

doi: <https://doi.org/10.15407/kfnt2019.04.035>

УДК 523.94

А. С. Гулиев, Г. А. Гасымов

Шамахинская астрофизическая обсерватория им. Н. Туси
Национальной академии наук Азербайджана
пос. Ю. Мамедалиева, Шамахинский район, Азербайджан
Бакинский инженерный университет, Баку, Азербайджан
quliyevayyub@gmail.com, hqasimov@beu.edu.az

О влиянии солнечной активности на открытие комет различных классов

В работе изучается распределение дат открытия комет по фазам 11-летнего цикла Солнечной активности (СА) для четырех групп: долгопериодические кометы (ДПК) с периодом обращения больше 200 лет; периодические кометы (ПК) семейства Юпитера; ДПК, имеющие слабый абсолютный блеск; одна группа ДПК с перигелиями вблизи перпендикулярной к эклиптической плоскости. Анализ охватывает кометы, найденные до начала 24-го цикла. Ранее сделанный вывод о различии ПК и ДПК подтверждается. Установлено, что одинарный максимум в распределении ПК соответствует послемаксимумной эпохе СА. У слабых ДПК подобный максимум отсутствует. Выделенная группа ДПК также имеет отличительное распределение по СА. Во всех случаях период спада циклов доминирует по количеству открытий комет.

Ключевые слова: кометы, солнечная активность, открытие, статистика.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о влиянии солнечной активности (СА), в частности 11-летнего цикла на распределении кометных параметров широко обсуждался в литературе. Этому вопросу было уделено много внимания в монографии Добровольского [4]. Многочисленные зависимости кометных параметров от СА представлены в диссертации З. Секанина [9]. Объектами исследования этих работ стали следующие кометные характеристики: блеск в эпохе открытия; абсолютный блеск, гелио- и геоцентрические расстояние кометы в момент открытия кометы; годовое число кометных открытий в различных периодах; фотометрические

параметры комет из формулы Орлова; среднее перигелийное расстояние комет в различных фазах СА и т. д. Сворен [10], используя данные циклов 9...22, также обнаруживал множество зависимостей кометного блеска от СА. Наличие устойчивой зависимости кометных параметров от 11-летнего цикла СА можно считать доказанным. При этом некоторые показатели показывают двухвершинный ход распределения, где максимумы соответствуют периоду подъема и спада циклов. Недавняя работа Гулиева и Гасымова [7] подтвердила реальность такого распределения для ДПК.

В работе [2] Гулиев, исследуя частоты кометных открытий за 11-летний цикл СА, доказал обособленность ПК в этом отношении, так как для них присущ одновершинный максимум, не совпадающий с максимумами для ДПК и соответствующий послемаксимумной эпохе СА. Используя данную особенность автор сделал вывод о различиях физического свойства ядер двух классов комет. Более детально этот вопрос рассматривался в работе [3], где было установлено, что ДПК, открытые на различных фазах СА, отличаются между собой и по динамическим характеристикам. С момента выхода в свет работы [2] прошло больше трех десятилетий, а в кометные списки добавились многочисленные новые объекты. Учитывая важность вопроса, мы сочли необходимым вернуться к нему еще раз и как минимум проанализировать общую совокупность некоторых кометных характеристик после учета данных по двум циклам СА (22 и 23). Следует также иметь в виду, что по количеству кометных характеристик эти два цикла превосходят все предыдущие циклы, вместе взятые.

ПОСТАНОВКА ВОПРОСА И ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ

Напомним, что в работе [3] автор вместо традиционной формулы определения фазы СА в эпоху t открытия кометы, использованной в цитируемых работах Добровольского, Секанина и др.,

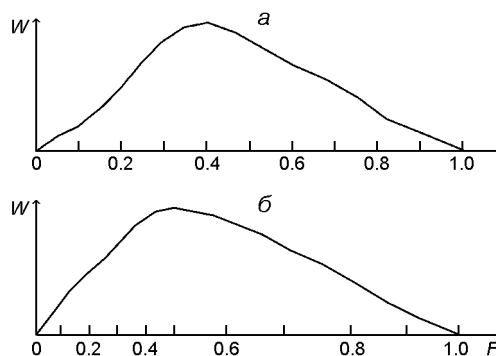
$$F = \frac{t - T_1}{T_2 - T_1}, \quad (1)$$

использовал более совершенную формулу

$$F = \frac{t - T_1}{2(T_{\max} - T_1)}, \quad \text{если } t - T_{\max} < 0, \quad (2)$$

$$F = \frac{t - T_{\max}}{2(T_2 - T_{\max})}, \quad \text{если } t - T_{\max} > 0,$$

Здесь t — момент открытия кометы, T_1 и T_2 — даты последовательных минимумов СА, T_{\max} — дата максимума между ними. При определении дат T_1 , T_2 и T_{\max} использованы ряды чисел Вольфа. Отличие выражения (2) от (1) заключается в том, что при таком определении



Схематическое изображение определения фазы солнечной активности при применении формул (1) и (2) — фрагменты *а* и *б* соответственно

фазы СА максимум всегда соответствует фазе 0.5. При старом определении фазы [4, 9] максимум колеблется в широком интервале F и не всегда совпадает со значением 0.5. Графически определение фазы на базе этих двух формул показано на рисунке (фрагменты *а* и *б* соответственно). Ясно, что эти графики носят схематический характер и демонстрируют изменение числа Вольфа W и фазы F в течение 11 лет. Как и в работе [7], даты минимумов и максимумов заимствованы из сайта NASA [https://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/spot_num.txt].

Следует также добавить, что в некоторых анализах Секанина параметр t означает момент прохождения кометы через перигелий. То есть, определяется фаза солнечного цикла при прохождении кометой ее перигелия. В нашей работе через t обозначается момент открытия кометы.

В настоящей работе мы будем анализировать зависимости дат открытия комет от фазы 11-летнего цикла солнечной активности (СА). Будут рассмотрены четыре группы комет.

Группа 1. ДПК с периодом обращения больше 200 лет. Анализ коснется 852 комет, наблюдавшихся за 1-й...23-й циклы СА.

Группа 2. ПК семейства Юпитера, имеющих афелийные расстояния менее 7 а. е. Их открытие в зависимости от фазы 1-го...23-го циклов СА будет анализироваться в более широком контексте. Для сравнения заметим, что в работе [3] анализ охватывал данные циклов 1...21, которым соответствовали всего 98 периодических комет. В период 22-го...23-го циклов СА их количество увеличилось до 403.

Группа 3. Слабые ДПК, абсолютная звездная величина которых находится в пределах, присущих большинству периодических комет семейства Юпитера. Эти кометы условно будем называть «абсолютно слабыми». Речь идет о кометах, имеющих относительно низкое значение H_{10} по шкале Всехсвятского [1]. Если они на самом деле являются последней стадией эволюции некоторой части ДПК, то это должно проявиться в соответствующем распределении $N(F)$.

Группа 4. ДПК, перигелии или афелии которых образуют на небесной сфере полосу X , где их количество значительно больше, чем

в аналогичных зонах [6]. Не исключено, что кометы, создающие эту полосу, могут представлять самостоятельный интерес в контексте исследования влияния СА на кометы.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА КОЛИЧЕСТВА ОТКРЫТИЙ ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТ

В данном случае анализ охватывает 852 кометы, открытые в 1755—2008 гг. Список комет начинается кометой C/1757 R1 и заканчивается кометой C/2008 Y3. При этом кометы с признаками взаимного родства (близнецы или пары) были исключены из рассмотрения с условием оставления в списке лишь одного члена.

Для каждой кометы из полученного списка комет вычислены значения показателя F . В таблице приведено распределение количества N открытий ДПК (группа 1) по десяти интервалам F . Для корректности анализа следует иметь в виду, что общая продолжительность до- и послемаксимумных эпох СА за период 1755—2009 гг. составляет 103 и 156 лет соответственно, а их соотношение равно 1.51. Это означает, что для проведения полноценного сравнения величины, соответствующие домаксимумной эпохе, должны быть умножены на этот коэффициент. Полученное таким образом распределение здесь и в дальнейшем будем обозначать через $N_{эф}$.

Как видно из таблицы, двухвершинность распределения $N(F)$, замеченная во многих работах, сохранилась. Пики соответствуют интервалам $F = 0.2...0.3$ (81 открытие) и $F = 0.7...0.8$ (123 открытия). Более детальный анализ значений F путем смещения границы его интервала показывает, что более насыщенными диапазонами являются $0.16...0.26$ (94 открытия) и $0.74...0.84$ (136 открытия).

Кроме того, обращает на себя внимание асимметричность количества комет относительно эпохи максимума. Как видно из данных таблицы, эпохам подъема и спада СА соответствуют 457 и 549 открытий (с учетом данных $N_{эф}$). Она вряд ли случайна, и как будет видно далее, присуща и другим кометным группам.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА КОЛИЧЕСТВА ОТКРЫТИЙ КОМЕТНОГО СЕМЕЙСТВА ЮПИТЕРА

Наш соответствующий список начинается с кометы 3D/1772, (кометы Биэла), которая разрушилась и превратилась в метеорный поток, и заканчивается кометой P/2008 Y2. Из 403 комет 302 пронумерованы, 7 считаются утерянными и имеют соответствующее обозначение D. Для определения дат открытия рассматриваемых комет использован сайт NASA [<https://www.jpl.nasa.gov>]. Кометы главного пояса (так называемые MBCs) отдельно не рассматриваются, их пока мало, и на общую статистику они не влияют. Из таблицы видно (группа 2), что максимальное количество рассматриваемых комет семейства Юпитера при-

Распределения $N(F)$ и $N_{эф}$ для комет разных групп

Количество открытий	Интервалы F									
	0...0.1	0.1...0.2	0.2...0.3	0.3...0.4	0.4...0.5	0.5...0.6	0.6...0.7	0.7...0.8	0.8...0.9	0.9...1.0
Группа 1. Долгопериодические кометы										
N	51	63	81	48	60	97	99	123	116	114
$N_{эф}$	77	95	122	72	91	97	99	123	116	114
Группа 2. Кометы семейства Юпитера ($Q < 7$ а. е.)										
N	13	15	27	28	36	69	66	50	42	57
$N_{эф}$	20	23	41	42	54	69	66	50	42	57
Группа 3. ДПК, имеющие слабый абсолютный блеск										
N	8	6	11	9	9	11	16	21	14	10
$N_{эф}$	12	9	17	14	14	11	16	21	14	10
Группа 4. ДПК, перигелии которых концентрируются вблизи плоскости (3)										
N	9	6	10	5	7	13	13	16	14	18
$N_{эф}$	16	10	16	8	11	13	13	16	14	18

ходится на интервал $F = 0.5...0.6$ ($N = 69$), а минимальное — на интервал $F = 0...0.1$ ($N = 13$). И здесь, чтобы нормировать данные таблицы с учетом асимметрии СА, данные на эпохи $0...0.5$ умножены на 1.51. Однако даже с учетом этого фактора можно утверждать, что частота открытия комет семейства Юпитера в период спада СА почти в 1.6 раза превышает аналогичное значение за период подъема. В долгопериодических кометах эта асимметрия выражена слабее (1.2), для них присуще двухвершинное распределение N по F , в котором максимальные численности друг от друга отличаются не сильно (122 и 123 соответственно).

В работе [2] сделан вывод о том, что причиной данного отклонения для рассматриваемых комет, по-видимому, следует искать в специфике физических свойств их ядер. В любом случае оно может быть связано с космогоническими факторами. Видимо, ядра этих двух классов комет формируются в различных районах Солнечной системы (например, в поясе Койпера и зоне Оорта). Для внесения ясности в этот вопрос требуются дополнительные исследования.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ДПК, ИМЕЮЩИХ СЛАБЫЙ АБСОЛЮТНЫЙ БЛЕСК

Поскольку в рассматриваемом контексте отличие комет семейства Юпитера от ДПК подтверждается, будем акцентировать некоторое внимание на анализе абсолютно слабых объектов среди последних. Такой подход связан с доминирующей точкой зрения о том, что ПК являются последней стадией эволюции некоторой части ДПК. Если это действительно так, то следует ожидать некоторой аналогии между

ДПК, имеющими слабый абсолютный блеск, и ПК семейства Юпитера.

Поскольку абсолютный блеск большинства ПК слабее 9^m , за основу анализа брались именно такие ДПК, и для них строилась зависимость $N(F)$ (см. таблицу, группа 3). Анализ касается 115 комет с датами открытия в 1755—2008 гг. Используются данные из монографии Всехсвятского [1] и ее многочисленных дополнений. Построенная зависимость $N(F)$ для абсолютно слабых ДПК (группа 3) существенно не отличается от зависимости для обычных ДПК (группа 1). Здесь также наблюдаются слабо выраженные максимумы в интервалах 0.2...0.3 и 0.7...0.8. Следовательно, абсолютно слабые ДПК в данном контексте не отличаются от других и не имеют ничего общего с ПК семейства Юпитера. Анализ значений $N_{\text{эф}}$ в этом распределении показывает несколько меньшую асимметрию относительно спада/подъема СА (1.14).

ОСОБАЯ ГРУППА ДПК, ПЕРИГЕЛИИ КОТОРЫХ КОНЦЕНТРИРУЮТСЯ ВБЛИЗИ ОДНОЙ ПЛОСКОСТИ

Как показано в работе [6], распределение перигелиев или афелиев орбит этих ДПК в основном характеризуется статистически достоверной перенаселенностью в полосе вблизи большого круга небесной сферы с параметрами:

$$I_p = 86.18, \quad p = 271.74, \quad (3)$$

где параметры I_p и p — его наклон и долгота восходящего узла. Наличие такой полосы в цитируемом источнике интерпретировано в пользу возможности существования массивного планетного тела — источника ДПК. Так или иначе, этот вопрос может представлять самостоятельный интерес в контексте рассматриваемой задачи. Для выяснения такой возможности мы выделили 111 обнаруженных в 1755—2008 гг. комет, перигелии или афелии которых отклоняются от данной плоскости в пределах $\pm 5^\circ$. Распределения N и $N_{\text{эф}}$ для этих объектов также приведены в таблице (группа 4). Как видно, в них в основном доминирует элемент случайности. Даже кажущийся максимум ($N = 18$) на общем фоне статистически несущественен. Сравнение данных таблиц для групп 1 и 4 показывает обособленность рассматриваемой группы, что весьма любопытно с точки зрения космогонии комет.

ВЫВОДЫ

1. Анализ построенных для различных кометных групп распределения $N(F)$ показывает одну общую особенность: открытия комет в период

спада СА делаются значительно чаще, чем в период подъема. Такой вывод делается впервые.

2. Двухвершинность в распределении $N(F)$ для долгопериодических комет, отмеченная в работах Секанина, Добровольского и других исследователей, подтверждается на базе большего статистического материала.

3. Наличие заметного максимума в распределении $N(F)$ периодических комет семейства Юпитера вблизи фазы $F = 0.6$, обнаруженного ранее Гулиевым [2, 3], подтверждается на базе большего статистического материала.

4. ДПК, имеющие слабый абсолютный блеск, судя по распределению $N(F)$, не имеют ничего общего с ПК семейства Юпитера, что должно быть учтено в вопросе происхождения последних.

5. Группа ДПК, перигелии или афелии которых концентрируются вблизи плоскости (3), имеет случайное распределение $N(F)$ и обособленность на фоне общей совокупности наблюдаемых долгопериодических комет. Эта деталь также может быть использована в выяснении природы концентрации кометных перигелиев вблизи указанной плоскости.

6. Следует учитывать, что долгопериодические кометы по современным представлениям состоят из двух динамических групп: «динамически новые кометы» и «возвращающиеся». В некоторых исследованиях предполагается, что динамически новые кометы более активны [5]. Поэтому их можно наблюдать на более далеких расстояниях от Солнца, и период их активности может быть более продолжительным во времени. Этот факт будет учитываться в нашем дополнительном анализе.

1. Всехсвятский С. К. *Физические характеристики комет*. Москва, 1958. 585 с.
2. Гулиев А. С. О влиянии солнечной активности на открытие короткопериодических комет. *Проблемы косм. физики*. 1985. 20. С. 39—43.
3. Гулиев А. С. О распределении кометных параметров по одиннадцатилетнему циклу солнечной активности. *Кинематика и физика небес. тел.* 1990. 6, № 4. С. 68—73.
4. Добровольский О. В. *Кометы*. М.: Наука. 1966. 288 с.
5. A'Hearn M. F., Millis R. L., Schleicher D. G., Osip D. J., Birch P. V. The ensemble properties of comets: Results from narrowband photometry of 85 comets, 1976—1992. *Icarus*. 1995. 118. № 2. P. 223—270.
6. Guliyev A. S., Guliyev R. A. System of long-period comets as indicator of the large planetary body on the periphery of the Solar System. *Acta Astronomica*. 2019. 69, № 2. P. 177—203.
7. Guliyev A. S. Qasimov H., Farhadova T. Distribution of parameters of long-period comets in of the phase 11-year solar activity cycle. *J. Baku Engin. Univ.* 2017. 2. P. 181—185.
8. Marsden B. G., Williams G. V. *Catalogue of cometary orbits*. 17-th edition. Cambridge. SAO-207P. 2008.
9. Secanina Z. *An analysis of some problems of cometary physics based on photometrical*

data. The C. Sc. Thesis. Prague, 1962. 2. P. 187—347.

10. Svoreň J. Distribution of brightenings of periodic comets during solar activity cycles 9–22. *Planet. and Space Sci.* 2015. 118. P. 176—180.

REFERENCES

1. Vsekhsvyatskiy S. K. (1958) *Physical characteristics of comets*. Moscow. 585 p.
2. Guliyev A. S. (1985) On the influence of solar activity on the discovery of short-period comets. *Problemy kosm. fiziki. Probl. Space Phys.* 20. 39—43.
3. Guliyev A. S. (1990) Distribution of cometary parameters over the 11-yr solar activity cycle. *Kinematics Phys. Celestial Bodies.* 6(4). 67—72.
4. Guliyev A. S., Guliyev R. A. (2018) The hypothesis of a large planetary body on the periphery of the solar system. *Reports of the Russian section of the International Academy of Sciences (ecology and health)*, M. № 1. 90—93.
4. Dobrovolskiy O. V. (1966) *Comets*. M.: Science. 288 p.
5. A'Hearn M. F., Millis R. L., Schleicher D. G., Osip D. J., Birch P. V. (1995) The ensemble properties of comets: Results from narrowband photometry of 85 comets, 1976-1992. *Icarus.* 118(2). 223—270.
6. Guliyev A. S., Guliyev R. A. (2019) System of long-period comets as indicator of the large planetary body on the periphery of the Solar System. *Acta Astronomica.* 69(2). 177—203.
7. Guliyev A. S., Qasimov H., Farhadova T. (2017) Distribution of parameters of long-period comets in of the phase 11-year solar activity cycle. *J. Baku Engin. Univ.* 2. 181—185.
8. Marsden B. G., Williams G. V. (2008) *Catalogue of cometary orbits*. 17-th edition. Cambridge. SAO-207P.
9. Secanina Z. (1962) *An analysis of some problems of cometary physics based on photometrical data*. The C. Sc. Thesis. Prague, 2. 187—347.
10. Svoreň J. (2015) Distribution of brightenings of periodic comets during solar activity cycles 9-22. *Planet. and Space Sci.* 118. 176—180.

A. S. Guliyev, P. A. Gasimov

Шамахинська астрофізична обсерваторія ім. Н. Тусі
Національної академії наук Азербайджану
Бакинський інженерний університет, Баку, Азербайджан

ПРО ВПЛИВ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ НА ВІДКРИТТЯ КОМЕТ РІЗНИХ КЛАСІВ

В роботі вивчається розподіл дат відкриття комет по фазах 11-річного циклу сонячної активності (СА) для чотирьох груп: довгоперіодичні комети (ДПК) з періодом обертання більше 200 років, періодичні комети (ПК) сімейства Юпітера, ДПК із слабким абсолютним блиском, одна група ДПК з перигеліями поблизу площини, перпендикулярної до екліптики. Аналіз стосується комет, відкритих до початку 24-го циклу. Раніше зроблений висновок про відмінність ПК і ДПК підтверджується. Встановлено, що одинарний максимум у розподілі ПК припадає на післямаксимумну епоху СА. У слабких ДПК подібного максимуму немає. Виділена група ДПК також має інший розподіл по СА. У всіх випадках період спаду циклів домінує по кількості відкриттів комет.

Ключові слова: комети, сонячна активність, відкриття, статистика.

A. S. Guliyev, H. A. Qasimov

Shamakhy Astrophysical Observatory named after N. Tusi
of the Azerbaijan National Academy of Sciences
Baku Engineering University, Baku, Azerbaijan

THE INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY ON THE DISCOVERY
OF COMETS OF VARIOUS CLASSES

The article studies the distribution of the dates of comets discovery on the phases of the 11-year solar activity cycle (SA) for 4 groups: long-period comets (LPC) with the period of more than 200 years; periodic comets (PC) of the Jupiter family; LPC having a weak absolute brightness; one group of comets having perihelion near the plane perpendicular to the ecliptic. The analysis covers comets found before the start of the 24th cycle. The earlier conclusion about the difference between PC and LPC is confirmed. It has been established that a single maximum in the PC distribution corresponds to the post-maximum era of SA. Weak LPC have no such maximum. The selected LPC group also has a distinctive distribution regarding to SA. In all cases, the period of decline of the cycles is dominated by the number of cometary discoveries.

Key words: comets, solar activity, discovery, statistics.

Стаття надійшла до редакції 13.02.2019

Після доопрацювання 12.06.2019

Прийнята до друку 11.10.2019