

УДК 523.64

**А. С. Гулиев, Ш. А. Набиев**Шамахинская астрофизическая обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана  
373243, Азербайджанская Республика, Шамахинский район, пос. Ю. Мамедалиева**Плутон и кометы.****1. Существует ли группа комет, связанная с Плутоном?**

*Рассматривается возможность наличия периодических и долгопериодических комет, динамически или эволюционно связанных с Плутоном. В случае периодических комет анализируются афелийные расстояния комет и отклонения перигелиев от плоскости движения планеты. Установлено, что кроме двух объектов 12 P и C/1917 F1, ранее отнесенных к семейству Плутона, еще две недавно открытые кометы C/1998 Y1 и C/2000 B4 представляют значительный интерес. В результате анализа удаленных узлов орбит долгопериодических комет относительно плоскости движения Плутона выделена группа из 51 кометы. Значения удаленных узлов их орбит варьируют в пределах от 29.5 до 49.5 а.е. Сравнительный анализ кометных пересечений по 73 плоскостям показывает избыточность значения  $N = 51$ . Она особенно заметна у комет с  $e < 1$  и у комет, открытых после 1950 года. Полученные результаты показывают, что предположение о наличии кометного семейства Плутона имеет в свою пользу определенные аргументы статистического характера.*

**ПЛУТОН І КОМЕТИ. 1. ЧИ ІСНУЄ ГРУПА КОМЕТ, ПОВ'ЯЗАНА З ПЛУТОНОМ?**, Гулієв А. С., Набієв Ш. А. — Розглядається можливість наявності періодичних і довгоперіодичних комет, динамічно чи еволюційно пов'язаних з Плутоном. У випадку періодичних комет аналізуються афелійні відстані комет та відхилення перигеліїв від площини руху планети. Встановлено, що крім двох об'єктів 12 P і C/1917 F1, раніше віднесених до сімейства Плутона, привертають увагу ще дві недавно відкриті комети C/1998 Y1 і C/2000 B4. В результаті аналізу віддалених вузлів орбіт довгоперіодичних комет відносно площини руху Плутона виділено групу з 51 комети. Значення віддалених вузлів їхніх орбіт варіюють у межах 29.5—49.5 а. о. Порівняльний аналіз кометних перетинів по 73 площинах показує надлишковість значення  $N = 51$ . Вона особливо помітна для комет з  $e < 1$  та для комет, відкритих після 1950 р. Отримані результати показують, що припущення про наявність кометного сімейства Плутона має певні аргументи статистичного характеру на свою користь.

**PLUTO AND COMETS. 1. DOES EXIST A GROUP OF COMETS ASSOCIATED WITH PLUTO?**, by Guliyev A. S. Nabiyev Sh. A. — We consider the possibility of the existence of periodic and long-period comets dynamically

*or evolutionarily connected with Pluto. In the case of periodic comets aphelion distances of comets and deviations of perihelions from the planetary movement plane are analyzed. We established that along with two objects, 12P and C/1917 F1, previously assigned to Pluto's family, another two comets C/1998 Y1 and C/2000 B4 discovered recently are of great interest as well. As the result of the analysis of remote nodes of orbits of long-period comets with respect to Pluto's movement plane a group consisting of 51 comets was formed. The value of the remote nodes of their orbits varies between 29.5 and 49.5 AU. The comparative analysis of cometary intersections over 73 planes showed an excess of the value  $N = 51$ . The excess is especially noticeable for the comets with  $e < 1$  and for the comets discovered after 1950. Our results indicate that a hypothesis on the existence of Pluto's cometary family has certain statistical evidences.*

Вопрос о возможности наличия кометного семейства Плутона, по-видимому, впервые был рассмотрен К. Шьютте [7]. Он выбрал несколько комет в качестве членов предполагаемого семейства. Согласно расчетам А. С. Гулиева [1] в этом контексте из периодических комет представляют интерес лишь две (Понса—Брукса и Меллиша). В последних кометных каталогах упомянутые кометы обозначены как 12 P и C/1917 F1. Отклонение афелия орбиты первой из них от плоскости движения планеты составляет 5.8 а. е., она пересекает эту плоскость на расстоянии 26.0 а. е. Орбиты этой кометы и планеты в пространстве не пересекаются, но в прошлом такое пересечение могло иметь место.

У кометы Меллиша афелийное расстояние по расчетам некоторых исследователей варьирует от 49 до 55.1 а. е., но направления афелиев орбит кометы и Плутона близки друг к другу. Наклон кометной орбиты к плоскости движения планеты составляет 17.8°. Исследование эволюции орбит обеих комет в прошлом могло бы внести ясность в предположение о причастности Плутона к их происхождению.

В период 1998—2000 гг. обнаружены еще две кометы C/1998 Y1 и C/2000 B4, линии апсид которых почти лежат на плоскости движения планеты. Афелийные расстояния у этих комет (44 и 29 а. е. соответственно) сравнимы с гелиоцентрическими расстояниями самой планеты. Вполне возможно, что в лице этих комет предположение о существовании кометного семейства Плутона получит определенное подкрепление.

В табл. 1 приводятся все необходимые для анализа данные о четырех кометах — возможных кандидатах в семейство Плутона. Угловые элементы  $\Omega'$ ,  $i'$ ,  $L'$  и  $B'$  (долгота восходящего узла, наклон, долгота перигелия и широта перигелия) вычислены относительно плоскости движения Плутона, где точкой отсчета служит восходящий узел орбиты планеты,  $Q$  — афелийное расстояние кометы,  $r$  — расстояние планеты в долготу афелия кометы,  $R$  — расстояние удаленного узла кометной орбиты. После уточнения орбитальных параметров первых трех комет к вопросу об их семейственной принадлежности следует вернуться еще раз.

Таблица 1. Некоторые параметры комет, рассматриваемых кандидатами в семейство Плутона

Комета	q	e	$\Omega'$ , град	$i'$ , град	$L'$ , град	$B'$ , град	Q	r	R
C/1998Y1	1.747	0.924	206.3	11.9	329.6	-0.86	44.16	30.8	42.9
C/2000B4	6.828	0.621	342.8	19.9	17.7	-0.21	29.19	36	29.2
C/1917F1	0.19	0.993	219.9	17.8	256.9	10.96	54.09	49.3	10.3
12P	0.777	0.955	255.6	88.1	327.5	9.79	34.02	30.9	26.0

Все приведенные соображения касаются периодических комет (иногда их называют промежуточными кометами). Долгопериодические или почти параболические кометы, распределение их динамических параметров относительно плоскости движения Плутона также представляют определенный интерес. К тому же, в работе [4] показано, что некоторые из них имеют весьма незначительные минимальные межорбитальные расстояния относительно планеты. Этот вопрос обсуждался также в работе [3]. Ниже мы постараемся внести некоторую ясность в вопрос о возможной связи Плутона с долгопериодическими кометами. Такая постановка заслуживает определенного внимания, поскольку за последние годы в районе движения планеты найден целый кометно-астероидный пояс. К тому же, наряду с динамическими процессами, заслуживают внимания и такие возможные явления, как бомбардировка спутника планеты мощными метеоритами, вулканические выбросы и др., в результате которых не исключается образование кометных ядер. Авторы предполагают обсудить этот вопрос в отдельной публикации.

Не затрагивая космогонические аспекты вопроса, вначале попытаемся решить следующие задачи статистического характера.

1. Отобрать все известные долгопериодические кометы, имеющие возможную связь с Плутоном и проанализировать версию избыточности их количества.

2. Выявить степень различия отобранных комет от общей совокупности.

Для решения обеих задач использованы кометы с периодом обращения  $P > 1000$  лет (они составляют около 93 % всех известных долгопериодических комет), поскольку они по сравнению с другими совершали меньше проходов через внутреннюю часть Солнечной системы и в меньшей степени подвергались изменению элементов орбит. Кометы выбирались из каталога Марсдена и Уильямса [6]. После добавления нескольких комет, открытых позднее, общее количество комет составило 724 (последняя комета в этом списке C/2001 N2). Из них выбирались объекты, пересекающие плоскость движения Плутона

$$I = 17.1^\circ; \Omega = 110^\circ \quad (1)$$

на расстоянии 29.5—49.5 а. е., что соответствует интервалу изменения гелиоцентрического расстояния планеты. Их оказалось 51.

Для решения первой задачи мы использовали схему, использованную в работе [3]. Смысл этой схемы заключается в сравнении плоскости (1) с другими плоскостями по количеству кометных пересечений. Под пересечениями подразумеваются точки удаленных узлов кометных орбит относительно соответствующей плоскости. В цитируемой работе параметры плоскости  $I$  (наклон к эклиптике) и  $\Omega$  (долгота восходящего узла соответствующего большого круга) варьировались равными шагами. Это приводит к неравномерной вариации полюсов выбранных плоскостей. Поэтому здесь мы будем варьировать  $\sin I$  и  $\Omega$  с равными шагами, что на наш взгляд, более справедливо. Кометы семейства Крейца из рассмотрения исключались, так как согласно общепринятой версии их можно считать фрагментами одного крупного тела. То же самое касается и других комет, разделившихся на фрагменты. Из каждых кометных роев рассматривался лишь один фрагмент. Для сравнения с (1) рассматривались 73 плоскости, данные о которых отражены в табл. 2.

Здесь для каждой пары значений  $I$  и  $\Omega$  приводится число кометных узлов или пересечений. В первой строке приводится лишь одно значение, поскольку независимо от  $\Omega$  вариант  $I = 0^\circ$  соответствует эклиптике. Последние шесть чисел в строке  $I = 90^\circ$  одинаковы с шестью предыдущими,

Таблица 2. Распределение кометных пересечений  $N(I, \Omega)$  по отдельным плоскостям в интервале 29.5—49.5 а. е.

I, град	$\Omega$ , град											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	37											
9.59	37	38	36	38	49	44	43	45	48	48	38	46
19.47	44	47	45	33	35	53	49	39	48	46	54	45
30	43	39	43	36	43	35	39	39	60	34	47	50
41.81	38	41	48	42	35	42	46	40	53	36	35	51
56.44	44	35	36	46	58	38	44	50	44	52	47	56
90	41	56	48	51	43	38	41	56	48	51	43	38

что объясняется идентичностью соответствующих плоскостей. В дальнейших статистических подсчетах эти обстоятельства будут учтены.

Анализ данных табл. 2 позволяет судить о правомочности нашего выбора вероятных членов семейства Плутона среди рассматриваемых долгопериодических комет. Обратимся к ее данным. Только для 10 из 73 плоскостей количество узлов одинаково или больше, чем для плоскости движения Плутона (1). Следовательно, 88 % рассматриваемых плоскостей пересекаются кометами реже, чем плоскость движения Плутона\*.

Данное распределение характеризуется средней величиной  $\bar{n} = 43.67$ ; средним квадратичным отклонением  $\sigma = 6.45$ . Для сравнения значения  $N = 51$  с величиной  $\bar{n}$  применим односторонний t-критерий Стьюдента, для чего вычислим нормированную разность

$$t = (N - \bar{n}) / \sigma.$$

Она равна 1.133 при доверительной вероятности  $\alpha = 0.74$ . Как видим, полученная доверительная вероятность недостаточна для окончательных выводов, однако она слишком высока, чтобы прекращать дальнейшие расчеты. Действительно, положительное значение  $\alpha$  и вышеприведенный процентный показатель дают основания провести более углубленный анализ кометных данных с учетом некоторых деталей обстоятельств: а) плоскость движения Плутона не постоянна и все время медленно вращается; б) в расчетах мы использовали все долгопериодические кометы, не обращая внимание на точность параметров отдельных групп; в) взяв за основу довольно протяженный интервал 29.5—49.5 а. е., нельзя забывать о том, что при справедливости исходной рабочей гипотезы отдельным участкам этого интервала могут соответствовать различные значения параметра  $t$ . При правомочности постановки вопроса можно ожидать, что центральная часть интервала окажется более насыщенной точками узлов кометных орбит; г) нужно стараться, чтобы данные табл. 2 были независимыми между собой. Другими словами, можно ставить требование «одна комета — одно пересечение».

Следует также иметь в виду, что интервал 29.5—49.5 а. е. граничит и фактически пересекается с базовым интервалом для других возможных кометных семейств — Нептуна и предполагаемого транснептуна, предсказываемого А. С. Гулиевым [2].

Учет первого фактора был осуществлен в недавней работе авторов [5]. Расчеты показали, что можно найти такую фазу плоскости движения Плутона, где количество пересечений составит  $N = 66$ . Нетрудно убедиться, что при таком количестве пересечений значение  $t$  составит 3.46, а довери-

\* С учетом новейших данных эта цифра составляет около 95 % (прим. авторов).

Таблица 3. Распределение частот кометных пересечений по различным плоскостям на интервале 29.5—49.5 а. е.

I, град	Ω, град											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	0.051											
9.59	0.047	0.030	0.031	0.0255	0.041	0.022	0.030	0.036	0.015	0.015	0.013	0.015
19.47	0.037	0.033	0.025	0.028	0.020	0.027	0.033	0.026	0.022	0.030	0.023	0.021
30	0.038	0.028	0.009	0.017	0.018	0.021	0.037	0.029	0.033	0.031	0.018	0.025
41.81	0.048	0.051	0.037	0.030	0.039	0.041	0.033	0.035	0.021	0.031	0.032	0.050
56.44	0.047	0.049	0.032	0.040	0.056	0.044	0.023	0.071	0.025	0.043	0.009	0.055
90	0.078	0.074	0.057	0.049	0.038	0.040	0	0	0	0	0	0

тельная вероятность больше чем 0.999.

Что касается остальных трех неучтенных факторов, то, по-видимому, анализ следует начинать с последнего, поскольку он касается и предыдущих двух. Итак, если мы ищем некоторое среднее, характеризующее количество пересечений в интервале 29.5—49.5 а. е., то зависимости данных в табл. 2 не избежать. Условие независимости необходимо для исследования более тонкой структуры распределения  $N(I, \Omega)$ . С другой стороны, крайне маловероятно, что эта зависимость может усилить уровень желаемого статистического эффекта. Скорее всего наоборот.

Чтобы данные табл. 2 сделать независимыми, мы прибегли к последовательным исключениям пересечений из рассмотрения. Например, если плоскость с параметрами  $I = 0^\circ$  и  $\Omega = 0^\circ$  в интервале 29.5—49.5 а. е. пересекают 37 комет, то в дальнейшем они исключаются из рассмотрения, а численность пересечений заменяется на их частоту, т. е. на  $h = 37/724 = 0.051$ . Для следующей плоскости с параметрами  $I = 9.59^\circ$  и  $\Omega = 0^\circ$  анализируется движения  $724 - 37 = 687$  комет и т. д. Тогда частоты пересечений оказываются совершенно независимыми. Результаты, полученные этим способом, отражены в табл. 3.

Распределение в табл. 3 характеризуется параметрами

$$\bar{h} = 0.034; \sigma = 0.011.$$

Сравнение с частотой относительно плоскости движение Плутона ( $h = 51/724$ ) с помощью вышеприведенного критерия дает значения

$$t = 3.32 \text{ и } \alpha > 0.999, \quad (2)$$

а это весьма серьезный аргумент для исходной рабочей гипотезы.

Однако можно найти возражения и против такого ведения расчетов. Например, может показаться, что, начиная с варианта  $I = 0^\circ$ ,  $\Omega = 0^\circ$  и далее по схеме, мы искусственно выбрали ту последовательность плоскостей, которая явно ориентирована на то, «чтобы открыть семейство Плутона». В таком подходе, чтобы избавиться от дублирования данных, авторам пришлось бы рассмотреть  $51! > 10^{66}$  вариантов, поскольку результат каждый раз зависел бы от выбора начальной точки и последовательности учета всех остальных. На самом деле все гораздо проще. Цикл расчетов можно начинать с любой плоскости и выбирать любую последовательность из 73 плоскостей (плоскость Плутона при этом остается в стороне). В любом случае исключению будут подвергаться одни и те же кометы, а в конце останется одинаковое количество объектов. Другими словами, любой из  $10^{66}$  вариантов даст одно и то же значение  $\bar{h}$ . Возможны некоторые колебания параметра  $\sigma$ , однако запас прочности  $t$  в (2) достаточно велик, чтобы они не повлияли на надежность вероятности  $\alpha$ . Например, если бы

количество «плутоновых» комет было не 51, а 41, все равно значение  $\alpha$  оказалось бы больше 0.95.

Теперь перейдем к анализу пункта в). Анализ дискретных значений параметра  $R$  показал, что в зоне 33.0—43.9 а. е. наблюдается некоторое уплотнение пересечений. Расчеты по этому интервалу дают следующие цифры:

$$N = 33; \quad \bar{n} = 24.44; \quad \sigma = 5.15; \quad \alpha = 0.90$$

Анализ частот пересечений в том же интервале дает весьма выразительную картину:

$$h = 0.046; \quad \bar{h} = 0.023; \quad t = 3.28; \quad \sigma = 0.007; \quad \alpha > 0.999.$$

Наконец, эллиптические орбиты в этом интервале и по количеству пересечений ( $N = 15; \bar{n} = 7.82; \sigma = 2.82; t = 2.54; \alpha = 0.99$ ), и по их частоте дают очень высокий положительный результат.

Наконец мы старались хотя бы качественно учесть степень точности используемого материала (пункт б). Для этого базовая совокупность была разделена на две категории: кометы до и после 1950 г. Их численное соотношение составляет 62.6 и 37.4 % соответственно. Есть все основания считать, что последние, имеющие более точные динамические характеристики, должны иметь приоритетное значение для поставленной задачи.

В табл. 4 отражены результаты расчетов по пересечениям для этой категории комет. Расчеты по данным табл. 4 дают следующие результаты:

$$N = 25; \quad \bar{n} = 18.30; \quad \sigma = 3.31; \quad t = .2;02; \quad \alpha = 0.96.$$

Если исключить из рассмотрения последних шесть значений, то  $t$  увеличится до 2.56, а  $\alpha$  — до 0.98. Результаты по частотам пересечений также дают заслуживающие внимание результаты (табл. 5):

$$h = 0.092; \quad \bar{h} = 0.034; \quad \sigma = 0.018; \quad t = 3.24; \quad \alpha > 0.999.$$

Таблица 4. Распределение  $N(I, \Omega)$  по отдельным плоскостям в интервале 29.5—49.5 а. е. для комет после 1950 г.

I, град	$\Omega$ , град											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	17											
9.59	14	14	17	21	19	17	16	18	22	20	16	18
19.47	18	21	20	16	17	22	21	14	19	15	18	18
30	15	11	20	19	18	15	12	21	21	19	17	23
41.81	13	20	25	19	14	18	21	13	22	16	11	16
56.44	16	15	16	20	23	13	17	14	21	21	24	21
90	23	24	21	20	18	18	23	24	21	20	18	18

Таблица 5. Распределение частот пересечений на интервале 29.5—49.5 а. е. для комет, открытых после 1950 г.

I, град	$\Omega$ , град											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
0	0.67											
9.59	0.048	0.025	0.030	0.040	0.047	0.019	0.025	0.041	0.005	0.021	0.016	0.017
19.47	0.056	0.048	0.025	0.039	0.034	0.028	0.043	0.030	0.015	0.016	0.024	0.024
30	0.059	0.036	0.009	0.028	0.038	0	0.030	0.052	0.022	0.022	0.011	0.046
41.81	0.084	0.066	0.1	0.031	0.016	0.049	0.017	0.017	0.018	0.018	0.019	0
56.44	0.038	0.020	0.041	0.042	0.044	0.047	0	0.023	0.049	0.026	0.053	0.83
90	0.091	0.067	0.071	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Возможно, в качестве точности используемого материала можно было использовать и другие критерии. Однако мы пока довольствовались достигнутым результатом. Любопытно, что только за 1996—2002 гг. были открыты 16 комет с указанными характеристиками. Это дает основание считать, что в ближайшем будущем все вышеприведенные значения доверительной вероятности  $\alpha$  станут достаточно большими. Следовательно, версия о возможности существования кометной группы, связанной с Плутоном, кажется весьма перспективной. В следующих публикациях мы планируем рассматривать характерные особенности выделенной группы из 51 кометы.

1. Гулиев А. С. О существовании кометного семейства Плутона // Цирк. ШАО.—1983.—70.—С. 20—26.
2. Гулиев А. С. О возможности существования в зоне Нептун-Плутон неизвестной планеты // Кинематика и физика небес. тел.—1987.—3, № 2.—С. 28—33.
3. Гулиев А. С. Результаты исследования узловых расстояний долгопериодических комет // Кинематика и физика небес. тел.—1999.—15, № 1.—С. 85—92.
4. Гулиев А. С., Бабенко Ю. Г. Проверка некоторых гипотез о неизвестных планетах путем анализа межорбитальных минимальных расстояний комета—планета // Кинематика и физика небес. тел.—1997.—13, № 4.—С. 56—60.
5. Гулиев А. С., Набиев Ш. А. О существовании групп долгопериодических комет, связанных с внешними планетами // Тр. Междунар. конф. «Насреддин Туси и современная астрономия». — Баку, 2001.—С.
6. Marsden B. G., Williams G. V. Catalogue of Cometary Orbits, 13<sup>th</sup> edition. — Cambridge: IAU, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 1999.—127 p.
7. Schutte C. H. Two new families of comets // Pop. Astron.—1949.—57.—P. 76—78.

Поступила в редакцию 10.04.01