



ISSN 1607–2855

Том 7 • № 2 • 2011 С. 171 – 174

УДК 523.6

## Исследование вспышечной активности комет как основа для выявления межпланетных метеорных потоков

А.В. Багров, Г.Т. Болгова, А.П. Карташова, В.А. Леонов, Н.А. Сорокин

Институт астрономии РАН, Москва

*Кометные ядра состоят из замороженных летучих соединений, которые при нагреве солнечной радиацией испаряются и образуют голову кометы. Давление солнечного света вытягивает покинувшее ядро вещество в хвост, по структуре которого можно судить о характере испарения летучих с поверхности ядра. Значительная часть поверхности ядра кометы покрыта теплоизолирующей пористой пылевой коркой, исключающей испарение летучих из-под коры. Разрушение пылевой корки возможно только при внешнем воздействии. Предполагается, что оно вызывается столкновениями с межпланетными метеороидами. Вызванный ударом разовый выброс летучих из ядра должен приводить к непродолжительной вспышке яркости головы кометы, а разрушение коры — к скачку в общем ходе измерения кометной яркости. Если на трехмерной карте Солнечной системы выделить места наблюдавшихся вспышек яркости комет, то можно попытаться построить орбиты таких межпланетных метеорных потоков.*

*ДОСЛІДЖЕННЯ СПАЛАХОВОЇ АКТИВНОСТІ КОМЕТ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МІЖПЛАНЕТНИХ МЕТЕОРНИХ ПОТОКІВ, Багров А.В., Болгова Г.Т., Карташова А.П., Леонов В.А., Сорокін Н.А. — Кометні ядра складаються із заморожених летучих сполук, які при нагріванні сонячною радіацією випаровуються та утворюють голову комети. Речовину, що залишило ядро, тиск сонячного світла витягує у хвіст, за структурою якого можна судити про характер випаровування летучих з поверхні ядра. Значна частина поверхні ядра комети покрита теплоізолюючою пористою пиловою кіркою, що виключає випар летучих з-під кори. Руйнування пилової кірки можливо тільки при зовнішньому впливі. Припускається, що воно викликається зіткненнями з міжпланетними метеороїдами. Викликаний ударом разовий викид летучих з ядра повинен приводити до нетривалого спалаху яскравості голови комети, а руйнування кори — до стрибка в загальному ході вимірювання кометної яскравості. Якщо на тривимірній карті Сонячної системи виділити місця спалахів яскравості комет, то можна спробувати побудувати орбіти таких міжпланетних метеорних потоків.*

*INVESTIGATION OF OUTBURST ACTIVITY OF COMETS AS A BASE FOR REVEALING INTERPLANETARY METEOR SHOWERS, Bagrov A.V., Bolgova G.T., Kartashova A.P., Leonov V.A., Sorokin N.A. — Cometary nuclei are made of frozen volatiles, which under heating by solar radiation are evaporating and forming head of a comet. Sunlight pressure is elongating the matter left the nucleus into a tail, which structure allows us to judge the character of volatile sublimation from the nucleus surface. Considerable part of the cometary nucleus surface is covered by heat isolating porous dust crust, that prevents the volatile evaporation from below the dust crust. The crash of dust crust is possible only under the exterior action. It is supposed that it is caused by impacts with interplanetary meteoroids. Caused by the impact sole volatile escape from the nucleus must lead to a short-term brightness outburst in the cometary head, and desintegration of the crust — to the leap in a general trend of cometary brightness measurement. If we plot on a 3d-Solar System map the places of observable cometary brightness outbursts, we can try to construct the orbits of such interplanetary meteor showers.*

**Ключевые слова:** межпланетные метеорные потоки; активность ядер комет.

**Key words:** interplanetary meteor showers; activity of cometary nucleus.

Вспышечная активность комет известна уже давно [1, 2], но ее причина до сих пор не получила ясного объяснения. В качестве ее причины предполагались химические процессы в оболочках кометных ядер [3], ударное вхождение комет в слоистые облака зодиакальной пыли, столкновения кометных ядер с потоками протонов от Солнца [4] и т.д. [5, 6]. Кроме того, наблюдались случаи распада кометных ядер на два или больше фрагментов без каких-либо видимых предваряющих распад процессов [7]. Эти явления тоже не получили внятной трактовки. Мы предлагаем феноменологическую концепцию, способную дать объяснение обоим явлениям, и которая может быть проверена прямыми наблюдениями.

Мы исходим из предположения, что после испарения летучих компонент из существовавших некогда комет на их орбитах остались тугоплавкие частицы [8]. Если бы Земля пересекала эти орбиты, то в точках пересечения орбит мы наблюдали бы метеорные явления [9]. С другой стороны, если бы метеороидные потоки от испарившихся комет пересекали орбиты планет, то в атмосферах последних частицы потоков со временем должны были бы исчерпаться. Однако, существует много комет, чьи орбиты никогда не пересекают орбиты планет, и порожденные ими потоки метеороидов должны существовать в межпланетном пространстве очень долго (миллионы лет и больше) «не вычерпываясь». Поэтому таких потоков в межпланетном пространстве должно быть довольно много.

Обычно кометное ядро укрыто от нагрева солнечными лучами корой из пористой спекшейся пыли, и лишь небольшая часть поверхности ядра лишена этой защитной оболочки [10]. Для изученных при

космических миссиях комет доля открытой поверхности составляет 10...20% [11]. Ранние представления об однородности поверхности кометных ядер приводили к заниженным оценкам размеров кометных ядер на основании простого моделирования испарения летучих со всей освещенной поверхности ядра [12]. «Однородность» поверхности кометных ядер, видимо, заключается в очень плотном укрытии пылевой корой легко испаряющегося массива ядра. Даже в тех местах, где внутреннее вещество обнажено, процесс испарения летучих приводит лишь к частичному выбросу вмерзших в кометный лед пылинок, а оставшиеся пылинки накапливаются в каверне на ее поверхности, и каверна «зарастает» [13]. Отсюда легко сделать вывод, что заметная часть кометных ядер, находящихся в центральных областях Солнечной системы, может вообще не проявлять подолгу кометных свойств и пребывать в «спящем» состоянии [14]. Некоторые астероиды в Главном поясе, похоже, подтверждают эту мысль [15].

Внутренних источников энергии, способных сорвать с ядра защитную оболочку, в кометах нет. В научной литературе рассматривались разные механизмы для объяснения вспышечной активности комет, привлекающие существование внешних источников энергии. И.М.Подгорный предположил, что вспышки кометной яркости можно объяснить переполусовкой наведенного в окружающей комету плазме магнитного поля при ударном взаимодействии с потоком заряженных частиц от солнечной вспышки [4]. Оценки приносимой солнечными протонами энергии, вообще говоря, достаточны для изменения видимой яркости кометы на 5...10 звездных величин. Но, поскольку процесс переполусовки идет практически со скоростью света, продолжительность вызванной этой причиной вспышки не превысит нескольких секунд, тогда как реально наблюдаются вспышки кометной яркости продолжительностью до месяца [2].

Механизм аккумуляции химической энергии в ядре кометы был предложен Э.М.Дробышевским [3, 16]. Согласно его гипотезе, в грязных льдах, из которых состоит кометное ядро, должен происходить объемный электролиз под действием токов, возбуждаемых в нем внешними магнитными полями. В результате электролиза кометное ядро становится твердым раствором смеси водорода и кислорода, который способен детонировать. Э.М.Дробышевский предполагает, что могут существовать «спусковые механизмы» для такой детонации. Эта концепция имеет слабые места. Совершенно непонятно, как слабое внешнее воздействие может вызвать детонацию какой-то части льдов, а прошедший взрыв не затронет остальной части. Комета 41/P Туттля–Джакобини–Кресака в 1973 г. дважды вспыхивала с интервалом в 40 суток между вспышками! А комета Швассмана–Вахмана-1, находящаяся на близкой к круговой орбите, ежегодно то увеличивает, то уменьшает свой блеск, что невозможно объяснить механизмом Дробышевского из-за ничтожности наведенных токов в комете.

Столь же наивными кажутся попытки Уитни объяснить срыв пылевой коры «случайными концентрациями метана и углекислого газа», испарение которых приводит к росту давления под пылевым слоем и к разрушению его накопленными напряжениями. Пылевая кора на поверхности кометного ядра является пористой, так как образована простым нагромождением пылинок сложной фрактальной структуры [17], что и обеспечивает ее низкую теплопроводность. Кометная пылевая кора должна легко пропускать сквозь себя газы и фильтровать при этом пыль, благодаря чему, собственно, и происходит «зарастание» эжектирующих газ каверн [6, 13].

Вместе с тем среди движущихся в Солнечной системе тел в метеороидных потоках должны встречаться достаточно крупные, обладающие высокой кинетической энергией. В последнее время внимание исследователей привлекают наблюдения вспышек на Луне, вызванные ударами метеороидов по ее поверхности [18]. Если в твердой лунной породе удар метеороида размером с футбольный мяч образовал кратер диаметром 14 и глубиной 3 метра, то в непрочных кометных ядрах разрушения могли бы быть существенно больше. Столкновение с массивным метеороидом может приводить к срыву части оболочки и разовому выбросу из ядра больших масс летучего материала. Инжекция рассеивающего солнечный свет вещества в кому приводит к быстрому, но непродолжительному увеличению яркости кометы, как это уверенно продемонстрировано миссией Deep Impact [19]. Идея о природе вспышек комет как результате удара по кометному ядру «межпланетных булыжников» была высказана в 1972 г. Секаниной [20]. По его оценкам, типичная вспышка кометной яркости с энергией  $10^{18} - 10^{19}$  эрг может быть вызвана столкновением с булыжником массой 100 тонн.

Населенность Солнечной системы метеоритным веществом до сих пор серьезно не рассматривалась. Даже используемые при подготовке космических миссий модели межпланетного метеорного вещества являются простой редукцией измеренного притока метеорного вещества на Землю на межпланетное пространство [20]. На наш взгляд, следует иметь в виду, что помимо наблюдаемых сильных метеорных потоков зарегистрировано большое число «малых» потоков, которые можно рассматривать как очень старые и сильно истощенные постоянными потерями при столкновениях с Землей. Если посмотреть на распределение числа наблюдавшихся в истории комет по расстоянию узлов их орбит от Солнца (рис. 1), то легко обратить внимание, что среди них число комет, пересекающих орбиту Земли, составляет около 10.

Примерно столько же мы наблюдаем и сильных метеорных потоков. Можно предположить, что не

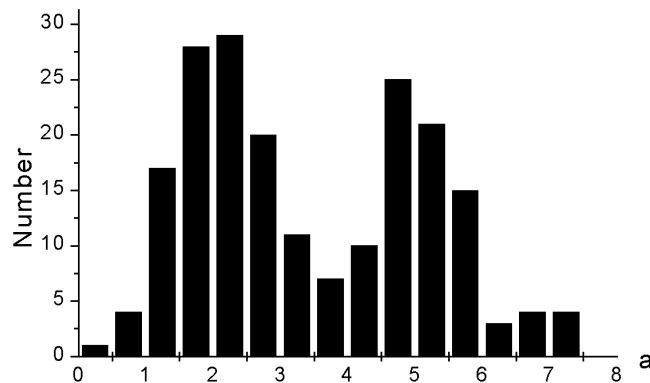


Рис. 1. Распределение известных комет по расстоянию узлов их орбит от Солнца (в а.е.)

пересекающие орбиту Земли кометы образуют межпланетные метеорные потоки, и число их намного больше, чем проходящих через околоземное пространство. Кроме того, нужно не забывать о малых метеорных потоках, число которых никак не меньше 500. Их родительские кометы давно разрушились, но если их учесть в распределении на рис. 1, числа на оси ординат следует увеличить минимум в 50 раз. Поскольку межпланетные метеорные потоки с течением времени практически не истощаются, можно ожидать, что реальная плотность метеороидов в Солнечной системе на несколько порядков выше, чем возле Земли.

Пористая пылевая кора, покрывающая кометные ядра, может служить для их внутренних слоев столь же хорошей защитой от мелких метеоров, как для нас — земная атмосфера. Для того, чтобы обнажить существенную часть поверхности кометного ядра от коры, необходимо столкновение с довольно крупными метеороидами. Поэтому вполне понятно, что подобные столкновения довольно редки, даже если кометные ядра постоянно проходят через потоки межпланетных метеороидных частиц. Тем не менее, многочисленность межпланетных метеорных потоков велика, и удары крупных тел по ядрам комет должны быть отнюдь не редким явлением.

Из всего этого вытекает интересная наблюдательная программа, связанная с выявлением и фиксацией вспышек яркости видимых комет. Если на трехмерную карту Солнечной системы нанести точки, в которых наблюдались вспышки яркости комет, и рассматривать их как точки на орбитах метеорных межпланетных потоков, то при достаточном массиве точек можно будет выявить основные межпланетные потоки. Это интересно с точки зрения изучения космогонии Солнечной системы и для оценки уровня метеорной опасности при межпланетных полетах. Институт астрономии РАН приступил к проведению исследований вспышечной активности комет на камере СБГ ( $D = 420$  mm,  $f/1,8$ . Видеокамера WAT-902H2 ULTIMATE в прямом фокусе, поле зрения  $24 \times 30$  минут) и на 2-метровом телескопе Терскольской обсерватории. Мониторинг кометной активности — трудоемкое дело, но к нему могут подключиться любители астрономии, и внести свой вклад научный прогресс.

1. Добровольский О.В. Кометы. — М.: Наука, 1966. — С. 288.
2. Чурюмов К.И. Кометы и их наблюдение. — М.: Наука, 1980. — 160 с.
3. Drobyshevsky E.M. Electrolysis in space and fate of Phaethon // Moon & Planets. — 1980. — **23**. — P. 339–344.
4. Подгорный И.М. Межпланетная среда и ее влияние на космические объекты. // Околоземная Астрономия–2003. Труды конференции. т.2. Терскол, 8-13 сент. 2003, Институт астрономии РАН. — СПб.: ВВМ, 2003. — С. 257–263.
5. Шульман Л.М. Критика математической модели вспышки блеска кометы, основанной на идее ледяного гало // Астр. цирк. — 1987. — № 1509. — С. 2–5.
6. Hughes D.W. Cometary outbursts: a review // Q. Jl R. astr.Soc. — 1990. — **31**. — P. 69–94.
7. Sekanina Z. The problem of split comets in review // Comets (ed. L.L. Wilkening), 1982. — P. 251–287.
8. Бабаджанов П.Б., Обрубов Ю.В. Метеороидные рои: Образование, эволюция, связь с кометами и астероидами // Астрон. вестн. — 1991. — **25**, № 4. — С. 387–407.
9. Астапович И.С. Двадцать шесть метеорных потоков, связанных с кометами // Астр. цирк. — 1953. — № 142. — С. 6–10.
10. Whipple F.L. A review of cometary sciences // Phil. Trans. Roy. Soc. London. — 1987. — Ser. A. — **323**, № 1572. — P. 339–347.
11. Donn B. The accumulation and structure of comet // Comets in the post-Halley era (ed. R.L. Newburn). — 1991. — **1**. — P. 49–54.
12. Roemer E. The dimensions of cometary nuclei. / Nature et origin des comets // Mem. Soc. Roy. Sci. Liege. — 1966. — **12**. — P. 23–26.
13. Шульман Л.М. Ядра комет. — М.: Наука, 1987. — 229 с.

14. *A.V.Bagrov* Planetary cosmogony: creation of homeland for life and civilization. / in: The Future of Life and the Future of our Civilization. V.Burdyuzha ed. — Dordrecht: Springer, 2006. — P.31–41.
15. *Yeomans D.K.* A comet among the near-Earth asteroids? // *Astron. J.* — 1991. — **101**, №5. — P.1920–1928.
16. *Дробышевский Э.М.* Опасность взрыва Каллисто и приоритетность космических миссий // *Журнал технической физики.* — 1999. — **69**, вып. 9. — С. 10–14.
17. [http://www.nasa.gov/images/content/149596main\\_ConellImage2Lg.jpg](http://www.nasa.gov/images/content/149596main_ConellImage2Lg.jpg)
18. *Phillips T.* A Meteoroid Hits the Moon  
[http://science.nasa.gov/headlines/y2006/13jun\\_lunarsporadic.htm?list53188](http://science.nasa.gov/headlines/y2006/13jun_lunarsporadic.htm?list53188)
19. JPL/NASA NEWS RELEASE: 2005-110 July 4, 2005
20. *Sekanina Z.* // In: Asteroids, Comets, Meteoritic Matter, I.A.U. Colloq. No. 22, Nice, France, April 1972.
21. *Dikarev V., et al.* The New ESA Meteoroid Model / 35th COSPAR Scientific Assembly. Held 18–25 July 2004, in Paris, France. — P.575.

Поступила в редакцию 24.10.2011