

УДК 523.64

О существовании двух групп периодических комет

А. С. Гулиев

Изучены особенности двух кометных групп, обнаруженных ранее [3]. Показано, что они существенно отличаются по H_{10} , $\Delta H^{p_{10}}$ (уменьшение H_{10} за орбитальный период), q и распределению $H_{10}(\Phi)$. Кометы первой группы, характеризующиеся зависимостью $\Delta H_{10}(q) \approx 0.122q^{1.398}$, заметно реагируют на изменение солнечной активности. Перигелии орбит этих комет группируются вблизи долготы 13° . Вторая группа подчиняется зависимости $\Delta H_{10}(q) \approx 0.3q^{-0.919}$ и проявляет активность в фазах 0.2 и 0.8 цикла солнечной активности. Перигелии орбит комет этой группы концентрируются вблизи долготы 80° . Предполагается, что вторая группа комет образовалась путем захвата, а первая — связана с эруптивным механизмом.

ON THE EXISTENCE OF TWO GROUPS OF PERIODIC COMETS, by Guliev A. S.— The peculiarities of two cometary groups found in [3] are studied. They are shown to differ essentially in H_{10} , $\Delta H^{p_{10}}$ (decreasing of H_{10} during the orbital period), q and in distribution of $H_{10}(q)$. Comets of the first group with a relationship $\Delta H_{10} \approx 0.122q^{1.398}$ react noticeably on the change of solar activity. The orbit perihelia of these comets have an excess near the longitude 13° . The second group obeys the relationship $\Delta H_{10} \approx 0.3q^{-0.919}$ and exhibits its activity in phases $\Phi=0.2$ and 0.8 of the solar activity cycle. The orbit perihelia of the comets of this group are concentrated near the longitude 80° . The second group is suggested to have been formed by means of the capture and the first one — by the eruptive mechanism.

Настоящая статья посвящена анализу и сравнению двух групп периодических комет, обнаруженных в [3]. Кратко напомним содержание этой работы. Изменение абсолютной яркости 36 короткопериодических комет семейства Юпитера представлено уравнением множественной регрессии

$$H_{10}(t, \Psi) = A + Bt + C\Psi, \quad (1)$$

где t — время от первого наблюденного появления кометы; Ψ — элонгация перигелия ее орбиты. Сопоставление параметра $\Delta H^{p_{10}} = BP$ (P — период обращения кометы) с перигелийным расстоянием q позволило выявить две группы комет. У первой — по мере увеличения q увеличивается и $\Delta H^{p_{10}}$, у второй — наблюдается обратная зависимость. Дальнейшие расчеты показали, что эти зависимости можно аппроксимировать следующим образом: $\Delta H^{p_{10}} \approx 0.122 q^{1.398}$ и $\Delta H^{p_{10}} \approx 0.3q^{-0.919}$. Среднее квадратичное отклонение (σ) составляет 0.448 и 0.267 соответственно. Предполагается, что первая группа состоит из кометных ядер со значительным содержанием минеральных примесей, а вторая — из ледяных ядер. Приведем результаты исследования обеих групп.

1. Обнаружено существенное различие между распределениями абсолютного блеска комет (в первом появлении) этих групп. Среднее значение \bar{H}_{10} для первой группы (16 комет) составляет 8.06^m ($\sigma=2.53$), а у второй группы (18 комет) оно значительно больше — 10.41^m ($\sigma=2.10$). Значимость * разницы между этими величинами составляет 0.99. Таким образом, есть некоторое основание считать, что вторая группа комет по возрасту намного старше первой, поскольку кометы этой группы в среднем более слабые.

2. Выяснилось, что кометы второй группы теряют блеск намного медленнее, чем кометы первой группы. Среднее значение параметра $\Delta H^{p_{10}}$ для этих групп составляет 0.331^m ($\sigma=0.267$) и 0.188^m ($\sigma=0.164$)

* Уровень значимости между двумя медианными величинами с известными σ определен с помощью таблиц [6].

соответственно. Значимость разницы между ними — 0.94. Эта особенность подтверждает вывод раздела 1 о возрасте групп.

3. Статистические расчеты показывают, что у комет первой группы параметр ΔH^p_{10} заметно зависит от значения абсолютной величины кометы в первом появлении (H^1_{10}). Коэффициент корреляции между этими величинами $r(H^1_{10}, \Delta H^p_{10}) = -0.703 \pm 0.126$. Следовательно, по мере «старения» комет этой группы темп снижения их блеска также уменьшается. В [7] показано, что у таких комет падение блеска описывается формулой

$$H_{10} = H^1_{10} + 2.5v \lg e \Delta \ln(1 - \xi),$$

где v — количество оборотов кометы вокруг Солнца; ξ — доля поверхности, заэкранированная нелетучим веществом. Эмпирическое уравнение в нашем случае имеет вид

$$\Delta H^p_{10} \approx 0.994 - 0.081 H^1_{10}. \quad (2)$$

При этом $\sigma = 0.178$. Попытка представить его в виде aH^b_{10} или $ae^{H_{10}}$ привела к неудаче, так как в этих случаях значение σ оказалось почти на полпорядка выше, чем в (2). Таким образом, у комет первой группы $\Delta H^p_{10} = \Delta H^p_{10}(H^1_{10}, q)$. Этим и объясняется то, что увеличение q у кометы Вольфа между появлениями 1918 V и 1925 X почти на 1 а. е. не привело к увеличению ΔH^p_{10} (соответственно 0.503 и 0.501^m до первого появления и после второго).

4. Мы попытались проверить уравнение регрессии между параметрами H^1_{10} и q . Для комет первой группы получено

$$H^1_{10}(q) \approx 10.73 - 1.31q, \quad (3)$$

т. е. чем больше q , тем ярче комета. Возникает вопрос: можно ли это соотношение полностью приписать эффекту селекции? Уравнение для второй группы

$$H^1_{10}(q) \approx 10.36 + 0.175q \quad (4)$$

дает отрицательный ответ на этот вопрос, так как коэффициент регрессии в данном случае оказался положительным, что противоречит эффекту селекции.

Итак, есть основание полагать, что коэффициент в (3) несколько завышен внешним фактором — эффектом селекции, а в (4), наоборот, занижен им. Уравнения (3) и (4) имеют противоположный ход, что является еще одной отличительной особенностью изучаемых групп комет.

5. Наблюдается заметная сепарация комет по расположению долгот перигелиев орбит. Обнаружено, что перигелии орбит семи комет первой группы расположены в интервале эклиптических долгот от 343 до 43°. Вероятность случайности, оцененная по биномальному распределению, оказывается около 0.02. Центр этого интервала (8.5°) близок к перигелию орбиты Юпитера (13°). Вторая группа комет не подчиняется этой закономерности. Более того, у нее есть своя область повышения концентрации перигелиев. Перигелии орбит 12 комет этой группы расположены в интервале 41—115°. Значимость этой концентрации (или избытка) выходит далеко за рамки случайности. Интересно, что афелии орбит комет второй группы концентрируются в той области, где существует избыток перигелиев долгопериодических комет. Возможно, что эта группа генетически связана с долгопериодическими кометами.

6. Известно, что распределение некоторых параметров по фазам Φ цикла солнечной активности характеризуется двумя максимумами. Один из них соответствует фазе 0.2, второй — фазе 0.7—0.8 [4]. В [1] показано, что эта особенность не распространяется на семейство пе-

риодических комет Юпитера. Это семейство в данном отношении характеризуется максимумом вблизи фазы 0.5. С этих же позиций мы изучали и обнаруженные две группы комет. Результаты оказались весьма неожиданными. Восемь объектов первой группы открыты в интервале фаз от 0.36 до 0.56, т. е. яркость комет этой группы увеличивается в основном вблизи максимума солнечной активности. В данном случае эта группа характеризуется той же особенностью, что и все семейство в целом. Во второй группе наблюдается совершенно противоположная картина. Вблизи максимума солнечной активности открыто всего две кометы, в то время как в интервалах фаз 0.14—0.34 и 0.60—0.75 — соответственно пять и шесть комет. Наблюдается то же самое двухвершинное распределение, которым характеризуется система долгопериодических комет. Это подтверждает предположение о генетической связи второй группы с долгопериодическими кометами.

Таблица 1. Распределение ΔH_{10} по фазам цикла солнечной активности для комет первой группы

$\Delta\Phi$	$\bar{\Phi}$	n	ΔH_{10}
0.93—0.07	0.00	4	-0.235 ^m
0.03—0.17	0.10	17	0.155
0.13—0.27	0.20	17	0.094
0.23—0.37	0.30	14	-0.015
0.33—0.47	0.40	8	0.203
0.43—0.57	0.50	11	0.742
0.53—0.67	0.60	14	0.121
0.63—0.77	0.70	12	-0.575
0.73—0.87	0.80	12	-0.167
0.83—0.97	0.90	14	-0.436

Таблица 2. Распределение ΔH_{10} по фазам цикла солнечной активности для комет второй группы

$\Delta\Phi$	$\bar{\Phi}$	n	ΔH_{10}
0.91—0.09	0.00	3	-1.624 ^m
0.01—0.19	0.10	7	1.024
0.11—0.29	0.20	8	1.161
0.21—0.39	0.30	4	-0.145
0.31—0.49	0.40	3	0.063
0.41—0.59	0.50	4	-0.373
0.51—0.69	0.60	6	-1.200
0.61—0.79	0.70	4	-0.138
0.71—0.89	0.80	4	0.560
0.81—0.99	0.90	6	-0.230

7. Закономерность, описанная в разделе 6, позволяет считать, что ледяные кометные ядра больше реагируют на изменение скорости и интенсивности корпускулярных потоков, а ядра, содержащие значительное количество минеральных примесей, более чувствительны к тем компонентам фотонного излучения Солнца, интенсивность которых достигает максимума вблизи фазы 0.5. К сожалению, этот вывод получен на основании очень ограниченного статистического материала. Поэтому необходимо искать новые аргументы для подтверждения этой идеи. Для этого мы решили исследовать флуктуации значений H_{10} в зависимости от фазы для обеих групп комет. Отобраны все значения данного параметра, отклоняющиеся от уравнения (1) по правилу «трех сигм» ($\Delta H_{10} = H_{10}(t, \Psi) - H_{10} \geq 3\sigma/\sqrt{n}$). Для обеих групп комет получено распределение $\Delta H_{10}(\Phi)$. В табл. 1 дано распределение для комет первой группы. Длина каждого интервала фаз определена по правилу Стерджеса. Среднее значение ΔH_{10} вычислено для десяти фаз цикла солнечной активности. Выяснилось, что, с одной стороны, в интервале фаз 0.43—0.57 величина ΔH_{10} достигает максимума, с другой — в этой эпохе наблюдается 11 раз увеличение и всего лишь два раза понижение H_{10} по сравнению с ожидаемым в рамках уравнения (1). Таким образом, вблизи максимума солнечной активности абсолютная яркость комет первой группы явно увеличивается. В табл. 2 содержатся аналогичные данные для второй группы комет. Здесь заметны максимумы в областях фаз 0.11—0.29 и 0.71—0.89. В этих интервалах наблюдается десять раз повышение H_{10} по сравнению с ожидаемым в рамках уравнения (1) и два раза уменьшение этого параметра. Итак, данные, представленные в разделе 7, полностью подтверждают справедливость выводов разделов 5 и 6.

8. Приведем еще один независимый аргумент в пользу основной идеи настоящей работы. В статистику можно включить все периодические кометы семейства Юпитера, обнаруженные в циклах 1—20 солнечной активности. Другими словами, снимается ограничение, касающееся количества появлений одной и той же кометы. Статистический анализ данных приводит к следующим выводам. Перигелии 13 из 25 комет, обнаруженных в фазе 0.40—0.59, расположены в области 334—58°. Вероятность случайности этого факта менее 0.01. Лишь у пяти комет перигелии орбиты находятся в области 43—131°. У 10 из 24 комет семейства Юпитера, открытых в фазах 0.11—0.29 и 0.79—0.89, перигелии орбит находятся в области 45—115°, а у шести — в области 359—45°. Таким образом, сопоставление динамических и физических параметров полностью подтверждает правильность сепарации комет на две группы.

9. Необходимо отметить, что исследованные группы комет отличаются и по среднему значению перигелийных расстояний: $\bar{q}_1 \approx 1.84$ а. е. ($\sigma = 1.146$) и $\bar{q}_2 = 1.421$ а. е. ($\sigma = 1.446$). Вероятность реальности разницы между ними не достигает 0.95. К этому вопросу придется еще вернуться, когда количество комет в группах увеличится.

В [3] две кометы (Швасмана—Вахмана 2 и Понса—Виннеке) были исключены из рассмотрения по причине их промежуточного положения в распределении $\Delta H^{p_{10}}(q)$. Данные настоящей работы показывают, что комета Швасмана—Вахмана 2 по всем параметрам подходит к первой группе (она открыта в фазе $\Phi = 0.55$, $H^{p_{10}} = 8.55$, $\Delta H^{p_{10}} = 0.29$, $q = 2.135$). Кроме того, специальные расчеты показали, что величина $\Delta H^{p_{10}}$ этой кометы постепенно уменьшается. Например, в первых четырех появлениях она составляла 0.42^m , потом уменьшилась до указанного значения. Как показано в разделе 3, эта черта присуща только кометам первой группы. Что касается кометы Понса—Виннеке, то по всем параметрам ($\Phi = 0.71$, $\Delta H^{p_{10}} = 0.25$, $q = 1.005$, долгота перигелия 266°) она подходит ко второй группе. Абсолютный блеск этой кометы увеличивается в фазах 0.2 и 0.8, что подтверждает этот вывод.

Возникает вопрос: можно ли допустить, что одна группа комет образовалась из другой в ходе каких-то эволюционных процессов? Если исходить из этого предположения, то естественно полагать, что вторая группа является «родоначальницей» первой группы. Такая же идея лежит в основе работы [5]. Эволюция здесь происходит следующим путем. Под воздействием фотонного и корпускулярного излучения Солнца ледяные кометные ядра постепенно теряют летучие компоненты, в результате чего со временем на их поверхности и в околоповерхностном слое соотношение лед — пыль изменяется в пользу второго. Это приводит к вековому падению блеска. Однако некоторые обстоятельства заставляют взглянуть на этот вопрос иначе. Если упомянутый механизм является единственной причиной существования двух групп, то вторая группа должна быть более поздней и в среднем более яркой. Но это явно противоречит разделам 1, 2. Имеются основания считать, что существуют два независимых источника пополнения семейства Юпитера. Первый источник следует искать в рамках классической теории захвата, а второй — по-видимому, действует в самой планетной системе. Однако нельзя считать, что переход отдельных комет из одной группы в другую, как единичное явление, полностью исключается.

В заключение следует сделать несколько замечаний о возможном соотношении количества комет в группах. Если судить по [3], то это соотношение будет в пользу второй группы (18 против 16). Если же иметь в виду уравнение (2), то можно полагать, что во второй группе могут находиться также бывшие члены первой группы, перешедшие в нее вследствие постепенного уменьшения параметра $\Delta H^{p_{10}}$. Однако

это относится только к кометам с большими перигелийными расстояниями орбиты. В самом деле, существует ряд очень слабых комет (Виртанена, Вольфа—Харрингтона, Рейнмута 2, Аренда, Аренда—Ригго), которые не показывают заметного падения блеска, но на диаграмме (ΔH^p_{10} , q) они близки ко второй группе. Не исключено, что некоторые из них являются перешедшими членами первой группы комет.

Кроме того, распределения N , H^p_{10} , r по фазам [1] показывают, что в семействе Юпитера по количеству комет доминирует первая группа. Подтверждается это и распределением афелиев орбит периодических комет вдоль орбиты Юпитера. Если даже учесть влияние условий видимости [2], то вторая группа, вероятно, охватывает не более 30—40 % всего семейства.

1. Гулиев А. С. О влиянии солнечной активности на открытие короткопериодических комет // Пробл. космич. физики.— 1983.— Вып. 20.— С. 39—43.
2. Гулиев А. С. Об одной асимметрии в распределении долгот перигелиев орбит периодических комет семейства Юпитера // Комет. циркуляр.— 1984.— № 333.— С. 2.
3. Гулиев А. С., Байрамов А. Ш. Новый статистический подход к изучению падения блеска комет // Кинематика и физика небес. тел.— 1988.— 4, № 1.— С. 30—34.
4. Добровольский О. В. Кометы.— М.: Наука, 1966.—288 с.
5. Добровольский О. В., Ибадинов Х. И., Герасименко С. И. Вековое падение блеска и строение ядер периодических комет // Докл. АН ТаджССР.— 1984.— 27, вып. 4.— С. 98—200.
6. Иванова В. М., Калинина В. Н., Нешумова Л. А., Решетникова И. О. Математическая статистика.— М.: Высш. шк., 1981.—368 с.
7. Шульман Л. М. Динамика кометных атмосфер. Нейтральный газ.— Киев: Наук. думка, 1972.—243 с.

Шемахин. астрофиз. обсерватория
АН АзССР

Поступила в редакцию 11.08.87,
после доработки 28.10.87