

УДК 523.64

А. С. Гулиев, Ш. А. Набиев

Шемахинская астрофизическая обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана
373243, Азербайджанская Республика, Шамахинский район, пос. Ю. Мамедалиева

Плутон и кометы.

2. Особенности кометной группы, имеющей возможную связь с Плутоном

Исследована группа из 59 комет с разнообразными орбитами, пересекающими плоскость движения Плутона на расстояниях 29.5—49.5 а. е. Показано, что они обладают относительно большими перигелийными расстояниями и специфическим распределением наклонов орбит. В распределениях долгот перигелиев и удаленных узлов обнаружены неравномерности, не присущие общей совокупности комет. Большинство узлов и перигелиев орбит комет отобранной группы сконцентрировано в двух противоположных интервалах долгот. Широты их перигелиев хорошо коррелируют с перигелийными расстояниями. Наблюдается заметная корреляция между параметрами, входящими в критерии Тиссерана. У более «молодых» комет с эллиптическими орбитами расстояния удаленных узлов коррелируют с самими расстояниями Плутона на соответствующих долготах. Сделан вывод о реальности кометного семейства Плутона.

ПЛУТОН І КОМЕТИ. 2. ОСОБЛИВОСТІ КОМЕТНОЇ ГРУПИ, ЩО МАЄ МОЖЛИВИЙ ЗВ'ЯЗОК З ПЛУТОНОМ, Гулієв А. С., Набієв Ш. А. — Досліджено групу із 59 комет с різними орбітами, що перетинають площину руху Плутона на відстанях 29.5—49.5 а. о. Показано, що вони мають відносно великі перигелійні відстані та специфічний розподіл нахилів орбіт. У розподілах довгот перигеліїв та віддалених вузлів виявлено нерівномірності, не характерні загальній сукупності комет. Більшість вузлів і перигеліїв орбіт комет відібраної групи концентруються у двох протилежних інтервалах довгот. Широти їхніх перигеліїв добре корелюють з перигелійними відстанями. Спостерігається помітна кореляція між параметрами, що входять до критерію Тиссерана. Для «молодших» комет з еліптичними орбітами відстані віддалених вузлів корелюють із самими відстанями Плутона на відповідних довготах. Зроблено висновок про реальність кометного сімейства Плутона.

PLUTO AND COMETS. 2. SOME PECULIARITIES OF THE GROUP OF COMETS HAVING A POSSIBLE ASSOCIATION WITH PLUTO, by Guliev A. S., Nabiev Sh. A. — We investigated the group of 59 comets having various orbits and crossing Pluto's movement plane at a distance from 29.5 to 49.5 A.U. It is shown that the comets have relatively great perihelion

distances and specific distribution of inclinations of orbits. Some irregularities are found in the distribution of longitudes of perihelions and remote nodes which are not typical of the total amounts of comets. Most of the nodes and perihelions of cometary orbits under investigation are concentrated in two opposite ranges of longitudes. The latitude of their perihelions is in good correlation with perihelion distance. A noticeable correlation between the parameters involved in Tisseran's criterion is seen. For «younger» comets with elliptical orbits, the distance of remote nodes correlates with their own distance of Pluto at appropriate longitudes. We made a conclusion on the existence of the Pluto's comet family.

В работе [3] мы исследовали орбитальные особенности долгопериодических комет относительно плоскости движения Плутона и пришли к предположению о том, что некоторая часть рассматриваемых объектов может быть динамически или генетически связана с планетой. Здесь мы ставим задачу подробнее исследовать особенности выделенной группы с условным названием «плутоновская» и определить степень ее отличия от общей совокупности (ОС) долгопериодических комет. Под ОС в работе [3] мы подразумевали 724 долгопериодические кометы ($P > 200$ лет), наблюдавшихся до начала 2000 г. При этом данные комет семейства Крейца, а также комет, разделившихся на несколько частей, не были использованы. Данные были взяты из каталога Б. Марседена и Г. Уильямса [5], а также из Циркуляров Международного астрономического центра за 1999 г. Здесь к этому материалу будут добавлены данные за 2000—2003 гг. В целом рассматривались данные для 833 комет.

Напомним, что речь шла о 51 комете, пересекающей плоскость движения Плутона на расстояниях от 29.5 до 49.5 а. е. В период после публикации [3] количество таких комет увеличилось до 59. Их список приводится в табл. 1. Для данной совокупности комет нам удалось установить ряд закономерностей, изложенных ниже.

1. Наблюдается явная неравномерность в распределении долгот L' перигелиев орбит комет. В двух противоположных интервалах ($148...198^\circ$ и $322...7^\circ$) с общей протяженностью 95° сконцентрировано 26 из 59 перигелиев. Вероятность случайности этой концентрации можно оценить различными способами. Мы воспользуемся формулой Бернулли, допуская, что попадание перигелия орбиты кометы в тот или иной интервал является независимым событием. Тогда вероятность случайности расположения 26 из 59 перигелиев в фиксированных интервалах долгот с общей шириной 95° равна

$$P_{26,59} = \frac{59!}{26!(59-26)!} \left(\frac{95}{360}\right)^{26} \left(1 - \frac{95}{360}\right)^{59-26} \approx 1.5 \cdot 10^{-3},$$

что является весьма малой величиной. В эклиптической системе рассматриваемой группе присущ только один максимум в интервале $241...306^\circ$, где расположено 22 перигелия. Это также событие малой вероятности. Однако, как известно, для долгопериодических комет в эклиптической системе характерны два максимума (вблизи 90° и 270°), один из которых в данном случае полностью отсутствует.

2. Проанализировано также распределение удаленных узлов (Ω') кометных орбит в плоскости движения Плутона, для чего использована следующая процедура. Согласно широко применяемому правилу Стерджеса [4] количество интервалов и их длина определяются из формулы

$$\Delta\Omega' = (\Omega'_{\max} - \Omega'_{\min}) / (1 + 3.322 \ln N).$$

Таблица 1. Данные «плутоновой» группы, использованные в работе

Комета	q, а. е.	e	L', град	B', град	i', град	R', а. е.	r, а. е.	Ω' , град	H ₁₀
C/1018 P1	0.62	1	90.9	7.5	34.3	45.7	49.1	280.2	
C/1110 K1	0.83	1	148.4	7.8	150.6	42.8	48.4	314.3	
C/1345 O1	0.89	1	111.6	4.7	14.6	33.2	47.9	266.6	
C/1362 E1	0.3	1	167.2	-1.3	172.1	40.7	41.6	356.9	5.8 ^m
C/1490 Y1	0.761	1	350.7	18	90.3	31.2	32.6	170.6	5.4
C/1743 C1	0.838	1	347.4	4.9	15.5	31.8	33	174.5	9.1
C/1781 M1	0.776	1	212.8	14.9	66.2	38.7	36.5	26	7.9
C/1785 A1	1.143	1	339.9	-19	86.1	41.7	31.4	158.6	7.5
C/1796 F1	1.58	1	87.9	-21	114	39.3	47.3	262.2	7
C/1798 X1	0.775	1	292.3	-7.4	149.8	46.2	29.7	125.2	11
C/1825 P1	0.884	1	94.9	19.8	88.3	29.9	47.7	265.7	6.5
C/1844 Y1	0.251	0.9993	172.1	4.3	28.9	39	38.2	15.8	4.9
C/1846 B1	1.481	0.9924	343.8	-11.8	30.3	31.8	34.3	184.8	6
C/1853 W1	2.045	1	305.5	22.5	121.2	38.6	29.5	110.9	4.3
C/1860 U1	0.683	1	105.2	-6.8	28.4	42.9	48.5	272.4	9.5
C/1864 N1	0.909	0.9964	164.9	5.5	161	37.4	40.8	1.2	6.2
C/1874 X1	0.508	1	193.3	12.7	116.3	33.2	42.3	353.1	7.6
C/1879 M1	0.897	1	297.9	18.9	98.6	32.6	32.2	59.1	4.5
C/1887 B2	1.63	0.9837	3.1	19.9	121.2	33.1	32.6	170.4	5.4
C/1887 B3	1.481	1	215.1	22.8	100.4	36.5	46.5	329.3	4.8
C/1888 D1	0.699	0.9959	221.8	-11.7	55.8	40.5	46.9	326.3	4.7
C/1903 H1	0.499	1	286.8	11.9	71.7	41.8	29.5	110.8	9
C/1904 Y1	1.882	1.0007	260.4	23.2	104.9	43.6	29.6	106.2	6.6
C/1906 V1	1.213	0.9826	343.8	12.4	41.1	33.6	38.3	210.9	
C/1917 H1	0.764	1	223	7	155.2	35.1	32.3	58.5	10.5
C/1947 F2	0.962	1	30.2	-10.5	142.7	41.6	30	135.8	11.2
C/1963 W1	2.087	1	334.2	6.3	12.6	31	33.2	176.4	12.5
C/1964 P1	1.259	0.9965	187.2	17.8	84.9	48.8	42.7	351.1	7.6
C/1972 L1	4.276	1.0063	240.1	41.1	87	35.3	29.6	117.3	3.9
C/1974 V1	6.019	1.0039	283.9	41.1	69.4	42.2	29.6	123.1	6.3
C/1974 V2	0.865	1	322.7	-14.2	124.4	38.3	41.3	227.2	11.7
C/1975 V1-A	0.197	1	7.1	-3.3	26.2	45.7	35.6	193.9	8.4
C/1980 E1	3.364	1.0573	219.3	-9.9	15.5	36.7	41.2	359.5	3.2
C/1980 L1	2.584	1.0002	190	-28.1	90	43.9	42.9	350	
C/1986 E1	3.594	0.9468	61	1.8	176.6	35.9	46.3	330.8	8.8
C/1986 N1	2.642	0.9995	152.4	29	99.2	40.9	37.1	22.5	7
C/1988 B1	5.032	1.0025	39.6	45.8	94.7	33.2	30.5	145.3	
C/1988 C1	1.931	1	33.7	-23.3	79.6	45.9	39.6	218.2	
C/1989 A1	1.895	0.9987	39.1	-17.9	42.1	33.9	43.6	240	
C/1991 T2	0.836	0.9999	230.9	18.7	104.5	29.6	32.5	55.9	
C/1997 A1	3.157	1.0021	358.3	23.2	129.2	46.3	36.3	198.7	
C/1998 M2	2.725	0.9977	198	27.7	75.4	43.6	45.7	334.1	
C/1999 J2	7.486	1	256.7	48.7	79.1	42.1	31.7	64.1	
C/1999 K3	1.929	0.9917	195.8	-24.5	108	35.8	45.5	335.7	
C/1999 K8	4.202	1	105.8	28.8	53.3	41.9	49	278.4	
C/1999 L3	1.991	0.9745	35.1	-11.7	150	35.8	35.6	194	
C/1999 N2	0.761	1	212.8	-11.6	125.2	49.4	47.9	318.9	
C/1999 S2	6.467	1.0067	179.9	-41	52.4	29.7	34.2	42.1	
C/1999 S3	0.767	1	185.6	13.3	133.5	29.9	37.8	18.5	
C/1999 S4	0.765	1	185.6	13.2	133.5	30	37.8	18.5	
C/2001 RX14	2.058	1.0017	35.2	16.5	36.2	33.9	49.4	300.9	
C/2001 G1	7.547	1	70.9	-35.5	44	33.3	49.5	298.7	
C/2002 A3	5.151	1.01	357.9	-22.6	33.4	36.9	39.4	217.2	
C/2002 C2	3.254	1	324.6	30.2	116.1	38	29.7	128	
C/2002 L9	7.027	1	141.4	-37.6	51.3	37.4	41	0.6	
C/2002 Q5	1.242	1	218.2	11.7	141.7	44.9	32.8	53.4	
C/2002 T7	0.615	1	176.5	8.7	143.8	37.4	39.5	8.4	
C/2003 H2	2.179	0.943	221.8	12.9	59.7	47.4	35.3	34.1	
C/2003 U1	1.796	0.9216	293.2	0.4	170.8	43.6	31.7	64.6	

В нашем случае общая протяженность долгот составляет 360° , а количество данных $N = 59$. Следовательно, оптимальная длина интервалов должна быть 52° , а ожидаемая частота узлов в каждой из них — 8.52. Поэтому, начиная с каждой долготы удаленного узла, в табл. 1 мы определили интервал указанной длины и число соответствующих частот комет для сравнения с ожидаемым. Оказалось, что во всех интервалах число комет сравнимо с ожидаемым, кроме интервала $314\dots6^\circ$. В этом интервале число комет оказалось 14. Применение вышеприведенной схемы испытаний показало, что вероятность случайного сгущения здесь составляет 0.02. Таким же образом не удалось найти интервалов, где количество узлов было бы ниже нормы. Но найти их не удалось. Известно, что распределение узлов орбит долгопериодических комет довольно хаотично. В этом отношении выделенная группа обособлена.

3. Среднее значение перигелийных расстояний «плутоновской» группы составляет 2.085 а. е. (при среднем квадратичном отклонении 1.868). Это намного превышает значение аналогичного параметра по ОС ($\bar{q} = 1.543$ при среднем квадратичном отклонении 1.544). Применение двустороннего критерия Стьюдента показывает, что значимость разности между двумя значениями \bar{q} составляет 0.95. Различие станет более заметным, если в ОС и «плутоновой» группе оставлять кометы, открытые после 1950 года (2.784 и 2.278 соответственно). Если исключить из рассмотрения кометы с эксцентриситетом $e = 1$, то для оставшихся разница значений параметра \bar{q} также весьма велика.

Таблица 2. Сравнение «плутоновых» комет с общей совокупностью распределений $N(I)$

I , град	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160	160—180
«плутоновые» кометы	3	5	8	11	9	8	4	7	4
ОС	54	63	107	126	121	113	115	91	43

4. Небольшое расхождение имеет место и в распределении наклонов орбит «плутоновских» комет от общей совокупности (табл. 2). Из 59 комет 32 (54 %) имеют прямое движение. В общей совокупности таких 48 %. Чтобы выявить более детальные различия по параметру I , к данным табл. 1 был применен критерий χ^2 Пирсона [1]. В таблице «плутоновые» кометы приняты как объекты эмпирического распределения, а ОС — теоретического. Кроме того, было проведено соответствующее нормирование. Расчеты показывают, что в этом случае

$$\chi_{\text{набл}}^2 = 45.6.$$

Поскольку при уровне значимости $\alpha = 0.05$ и числе степеней свободы $k = 7$ выполняется условие $\chi_{\text{набл}}^2 > \chi_{\text{теор}}^2$ [1], трудно говорить о том, что эти два распределения между собой согласуются. Расчеты показывают, что расхождение в основном связано с данными седьмого столбца. Однако если даже его исключить из рассмотрения, некоторое различие все же остается.

5. Между величинами q и $\cos i'$ корреляционной зависимости нет. Однако если рассмотреть только эллиптические орбиты, то коэффициент корреляции между ними составляет

$$K(q, \cos i') = 0.471.$$

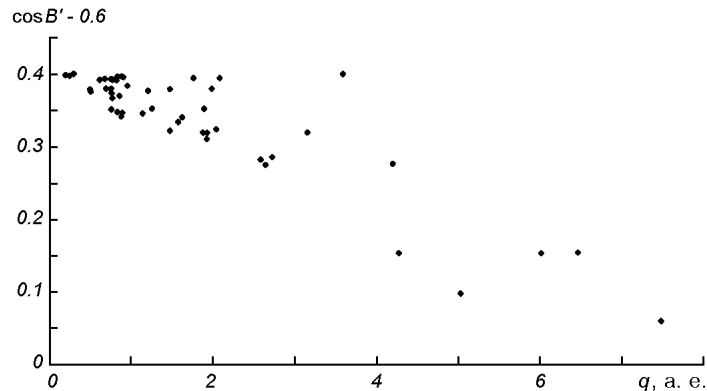
Речь идет о параметрах, входящих в критерий Тиссерана. При проверке значимости этого значения K воспользуемся распределением Стьюдента, для чего вычислим статистику

$$K_{\text{набл}} = K\sqrt{N-2}/\sqrt{1-K} = 2.07.$$

При уровне значимости $\alpha = 0.05$ и $N = 17$ критическое значение K равно 2.13, что мало отличается от вычисленного; при $\alpha = 0.10$ и $N = 17$ критическое значение K составляет 1.75. Следовательно, можно считать, что корреляционная зависимость существует, и это доказывает реальность фактора Плутона в происхождении рассматриваемой группы комет.

6. При справедливости версии о наличии кометного семейства Плутона должно быть определенное соответствие между гелиоцентрическими расстояниями планеты и самих пересечений. Введем величину $\Delta R = |r - R'|$, где r и R' — гелиоцентрические расстояния Плутона и пересечения соответственно. Строго говоря, если фактор Плутона для рассматриваемой кометной группы никакой роли не играет, то значения параметра ΔR должны случайно варьировать в пределах 0—20 а. е. Между тем анализ данных табл. 1 показывает, что примерно одна треть значений ΔR сконцентрирована в интервале 0—3 а. е.

7. Наблюдается высокая корреляция между величинами q и $\cos B'$ (коэффициент корреляции равен -0.870). На рисунке видно, что корреляция явная и специально проверять ее значимость нет необходимости.



Статистическая зависимость $\cos B'$ и q «плутоновых» комет

8. Между параметрами q и e рассматриваемых 59 комет заметной корреляции нет. Однако у 17 комет с эллиптическими орбитами значение параметра K составляет -0.451 , а если к ним добавлять промежуточные кометы с афелийными расстояниями от 29.5 до 49.5 и минимальными широтными дисперсиями афелиев относительно плоскости движения Плутона, то значение коэффициента увеличится до $K = -0.854$.

9. Мы пытались выяснить степень привязанности орбит рассматриваемых комет к известным планетам-гигантам. Например, если кометная орбита пересекается и с орбитой Юпитера, и с орбитой Плутона, то трудно сделать выбор в пользу последнего. Расчеты показали, что одна из 59 рассматриваемых комет пересекает плоскость движения Юпитера в интервале 4.95—5.45 а. е. Соответственно по две кометы пересекают плоскости движения Сатурна, Урана в интервалах 9.02—10.05 а. е., 18.30—20.07 а. е., а плоскость движения Нептуна в интервале 29.83—30.30 а. е. — ни одна.

Другими словами, перечисленные планеты по критерию расстояния узла могут «претендовать» только на 5 из 59 комет, или 8.5 %. Наш сравнительный анализ показал, что в ОС такими характеристиками обладает 61 объект, или 7.3 %. Эти значения практически не различаются, что отвергает рассматриваемую альтернативную версию.

ВЫВОД

Главным итогом настоящей работы является то, что критерий отбора 59 комет среди ОС не случаен. Этот критерий прямо связан с Плутоном. Полученные данные в этой и в работе [3] свидетельствуют в пользу реальности предположения о существовании кометной группы, связанной с планетой. Особенно следует отметить обстоятельства, отмеченные в п. 5—9. Они не косвенно, а прямо связаны с Плутоном. Что касается некоторых других, то их детальный анализ еще впереди. Возникает необходимость провести исследования отдельных механизмов происхождения комет «с помощью» Плутона. Кроме того, по мере открытия новых комет их орбиты относительно плоскости Плутона должны быть тщательно изучены. В дальнейшем мы предполагаем провести анализ физических параметров комет, претендующих в семейство Плутона.

1. *Гмурман В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высш. шк., 2000.—479 с.
2. *Гулиев А. С.* О двух группах долгопериодических комет // Кинематика и физика небес. тел.—2000.—16, № 3.—С. 256—260.
3. *Гулиев А. С., Набиев Ш. А.* Плутон и кометы. 1. Существует ли группа комет, связанная с Плутоном? // Кинематика и физика небес. тел.—2002.—18, № 6.—С. 525—531.
4. *Иванова В. М., Калинина В. Н., Нешумова Л. М., Решетникова И. О.* Математическая статистика. — М.: Высш. шк., 1981.—368 с.
5. *Marsden B. G., Williams G. V.* Catalogue of Cometary Orbits. — IAU, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 1999.—127 p.

Поступила в редакцию 14.05.2001