

УДК 521.75

АСТРОНОМИЯ

Член-корреспондент АН СССР В. В. ФЕДЫНСКИЙ, Ю. И. ВОЛОЩУК,  
Б. Л. КАЩЕЕВ, И. В. НОВОСЕЛОВА, А. А. ТКАЧУК

### ПАРАМЕТРЫ ОРБИТ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ ПО РАДИОЛОКАЦИОННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ

Метеорную обстановку в открытом космическом пространстве или вблизи других планет Солнечной системы изучают на основании информации о параметрах орбит метеорных тел различных масс. Радиолокационный метод исследования метеоров позволяет регистрировать орбиты метеорных тел в широком диапазоне масс и изучать статистические закономерности их параметров. Результаты радиолокационных наблюдений нужно исправлять за селективность метода; в настоящее время это исправление осуществляется введением геометрического и физического фактора замечаемости метеоров. Функции распределения метеорных орбит по их параметрам следует исправить за условия регистрации, зависящие от широты места и времени наблюдений, положения и величины поля регистрации системы. Вви-

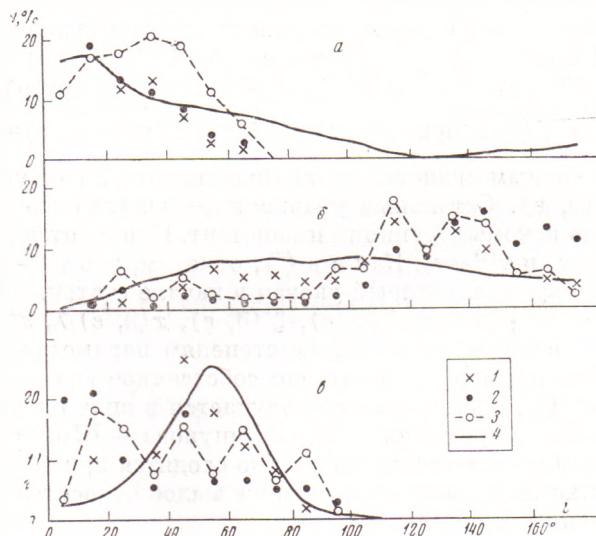


Рис. 1. Распределение наклона  $i$  орбит метеорных тел в январе 1973 г. 1 — наблюдаемое, 2 — исправленное за счет селективности радиолокационного метода, 3 — с учетом астрономического веса, 4 — теоретическое.  
а — 2-44°; б — 8-10°; в — 14-16°

ду особых трудностей перехода от наблюдаемых распределений параметров орбит к истинным, связанных с решением интегральных уравнений с неизвестным ядром, целесообразно решать задачу методом математического моделирования с перебором начальных (исходных) распределений. Данное положение иллюстрируется частным примером распределения гелиоцентрической скорости  $v_h$ , обратно пропорциональной большой полуоси орбиты  $a$ , и наклона орбиты к плоскости эклиптики для 15 января и простейшей мо-

дели изотропного распределения векторов гелиоцентрической скорости в пространстве. Результаты моделирования сравниваются с экспериментальными данными, полученными в Харькове.

В результате наблюдений  $\sim 4 \cdot 10^4$  метеоров до  $12''$  (масса  $10^{-6}$  г) в 1968 г. получены малые наклоны орбит мелких метеорных тел к плоскости эклиптики (<sup>1</sup>). Однако эти измерения были сделаны в основном в ночное время, так как высокий уровень помех на частоте 22–23 МГц существенно уменьшал эффективную чувствительность аппаратуры, а следовательно, и численность наблюдавшихся метеоров в дневное время.

Переход в 1971 г. на частоту 31 МГц и создание автоматизированной системы обработки метеорной информации (<sup>2</sup>) позволили оперативно и систематически получать надежные данные о параметрах орбит метеорных тел в различное время суток. Как показали измерения, все параметры орбит метеорных тел имеют ярко выраженные суточные вариации. На рис. 1–4 показаны для примера распределения наклона  $i$ , гелиоцентрической скорости  $v_h$  ( $v_h \sim 1/a$ ), эксцентриситета  $e$ , расстояния  $q$  в перигелии орбит метеоров по наблюдениям в январе 1973 г. для трех интервалов суток: 2–4<sup>h</sup>, 8–10<sup>h</sup> и 14–16<sup>h</sup>. Для получения распределений в 1-м и 3-м интервалах объединены 10 суток наблюдений (получено 73 и 89 регистраций метеоров соответственно), а в интервале 8–10<sup>h</sup> объединено двое суток наблюдений (180 метеорных регистраций).

Следуя методике, изложенной в (<sup>3</sup>), наблюдения были исправлены с учетом геометрического и физического факторов замечаемости; при этом введение физического фактора эквивалентно приведению наблюдений к одному и той же эффективной предельной регистрируемой массе, а введение геометрического фактора равнозначно приведению к одной и той же эффективной собирающей поверхности при круглосуточных наблюдениях. Однако это не привело к существенному изменению суточной вариации орбитальных параметров, так же как и введение астрономического веса по Эпику (<sup>4</sup>).

Результаты измерений, частично приведенные на рис. 1–4, показывают, что распределения орбит метеоров по их параметрам существенно зависят от времени наблюдения. Ночью максимумы распределений  $v_h$  и  $e$  четко выражены и находятся в области больших значений, а максимумы распределений  $i$  и  $q$ , напротив, расположены вблизи начала отсчета. В утренние и дневные часы распределения всех параметров становятся более равномерными, причем весьма значителен в это время процент почти круговых орбит с наклоном  $i \sim 90^\circ$ .

Для выяснения вопроса о причинах вариаций параметров орбит в течение суток для Харьковской аппаратуры были рассчитаны ожидаемые распределения наклона  $i$ , а также гелиоцентрической скорости  $v_h$  в различное время суток. При этом исходное распределение гелиоцентрической скоро-

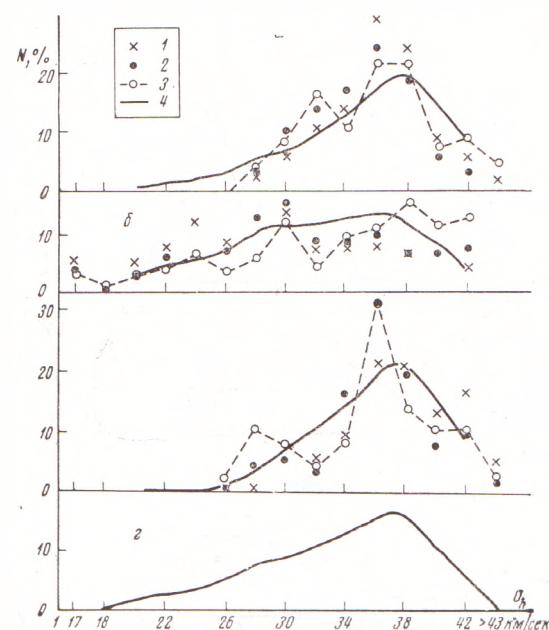


Рис. 2. Распределение гелиоцентрической скорости  $v_h$  метеорных тел. На рис. 2–4 обозначения те же, что и на рис. 1

сти  $v_h$  метеорных тел предполагалось равным среднегодовому распределению  $v_h$ , полученному в 1968 г. по измерениям на этом же самом комплексе аппаратуры (рис. 2 $\sigma$ ), а распределение их направлений, т. е. размещение радиантов метеоров на небесной сфере относительно Солнца, принято изотропным. Такое упрощенное предположение, естественно, отличающееся от истинного распределения указанных параметров, позволяет оценить порядок изменения исходных параметров метеоров в различных условиях наблюдения. Для упрощения расчета никаких добавочных предположений

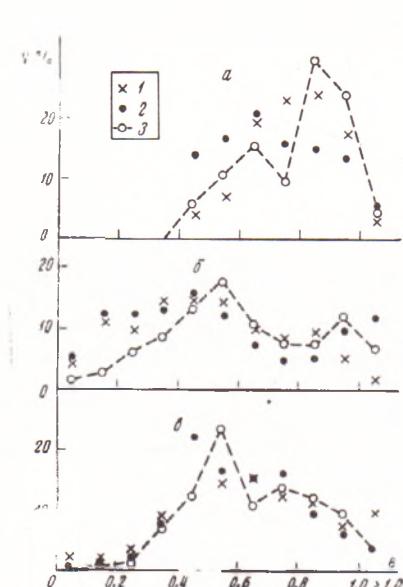


Рис. 3. Наблюдаемое распределение эксцентриситета  $e$  орбит метеорных тел

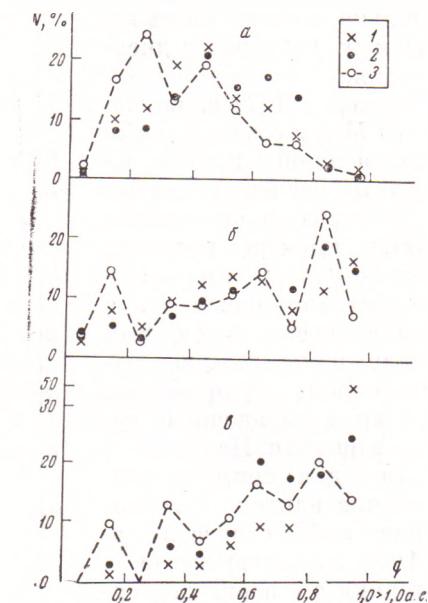


Рис. 4. Наблюдаемое распределение перигелийного расстояния  $q$  орбит метеорных тел

о распределении эксцентриситета и перигелийного расстояния орбит метеоров не делалось. При расчете наблюдаемой скорости учитывалось зенитное притяжение до высоты 100 км, торможение метеорных тел во внимание не принималось. Геоцентрические координаты радианта метеора пересчитывались в горизонтальную систему ( $A, z$ ) для фиксированного момента  $T$ ; для радианта метеора, попавшего в «зону видимости» регистрирующей системы, определялась вероятность наблюдения как произведение физического и геометрического коэффициентов, зависящих от зенитного угла, азимута и наблюдаемой скорости метеора (<sup>5</sup>). Интегрирование по небесной сфере велось с шагом  $2^\circ$ , по скорости  $v_h$  — с шагом 2 км/сек.

Сделанные расчеты показали, что в рамках указанной модели 15 января метеорные тела на орbitах с  $i \sim 90^\circ$  вообще не могут наблюдаться в ночные часы. Наилучшие условия для наблюдения метеоров с такими наклонами появляются днем. Метеорные тела с обратным движением в Солнечной системе и с малой гелиоцентрической скоростью также лучше всего наблюдаются в 6—12<sup>h</sup>. Результаты расчета для 15 января в соответствующие интервалы времени приведены на рис. 1 и 2 сплошной линией. На этих рисунках хорошо виден суточный ход расчетного распределения параметров, в общих чертах совпадающий с экспериментальным ходом распределений этих величин.

Авторами было проведено моделирование для 15 ноября. Интересно отметить, что при этом опять-таки наблюдалось качественное соответствие

между расчетными и экспериментальными результатами. Этот факт, по нашему мнению, свидетельствует о том, что наблюдаемые суточные вариации распределений  $i$  и  $v_h$  в значительной мере обусловлены изменением условий видимости радиантов, которые не учитываются в настоящее время обще принятой методикой исправления за наблюдательную селективность. Поскольку наблюдаемая область радиантов зависит от широты места, времени наблюдения и величины поля зрения системы регистрации, то распределение параметров орбит наблюдаемых метеоров, в частности  $i$  и  $a$ , будут зависеть от всех этих величин. Поэтому при сравнении результатов различных исследований целесообразно проводить испытания на соответствие или несоответствие выбранной модели распределения, что может быть сделано только при круглосуточных измерениях.

Харьковский институт  
радиоэлектроники

Поступило  
29 XI 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Б. Л. Кащеев, Н. В. Новоселова, А. А. Ткачук, Астрон. вестн., т. 4, 248 (1970).
- <sup>2</sup> А. А. Дьяков, Исследование потока информации и вопросы автоматизации его обработки в метеорной радиолокации. Автореф. кандидатской диссертации, Харьков, 1972.
- <sup>3</sup> Б. Л. Кащеев, В. Н. Лебединец, М. Ф. Лагутин, Метеорные явления в атмосфере Земли, «Наука», 1967.
- <sup>4</sup> Е. И. Орлик, Proc. Roy. Irish. Acad., v. A54, № 12, 165 (1951).
- <sup>5</sup> Ю. И. Волошук, Б. Л. Кащеев и др., Астрон. вестн., т. 8, № 1 (1974).