



ISSN 1607–2855

Том 5 · № 1–2 · 2004 С. 185–188

УДК 523.6

Модели SOHO комет с орбитами близкими к параболическим

Э.М. Питтих¹, Н.А. Соловая^{1,2}¹Астрономический Институт Словацкой Академии Наук, Братислава, Словацкая республика²Государственный Астрономический Институт им. П.К.Штернберга, Московский Университет

Представлены результаты исследования динамического поведения известных комет SOHO в предположении, что их орбиты близки к параболическим. Их параболические орбиты, полученные из данных коронографов, покрывающих короткий промежуток времени при прохождении вблизи перигелия, определены не точно. Поэтому мы сделали предположение, что их эксцентриситеты близки к 1. Численное интегрирование модельных SOHO комет с почти параболическими орбитами на интервале 200 000 лет показывает периодические изменения их эксцентриситетов, наклонностей и перигелийных расстояний. При прохождении вблизи внутренних планет они испытывают большие возмущения. Но если они не упадут на Солнце, они возвращаются в Солнечную систему и некоторые из них периодически заходят в окрестность внутренних планет.

МОДЕЛІ SOHO КОМЕТ З ОРБІТАМИ БЛИЗЬКИМИ ДО ПАРАБОЛІЧНИХ, Pittich E.M., Соловая Н.А. — Представлено результати дослідження динамічної поведінки відомих комет SOHO у припущенні, що їхні орбіти близькі до параболических. Їхні параболическі орбіти, отримані за даними коронографів, що покривають короткий проміжок часу при проходженні поблизу перигелію, визначені не точно. Тому ми зробили припущення, що їхні эксцентриситети близькі до 1. Чисельне інтегрування модельних SOHO комет з майже параболическими орбітами на інтервалі 200 000 років показує періодичні зміни їхніх эксцентриситетів, нахилів і перигелійних відстаней. При проходженні поблизу внутрішніх планет вони зазнають великих збурювань. Але, якщо вони не впадуть на Сонце, вони повертаються в Сонячну систему і деякі з них періодично заходять в околицю внутрішніх планет.

MODELS OF SOHO COMETS WITH NEAR-PARABOLIC ORBITS, by Pittich E.M., Solovaya N.A. — The paper presents the results of investigation of dynamical behaviour of known SOHO comets, assuming their orbits to be near-parabolic. Their parabolic orbits derived from the coronagraphs data covering short near perihelion part of the orbits are not precisely determined and it is possible to make assumption about their near parabolic eccentricities. Sungrazing comets discovered from the Earth with better determined orbits support this idea, too. The long-term numerical integrations of the model SOHO comets with the near parabolic eccentricities show periodical changes of their eccentricities, inclinations and perihelion distances. Majority of their revolution around the Sun pass within the space behind the Mars orbit. Some of these bodies come periodically to the vicinity of the inner planets.

Статья представляет исследование динамического поведения известных SOHO комет в предположении, что их орбиты близки к параболическим. Эти малые тела были обнаружены коронографами солнечной космической обсерватории SOHO (Solar and Heliospheric Observatory). Они возвращаются по прямым и обратным орбитам и принадлежат к санграйзерам.

SOHO кометы есть малые тела с радиусом ядра меньше, чем 1000 м. По оценкам [2] от 16 до 800 объектов с радиусом ядра от 250 м движутся по орбитам между гелиоцентрическими расстояниями 1 и 2 а.е. Из-за малых размеров они не наблюдаются с Земли. К середине 2002 года было известно более 500 комет [1,4]. Первая из них была обнаружена 27 января 1996 года (C/1996 B3).

В случае, когда санграйзеры больших размеров, чем SOHO кометы, и проходят вблизи Солнца или вблизи Земли, их можно наблюдать с поверхности Земли. Так было обнаружено 15 санграйзеров. Первый из них — комета года 371 до новой эры, первая известная комета группы Креутца. Она распалась на несколько частей, две из которых наблюдались — Большая сентябрьская комета C/1882 и комета Ikeya-Seki C/1965.

До выхода орбитальной станции SOHO, 10 санграйзеров обнаружил коронограф орбитальной станции SMM (Solar Maximum Mission) в 1987–1989 годы, и 6 санграйзеров обнаружил коронограф на спутнике P78–1 (SOLWIN) в 1979–1983 годы.

Орбиты SOHO комет, определенные по данным коронографов, покрывают короткий промежуток времени вблизи перигелийной части орбиты. Поэтому их орбитальные элементы были определены приблизительно. Их эксцентриситеты положили равными 1. Однако можно сделать предположение, что они близки к 1. Санграйзеровы кометы, обнаруженные с Земли с лучше определенными орбитами, подтверждают эту идею.

Орбиты санграйзеров отличаются от орбит других известных комет. Наклоны орбит SOHO комет группируются около 60° для прямых и около 145° для обратных орбит. При этом кометы, принадлежащие к группе с обратным движением, имеют очень подобные орбиты. Средние перигелийные расстояния, вычисленные из орбитальных данных, опубликованных [1,4] есть $q = 0.0055$ а.е.

Для решения вопроса могут ли SOHO кометы пересекать орбиту Земли или орбиты других внутренних планет, и возможны ли их сближения с планетами, мы исследовали орбитальную эволюцию модельных комет численным интегрированием.

Мы взяли кометы с обратным движением для разных эксцентриситетов близких к 1. Интегрирование было проведено со следующими начальными условиями: аргумент перигелия $\omega_0 = 80^\circ$, долгота восходящего узла $\Omega_0 = 0^\circ$, наклон орбиты $i_0 = 145^\circ$, перигелийное расстояние $q_0 = 0.0055$ а.е. Значение величин эксцентриситетов варьировалось от 0.99 до 0.9999999. Численное интегрирование дифференциальных уравнений было проведено на интервале 200 000 лет от начальной даты 25 марта 1991 года с использованием интегратора Эверхарта [3] и модели Солнечной системы, состоящей из 9 планет.

Поведение оскулирующих элементов аргумента перигелия ω , наклона i , эксцентриситета e , радиус-вектора в узлах r_n , перигелийного q и афелийного Q расстояний на интервале 20 000 лет для эксцентриситетов меньших или равных 0.9993 представлено на графиках. Поскольку периодичность элементов повторяется за этот промежуток времени, мы выбрали для показа на графиках этот интервал.

Для эксцентриситетов больших, чем 0.9993, орбиты комет есть долгопериодические. Кометы с такими орбитами достигают пояса Койпера и отдаленной части Солнечной системы с гелиоцентрическими расстояниями, зависящими от их эксцентриситетов. Такие кометы не приходят в окрестность земной орбиты.

Кометы с орбитами, у которых эксцентриситеты меньше или равны 0.9993, пересекают орбиты внутренних планет при их приближении к Солнцу. Оскулирующие элементы имеют большие долгопериодические возмущения с периодами от 5000 лет и больше.

Результаты показывают, что эволюция исследуемых орбит подобна эволюции астероидов с высокими наклонами [5]. Внутри исследуемого периода большие полуоси санграйзеров не имеют вековых возмущений.

Но эксцентриситеты и наклоны изменяются в больших пределах. Эксцентриситеты меняются от значений близких к единице до 0.2 и меньше. Наклон может уменьшаться от начальной величины 145° почти до 90° . Так как перигелийные и афелийные расстояния есть функции эксцентриситета, они меняются тоже в больших пределах. Перигелийные расстояния — от значений близких к нулю до 1.5 а.е., а афелийные — от 1.0 а.е. до 16.0 а.е.

Кометы, проходящие в окрестность Земли, могут быть кандидатами для столкновения с Землей, если не упадут на Солнце. Условия, которые приводят к столкновению или близким прохождением, определяются из уравнения задачи двух тел:

$$r = \frac{q(1+e)}{1+e \cos \nu},$$

где $\nu = -\omega$ для восходящего узла или $\nu = 180^\circ - \omega$ для нисходящего узла.

Случаи возможных близких прохождений исследуемых комет с Землей или с другими вну-

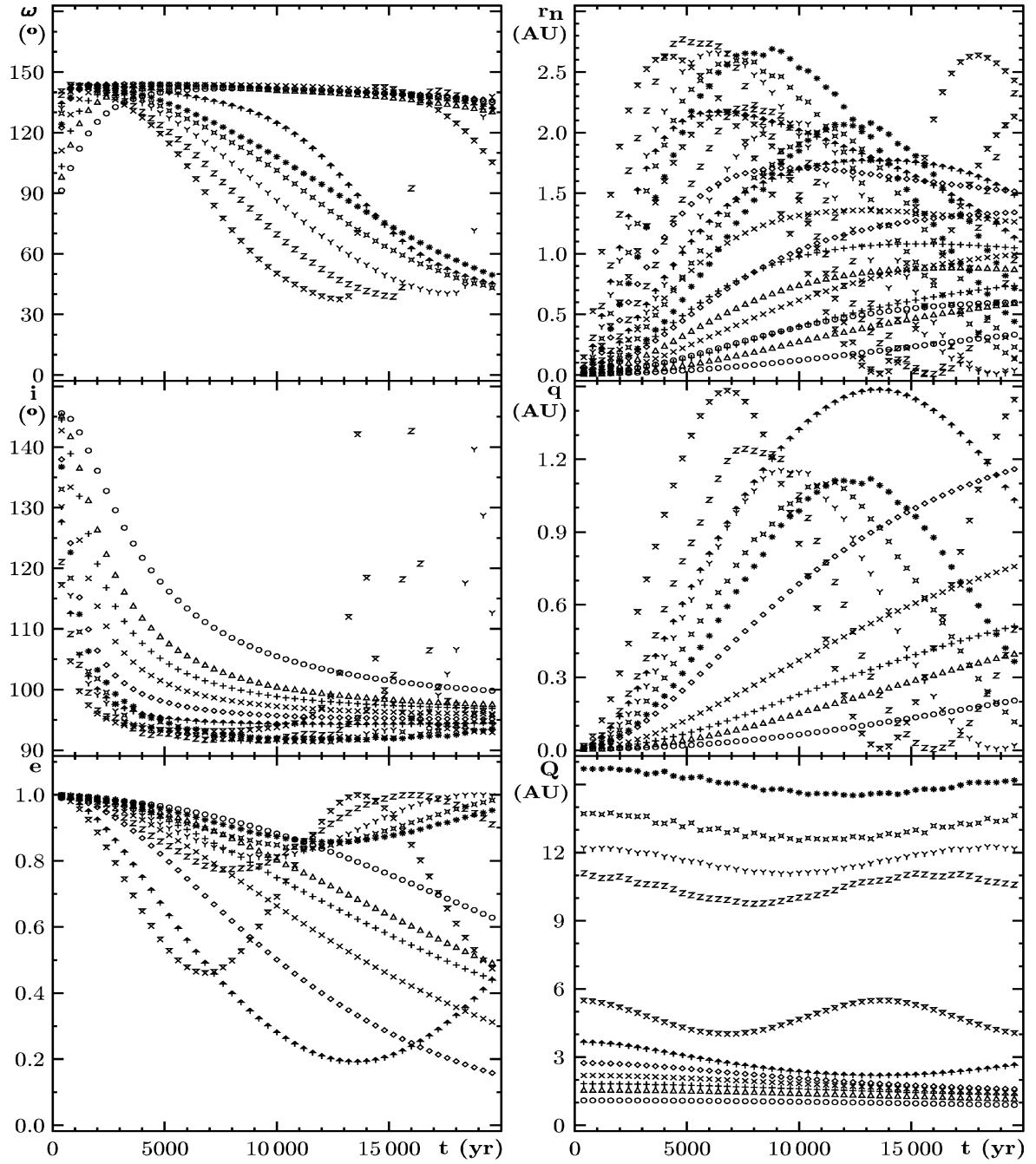


Рис. 1. Эволюция орбитальных элементов ω , i , e , q и радиус-вектора r_n в узлах модельных SOHO комет на интервале 20 000 лет с начальными значениями наклона $i=145^\circ$, перигелийного расстояния $q=0.055$ а.е., аргумента перигелия ω и эксцентриситета e для случаев:
 \circ — $e=0.9900$, \triangle — $e=0.9930$, $+$ — $e=0.9940$, \times — $e=0.9950$, \diamond — $e=0.9960$, \uparrow — $e=0.9970$, \times — $e=0.9980$, Z — $e=0.9990$, Y — $e=0.9991$, \square — $e=0.9992$, $*$ — $e=0.9993$

тренними планетами можно определить на графиках радиус-вектора r_n в узлах. Все изучаемые модельные кометы пересекают не только орбиту Земли, но и орбиты всех внутренних планет.

Узлы некоторых из этих комет на большом промежутке времени на каждом обороте находятся вблизи орбиты Земли. Например, узел кометы с эксцентриситетом 0.9940 на протяжении 10 000 лет. Период этой кометы в этом интервале 0.9 года. Ее орбита подобна орбитам астероидов группы Атон, но с обратным движением. При такой орбите в определенный момент времени комета подойдет близко к Земле или столкнется с ней.

Из полученных результатов видно, что часть SOHO комет при эксцентриситетах близких к 1 пересекает орбиту Земли. Некоторые из них могут попасть в ее окрестность. Это случится, когда Земля будет находиться вблизи одного из узлов кометы. То же самое можно сказать о возможности сближения этих комет с внутренними планетами.

Выводы:

1. Численное интегрирование модельных SOHO комет с почти параболическими орбитами на интервале 200 000 лет показывает периодические изменения их эксцентриситетов, наклонов и перигелийных расстояний.

2. При прохождении вблизи внутренних планет модельные SOHO кометы испытывают большие возмущения. Но если они не упадут на Солнце, они возвращаются в Солнечную систему и некоторые из них периодически заходят в окрестность внутренних планет.

Эта работа поддержана грантом Словацкой Академии Наук Grant VEGA 1005. Вычисления проводились на компьютере ORIGIN 2000 вычислительного центра Словацкой Академии наук.

1. *Biesecker D.* Pre-LASCO sungrazers — 2002.
<http://sungrazer.nascom.nasa.gov/>
2. *Brandt J., Randall C., Stewart I., A'Hearn M., Fernandez Y., Schleicher D.* The lost tribe of small comets // AAS. — 1997. — **191**. — P. 33.03.
3. *Everhart E.* An efficient integrator that used Gauss-Radau spacing // Dynamics of Comets: Their Origin and Evolution in. Proc. of IAU Coll. 83. — Roma, Italy, 1984. — Reidel, Dordrecht, 1985. — P. 185–202.
4. *Gregory S.E., Nyers D.C.* Pre-LASCO sungrazers. — 2002.
<http://sungrazer.nascom.nasa.gov/>
5. *Соловая Н.А., Питтих Э.М.* О возможных планетных сближениях с астероидами высоких наклонов. Настоящий сборник.

Поступила в редакцию 9.09.2004