

УДК 523.64

**А. С. Гулиев, Ш. А. Набиев**

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

## **Плутон и кометы.**

### **3. Возможные механизмы взаимосвязи комет с Плутоном**

*В космогоническом контексте изучаются одиннадцать особенностей кометной группы, имеющей возможную связь с Плутоном. Всего рассматриваются шесть механизмов взаимосвязи комет с планетой. Некоторым особенностям трудно дать космогоническую интерпретацию. Неравномерность перигелиев, удаленных узлов, избыток комет с периодами менее 1000 лет, большие перигелийные расстояния, некоторые физические характеристики больше согласуются с эруптивным и столкновительным механизмами происхождения комет. В то же время корреляционные отношения между некоторыми параметрами, закономерности в значениях постоянной Тиссерана, небольшая асимметрия в распределении узлов неплохо согласуются и с механизмом захвата комет. Установлена большая вероятность встречи и прямого столкновения койперовых тел с Плутоном и его спутником (возможно и спутниками). Не исключено, что параллельно действуют несколько механизмов взаимодействия комет с Плутоном.*

*ПЛУТОН І КОМЕТИ. 3. МОЖЛИВІ МЕХАНІЗМИ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ КОМЕТ З ПЛУТОНОМ, Гулієв А. С., Набієв Ш. А. — В космогонічному контексті вивчаються 11 особливостей кометної групи, що має можливий зв'язок з Плутоном. Всього розглядається шість механізмів взаємозв'язку комет з планетою. Деяким особливостям важко дати космогонічну інтерпретацію. Нерівномірність перигеліїв віддалених вузлів, надлишок комет з періодами, меншими за 1000 років, великі перигелійні відстані, деякі фізичні характеристики краще узгоджуються з еруптивним і зіткнювальним механізми походження комет. Разом з тим кореляційні відношення між деякими параметрами, закономірності у значеннях постійної Тиссерана, невелика асиметрія розподілу вузлів непогано узгоджуються і з механізмом захоплення комет. Отримано велику ймовірність зустрічі та прямого зіткнення койперових тіл з Плутоном та його супутником (можливо і супутниками). Не виключено, що паралельно діють кілька механізмів взаємодії комет з Плутоном.*

*PLUTO AND COMETS. 3. POSSIBLE MECHANISMS OF INTERRELATION OF COMETS AND PLUTO, by Guliev A. S., Nabiev Sh. A. — In this paper 11 peculiarities of the comet's group having possible relation with Pluto are studied in a cosmogony context. In total 6 mechanisms of interrelation of comets with the planet are considered. It is difficult to give cosmogony*

*interpretation for some peculiarities. Irregularity of the perihelion, the remote nodes, excess of comets with  $P < 1000$ , large perihelion distances, some physical characteristics, etc. are more consistent with eruption and collision mechanisms of comet's origin. At the same time correlation relations between some parameters, some regularity in values of Tisserand's constant and some asymmetry in distribution of nodes agree well with the mechanism of comet's capture. A high probability of meeting and direct collision of Kuiper bodies with the Pluto and its satellite (possibly with satellites) is established. It is possible that some mechanisms of interaction of comets with Pluto function in parallel.*

Настоящая работа является логическим развитием идеи, предложенной нами в работах [8, 9]. Ранее были получены некоторые аргументы в пользу существования кометной группы, связанной с Плутоном. Кометы этой группы пересекают плоскость движения Плутона в интервале расстояний 29.5—49.5 а. е. Удалось доказать, что количество таких комет является избыточным относительно некоторого фона. Кроме того, они по некоторым характерным особенностям отличаются от других комет. Следует также сослаться на нашу работу [7], где удалось доказать, что не только с Плутоном, но и с Сатурном и Нептуном связаны определенные группы долгопериодических комет.

Здесь будут рассмотрены некоторые космогонические аспекты обсуждаемой рабочей гипотезы. Мы постараемся ответить на два вопроса:

1. Каким образом небольшая по массе и размеру планета Плутон может сформировать кометную группу (анализ возможных механизмов)?

2. В какой степени обнаруженные в работе [9] особенности согласуются с обсуждаемыми механизмами?

Напомним, что речь идет о 59 долгопериодических кометах, характерные особенности которых были рассмотрены в работе [9]. Там же отмечалось, что за короткий период состав кометной группы заметно увеличился. Среди новых комет значительный интерес представляют объекты C/2001 M10 и C/2003 U1, афелийные расстояния которых соизмеримы с гелиоцентрическим расстоянием Плутона. Открытие этих двух комет увеличивает реальность предположения о существовании семейства периодических комет семейства планеты [3].

С самого начала следует отметить, что полученные в предыдущих работах статистические данные вовсе не свидетельствуют о «генерировании» Плутоном всех 59 из около 830 комет. Речь может идти только о численности, соизмеримой с разностью параметров  $N$  и  $\bar{n}$ . Другими словами, наше предположение о взаимосвязи комет с Плутоном касается лишь 2-3 % общей совокупности известных комет.

#### МЕХАНИЗМ ЗАХВАТА

Итак, начнем анализ с классической гипотезы захвата комет. В данном случае смысл этой гипотезы сводится к версии перевода комет в зону видимости с помощью Плутона. «Перевод» может быть осуществлен: а) из зоны Койпера, где по соседству с Плутоном движется большое количество кометных ядер; б) из области больших перигелийных расстояний  $q$  в малые. В том и другом случае в основе рассуждений должен лежать классический критерий Тиссерана [11], согласно которому величина

$$C = 1/a + \frac{2\sqrt{a'}}{r^2} \sqrt{a(1-e^2)} \cos i' \quad (1)$$

до и после захвата комет должна быть почти постоянной. Здесь  $a$ ,  $e$  — большая полуось и эксцентриситет кометной орбиты соответственно,  $i'$  — наклон кометной орбиты относительно плоскости движения Плутона,  $a'$  и  $r$  — большая полуось орбиты планеты и ее расстояние в момент «захвата» соответственно. В качестве последнего будем брать расстояние планеты в направлении удаленного узла кометной орбиты ( $r = R'$ ).

Известно, что возможности и масштабы взаимодействия комет с планетами в значительной степени зависят от размеров сфер влияния или действия последних.

Радиус сферы действия Плутона, определяемый по известной формуле небесной механики

$$\rho = r \sqrt[5]{(M_p/M_m)^2},$$

где  $R$  и  $M_p$  — расстояние и масса планеты,  $M_m$  — масса Солнца, изменяется от 0.0155 а. е. (когда Плутон в перигелии) до 0.026 а. е. (когда Плутон в афелии).

Радиус же сферы влияния планеты, определяемый по формуле

$$\rho' = 1.15r \sqrt[3]{M_p/M_m},$$

изменяется в пределах от 0.292 а. е. до 0.490 а. е. Следовательно, Плутон имеет достаточно протяженную сферу действия, чтобы оказать заметное влияние на близко проходящие кометы.

Можно определить граничные условия для параметров, входящих в выражение (1).

$$14.75 \text{ а. е.} \leq a \leq +\infty, \quad 0 \leq e \leq 1,$$

$$29.5 \leq r \leq 49.5, \quad 0^\circ \leq i' \leq 180^\circ,$$

и по ним можно оценить верхний и нижний пределы параметра  $C$ .

Анализ функции  $C(a, e, r, i')$  в рамках условий (2) показывает, что значения постоянной Тиссерана комет семейства Плутона должны варьировать от  $-0.051$  до  $0.056$ . А реальные значения этого параметра изменяются от  $-0.016$  до  $0.024$ . Другими словами, все указанные кометы теоретически могли выйти из сферы влияния планеты.

Наиболее благоприятным вариантом захвата кометы является случай, когда она движется в районе орбиты Плутона под небольшим наклоном орбиты. Однако в этом случае значения константы Тиссерана должны группироваться вблизи значения  $0.071$ , чего на самом деле среди рассматриваемых долгопериодических комет не наблюдается. Что касается шести периодических комет, отнесенных нами в семейство Плутона, то значения  $C$  у них распределены вблизи этого значения. Поэтому они больше, чем рассматриваемые долгопериодические кометы, могут претендовать на роль «бывших койперовских тел».

Теперь рассмотрим случай, когда перигелии «первоначальных» орбит концентрируются в районе движения Плутона (в среднем  $q \approx 39.5$ ), а их наклоны должны быть значительными, вплоть до  $180^\circ$ . Расчеты показывают, что в этом случае значения  $C$  должны варьировать от  $-0.0195$  до  $0.0700$ . Этот вариант в состоянии полностью объяснить существование данной группы при одной оговорке. Дело в том, что наблюдаемые койперовские тела движутся под малыми наклонами к эклиптике. А в данном случае пришлось бы допустить, что большие койперовские тела концентрируются вблизи эклиптики, а малые, наоборот, ведут себя хаотически. Однако тот факт, что Плутон сам движется не в плоскости эклиптики, а под углом  $17^\circ$ , в некоторой степени смягчает меру искусственности данной оговорки.

Вероятность встречи кометы с  $i = 0^\circ$  с Плутоном вряд ли ощутимо превышает аналогичную вероятность в случае других наклонов, за исключением значения  $i = 17^\circ$ .

Можно рассмотреть и случай, когда перигелии «первоначальных» орбит находятся вблизи орбиты Плутона, а афелии — далеко за пределами планетной системы, вплоть до  $e = 1$ . Известно, что вероятность такого «захвата» комет планетой (в таком варианте они называются «догоняющими») считается наивысшей. Однако расчеты показывают, что тогда наблюдаемые кометы должны были бы иметь  $0.1100 < C < 0.1434$ , чего на самом деле нет. Этот вариант должен быть исключен из рассмотрения сразу. К тому же, он должен был бы привести к наблюдению большого количества периодических комет семейства Плутона. Их также немного.

Еще одним источником исчерпывания комет Плутоном может быть довольно внушительная группа долгопериодических комет, образующая известную перенаселенность в распределении перигелиев [6]. Как было показано в работе [5], удаленные узлы большинства комет этой группы концентрируются на интервале расстояний 250—400 а. е. Расчеты показывают, что при «захвате» таких комет никаких неудобств, касающихся распределения параметра  $C$ , не возникает.

Подвергнем качественному анализу еще один аспект возможности захвата. Его вероятность в районе перигелия Плутона, при прочих равных условиях, намного меньше, чем в районе афелия. Это означает, что в распределении долгот удаленных узлов относительно линии апсид планеты должна быть асимметрия в пользу околоафелийной зоны. Данные изучаемой группы комет показывают следующее. В квадранте с центром перигелия планеты ( $68^\circ$ — $158^\circ$ ) расположены 10 узлов, а в противоположной области — 15. Асимметрия есть, но она незначительна. Как мы уже показали в работе [9], узлы больше концентрируются в интервале долгот от  $316^\circ$  до  $6^\circ$ , но он не соответствует ни околоперигелийной, ни околоафелийной области орбиты планеты. Следовательно, трудно однозначно предполагать, что распределение удаленных узлов орбит комет изучаемой группы хотя бы качественно согласуется с положениями механизма захвата.

#### ЭРУПТИВНЫЙ И СТОЛКНОВИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМЫ

Механизмы выброса фрагментов спутников в гелиоцентрическое пространство и его энергетические аспекты широко обсуждались [2, 13]. Скорость освобождения на поверхности Плутона составляет 1.1 км/с, а на поверхности его спутника — 0.6 км/с. При мощных вулканических и эруптивных процессах подобные скорости не исключаются. Однако происходят ли там такие процессы — не известно.

Есть одна замечательная особенность Плутона, касающаяся направления оси его вращения. По некоторым наблюдениям, эта ось, как и ось вращения Урана, имеет небольшой наклон к плоскости эклиптики. Как показано в работе [2], в такой конфигурации «ось вращения — радиус-вектор» не все эклиптические долготы планеты являются равновероятными для выброса из ее системы каких либо фрагментов в зону видимости.

По данным наблюдений [1] геоцентрические координаты полюса Плутона составляют

$$\alpha = 285^\circ, \quad \delta = -20^\circ,$$

или в гелиоцентрической системе

$$\lambda = 256^\circ, \quad \beta = -3^\circ.$$

В используемой нами системе координат, где точкой отсчета служит восходящий узел орбиты Плутона, в долготах  $148^\circ$  и  $328^\circ$  создаются самые оптимальные условия для выброса наблюдаемых осколков. Это означает, что удаленные узлы орбит «плутоновых» комет должны концентрироваться в этих двух направлениях. Здесь же должны группироваться и афелии периодических комет семейства Плутона. Однако одно из этих направлений находится в районе перигелия, а второе — вблизи афелия Плутона. Район перигелия из-за близости к Земле в этом смысле кажется более эффективным.

Теперь обратимся к данным наблюдения. Рассмотрим отдельно афелии периодических комет и удаленные узлы долгопериодических комет. И те, и другие являются объектами нашего исследования. Из шести периодических комет, которых мы включаем в семейство Плутона, у пяти долготы афелиев распределены следующим образом:  $113^\circ$ ,  $147^\circ$ ,  $149^\circ$ ,  $197^\circ$  и  $352^\circ$ . Первые четыре из них распределены в интервале длиной  $84^\circ$  и с центром вблизи долготы  $148^\circ$ , а последний — в почти противоположном направлении, недалеко от долготы  $328^\circ$ . Безусловно, есть качественное согласие с эруптивным механизмом. Примерно такую же картину показывают и удаленные узлы. В интервалах долгот  $106^\circ$ — $194^\circ$  и  $298^\circ$ — $8^\circ$  сконцентрировано 17 и 17 узлов соответственно. Вероятности случайности этих расположений, рассчитанные по схеме Бернулли, составляют 0.085 и 0.023 соответственно.

Как мы отметили в работе [9], «плутоновая» кометная группа отличается относительно большими значениями  $q$ . На практике это означает, что если разделить «плутоновые» кометы по признаку  $q$  на несколько групп и сравнить их с аналогичными кометами из общей совокупности по параметру  $C$ , то мы должны ожидать большие расхождения при больших перигелийных расстояниях. Действительно, начиная со значений  $q \geq 3$  а. е., группы по значениям параметра  $\bar{C}$  сильно расходятся (табл. 1.)

Таблица 1. Сравнение значений параметра  $\bar{C}$  «плутоновых» комет и комет общей совокупности для разных интервалов параметра  $q$

| Выборка             | $q \geq 1.5$ | $Q \geq 2$ | $Q \geq 2.5$ | $Q \geq 3$ | $q \geq 4$ | $q \geq 5$ |
|---------------------|--------------|------------|--------------|------------|------------|------------|
| «Плутоновые» кометы | 0.0053       | 0.0073     | 0.0078       | 0.0098     | 0.0152     | 0.0187     |
| Общая совокупность  | 0.0017       | -0.0011    | -0.0010      | 0.0006     | 0.0027     | 0.0008     |
| $Z$                 | 1.82         | 1.70       | 1.65         | 1.82       | 2.22       | 2.66       |

При этом для сравнения двух значений параметра  $\bar{C}$  мы использовали двухсторонний  $t$ -критерий, где параметром  $Z$  является нормированная разность между двумя  $\bar{C}$ . Видно, что разница всегда ощутима, но только при  $q \geq 4$  а. е. она достоверна, т. е. превышает критическое значение 1.95 при уровне значимости 0.05.

В ходе дальнейшего анализа мы нашли еще одну закономерность, касающуюся соотношения кометных групп. Наши дополнительные расчеты показали, что в интервале 29.5—49.5 а. е. наиболее насыщенным является участок 41.5—46.5 а. е. В данном интервале уже первая попытка без всяких оговорок, касающихся разделения комет на отдельные классы (по эксцентриситетам, датам открытия и т. д), дает достаточно яркую картину:

$$N = 17, \quad \bar{n} = 10.43, \quad t = 2.17, \quad \alpha = 0.99.$$

Не исключено, что именно в этой зоне происходит наиболее частое взаимодействие Плутона с койперовыми телами.

Интересно отметить еще одну особенность изучаемой группы из 59 комет. Здесь количество комет с периодом обращения от 100 до 1000 лет почти в два раза больше, чем в общей совокупности. Возможно, это также указывает на обособленность рассматриваемой группы комет. Исходя из энергетических соображений можно полагать, что эта особенность больше согласуется с эруптивным и столкновительным механизмами рождения кометных ядер, нежели с другими гипотезами.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты сопоставления отдельных особенностей кометной группы с конкретными механизмами представлены в табл. 2. «Примериз» на базе этой таблицы позволяет отдать предпочтение тому или иному механизму. Однако сразу следует отметить, что некоторым особенностям, например наличию корреляционной зависимости между величинами  $q$  и  $\cos B$  или же  $\Delta R$  и  $H$  [10], трудно придать космогоническую окраску. Скорее они подтверждают факт существования данного семейства независимо от механизма его формирования. Из таблицы видно, что эруптивный и столкновительный механизмы являются более выигрышными. Однако не исключается деятельность нескольких механизмов, не имеющих ничего общего между собой. Такие механизмы вовсе не являются взаимоисключающими. Среда движения Плутона является весьма насыщенной. Поэтому он на своем пути часто имеет гравитационный и прямое столкновение с близкопроходящими кометно-астероидными телами. Эта мысль вовсе не является предположением или гипотезой. Расчеты показывают, что примерно 7 % всех известных койперовых тел, судя по их орбитальным характеристикам относительно плоскости движения Плутона, имеют реальный шанс приблизиться к планете на расстояние, меньшее размера сферы ее влияния. Такие сближения, как известно, не проходят бесследно и приводят к изменению орбиты малого тела. Некоторая часть этих тел, сблизившихся с Плутоном или его спутником (возможно и спутниками), может прямо сталкиваться с ними и

Таблица 2. Результаты сопоставления отдельных особенностей «плутоновых» комет с конкретными космогоническими механизмами

| Особенность                                   | Захват из обла-сти Койпера | Захват койперовских тел со всевозможными наклонами | Захват из обла-сти боль-ших $q$ | Захват комет из конкретной группы | Столкнови-тельный механизм | Эруптив-ный механизм |
|---|----------------------------|--|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Расположение $L(Q)$ пе-риодических комет      | ?                          | ?  | —                               | ?                                 | +                          | +                    |
| Неравномерности в распределении $N(L)$        | ?                          | ?  | —                               | —                                 | +                          | +                    |
| Неравномерности в распределении $N(\Omega)$   | ?                          | —  | ?                               | —                                 | +                          | +                    |
| Значения $q$ больше, чем в общей совокупности | +                          | ?  | +                               | +                                 | +                          | +                    |
| $N(i)$  | +                          | —  | ?                               | +                                 | +                          | +                    |
| Корреляция $K(q, i)$                          | +                          | +  | +                               | +                                 | —                          | —                    |
| Корреляция $K(q, \cos B)$                     | ?                          | ?  | ?                               | ?                                 | ?                          | ?                    |
| Корреляция $K(\Delta R, H)$                   | +                          | +  | +                               | +                                 | +                          | +                    |
| Избыток комет с $P < 1000$                    | +                          | +  | ?                               | ?                                 | +                          | +                    |
| Закономерности значений $C$                   | —                          | +  | —                               | +                                 | ?                          | ?                    |
| Избыток комет с $41.5 < R < 46.5$ а. е.       | +                          | ?  | ?                               | ?                                 | ?                          | ?                    |

способствовать выбросу осколков. Некоторые другие тела, оказавшись в сфере влияния планеты, изменят свои орбиты и попадут в сферу видимости. Таким образом, часть из 59 рассматриваемых комет могла бы оказаться на нынешних орбитах. «Перевод» комет в зону видимости осуществляется не только Плутоном, но и крупными планетными телами пояса Койпера. Эта же идея поддерживается в работе [12], где пояс Койпера рассматривается как основной источник долгопериодических комет.

1. *Абалакин В. К.* Основы эфемеридной астрономии. — М.: Наука, 1979.—448 с.
2. *Всехсвятский С. К., Гулиев А. С.* Система комет Урана — пример эруптивной эволюции спутников планет // *Астрон. журн.*—1981.—58, № 3.—С. 630—635.
3. *Гулиев А. С.* О существовании кометного семейства Плутона // *Цирк. Шемах. астрофиз. обсерватории.*—1983.—70.—С. 20—26.
4. *Гулиев А. С.* О двух группах долгопериодических комет // *Кинематика и физика небес. тел.*—2000.—16, № 3.—С. 256—260.
5. *Гулиев А. С.* Результаты исследования узловых расстояний долгопериодических комет // *Кинематика и физика небес.тел.*—1999.—15, № 1.—С. 85—92.
6. *Гулиев А. С., Дадашов А. С.* Распределение перигелиев орбит долгопериодических комет // *Комет. циркуляр.*—1990.—№ 415.—С. 9—11.
7. *Гулиев А. С., Набиев Ш. А.* О существовании групп долгопериодических комет связанных с внешними планетами // *Тр. междунар. конф. «Насиреддин Туси и современная астрономия».* — Баку, 2001.—207 с.
8. *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.
9. *Гулиев А. С., Набиев Ш. А.* Плутон и кометы. 2. Особенности кометной группы, имеющей возможную связь с Плутоном // *Кинематика и физика небес. тел.*—2004.—20, № 3.—С. 283—288.
10. *Набиев Ш. А.* Физические характеристики комет семейства Плутона // *Циркуляр Шемах. астрофиз. обсерватории.*—2001.—№ 102.—С. 24—25.
11. *Покровский К. Д.* Происхождение периодических комет. — Юрьев, 1901.—307 с.
12. *Шульман Л. М.* Походження комет // *Вісник астрон. школи.*—2003.—4, № 2.—С. 43—54.
13. *Drobyshevski E. M.* Magnetic field of Jupiter and volcanism and rotation of the Gallilean satellites // *Nature.*—1979.—282, N 5741.—P. 811.

Поступила в редакцию 26.04.02