

УДК 523.64

О. В. Калининчева, В. П. Томанов

Вологодский государственный педагогический университет
160035 Россия, Вологда, ул. С. Орлова 6

О гипотезе эруптивного происхождения почти параболических комет

Рассмотрена гипотеза Э. М. Дробышевского о генетической связи почти параболических комет с Юпитером, Сатурном и с транс-плутоновой зоной (50—3000 а.е.). Показано, что через площадки транс-плутоновой зоны за всю историю наблюдений прошли в среднем 5.6 комет на 1 млн (а. е.)². Эклиптику на гелиоцентрических расстояниях 0—2 а. е. пересекли 619 комет. Показано, что из общего числа 945 почти параболических комет тесные сближения с Юпитером имели восемь комет, с Сатурном — пять. Кометы Крейца (1277 объектов) не приближались к Юпитеру ближе чем на 3 а. е. Их минимальное расстояние от Сатурна составляло 5.5 а. е. Минимальное расстояние комет Крейца от края транс-плутоновой зоны составляло 28.8 а. е. Сделан вывод о несостоятельности концепции Дробышевского о происхождении почти параболических комет.

ПРО ГІПОТЕЗУ ЕРУПТИВНОГО ПОХОДЖЕННЯ МАЙЖЕ ПАРАБОЛІЧНИХ КОМЕТ, Калінічева О. В., Томанов В. П. — Розглянуто гіпотезу Е. М. Дробішевського про генетичний зв'язок майже параболических комет з Юпітером, Сатурном та з транс-плутоною зоною (50—3000 а. о.). Показано, що через площадки транс-плутонової зони за всю історію спостережень пройшли в середньому 5.6 комет на 1 млн (а. о.)². Екліптику на геліоцентричних відстанях 0—2 а. о. перетнули 619 комет. Показано, що із всієї кількості 945 майже параболических комет тісні зближення з Юпітером мали вісім комет, з Сатурном — п'ять. Комети Крейца (1277 об'єктів) не наближались до Юпітера ближче ніж на 3 а. о. Їхня мінімальна віддаль від Сатурна складала 5.5 а. о. Мінімальна відстань комет Крейца від краю транс-плутонової зони складала 28.8 а. о. Зроблено висновок щодо необгрунтованості концепції Дробішевського про походження майже параболических комет.

ON THE HYPOTHESIS OF ERUPTION ORIGIN OF NEAR-PARABOLIC COMETS, by Kalinicheva O. V., Tomanov V. P. — Drobyshevsky's hypothesis on genetic connection of near-parabolic comets with Jupiter, Saturn, and the transpluto zone (from 50 to 3000 AU) is considered. It is shown that on the average 5.6 comets passed through areas of 10^6 (AU)² of the transpluto zone throughout the history of observations. On the whole, 619 comets crossed the ecliptic heliocentric distances from 0 to 2 AU. It is shown that of the total number of 945 near-parabolic comets, eight comets had close encounters with Jupiter and five comets with Saturn. The Kreutz comets, 1277 objects, did not approach Jupiter closer than at 3 AU. Their minimum distance from Saturn was 5.5 AU. The minimum distance of the Kreutz comets from the edge of the transpluto zone was 28.8 AU. The conclusion is made that Drobyshevsky's concept on the origin of near-parabolic comets is wrong.

В космогонических концепциях обычно рассматривается совместное происхождение Солнца, планет и малых тел Солнечной системы. Идея совместного образования Солнца, планет и малых тел из единой туманности качественно высказана Кантом. Развитие этой идеи на современном научном уровне проводили Койпер, Шмидт, Юри, Хойл, Камерон, Фесенков, Сафронов, Энеев, Козлов, Ипатов и др. Именно эта концепция в настоящее время пользуется наибольшей симпатией как ученых, непосредственно работающих в области космогонии, так и широкого круга специалистов в той или иной мере соприкасающихся с нею. Изложение этой концепции содержится в монографиях Сафронова [6], Ипатова [3]. В последние годы многие исследователи связывают происхождение комет с поясом Койпера [3]. Местом «рождения» долгопериодических комет, согласно Цицину [7], является пояс Койпера: «Именно он может быть источником (путем столкновения кометных тел) долгопериодических комет». Пояс Койпера рассматривается как основной источник долгопериодических комет в работе Л. М. Шульмана [8].

В последнее время предложена новая гипотеза о происхождении планетной системы, именуемая Э. М. Дробышевским как «новая эруптивная космогония (НЭК) малых тел» [1, 2, 9]. Суть этой гипотезы сводится к следующему. Предполагается, что вначале существовала тесная двойная звезда, одним из компонентов которой была быстро вращающаяся протозвезда (масса порядка $1M_{\odot}$), она же — прото-Юпитер. Вследствие перетекания вещества на Солнце масса прото-Юпитера уменьшилась до $0.001 M_{\odot}$. Одновременно прото-Юпитер терял образующиеся в нем планеты. В ходе этого процесса длительностью 10^4 — 10^5 лет образовалось планетно-кометное облако на гелиоцентрических расстояниях 50—3000 а. е. Предполагается, что этот транс-плутоновый пояс малых тел является основным источником почти параболических комет (ППК, период $P > 200$ лет). Дополнительно к основному источнику ППК предлагаются еще два: 1) в си-

стеме Сатурна выброс ППК в результате взрыва Титана; 2) в системе Юпитера выброс ППК в результате взрывов Ио, Европы, Ганимеда, Каллисто.

Настоящая статья посвящена проверке гипотезы о выбросе ППК [1, 2, 9]. Для проверки будем использовать данные каталога [10], в котором имеются элементы орбит 945 ППК. Отдельно рассмотрим короткоперигелийные кометы семейства Крейца, количество которых в используемом каталоге равно $N = 1277$.

Если происхождение комет связано с их выбросом из плоскости эклиптики, то узлы орбит должны располагаться на эклиптике около источника комет. Гелиоцентрическое расстояние восходящего и нисходящего узлов (R_A и R_D) вычисляется по формулам

$$R_A = \frac{q(1 - e)}{1 - e \cos i}, \quad R_D = \frac{q(1 + e)}{1 + e \cos i}, \quad (1)$$

где q , e , i — перигелийное расстояние, эксцентриситет и аргумент перигелия кометной орбиты. Если верна гипотеза Дробышевского, то узлы обязаны концентрироваться: 1) на гелиоцентрических расстояниях $R = 50 \dots 3000$ а. е.; 2) около орбиты Сатурна ($R = 9.5$ а. е.); 3) около орбиты Юпитера ($R = 5.2$ а. е.).

Реальное распределение узлов кометных орбит приведено в табл. 1. Максимальное число узлов ($N = 765$, или 40 % от общего числа) расположено на гелиоцентрических расстояниях $R < 2$ а. е. Здесь, в зоне планет земной группы, плотность узлов $\rho = N / (R_2^2 - R_1^2)$ составляет 60.9 (а. е.)⁻². Далее плотность плавно уменьшается по экспоненте.

Таблица 1. Распределение почти параболических комет по узловым расстояниям

R , а. е.	N	ρ , (а. е.) ⁻²
0—2	765	60.88
2—4	331	8.78
4—6	154	2.45
6—8	99	1.13
8—10	62	0.55
10—15	105	0.27
15—20	49	0.089
20—25	22	0.031
25—30	42	0.049
30—35	17	0.017
35—40	15	0.013
40—45	19	0.014
45—50	13	0.009
50—60	12	0.0035
60—70	12	0.0029
70—80	14	0.0030
80—90	8	0.0015
90—100	7	0.0012
>100	144	

Таблица 2. Характеристики комет Крейца

Значение	i , град	ω , град	Ω , град	q , а. е.	a , град	b , град	R_A , а. е.	R_D , а. е.
Минимальное	124.45	294.41	27.73	0.0041	240.16	17.59	0.005	0.007
Максимальное	149.12	42.43	125.74	0.0548	301.36	53.82	0.264	0.158
Среднее	143.28	0.39	79.67	0.0057	282.83	35.11	0.010	0.015
СКО	3.28	14.50	11.99	0.0017	3.54	3.41	0.007	0.011

Около орбиты Юпитера плотность уменьшается до $\rho = 2.45 \text{ (а. е.)}^{-2}$, т. е. в 25 раз меньше, чем в зоне планет земной группы. В районе орбиты Сатурна $\rho = 0.55 \text{ (а. е.)}^{-2}$. На расстояниях от 50 до 3000 а. е. средняя плотность узлов составляет $10^{-6} \text{ (а. е.)}^{-2}$.

Если «рождение» комет происходит в узлах, то места их высокой концентрации могут указать на источник планет. Исходя из данных табл. 1, можно было бы предполагать, что источник ППК расположен в зоне планет земной группы. Нет оснований считать источником комет трансеплутоновую зону ($R = 50 \dots 3000$ а. е.), где располагается всего лишь 5.6 узла на площади в 1 млн $(\text{а. е.})^2$.

Покажем теперь, что пути комет Крейца пролегают на весьма значительных расстояниях от Юпитера, Сатурна и планетно-кометного облака Дробышевского. Сведения об основных характеристиках комет Крейца приведены в табл. 2. Как видно, среднестатистическая комета Крейца приходит в околосолнечную зону из южного эклиптического полушария по почти параболической орбите ($e \approx 1$), пересекает эклиптику в восходящем узле с долготой $\Omega = 0.39^\circ$ на гелиоцентрическом расстоянии $\bar{R}_A = 0.010$ а. е., проходит на минимальном расстоянии от Солнца $\bar{q} = 0.0057$ а. е., далее перемещается к нисходящему узлу $\bar{R}_D = 0.015$ а. е. и удаляется к афелию в южном полушарии.

Определим направление на «средний» афелий. Для этой цели применим метод Натансона [5]. Если α_i, δ_i — эклиптические координаты кометных афелиев, то координаты α_0, δ_0 точки, к которой концентрируются афелии, находятся из системы уравнений

$$\begin{aligned}
 Nr \cos \alpha_0 \cos \delta_0 &= \sum_{i=1}^N \cos \alpha_i \cos \delta_i, \\
 Nr \sin \alpha_0 \cos \delta_0 &= \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \cos \delta_i, \\
 Nr \sin \alpha_0 \sin \delta_0 &= \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \sin \delta_i,
 \end{aligned} \tag{2}$$

где N — количество комет, r — степень концентрации ($0 < r < 1$). Решение системы (2) применительно к $N = 1277$ афелиям комет Крейца дает значение

$$q_0 = 102.834, \quad \omega_0 = -35.16, \quad r = 0.997. \quad (3)$$

Поскольку $r \approx 1$, то афелии проектируются практически в одну точку (3). Это означает, что короткоперигелийные кометы фактически имеют общую линию апсид, а точка (3) есть радиант данных комет. Таким образом, можно полагать, что кометы Крейца приходят к Солнцу из точки (3). Кометы Крейца двигаются к Солнцу по ветке параболы, расположенной весьма близко к линии апсид. Линия апсид АП (рис. 1) располагается к эклиптике под углом β . Расстояние орбиты кометы Крейца от Юпитера составляет $[Jb] = [JC] \sin \beta = 3 \text{ а. е.}$

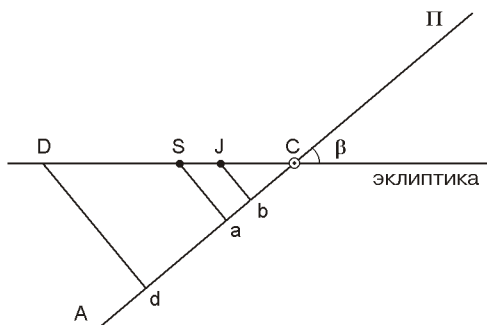
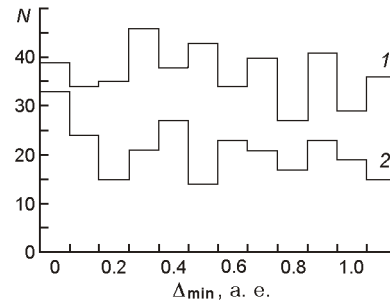


Рис. 1. Положение комет Крейца относительно Юпитера, Сатурна и трансплутонового пояса

Таким образом, кометы Крейца не приближаются к Юпитеру ближе чем на 3 а. е. Минимальное расстояние $[Sa]$ комет от Сатурна равно 5.5 а. е. Минимальное расстояние комет от края планетно-кометного облака Дробышевского $[Dd] = 28.8 \text{ а. е.}$ Совершенно очевидно, что происхождение комет Крейца не связано ни с Юпитером, ни с Сатурном, ни с планетно-кометным облаком Дробышевского.

В гипотезе Э. М. Дробышевского [2] предполагается, что некоторая часть ППК «родилась» в системе Юпитера в результате трех взрывов оболочки Ио, двух взрывов Европы и одного взрыва на Ганиমেде. В порядке подтверждения гипотезы используются данные В. П. Коноплевой [4] о повышенной концентрации орбит ППК к орбитам Юпитера и Сатурна. Для проверки этих выводов мы вычислили минимальное расстояние r_{\min} орбит ППК от орбиты Юпитера. Минимальное расстояние r_{\min} между орбитами двух тел можно представить как минимальное расстояние двух кеплеровых орбит. Положение тела на орбите с известными элементами зависит от истинной аномалии θ . Таким образом, расстояние r_{\min} можно определить как функцию $r_{\min}(\theta_1, \theta_2)$. Задачу нахождения минимума функции $r_{\min}(\theta_1, \theta_2)$ нетрудно решить численно, используя методы минимизации функции двух переменных. По данной методике вычислено минимальное расстояние r_{\min} между орбитами ППК и орбитой Юпитера. На рис. 2 кривая 1 представляет гистограмму распределения по значениям r_{\min} 442 орбит (из общего числа $N = 945$ орбит), у которых $r_{\min} > 1.2 \text{ а. е.}$ Заметной концентрации кометных орбит к орбите Юпитера не наблюдается. Физическое взаимодействие комет с планетой могло иметь место лишь в том случае, если

Рис. 2. Распределение ППК по минимальному расстоянию r_{\min} от орбиты Юпитера (1) и орбиты Сатурна (2)



минимальное расстояние кометы от планеты в эпоху сближения было меньше радиуса сферы действия планеты. Такие сближения комет с планетами называют тесными. Указанное условие по отношению к Юпитеру определяется соотношением

$$r_{\min} < r_{\text{Ю}} = 0.322 \text{ а. е.} \quad (4)$$

Для определения r_{\min} мы выполнили численное интегрирование уравнений движения 150 комет на временном интервале от -3000 до 2000 г. Для интегрирования применена программная система ЭПОС, разработанная в ГАО РАН. В этой программной системе используется интегратор Эверхарта и планетная эфемерида Стэндиша DE406. Оказалось, что через сферу действия Юпитера могли пройти только восемь комет: C/2008 J1 ($r_{\min} = 0.06$ а. е.), C/2007 D2 ($r_{\min} = 0.25$ а. е.), C/1980 E1 ($r_{\min} = 0.23$ а. е.), C/1955 L1 ($r_{\min} = 0.25$ а. е.), C/1931 P1 ($r_{\min} = 0.17$ а. е.), C/1840 E1 ($r_{\min} = 0.31$ а. е.), C/1760 A1 ($r_{\min} = 0.05$ а. е.), C/1664 W1 ($r_{\min} = 0.20$ а. е.). Большинство из этих сближений произошло в эпоху последнего прохождения кометой своего перигелия.

Рассмотрим гипотезу Дробышевского о происхождении комет в системе Сатурна. В его работах [1, 9] высказано ряд гипотез: а) 3.5—6 тыс. лет назад произошел взрыв Титана; б) кометные ядра — осколки ледяной коры Титана; в) произошел единовременный выброс ледяных осколков на гелиоцентрические орбиты с последующим образованием семейства короткопериодических и семейства почти параболических комет Сатурна; г) моменты тесных сближений комет с Сатурном совпадают с моментом взрыва Титана. Автор версии предлагает способ ее проверки: «Обратное интегрирование движения членов кометного резервуара должно привести к их схождению к системе Сатурна в течение одной довольно ограниченной эпохи в прошлом. Эпоха такого схождения датирует взрыв оболочки Титана. Судя по результатам расчета эволюции орбиты Хирона, взрыв произошел всего 3.5—6 тыс. лет назад» [1].

В настоящей статье осуществлена такая проверка — выполнено численное интегрирование уравнений движения комет семейства Сатурна на временном интервале 5000 лет. Методика расчета аналогична предыдущей.

На рис. 2 кривая 2 представляет распределение ППК по минимальному расстоянию от орбиты Сатурна. Расстояние $r_{\min} < 1.2$ а. е. имеют 252 кометы. Для них были вычислены минимальные расстояния до

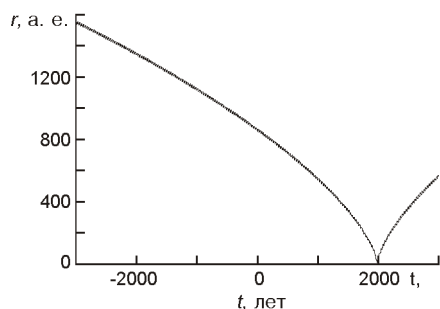


Рис. 3. Изменение расстояния r между Сатурном и кометой C/1983 J2

Сатурна. Получено, что через сферу действия Сатурна $= 0.366$ а.е. на интервале 5000 лет могли пройти пять комет: C/2005 E2 ($r_{\min} = 0.33$ а. е.), C/2004 F2 ($r_{\min} = 0.35$ а. е.), C/2001 S1 ($r_{\min} = 0.29$ а. е.), C/1984 U2 ($r_{\min} = 0.13$ а. е.), C/1975 T2 ($r_{\min} = 0.29$ а. е.). Минимальное расстояние r_{\min} кометы от планеты имело место в основном в эпоху прохождения кометы через перигелий. Очевидно, что 3.5—6 тыс. лет назад почти параболические кометы находились от планетной системы на огромных расстояниях.

На рис. 3 приведено изменение расстояния r кометы C/1983 J2 от Сатурна. В -3000 г. комета находилась от Сатурна на расстоянии 1600 а. е.

Таким образом, почти параболические кометы не могли быть выброшены из системы Сатурна 3.5—6 тыс. лет тому назад. Предположение Дробышевского о сближениях ППК с Сатурном 3.5—6 тыс. лет тому назад не имеет смысла.

1. Дробышевский Э. М. История Титана, колец и магнитного поля Сатурна и природа короткопериодических комет. — Л.: ЛИЯФ, 1980.—55 с.—(Препринт / Физ.-тех. ин-т; № 674).
2. Дробышевский Э. М. Опасность взрыва Каллисто и приоритетность космических миссий // Журн. техн. физики.—1999.—69, вып. 9.—С. 10—14.
3. Ипатов С. И. Миграция небесных тел в Солнечной системе. — М.: Эдиториал УРСС, 2000.—318 с.
4. Коноплева В. П. О существовании семейств Юпитера и Сатурна среди непериодических комет // Комет. циркуляр.—1980.
5. Натансон С. Г. О происхождении комет // Тр. астрон. обсерватории Петроград. ун-та.—1923.—С. 18—24.
6. Сафронов В. С. Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет. — М.: Наука, 1969.—243 с.
7. Цицин Ф. А. Происхождение комет: новый взгляд на старую проблему // Земля и Вселенная.—1999.—№ 1.—С. 60—69.
8. Шульман Л. М. Похождения комет // Вісник астрон. школи.—2003.—4, № 2.
9. Drobyshevsky E. M. The young long-period comet family of Saturn // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—2000.—315.—P. 517—520.
10. Marsden B. G., Williams G. V. Catalogue of Cometary Orbits: 17th ed. — Cambridge, SAO, Solar, Stellar Planetary Science Division, 2008.—207 p.

Поступила в редакцию 19.03.09