участка неба. В среднем наблюдатель охватывает взором область поперечником около  $60^\circ$ .

В-третьих, часовое число зависит от зенитного расстояния наблюдаемого участка неба. При пологой функции светимости метеоров ( $x < 3$ ) видимая плотность метеоров на небе возрастает с удалением от зенита и на высоте  $10-20^\circ$  над горизонтом может в несколько раз превосходить плотность у зенита. При  $x > 4$  видимая плотность заметно убывает к горизонту. Выше  $30^\circ$  над горизонтом ошибки от изменений видимой плотности меньше, чем ошибки от других причин, и потому в первом приближении можно считать, что часовое число характеризует видимую плотность метеоров вблизи зенита.

В-четвертых, часовое число зависит от зенитного расстояния радианта  $z$ . Плотность потока метеорных тел пропорциональна  $\cos z$ , но плотность потока метеоров, вследствие зависимости силы света метеоров от  $z$ , изменяется пропорционально  $(\cos z)^{1+x}$ . Однако удлинение видимого пути метеоров при увеличении  $z$  вызывает увеличение эффективного поля зрения наблюдателя, и потому при наблюдениях, проводимых без строгого ограничения участка неба, зависимость часовых чисел от зенитного расстояния радианта, по видимому, близка к  $\cos z$ .

При рациональной организации и обработке наблюдений влияние перечисленных факторов может быть учтено с достаточной точностью.

Часовое число метеоров, отнесенное к нормальным условиям наблюдения и к случаю радианта в зените, дает в специальной системе единиц плотность потока метеоров ярче 4,3 зв. вел. Поле зрения диаметром в  $60^\circ$  с центром в зените охватывает на высоте 80 км площадь приблизительно в  $5000 \text{ км}^2$ . Для того чтобы перевести часовые числа в плотность потока метеоров на  $1 \text{ км}^2$  в 1 сек., их надо делить на  $3600 \cdot 5000 = 1,8 \cdot 10^7$ .

2. Принято считать, что визуальные оценки звездной величины метеора характеризуют его максимальную силу света  $I$ . В первом приближении (при  $v > 20 \text{ км/сек}$ ) можно считать, что доля мощности, переходящая в излучение, и световая отдача этого излучения не зависят от массы и скорости метеорного тела. В таком случае

$$I \sim Mv^3, \quad (2)$$

где  $M$  и  $v$  — начальные масса и скорость метеорного тела при его вступлении в атмосферу. Немногочисленные фотографические наблюдения указывают на то, что в действительности показатель степени у  $v$ , быть может, еще больше.

Из формулы (2) следует, что у двух метеорных роев, имеющих скорости вступления в атмосферу  $v_1$  и  $v_2$ , массы  $M_1$  и  $M_2$  метеорных тел, дающих метеоры одинаковой звездной величины, т. е. одинаковой силы света, связаны соотношением

$$M_1 v_1^3 = M_2 v_2^3.$$

При функции светимости вида (1) распределение метеорных тел по массе подчиняется степенному закону вида  $\frac{1}{M^{1+\chi}}$ , а плотность метеорных тел массивнее  $M$  есть  $D(M) \sim \frac{1}{M^\chi}$ . Следовательно, у двух идентичных роев отношение плотностей метеорных тел, способных дать метеоры ярче  $m$ -й зв. вел., есть

$$\frac{D(M_1)}{D(M_2)} = \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^\chi = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{3\chi}. \quad (3)$$

При параболической гелиоцентрической скорости для встречных и догоняющих роев получается

$$\frac{D(M_1)}{D(M_2)} = \left(\frac{72,8}{16,6}\right)^{3\chi} = (4,39)^{3\chi}.$$

При  $\chi = 0,75$  ( $\kappa = 2$ ) это отношение равно 28, а при  $\chi = 1,5$  ( $\kappa = 4$ ) оно равно 780. Зависимость силы света метеоров от их скорости приводит к различию в десятки и сотни раз в регистрируемой плотности встречных и догоняющих метеорных роев.

3. Еще большими получаются различия в наблюдаемой численности метеоров (при одинаковых  $D(M)$  в сравниваемых роях) из-за различий в скорости „выметания“ роя Землей.

Плотность потока метеоров ярче  $m$ -й зв. вел., которую обозначим через  $N(m)$ , равна плотности потока метеорных тел массивнее соответствующего значения  $M$ , которую мы обозначим через  $\nu(M)$ . В то же время  $\nu(M)$  связано с  $D(M)$ :

$$N(m) = \nu(M) = a(v_g) v_g D(M), \quad (4)$$

где  $a(v_g) = 1 + \frac{gR}{v_g^2}$  — коэффициент, учитывающий изменение плотно-

сти потока метеорных тел вследствие притяжения Земли ( $R = 6370 + H \approx 6470$  км — радиус слоя, в котором наблюдаются метеоры,  $g$  — ускорение силы тяжести в этом слое). Таким образом, при двух роях с одинаковым  $D(M)$ , но разными геоцентрическими скоростями  $v_{g1}$  и  $v_{g2}$  будем иметь:

$$\frac{N_1(m)}{N_2(m)} = \frac{v(M_1, v_1)}{v(M_2, v_2)} = \frac{a(v_{g1}) v_{g1} D(M_1)}{a(v_{g2}) v_{g2} D(M_2)} = \frac{a(v_{g1}) v_{g1} \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{3\chi}}{a(v_{g2}) v_{g2}} \quad (5)$$

Для встречных и догоняющих метеорных роев это отношение равно 120 при  $\chi = 0,75$  и равно 3300 при  $\chi = 1,5$ . Отсюда ясно, что наблюдаемая численность метеоров потоков ни в какой мере не характеризует плотности метеорных тел в роях, порождающих эти потоки.

4. Для того чтобы исключить влияние скорости на предельную массу регистрируемых метеоров и получить сравнимые данные о плотности различных метеорных роев, необходимо рассматривать  $D(M^*)$  — плотность метеорных тел, превосходящих одну и ту же предельную массу  $M^*$ . Выберем в качестве „стандартной“ скорости вступления метеорных тел в атмосферу  $v = \sqrt{2} V_0 = 42,1$  км/сек, что близко к среднему для наблюдаемых метеоров. Как было указано в п. 1, часовые числа метеоров эквивалентны полной регистрации метеоров до  $m = 4,3$  зв. вел. При  $v = 42,1$  км/сек этому пределу соответствует, по разным оценкам,  $M^* \approx 10^{-2} - 10^{-3}$  г.

Согласно (3) и (4)

$$D(M^*) = \left(\frac{42,1}{v}\right)^{3\chi} D(M) = \left(\frac{42,1}{v}\right)^{3\chi} \frac{N(m)}{a(v_g) v_g} = \frac{v(M^*)}{a(v_g) v_g} \quad (6)$$

Величина  $v(M^*)$  есть плотность потока метеорных тел массивнее  $M^*$ . Если пользоваться теми же единицами площади и времени, в которых выражаются часовые числа метеоров (5000 км<sup>2</sup> и 1 час), то  $v(M^*)$  удобно называть часовым числом метеорных тел или редуцированным часовым числом.

Т а б л и ц а 4

Поток	Часовое число	Редуцированное часовое число	$D(M^*)$ , км <sup>-2</sup>
Геминиды . . . . .	60	115	$220 \cdot 10^{-9}$
Персеиды . . . . .	55	18	16
Квадрантиды . . . . .	40	32	38
$\eta$ -Аквариды . . . . .	36	10	9
Ориониды . . . . .	10	1	1
Лириды . . . . .	10	6	7
Леониды . . . . .	8	2	1
Тауриды . . . . .	6	19	37
Андромедиды 1940 г. . . . .	2	32	$90 \cdot 10^{-9}$
Леониды 1866 г. Андромедиды 1872 и 1885 гг. . . . .	6000 (2)	1200	$0,6 \cdot 10^{-6}$
Дракониды 1933 г. " 1946 г. . . . .	15000 * 30000 *	84000 170000	1300 $2600 \cdot 10^{-6}$

\* По Н. Н. Сытинской.

В табл. 1 приведены для ряда метеорных потоков редуцированные часовые числа и плотности метеорных тел в их роях. Для Андромедид 1940 г. принято  $\chi = 1,25$ , а для остальных потоков значения  $\chi$  взяты из таблицы, опубликованной в (1). Редуцированные часовые числа дают картину, резко отличную от наблюдаемой. Среди активных метеорных потоков наибольшей плотностью роя обладают Геминиды, у которых одно метеорное тело массивнее  $M^*$  приходится на  $4^{1/2}$  млн. км<sup>3</sup> (одно тело в кубе с ребром в 160 км). Наименьшей плотностью роя обладают Ориониды и Леониды — одно тело на  $10^9$  км<sup>3</sup>, т. е. на куб с ребром в 1000 км. Рой Персеид прослеживается в начале и конце видимости потока до  $D(M^*)$  порядка  $10^{-10}$  км<sup>-3</sup>.

В последних строках табл. 1 приведены данные о плотности роев, давших метеорные дожди. Для этих роев принято  $\chi = 1$ . Особенно велика плотность роя Драконида, которая в сотни тысяч раз больше плотности роев большинства ежегодных активных потоков.

5. Аналогичная обработка наблюдений слабых и нерегулярных потоков показывает, что многие из них обладают большей плотностью метеорных тел в рое, чем так называемые активные потоки. Для изучения совокупности метеорных роев, пересекающих орбиту Земли, необходимо рассматривать не видимые характеристики метеоров, а истинные характеристики метеорных тел и их роев. Для этого необходима соответствующая организация метеорных наблюдений и их обработки.

Геофизический институт  
Академии наук СССР

Поступило  
23 III 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Б. Ю. Левин, ДАН, 90, № 4 (1953). <sup>2</sup> В. А. Мальцев, Русский астрономический календарь на 1932 г., 1931, стр. 208—241. <sup>3</sup> Ф. Ватсон, Между планетами, 1948.