



ISSN 1607–2855

Том 5 · № 1–2 · 2004 С. 169–170

УДК 523:44–52

Статистические распределения орбитальных элементов межзвездных метеоров

А.К. Маркина, Л.Я. Скобликова

Астрономическая обсерватория Одесского национального университета

Подтверждается предположение о межзвездном происхождении явно выраженных гиперболических метеоров.

СТАТИСТИЧНІ РОЗПОДІЛИ ОРБИТАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МІЖЗОРЯНИХ МЕТЕОРИВ, Маркіна А.К., Скобликова Л.Я. — Підтверджується припущення про міжзоряне походження явно виражених гіперболических метеорів.

STATISTICAL DISTRIBUTIONS OF ORBITAL ELEMENTS OF INTERSTELLAR METEORS, by Markina A.K., Scoblikova L.Ya. — The suggestion on the interstellar origin of the definitely hyperbolic meteors is justified.

Проблема гиперболических метеоров состоит в установлении их достоверности и поиска природы их происхождения. Е.Н.Крамер в работах [2] и [3] на основании анализа элементов орбит более 700 гиперболических метеоров из каталога транспланетных радиантов [4], отобранных из 25 тыс. метеорных орбит, пятую часть которых составляют фотографические и телевизионные наблюдения, полагает, что реально существуют метеороиды, гелиоцентрическая скорость которых на расстоянии 1 а.е. на 5–10 км/с и более превышает параболическую (E_x). Более 20% их проникает в Солнечную систему по явно гиперболическим орбитам из межзвездного пространства. Происходящие внутри Солнечной системы процессы могут быть источниками гиперболических метеоров, для них $E_x < 5$ км/с, и их трудно выделить из погрешностей обработки.

Для гиперболических орбит, у которых $E_x > 5$ км/с, определялись наблюдаемые статистические распределения орбитальных элементов и вычисленные распределения с учетом их космического веса (CW), который пропорциональный обратной величине полной вероятности проникновения межзвездной метеорной частицы в атмосферу Земли: $CW = P_{hh}^{-1}$. Для ее определения Е.Н.Крамер предложил формулу, которая, в отличие от формулы Эпика, учитывает гиперболичность орбиты: $P_{hh} = P_h \cdot Q_h$, где P_h — вероятность попадания метеорной частицы, движущейся на гиперболической орбите, в земной шар:

$$P_h = \frac{R^2}{\pi \sin i} \left[\frac{3 + \frac{1}{|a|} - 2\sqrt{p} \cos i}{2 + \frac{1}{|a|} - p} \right]^{1/2},$$

Q_h — вероятность необходимого сближения орбит тела и Земли:

$$Q_h = \frac{0.0054p}{\sqrt{e^2 - (p-1)^2}}.$$

Здесь $p = |a|(e^2 - 1)$, $R = 4.3 \cdot 10^{-5}$ а.е. Уравнения для P_h и Q_h верны только для $q < 0.98$ а.е. и $i > 2^\circ$.

В орбитальные элементы гиперболических метеоров были включены: наклонение межзвездной траектории i , которая совпадает с наклоном орбиты метеора, перигелийное расстояние $q = |a|(e - 1)$, большая полуось a , эксцентриситет e , угол между асимптотой гиперболы и осью абсцисс $f = 180^\circ - \arccos(-1/e)$, скорость на расстоянии r , которое стремится к бесконечности, V_0

(межзвездная скорость) и гелиоцентрическая скорость $V_h = 29.76\sqrt{2} + E_x$.

Распределения гиперболических метеоров по наклонению орбиты к эклиптике минимальные при $i \approx 90^\circ$, что можно объяснить вероятностью встречи межзвездной метеорной частицы с планетами, они имеют симметричный характер, т.е. гиперболические метеоры обладают прямым и обратным движением, а это может быть подтверждением их межзвездного происхождения.

Максимум обоих распределений межзвездных скоростей гиперболических метеоров V_0 приходится на интервал скоростей 25–30 км/с. Исходя из необходимого условия встречи Земли с гиперболическими метеорами ($q \leq 1.016$ а.е.), можно получить неравенство для эксцентриситета гиперболической орбиты $e \leq V_0^2/872$, согласно которому максимум распределения для e должен находиться в интервале $e = 1.7 - 2.0$. Это подтверждают распределения по e , из которого видно, что максимум наблюдаемого распределения (45%) соответствует $e = 1.5 - 2.0$, а вычисленного (70%) — $e = 1.0 - 1.5$.

Значения больших полуосей a по абсолютной величине изменяются от 0 до 1.8 а.е. В наблюдаемом распределении нет четко выраженного максимума, в интервале $|a| = 0.6 - 1.4$ а.е. оно мало отличается от равномерного. Для распределения, вычисленного с учетом космического веса, наблюдается небольшой пик при $|a| = 0.6 - 0.8$ а.е.

Угол между асимптотой гиперболы и осью абсцисс f зависит от эксцентриситета гиперболы. Максимуму распределения числа гиперболических метеоров по e соответствует максимум наблюдаемого распределения при $f = 50 - 60^\circ$. Максимум вычисленного распределения немного сдвинут и находится в интервале $f = 40 - 50^\circ$.

Максимумы обоих распределений (около 75%) гелиоцентрической скорости V_h почти совпадают и находятся в интервале $V_h = 47 - 55^\circ$. Также видно, что наблюдались метеоры с гелиоцентрической скоростью 85 км/с и даже 105 км/с.

В отличие от распределений всех предыдущих орбитальных элементов, для которых наблюдаемые и вычисленные с учетом космического веса распределения согласуются между собой, для перигелийного расстояния q они имеют противоположный характер. Максимум наблюдаемого распределения находится при $q \approx 1$ а.е., вычисленного — при $q = 0.1$ а.е. Согласно оценкам авторов работы [1], межзвездные метеоры должны иметь распределение по q также противоположное наблюдаемому. Одной из причин максимального количества гиперболических метеоров с $q \approx 1$ а.е. может быть избирательный эффект условий и методов наблюдений. Так, например, среднегодовое распределение слабых радиометеоров по q , характеризующее в основном спорадические метеоры, имеет максимум в интервале $q = 0.9 - 1.0$ а.е, который при учете факторов замечаемости исчезает [5].

Таким образом, исследованные распределения орбитальных элементов явно выраженных гиперболических метеоров не противоречат предположению о межзвездной природе их происхождения.

1. Казанцев А.М., Шербаум Л.М. Поиск механизма происхождения ярко выраженных гиперболических орбит метеоров // Астрон. вестн. — 1990. — **24**, № 1. — С. 72–77.
2. Крамер Е.Н., Маркина А.К. Метеорные частицы с гиперболическими орбитами // Астрон. вестн. — 1997. — **31**, № 3. — С. 271–277.
3. Крамер Е.Н., Маркина А.К., Скобликова Л.Я. Статистические распределения межзвездной метеорной материи и вероятность столкновения с Землей // Астрон. вестн. — 1998. — **32**, № 3. — С. 277–283.
4. Орбиты метеоров по фотографическим наблюдениям 1957–1983 // Каталог МЦД Б.М. — 1986. — 185 с.
5. Результаты радиолокационных наблюдений слабых радиометеоров. Каталог орбит метеоров до $+12^m$. МЦД Б.М. — 1980. — 232 с.

Поступила в редакцию 9.09.2004