

УДК 523.64

К. И. Чурюмов¹, В. С. Филоненко², Л. С. Чубко³

¹Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко
04053 Киев-53, ул. Обсерваторная 3

²Научно-исследовательский институт астрономии
Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина
65022 Харьков-22, ул. Сумская 35

³Национальный авиационный университет
03058 Киев, пр. Космонавта Комарова 1

Эволюция кривой блеска кометы Темпеля 1, 9P с 1867 по 2005 гг.

Построены и исследованы кривые блеска периодической кометы Темпеля 1, 9P в появлениях 1972, 1983, 1994 и 2005 гг. Определены значения фотометрических параметров H_0 , n и H_{10} в этих появлениях кометы. Исследованы вековые вариации блеска кометы. Кривая блеска кометы вблизи момента искусственного столкновения с импактором хорошо соответствует изменению производительности молекул воды. Представленные результаты актуальны с точки зрения возможного изменения в результате искусственного удара фотометрических параметров кометы и долговременной эволюции активности кометного ядра.

ЕВОЛЮЦІЯ КРИВОЇ БЛИСКУ КОМЕТИ Темпеля 1, 9P З 1867 ПО 2005 РР., Чурюмов К. І., Філоненко В. С., Чубко Л. С. — Побудовано і досліджено криві блиску періодичної комети Темпеля 1, 9P в її появах 1972, 1983, 1994 і 2005 рр. Отримано значення фотометричних параметрів H_0 , n і H_{10} в цих появах. Досліджено вікові варіації блиску комети. Крива блиску комети поблизу моменту штучного зіткнення з імпактором добре відповідає зміні продуктивності молекул води. Представлені результати актуальні з точки зору можливих змін внаслідок штучного удару фотометричних параметрів комети та довготривалої еволюції кометного ядра.

TEMPORAL EVOLUTION OF THE LIGHT CURVE FOR THE COMET TEMPEL 1, 9P FROM 1867 TO 2005, by Churyumov K. I., Filonenko V. S., Chubko L. S. — Light curves of integrated visual brightness for the periodic comet Tempel 1, 9P during 1972, 1983, 1994, and 2005 appearances were constructed and studied. The values of photometrical parameters H_0 , n , and H_{10} were calculated and secular fading was studied for the comet. The light curve of the comet near the impact time was constructed and compared with comet's water production rate. The photometrical peculiarities of the comet and long-term evolution of comet's activity will probably change after the impact.

ВВЕДЕНИЕ

4 июля 2005 г. была успешно завершена космическая миссия «Deep Impact» к короткопериодической комете Темпеля 1, 9P. Возможно, что после искусственного воздействия (удара) на ядро кометы характер ее активности и фотометрическая эволюция изменятся.

Цель работы — изучить фотометрические особенности и изменение фотометрического поведения кометы во всех наблюдаемых ее появлениях.

Комета Темпеля 1, 9P была открыта в 1867 г., наблюдалась в появлениях 1873 и 1879 гг. В 1881 г. она прошла на расстоянии 0.55 а. е. от Юпитера, в результате чего орбита ее изменилась, и комета была утеряна. Вновь переоткрыли ее только в 1967 г. Начиная с 1972 г. комета наблюдается в каждом своем появлении (период около 5.5 лет). Однако достаточное для анализа фотометрического поведения количество наблюдений было получено только для появлений кометы 1972, 1983, 1994 и 2005 гг.

Для анализа было использовано более 1100 оценок интегрального визуального блеска кометы, опубликованных в архивах International Comet Quarterly, Comet Section of British Astronomical Association и на сайтах интернета. Все оценки блеска были редуцированы к стандартной апертуре телескопа [11], после чего выводились среднесуточные значения видимого блеска m_1 кометы. Эти значения были приведены к единичному геоцентрическому расстоянию Δ по формуле

$$m_{\Delta} = m_1 - 5\lg\Delta.$$

Изменение интегрального блеска комет с гелиоцентрическим расстоянием (кривые блеска) обычно описываются формулой С. В. Орлова

$$m_{\Delta} = H_0 + 2.5n\lg r,$$

где m_{Δ} — гелиоцентрическая звездная величина кометы, H_0 — абсолютная звездная величина, n — фотометрический параметр, r — гелиоцентрическое расстояние кометы.

Для исследования вековой эволюции кометной активности большое значение имеет абсолютная звездная величина H_{10} , введенная С. К. Всехсвятским:

$$H_{10} = m_1 - 5\lg\Delta - 10\lg r.$$

Фотометрические параметры кометы Темпеля 1, 9P для всех появлений

Появление	H_0	n	H_{10}	Примечания	Литературный источник
1867 II	—	— ^m	8.4 ^m	—	[5]
1873 I	—	—	9.2 ^m	—	[5]
1879 III	—	—	10.4 ^m	—	[5]
1972 V	—	—	12.0±0.1 ^m	—	[6]
1972 V	10.57±0.35 ^m	3.00±0.64 ^m	9.75±0.09 ^m	до перигелия	данная работа
1978 II	—	—	13.94 ^m	—	[7]
1983 XI	5.36±0.15 ^m	—	8.61±0.03 ^m	вся кривая	[8]
1983 XI	5.82±0.26 ^m	9.04±0.50 ^m	8.47±0.06 ^m	вся кривая	данная работа
1983 XI	5.30±0.16 ^m	10.02±0.28 ^m	8.64±0.03 ^m	до перигелия	[8]
1983 XI	5.96±0.28 ^m	8.82±0.51 ^m	8.55±0.07 ^m	до перигелия	данная работа
1983 XI	7.86±3.06 ^m	10.15±0.29 ^m	8.25±0.15 ^m	после перигелия	[8]
1983 XI	5.99±1.41 ^m	8.36±3.02 ^m	8.01±0.14 ^m	после перигелия	данная работа
1994	5.23±0.19 ^m	10.41±0.35 ^m	8.62±0.06 ^m	до перигелия	данная работа
2005	7.19±0.42 ^m	8.05±0.71 ^m	9.37±0.08 ^m	до перигелия	данная работа

Значения фотометрических параметров H_0 , n и H_{10} , полученные нами для 1972, 1983, 1994 и 2005 гг., а также взятые из работ [1—4], приведены в таблице.

Кривая визуального интегрального блеска комет характеризует изменение их активности во времени и с изменением гелиоцентрического расстояния. Сравнение кривых блеска короткопериодических комет в разных появлениях дает информацию об эволюции кометной активности и о ее связи с солнечной активностью и с факторами межпланетного пространства.

Кривые блеска кометы Темпеля 1, 9P до перигелия очень похожи во всех четырех рассматриваемых появлениях (рис. 1). Как можно видеть, пики блеска кометы, которые соответствуют максимумам вспышек блеска, а также минимумы блеска, которые соответствуют началу вспышек блеска, приходятся практически на одинаковые гелиоцентрические расстояния во всех четырех появлениях (детали, о которых идет речь, помечены на рис. 1 стрелками). Впервые подобное явление было обнаружено у кометы Темпеля 2, 10P [5, 8]. В работе [6] было показано, что эта особенность вспышечной активности типична для всех наблюдавшихся комет.

К сожалению, из-за плохих условий наблюдений послеперигелийная кривая блеска кометы Темпеля 1, 9P может быть построена только для появлений 1983 и 2005 гг., и то только по 49 оценкам блеска (24 оценки в 1983 г. и 25 оценок в 2005 г.). Таким образом, изменение блеска кометы после перигелия не может быть детально изучено.

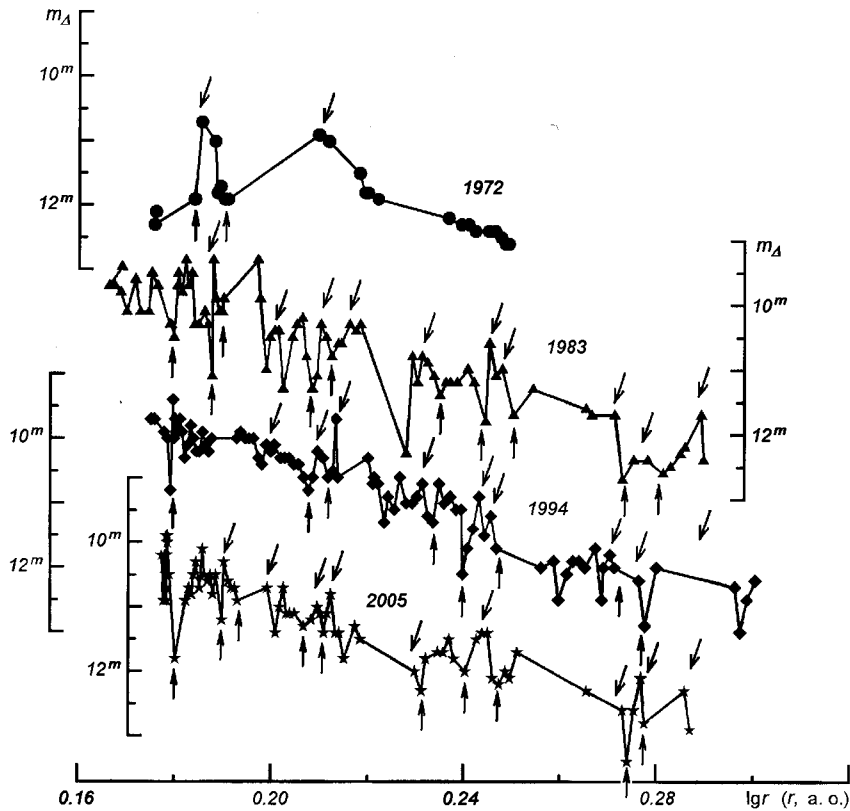


Рис. 1. Кривые блеска кометы Темпеля 1, 9P до перигелия в появлениях 1972, 1983, 1994 и 2005 гг. Стрелки — моменты максимумов и минимумов

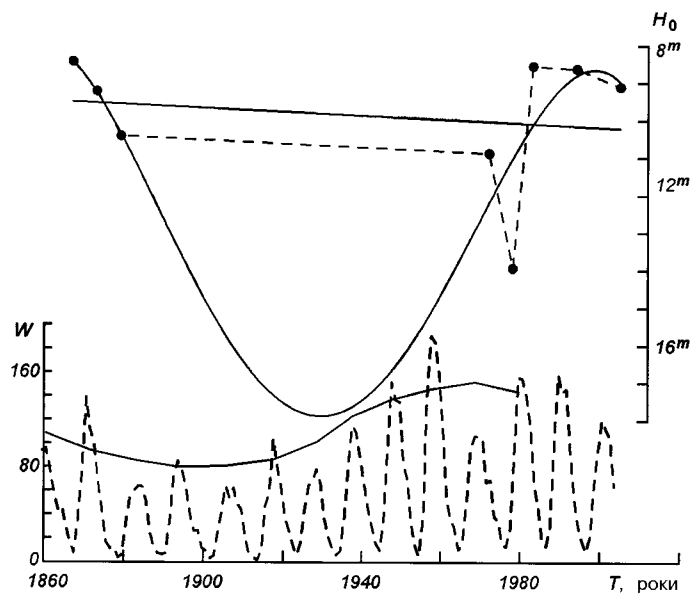


Рис. 2. Вековое уменьшение блеска H_0 кометы Темпеля 1, 9P (точки — наблюдения, прямая — их линейная аппроксимация, синусоида — 90-летний цикл солнечной активности). Внизу — изменения чисел Вольфа W (штриховые линии) и их сглаженные значения (сплошная линия)

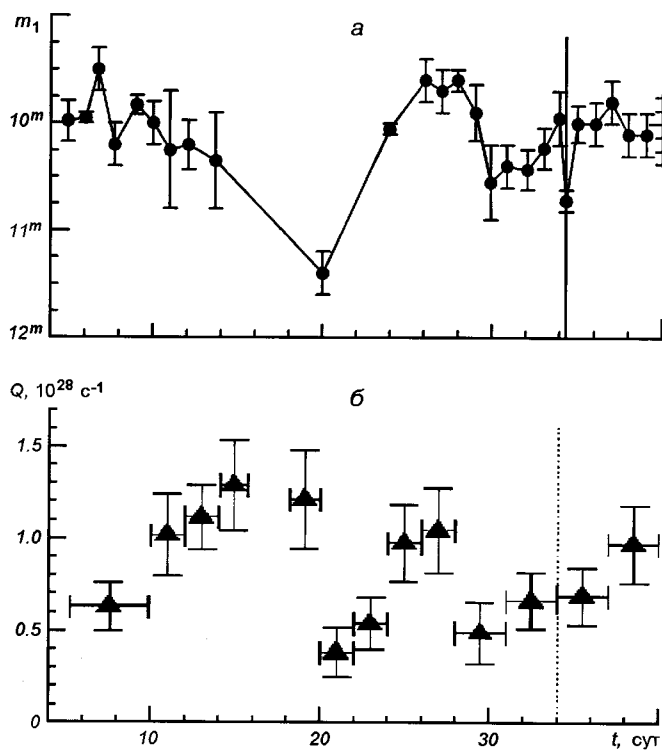


Рис. 3. Кривая блеска кометы Темпеля 1, 9P вблизи момента столкновения с импактором (а) и изменение производительности молекул воды [7] (б). Вертикальная линия — момент удара

Вековые вариации блеска. Изучение особенностей векового падения блеска кометы Темпеля 1, 9P важно с точки зрения возможного влияния искусственного удара на фотометрическую эволюцию кометы. Изменение абсолютной звездной величины H_{10} показано на рис. 2, построенном по данным таблицы. Если вековое изменение блеска периодических комет считать линейным, то среднее значение векового падения блеска кометы составляет 0.0060^m за год, или около 0.04^m за период орбитального вращения. Это значение хорошо соответствует среднему значению векового падения блеска для короткопериодических комет семейства Юпитера (0.05^m за орбитальный период [13]).

Однако, как видно на рис. 2, вековое изменение блеска этой кометы (как и большинства других периодических комет) вряд ли линейно. Вековые вариации блеска (штриховая линия на верхней части рис. 2) хорошо соответствуют 11-летнему циклу солнечной активности (штриховая линия на нижней части рис. 2). К сожалению, комета не наблюдалась почти сто лет, однако можно предположить, что вековые вариации блеска этой кометы коррелируют не только с 11-летним, но и с вековым 90-летним циклом солнечной активности (сплошные кривые на рис. 2). Связь вековых колебаний блеска ряда других периодических комет была обнаружена нами ранее [9].

Вариации блеска кометы до и после столкновения с импактором.

Кривая блеска кометы вблизи момента удара приведена на рис. 3, а. Видно, что комета была активной до и после столкновения импактора с ядром. Мощная вспышка блеска началась 22 июня 2005 г. и достигла максимума 27 июня. Следующая вспышка началась 2 июля, и ее максимум наступил 4 июля — непосредственно перед столкновением. Удар импактора породил искусственную вспышку блеска, которая началась в момент удара и развивалась во времени, достигнув максимума только 6—7 июля, но ее амплитуда не превысила 0.7^m .

Построенная нами кривая интегрального визуального блеска хорошо соответствует узкополосным фотометрическим наблюдениям, выполненным наземными инструментальными средствами [10, 12]. По этим наблюдениям производительность газа после удара увеличилась и достигла максимума через 1-2 сут после удара, а к исходному состоянию активность кометы вернулась лишь через 6 сут после удара. Также ход построенной нами кривой блеска хорошо коррелирует с изменением производительности молекул воды [7] (рис. 3, б).

ВЫВОДЫ

Построена и изучена кривая блеска короткопериодической кометы Темпеля 1, 9P во всех наблюдаемых появлениях. Определены значения фотометрических параметров H_0 , n и H_{10} . Показано, что вековое падение блеска кометы составляет 0.006^m за год, или 0.04^m за орбитальный период кометы.

Показано, что вариации блеска кометы вблизи даты столкновения с импактором хорошо соответствуют ходу изменения производительности молекул воды.

Работа частично поддержана грантом ДФФД МОН Украины Ф25.1/127.

1. Андриенко Д. А., Карпенко А. В. Физические характеристики комет 1976—1980. — М.: Наука, 1987.—152 с.

2. Андриенко Д. А., Карпенко А. В. Физические характеристики комет 1981—1985. — Киев, 1993.—270 с.
3. Всехсвятский С. К. Физические характеристики комет. — М.: Наука, 1958.—575 с.
4. Всехсвятский С. К. Физические характеристики комет 1971—1975. — Киев, 1979.—115 с.
5. Чурюмов К. И., Филоненко В. С. Кривая блеска короткопериодической кометы Темпель 2 и новый критерий выбора механизма вспышечной активности комет // Письма в Астрон. журн.—1992.—18, № 10.—С. 922—927.
6. Чурюмов К. И., Филоненко В. С. О неравномерном распределении вспышек яркости комет по гелиоцентрическому расстоянию // Астрон. Вестн.—1997.—31, № 1.—С. 43—45.
7. Bensch F., Melnick G. J., Neufeld D. A., et al. SWAS Observations of Comet 9P/Tempel 1 and Deep Impact // Astrochemistry: Recent Successes and Current Challenges: Proceedings of the 231st Symposium of the International Astronomical Union. — Cambridge: Univ. Press, 2005.—P. 489—490.
8. Churyumov K. I., Filonenko V. S. Light curve of short-period comet Tempel 2 and new criterion for selecting a mechanism of cometary outburst activity // Observations and Physical Properties of Small Solar System Bodies: Proceedings of the 30th Liege International Astrophysical Colloquium. — Liege, 1992.—P. 295—297.
9. Filonenko V. S., Churyumov K. I. New peculiarity of absolute brightness secular variations of short-period comets // 38th Lunar and Planetary Science Conference, (Lunar and Planetary Science XXXVIII), held March 12—16, 2007 in League City, Texas. LPI Contribution N 1338.—P. 1509.
10. Meech K. J., Ageorges N., A'Hearn M. F., et al. Deep Impact: Observations from a Worldwide Earth-Based Campaign // Science.—2005.—310, N 5746.—P. 265—269.
11. Morris C. S. On aperture corrections for comet magnitude estimates // Publ. Astron. Soc. Pacif.—1973.—85, N 506.—P. 470—473.
12. Schleicher D. G., Barnes K. L., Baugh N. F. Photometry and imaging results for comet 9P/Tempel 1 and Deep Impact: gas production rates, postimpact light curves, and ejecta plume morphology // Astron. J.—2006.—131, N 2.—P. 1130—1137.
13. Svoren J. Secular decrease in the brightness of short-period comets // Contribs Astron. Observ. Skalnat Pleso.—1991.—21.—P. 15—49.

Поступила в редакцию 09.08.07