

УДК 523.64

В. В. КузьмичевВологодский государственный педагогический университет
160035, Россия, Вологда, ул. Сергея Орлова, 6**Космогонические закономерности в комплексе почти параболических комет**

Выполнен статистический анализ системы ($n = 1177$ орбит) почти параболических комет ($P > 200$ лет). Получены распределения элементов кометных орбит. Показано, что кометные перигелии имеют максимальную концентрацию на гелиоцентрических расстояниях $r = 0.7...0.9$ а. е., объемная плотность перигелиев на расстоянии $r = 3.5$ а. е. стремится к нулю. Узлы концентрируются на малых гелиоцентрических расстояниях. Показано, что почти параболические кометы проходят в Солнечной системе преимущественно через зону планет земной группы. Линии апсид большинства комет составляют малый угол с вектором пекулярного движения Солнца. Полюса кометных орбит обнаруживают повышенную концентрацию около обоих полюсов эклиптики и к точке $\lambda = 90^\circ$, $\beta = 53^\circ$. Отдельно исследована система ($n = 372$ орбиты) короткоперигелийных ($q < 0.01$ а. е.) комет Крейца.

КОСМОГОНІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ В КОМПЛЕКСІ МАЙЖЕ ПАРАБОЛІЧНИХ КОМЕТ, Кузьмичев В. В. — Зроблено статистичний аналіз системи ($n = 1177$ орбіт) майже параболических комет ($P > 200$ років). Отримано розподіли елементів кометних орбіт. Показано, що кометні перигелії мають максимальну концентрацію на геліоцентричних відстанях $r = 0.7...0.9$ а. о., об'ємна щільність перигеліїв на відстані $r = 3.5$ а. о. прямує до нуля. Вузли концентруються на малих геліоцентричних відстанях. Показано, що майже параболическі комети проходять у Сонячній системі переважно через зону планет земної групи. Лінії апсид більшості комет складають малий кут з вектором пекулярного руху Сонця. Полюси кометних орбіт показують підвищену концентрацію біля обох полюсів екліптики та до точки $\lambda = 90^\circ$, $\beta = 53^\circ$. Окремо досліджено систему ($n = 372$ орбіти) короткоперигелійних ($q < 0.01$ а. е.) комет Крейца.

COSMOGONIC REGULARITIES IN THE COMPLEX OF NEAR PARABOLIC COMETS, by Kuzmichev V. V. — The statistical analysis of near-parabolic of comets system ($n = 1177$ orbits, $P > 200$ years) has been executed. The distributions of comet orbital elements are obtained. It has been shown that the comet perihelia have the maximum concentration within heliocentric distances $r = 0.7...0.9$ A.U., volume density of perihelia with the distance $r = 3.5$ A.U. tends to zero. Similarly, the nodes concentrate at small heliocentric distances. It has been shown that near-parabolic comets pass in the solar

system predominantly through the zone of terrestrial planets. The apsides of the majority of comets make a small angle with vector of the peculiar motion of the Sun. The poles of comet orbits find out heightened concentration about both poles of the ecliptic and to the point $\lambda = 90^\circ$, $\beta = 53^\circ$. A system of short perihelion Kreutz comets ($n = 372$ orbits, $q < 0.01$ A.U.) has been researched separately.

Почти параболическими кометами (ППК) принято называть кометы с периодом обращения $P > 200$ лет. По данным Б. Марсдена (Central Bureau for Astronomical Telegrams, Cambridge, USA), к концу 2001 года наблюдалось $n = 1177$ ППК. Комплекс ППК включает: а) долгопериодические кометы (ДПК, $P > 200$ лет, эксцентриситет $e < 1$, большая полуось $a > 0$, $n = 267$), б) параболические кометы (ПК, $e = 1$, $a = \infty$, $n = 734$), в) гиперболические кометы (ГК, $1 < e < 1.06$, $a < 0$, $n = 176$). В каталоге Марсдена приведены следующие элементы кометных орбит: T — момент прохождения через перигелий, i — наклон к эклиптике, Ω — долгота восходящего узла, ω — аргумент перигелия, q — перигелийное расстояние, e — эксцентриситет. Мы вычислили дополнительно в каталог следующие параметры: λ_π , β_π — эклиптические координаты перигелия; λ_Π , β_Π — эклиптические координаты полюса орбиты; R_A , R_D — гелиоцентрическое расстояние восходящего и нисходящего узла.

Данные кометных каталогов применяются для проверки гипотез о происхождении комет. Более того, кометная статистика — основа кометной космогонии. Так, для подтверждения эруптивной гипотезы о происхождении комет статистический анализ системы почти параболических комет проводил Всехсвятский [2], используя 416 орбит с $P > 1000$ лет. Томанов [8] для статистической проверки ряда космогонических концепций использовал более 600 ППК с $P > 200$ лет. О. В. Калиничева [4] выполнила детальный статистический анализ системы 835 ППК.

В последние годы открывается много новых комет, в том числе с помощью коронографов SOHO, SMM, SOLWIND. В связи с накоплением нового материала целесообразно периодически повторно проводить статистический анализ кометной системы. Именно этой задаче посвящена данная статья. В конечном итоге ставится цель: выявить основные закономерности в кометной системе, которым должна соответствовать космогоническая гипотеза, претендующая на адекватное отражение проблемы происхождения комет.

Большая полуось a и эксцентриситет e полностью характеризуют размер и форму орбиты. На рис. 1 представлено распределение по эксцентриситету эллиптических и гиперболических орбит. Минимальное значение

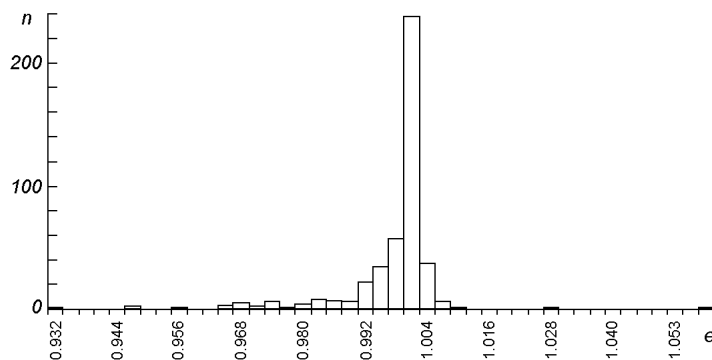


Рис. 1. Распределение по эксцентриситету ДПК и ГК

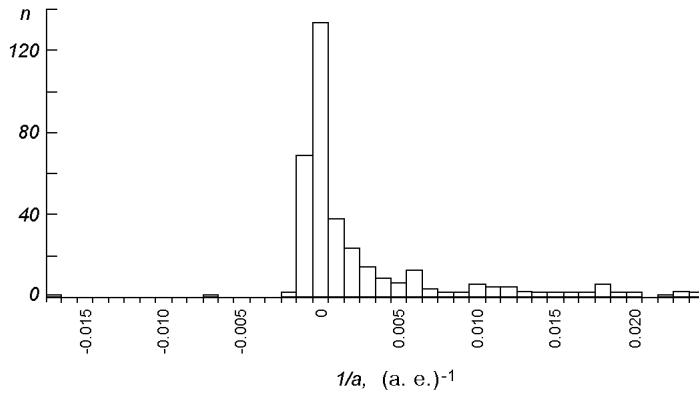
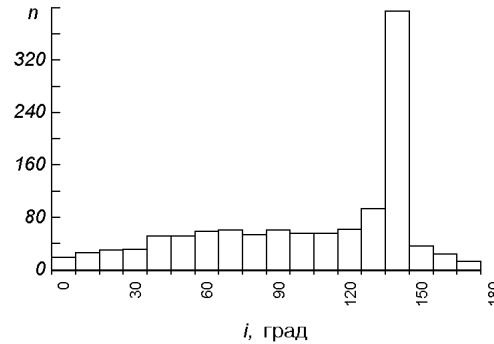


Рис. 2. Распределение ДПК и ГК по величине, обратной большой полуоси

Рис. 3. Распределение ППК по углу наклона



эксцентриситета ($e = 0.931869$) имеет орбита кометы C/2001 S1, а максимальное значение ($e = 1.057322$) принадлежит комете C/1980 E1. Максимум распределения приходится почти точно на значение $e = 1$. Из общего числа ППК 992 кометы или 84.3 % имеют $0.998 \leq e \leq 1.002$.

Таким образом, функция распределения почти параболических комет по эксцентриситету имеет резкий максимум при $e = 1$, а при $e > 1$ очень быстро уменьшается, стремясь к нулю. Сторонники концепции межзвездного происхождения комет считают, что резкий обрыв функции распределения орбит по эксцентриситету при $e = 1$ есть следствие захвата комет из межзвездного пространства.

Для характеристики размеров орбит на рис. 2 приведено распределение долгопериодических и гиперболических комет по величине, обратной большой полуоси a^{-1} . Максимум распределения лежит около значения $a^{-1} \approx 0$ (а. е.) $^{-1}$; с увеличением a^{-1} величина n уменьшается экспоненциально.

Пространственную ориентацию плоскостей кометных орбит определяют угол i наклона к эклиптике и долгота Ω восходящего узла. На рис. 3 дано распределение ППК по i , а на рис. 4 — по Ω . При построении гистограммы $n(i)$ обычно используют одинаковые интервалы $\Delta i = 10^\circ$. При этом обнаруживается фиктивный дефицит комет, движущихся вблизи плоскости эклиптики ($i < 10^\circ$) и ($i > 170^\circ$) — рис. 3. Объективную картину можно получить, исследуя плотность σ полюсов кометных орбит на шаровых слоях небесной сферы, соответствующих данному интервалу Δi наклона:

$$\sigma = \frac{n}{2\pi \cdot R^2 (\cos i_1 - \cos i_2)}. \quad (1)$$

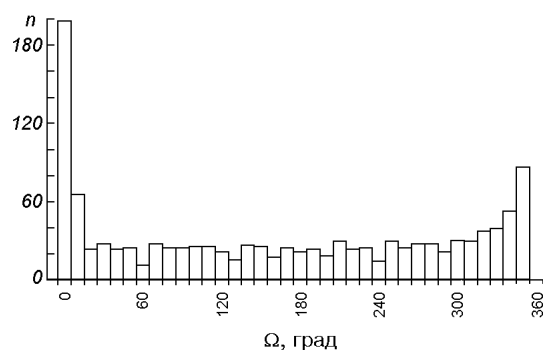


Рис. 4. Распределение ППК по долготе восходящего узла

Таблица 1. Плотность полюсов орбит ППК

Δi , град	n	σ	Δi , град	n	σ
0—10	19	199	100—110	56	53
10—20	26	92	110—120	56	56
20—30	30	65	120—130	62	69
30—40	31	49	130—140	93	120
40—50	51	66	140—150	394	627
50—60	51	57	150—160	36	78
60—70	59	59	160—170	24	85
70—80	61	58	170—180	13	136
80—90	54	49	0—180	1177	94
90—100	61	56			

При $R = 1$ размерность σ будет составлять: [число полюсов/единичная площадка]. Результаты подсчетов по формуле (1) приведены в табл. 1. Как видим, полюса кометных орбит имеют наибольшую плотность вблизи полюсов эклиптики: около северного полюса эклиптики $\sigma = 199$, около южного — $\sigma = 136$ (при средней плотности $\sigma = 94$). Это означает, что реально наблюдается высокая концентрация плоскостей кометных орбит вблизи плоскости эклиптики. Данный факт, несомненно, должен иметь космогоническую интерпретацию. Заметим, что ранее бытовало ошибочное мнение о дефиците комет около плоскости эклиптики.

Есть особая группа комет ($n = 394$) с наклоном $\Delta i = 140^\circ \dots 150^\circ$, для которых плотность полюсов максимальна и составляет $\sigma = 627$ (табл. 1). В данную группу входят кометы Крейца — «царапающие» Солнце кометы. Основные характеристики комет Крейца приведены в табл. 2. Орбиты комет Крейца характеризуются следующими особенностями: перигелийное расстояние $q < 0.01$ а. е.; перигелии расположены в направлении $\lambda_\pi = 283^\circ$, $\beta_\pi = +35^\circ$; орбиты лежат около плоскости $i = 143^\circ$, $\Omega = 359^\circ$.

Для распределения по долготе восходящего узла (рис. 4) характерны обычные флуктуации относительно среднего уровня, но имеет место значимый максимум узлов на долготах от 320° до 20° . Данный максимум образован за счет комет Крейца, для которых среднее значение долготы восходящего узла $\Omega \approx 0^\circ$.

Заранее отметим, что перигелии и узлы абсолютного большинства ППК лежат в зоне планет земной группы. На рис. 5 представлено распределение ППК по перигелийному расстоянию q . Максимальное перигелийное расстояние имелось у кометы C/2000A1 ($q = 9.743$ а. е.), минимальное — у кометы C/1997T2 ($q = 0.004$ а. е.). Кометы с $q < 0.2$ а. е. ввиду их большого количества ($n = 444$) на графике не представлены. Максимум кометных перигелиев наблюдается на малых гелиоцентрических расстояниях (0.7—0.8 а. е.).

Таблица 2. Усредненные параметры 372 короткоперигелийных кометных орбит

Характеристики орбит	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее	Стандартное отклонение
Наклон i , град	127.42	148.56	143.50	2.60
Долгота восходящего узла β , град	309.34	29.69	359.44	12.94
Аргумент перигелия ω , град	31.07	103.33	78.89	11.10
Перигелийное расстояние q , а. е.	0.0044	0.0154	0.00598	0.0012
Эксцентриситет e	0.999899	1.000000	0.999998	0.000012
Долгота перигелия λ_{π} , град	273.09	296.18	282.91	2.67
Широта перигелия β_{π} , град	18.08	49.01	34.93	3.01
Гелиоцентрическое расстояние восходящего узла R_A , а. е.	0.006174	0.01989	0.010174	0.001973
Гелиоцентрическое расстояние нисходящего узла R_D , а. е.	0.008958	0.09788	0.016531	0.010093

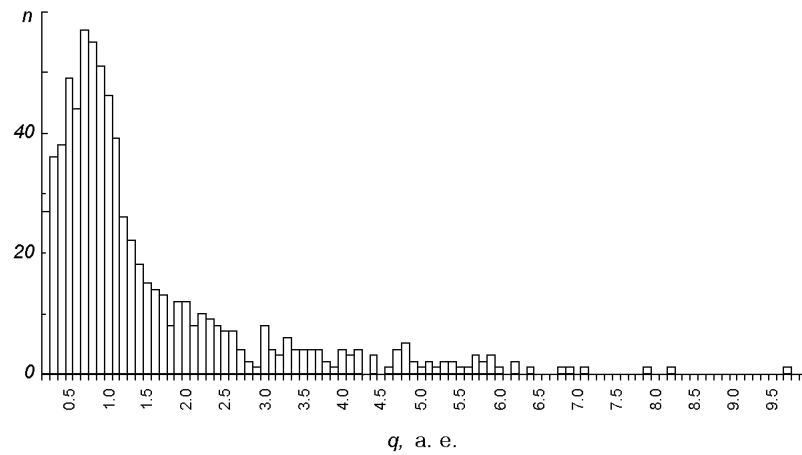


Рис. 5. Зависимость числа комет от перигелийного расстояния

На дефицит наблюдаемых комет с $q > 2.5$ а. е. указывали многие исследователи (Матесе и др., [16]; Вигерт, Тремайн [18]), которые связывали этот факт с наблюдательной селекцией, проявляющейся в преимущественном открытии комет около Земли. Реальное число комет $n_{tr}(q)$ с перигелиями в интервале $[q, q + dq]$ оценивалось по-разному. Согласно В. В. Радзиевскому [7] при условии изотропного выброса комет с большого гелиоцентрического расстояния r_0 (выброс из облака Оорта) $n_{tr}(q) = n_0 \sqrt{1 - q/r_0} \approx n_0$. Эверхарт [14] считал, что $n_{tr}(q) \propto 0.4 + 0.6q$ для $q < 1$ а. е. и $n_{tr}(q) = \text{const}$ для $q > 1$ а. е. Кресак и Питтих [15] предпочли модель $n_{tr}(q) \propto \sqrt{q}$ для $0 < q < 4$ а. е.

В работе О. В. Калиничевой [5] оценивается реальное распределение перигелиев $n_{tr}(q)$ с учетом трех различных гипотез о вероятности их открытия: 1) вероятность $w(q)$ открытия комет пропорциональна теоретическому времени пребывания кометы внутри сферы видимости, и для параболической кометы имеет вид $w \propto t_{tr} = 54.7\sqrt{r_0 - q}(r_0 + 2q)$, 2) вероятность открытия комет пропорциональна реальному времени наблюдения кометы $w \propto t_{ob}$, 3) вероятность dw открытия кометы на данном элементе траектории пропорциональна времени dt пребывания кометы на этом участке, предыдущей вероятности ее неоткрытия и некоторой функции, определяющей

доступность D кометы открытию: $dw = (1 - w)Ddt$, откуда $w = 1 - \exp(-k \int Ddt)$, где интегрирование ведется по всей траектории кометы. Показано, что в первом случае максимум сохраняется при $q \approx 0.7...0.8$ а. е., во втором — увеличивается число комет с $q < 0.1$ а. е., в третьем — максимум наблюдается около значений $q \approx 0.9$ а. е.

Итак, в распределении ППК по величине перигелийного расстояния реально наблюдаются два максимума: при $q < 0.1$ а. е. и при $q \approx 0.7...0.9$ а. е.

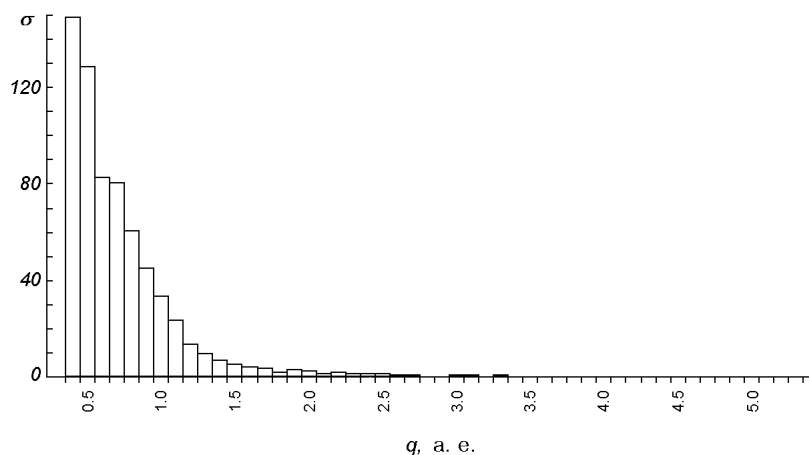


Рис. 6. Зависимость объемной плотности перигелиев от перигелийного расстояния

В XIX веке, когда в кометные каталоги было внесено еще очень мало комет, Г. Ньютон [17] в основу своих теоретических исследований по захвату комет ввел в качестве начальных условий предположение об одинаковом числе комет в единице объема на любых гелиоцентрических расстояниях. К сожалению, эта гипотеза бытует до сих пор. На рис. 6 представлена зависимость объемной плотности перигелиев $\sigma = 3n/4\pi(q_2^3 - q_1^3)$ от перигелийного расстояния q . При построении гистограммы использовались орбиты с $q > 0.4$ а. е. Как видно, величина σ стремительно уменьшается и стремится к нулю при $q > 3.5$ а. е. Объяснить реальное отсутствие кометных перигелиев на расстоянии более 3.5 а. е. условиями видимости или наблюдательной селекцией вряд ли возможно. Действительно, параболическая комета ($e = 1$) с $q = 3.5$ а. е., как нетрудно показать, будет находиться внутри сферы видимости ($r_0 = 4$ а. е.) 425 сут. Но за это время Земля совершит более одного оборота вокруг Солнца, и следовательно, может быть осуществлен мониторинг всей небесной сферы. Резюмируя изложенное, можно констатировать, что комплекс перигелиев есть ограниченная система с гелиоцентрическим радиусом около 3 а. е.

Рассмотрим теперь распределение кометных узлов. Гелиоцентрическое расстояние восходящего и нисходящего узла кометных орбит определено из формул

$$R_A = \frac{q(1 + e)}{1 + e \cos \omega},$$

$$R_D = \frac{q(1 + e)}{1 - e \cos \omega},$$
(2)

где q , e и ω — перигелийное расстояние, эксцентриситет и аргумент перигелия. Результаты расчетов по формулам (2) представлены в табл. 3 и на рис. 7. На гелиоцентрических расстояниях $R < 0.5$ а. е. расположено 919 узлов, или 39 % от общего числа ($n = 2354$) узлов ППК, в этой зоне плотность узлов $\sigma = 1170$ (а. е.)⁻². В кольце 0.5 а. е. $< R < 1.0$ а. е. плотность узлов составляет всего 93.4 (а. е.)⁻². Внутри орбиты Марса (малая окружность на рис. 7) содержится 1371 узел, или 58 % от общего их числа. В зоне Юпитера (5.0 а. е. $< R < 6.0$ а. е.) расположено всего лишь 55 узлов (≈ 2 %), плотность $\sigma = 1.6$ (а. е.)⁻². На периферии планетной системы σ стремится к нулю. Итак, узлы орбит ППК сосредоточены в основном в зоне планет земной группы. Как правило, один из узлов расположен вблизи перигелия. Но, как отмечалось выше, перигелии фактически не испытывают влияния наблюдательной селекции, а их распределение ограничено сферой радиуса 3 а. е. Подводя итоги, можно сделать следующее заключение:

Таблица 3. Распределение на эклиптике узлов ППК

R_A, R_D , а. е.	n_A	n_D	σ , (а. е.) ⁻²	R_A, R_D , а. е.	n_A	n_D	σ , (а. е.) ⁻²
0—0.5	464	455	1170.1	8.0—9.0	18	7	0.47
0.5—1.0	111	109	93.4	9.0—10.0	8	15	0.39
1.0—1.5	114	112	57.5	10—20	56	58	0.12
1.5—2.0	55	59	20.7	20—30	24	27	$3.25 \cdot 10^{-2}$
2.0—2.5	58	49	15.1	30—40	9	15	$1.09 \cdot 10^{-2}$
2.5—3.0	36	39	8.68	40—50	11	5	$5.66 \cdot 10^{-3}$
3.0—4.0	42	55	4.41	50—100	16	27	$1.82 \cdot 10^{-3}$
4.0—5.0	34	30	2.26	100—150	5	8	$3.30 \cdot 10^{-4}$
5.0—6.0	34	21	1.59	150—200	3	6	$1.60 \cdot 10^{-4}$
6.0—7.0	21	19	0.98	> 200	43	46	
7.0—8.0	15	15	0.64				

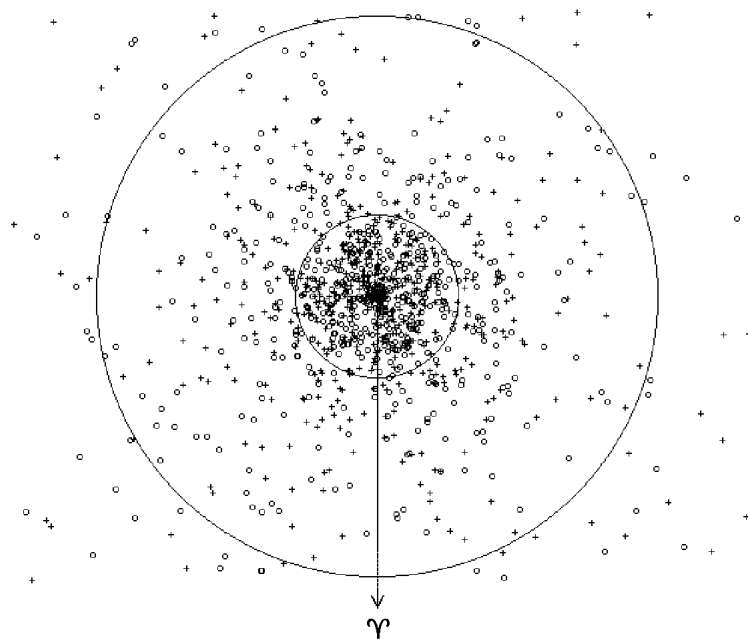


Рис. 7. Распределение кометных узлов. Обозначение: кружки — восходящий узел, крестики — нисходящий узел. Малый круг — орбита Марса, большой круг — орбита Юпитера

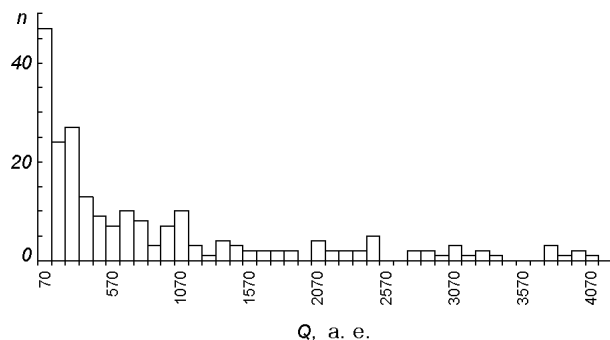


Рис. 8. Распределение афелиев ДПК по величине афелийного расстояния Q

кометные орбиты, подобно силовым линиям, пронизывают внутренние области Солнечной системы.

Афелийные расстояния Q вычислены для $n = 267$ ДПК. Минимальную величину $Q = 73$ а. е. имеет комета C/1905 F1, максимальное значение $Q = 154202$ а. е. принадлежит комете C/1992 J1. На рис. 8 дано распределение по Q 218 комет с афелийным расстоянием от 73 а. е. до 4166 а. е. Как видим, большинство афелиев ($n = 111$, или 51 %) расположено на гелиоцентрических расстояниях от 73 а. е. до 270 а. е. Избыток афелиев на указанном интервале, возможно, возник вследствие диффузии. Но следует отметить, что максимум кометных афелиев (рис. 8) прилегает к поясу Койпера. На больших расстояниях афелии практически являются спорадическими. Так, на интервале $\Delta Q = 4070$ а. е. – 3070 а. е. = 1000 а. е. расположено всего лишь 14 афелиев. На гелиоцентрических расстояниях более 16000 а. е. афелиев ДПК нет.

Обзор многочисленных работ по статистике перигелийных направлений дан в книге В. П. Томанова [8]. Многие исследователи подчеркивали, что исследования ориентации линии апсид могут указать то направление, откуда приходят кометы. Распределение линии апсид 754 ППК рассмотрено недавно в работе А. Г. Аксеновского и др. [1], и сделано заключение, что все статистические закономерности распределения перигелиев орбит долгопериодических комет свидетельствуют в пользу гипотезы межзвездного происхождения комет.

В табл. 4 приведено распределение 1177 перигелиев по 144 равновеликим площадкам небесной сферы. При равновероятностном распределении на каждой площадке должно содержаться 8.17 ± 2.47 перигелиев. Перигелии на небесной сфере распределены неравномерно. Так, есть три площадки, где перигелиев вообще нет, на 12 площадках содержится всего по одному перигелию. Дефицит перигелиев (афелиев) на определенных областях неба С. К. Всехсвятский [3] объяснял возмущающим действием на кометы со стороны звезд, недавно проходивших вблизи Солнца около афелийных направлений кометных орбит.

С другой стороны, на 16 площадках число перигелиев составляет от 11 до 25. Особо выделяется площадка $270^\circ < \lambda_{\pi} < 300^\circ$, $30.0^\circ < \beta_{\pi} < 41.8^\circ$, где расположено 358 перигелиев. На эту площадку проектируются большинство короткоперигелийных ($q < 0.01$ а. е.) комет.

Для определения координат точки, к которой концентрируются перигелии кометной системы, воспользуемся методом С. Г. Натансона [6], согласно которому перигелии рассматриваются как материальные точки единичной массы, расположенные на сфере единичного радиуса. Центр инерции этой системы есть точка λ_a, β_a , в направлении которой наблюдается концентрация перигелиев, а расстояние r от центра сферы до данной точки

Таблица 4. Распределение перигелиев по равновеликим площадкам небесной сферы

β_{π} , град	λ_{π} , град													Всего
	0... 30	30... 60	60... 90	90... 120	120... 150	150... 180	180... 210	210... 240	240... 270	270... 300	300... 330	330... 360		
90.0...56.4	1	4	13	12	9	4	3	6	6	7	5	5	75	
56.4...41.8	8	5	11	18	6	3	5	8	10	12	2	2	91	
41.8...30.0	7	6	7	5	7	3	1	10	12	358	11	6	433	
30.0...19.5	6	11	4	7	5	2	4	1	6	25	9	3	83	
19.5...9.6	7	4	1	13	5	3	1	4	11	12	9	3	73	
9.6...0.0	5	5	3	7	6	4	4	5	8	20	12	3	82	
0.0...-9.6	7	5	4	10	8	7	7	6	3	13	6	3	79	
-9.6...-19.5	2	4	5	6	11	5	10	6	3	5	4	2	63	
-19.5...-30.0	2	6	3	3	5	13	9	11	6	6	—	1	65	
-30.0...-41.8	1	4	2	4	4	3	2	9	5	6	2	—	42	
-41.8...-56.4	1	4	4	3	—	2	5	1	10	9	6	1	45	
-56.4...-90.0	8	3	6	3	3	2	1	1	6	7	3	3	46	
Всего	55	61	63	91	69	51	52	68	86	480	69	32	1177	

характеризует степень концентрации. Координаты λ_a и β_a определяются из уравнений

$$\begin{aligned} n r \cos \lambda_a \cos \beta_a &= \sum \cos \lambda_{\pi_1} \cos \beta_{\pi_1}, \\ n r \sin \lambda_a \cos \beta_a &= \sum \sin \lambda_{\pi_1} \cos \beta_{\pi_1}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$n r \sin \beta_a = \sum \sin \beta_{\pi_1}.$$

где λ_{π_1} , β_{π_1} — эклиптические координаты перигелиев кометных орбит, n — число комет. Результаты расчетов по уравнениям (3) приводятся в табл. 5. Здесь θ_A — угловое расстояние точки λ_a , β_a от солнечного апекса

$$\lambda_A = 270^\circ, \beta_A = 53.5^\circ \quad (4)$$

В табл. 5 почти параболические кометы разделены на семь групп. Сравнение параметров указанных групп комет может дать представление об эволюционных процессах в кометной системе. Перигелии всех ППК ($n = 1177$) концентрируются к точке $\lambda_a = 277.5^\circ$, $\beta_a = 41.4^\circ$. Данная точка находится от стандартного апекса Солнца (4) на расстоянии 13.1° . Если из общего числа ППК исключить кометы Крейца, то для оставшихся комет (третья строка, $q > 0.01$ а. е., $n = 805$) $\lambda_a = 238.3^\circ < \lambda_A$, $\beta_a = 61.9^\circ > \beta_A$. Смещение «интегрированного» перигелия в сторону долгот, меньших, чем

Таблица 5. Концентрация кометных перигелиев к солнечному апексу

Статистический коллектив	n	λ_a , град	β_a , град	r	θ_A , град
ППК	1177	277.5	41.4	0.383	13.1
Кометы Крейца ($q < 0.01$ а. е.)	372	282.9	34.9	0.998	20.6
ППК ($q > 0.01$ а. е.)	805	238.3	61.9	0.120	18.7
ДПК $e < 1$	267	254.2	37.3	0.150	19.6
ПК $e = 1$	734	283.3	40.7	0.530	15.6
ГК $e > 1$	176	228.8	40.7	0.174	30.3
Прямые, $i < 90^\circ$	382	219.2	67.9	0.123	27.6
Обратные, $i > 90^\circ$	795	280.1	37.7	0.523	17.3

долгота стандартного апекса (4) ($\lambda_a < \lambda_A$), имеет место у ДПК, ГК и прямых орбит ($i < 90^\circ$). И наоборот, $\lambda_a > \lambda_A$ у ПК, обратных ($i > 90^\circ$) орбит, у комет с $q < 0.01$ а. е. Степень концентрации перигелиев к точке λ_a, β_a наибольшая у комет Крейца ($r = 0.998$), у обратных комет ($r = 0.523$), у ПК ($r = 0.530$). Слабая связь перигелиев с солнечным апексом у ДПК ($r = 0.150$), у ГК ($r = 0.174$), у прямых ($r = 0.123$), у комет с $q > 0.01$ а. е. ($r = 0.120$). Космогоническая гипотеза должна объяснить отмеченные закономерности в распределении линий апсид кометных орбит. Эффект концентрации, характеризуемый величиной расстояния r от центра сферы до центра инерции перигелиев, составляет 0.383. Эти данные дают основание предполагать о наличии возможной связи кометных орбит с вектором пекулярного движения Солнца. Короткоперигелийные кометы ($q < 0.01$ а. е., $n = 372$) имеют практически общую линию апсид ($r = 0.998$), направленную под углом 20.6° к апексу (4).

В кометной космогонии созданы десятки гипотез о происхождении комет. Исследовались различные источники и механизмы «рождения» этих малых тел Солнечной системы: кометы имеют межзвездное происхождение (Кант, Лаплас); кометы — осколки планет (Лагранж); кометы образуются в результате взрывов на звездах (Проктор); кометы имеют солнечное происхождение (Мультон, Дональд); кометы имеют антивещественную природу (Константинов); кометы являются реликтовыми остатками протопланетного облака (Шмидт, Оорт); кометы рождаются в метеорных потоках (Альвен); кометы возникают при приливном разрушении астероидов (Давыдов); кометы порождаются далекими гипотетическими планетами (Радзиевский) и т. д. Обилие гипотез свидетельствует о явном неблагополучии в кометной космогонии. Ни одна из гипотез не получила широкого признания. Часто гипотезы оказываются невостробованными потому, что их авторы для проверки теоретических прогнозов в недостаточной мере используют кометные каталоги. К примеру, полностью игнорирует каталожные данные Цицин [13]. Предлагаемый им вариант гипотезы о реликтовом происхождении комет вступает в противоречие с наблюдениями (см. В. П. Томанов [10—12]). Космогоническая гипотеза, претендующая на адекватное отражение механизма рождения кометных ядер, должна: содержать сравнение теоретических и наблюдаемых элементов кометных орбит (С. К. Всехсвятский [3]); объяснить основные закономерности в кометной системе и прогнозировать новые, ранее не известные закономерности (В. П. Томанов [9]).

Резюмируя изложенное выше, отметим основные закономерности в системе ППК, которые должны иметь космогоническую интерпретацию.

1. Перигелии и узлы кометных орбит почти параболических комет расположены в основном на малых гелиоцентрических расстояниях ($r < 1.5$ а. е.). Это означает, что орбиты ППК пронизывают Солнечную систему преимущественно через зону планет земной группы.

2. Афелии ДПК расположены около пояса Койпера.

3. Функция распределения ППК по эксцентриситету резко обрывается при $e = 1$.

4. Линии апсид ППК составляют малый угол с вектором пекулярной скорости Солнца.

5. Наблюдается высокая концентрация плоскостей кометных орбит около плоскости эклиптики.

6. В системе ППК есть 372 кометы с $q < 0.01$ а. е. Все эти кометы движутся вблизи плоскости ($i = 143^\circ, \Omega \approx 0^\circ$) и имеют практически общий перигелий ($\lambda_\pi = 283^\circ, \beta_\pi = +35^\circ$).

Данная работа выполнена при поддержке ФЦП «Интеграция», проект № И0038/2264.

1. Аксеновский А. Г., Калининцева О. В., Томанов В. П. Распределение перигелиев орбит долгопериодических комет // Кинематика и физика небес. тел.—1998.—14, № 5.— С. 443—450.
2. Всехсвятский С. К. Физические характеристики комет. — М.: ГИФМЛ, 1958.—575 с.
3. Всехсвятский С. К. Природа и происхождение комет и метеорного вещества. — М.: Просвещение, 1967.—183 с.
4. Калининцева О. В. Комплекс долгопериодических кометных орбит: структура, закономерности: Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. — С-Пб: ИПА РАН, 2002.—14 с.
5. Калининцева О. В. Наблюдательная селекция при открытии комет // Астрон. вестн.—2002.—36, № 3.—С. 282—288.
6. Натансон С. Г. О происхождении комет // Тр. астрон. обсерватории Петроградского ун-та.—1923.—С. 18—24.
7. Радзиевский В. В. Вероятность открытия комет как критерий их происхождения // Астрон. журн.—1981.—58, № 6.—С. 1286—1294.
8. Томанов В. П. Кометная космогония. — Вологда, 1989.—96 с.
9. Томанов В. П. О происхождении комет: Автореф. дис. д-ра физ.-мат. наук. — М.: МГУ, 1992.—29 с.
10. Томанов В. П. О гипотезе реликтового происхождения комет // Новые результаты аналитической и качественной небесной механики. — М.: МГУ, 2000.—С. 63—64.
11. Томанов В. П. О космогоническом подходе к проблеме кометной опасности // Космическая защита Земли. — Евпатория, 2000.—С. 89.
12. Томанов В. П. «Новый взгляд» на проблему происхождения комет // Земля и Вселенная.—2001.—№ 6.—С. 68—75.
13. Цицин Ф. А. Происхождение комет: новый взгляд на старую проблему // Земля и Вселенная.—1999.—№ 1.—С. 60—69.
14. Everhart E. Intrinsic distributions of cometary perihelia and magnitudes // Astron. J.—1967.—72, N 8.—P. 1002—1011.
15. Kresak L., Pittich E. The intrinsic number density of active long-period comets in the inner Solar System // Bull. Astron. Inst. Czech.—1978.—29.—P. 299—309.
16. Matese J., Whitman P., Whitmire D. Oort cloud comet perihelion asymmetries: Galactic tide, shower or observational bias? // Celest. Mech. and dynamical astron.—1997.—69, N 1/2.—P. 77—87.
17. Newton H. A. On the Origin of Comets // Amer. J. Sci and Arts. New Haven. Conn.—1878.—Ser. 3. 16(116).—P. 165—179.
18. Wiegert P., Tremain S. The evolution of long-period comets // Icarus.—1999.—137, N 1.—P. 84—121.

Поступила в редакцию 20.12.02