



ISSN 1607–2855

Том 5 · № 1–2 · 2004 С. 150–162

УДК 523.532

Рождение метеорных роев вблизи Солнца

Ю.М. Горбанев, Е.Ф. Князькова

Одесская астрономическая обсерватория

Работа посвящена исследованию гипотезы о рождении молодых метеорных роев вблизи Солнца. Кандидатами на роль родительских тел этих метеорных роев предполагаются кометы семейства Крейца

НАРОДЖЕННЯ МЕТЕОРНИХ РОЇВ ПОБЛИЗУ СОНЦЯ, Горбанев Ю.М., Князькова Є.Ф. — Робота присвячена дослідженню гіпотези про народження молодих метеорних роїв поблизу Сонця. Кандидатами на роль батьківських тіл цих метеорних роїв запропоновано комети родини Крейца.

THE BIRTH OF THE YOUNG METEOR STREAMS NEAR THE SUN, by Gorbanev Yu.M., Knyazkova E.F. — The hypothesis about the birth of young meteor streams near the Sun is discussed. Candidates for the parent bodies of such meteor streams are the comets of Kreutz family

1. ВВЕДЕНИЕ

До сих пор большинство исследователей околосолнечную область (ближняя корона — термическая и часть F-короны, в среднем до $30R_{\odot}$) рассматривали как последний этап эволюции метеорного вещества, результат дезинтеграции метеорных роев и ассоциаций под вековым действием негравитационных эффектов. В виде исключения некоторыми авторами предлагались гипотезы о формировании короткоживущих (тысячи лет) метеорных ассоциаций в результате гравитационной фокусировки орбит спорадического околосолнечного облака, не получившие особого развития (Дж.Трульсен, В.В.Емельяненко). Мы рассматриваем следующий аспект данной проблемы: возможно ли рождение метеорного роя родительским телом на расстоянии нескольких радиусов Солнца? И при каких условиях «новорожденный» рой выживет, сможет наблюдаться с Земли либо околоземных орбитальных станций? Несомненно, что частицы такого роя будут отличаться как физическими (составом, плотностью, размером), так орбитальными и кинематическими характеристиками. Основная ценность обнаружения подобных роев — их молодость и компактность, что важно для изучения структуры метеорных роев, их эволюции, генетических связей с малыми телами Солнечной системы (кометами в первую очередь). Пылевые частицы этих роев представляют также интерес для физики метеорного вещества.

Работа посвящена поиску метеорных частиц молодых метеорных роев. Статистическое исследование различных характеристик возможных родительских тел молодых метеорных роев и короткоперигелийных метеорных частиц должно указать на существование взаимосвязи. Отдельное внимание уделено газопылевому сгустку, образовавшемуся в коме кометы Мачхольца при ее прохождении перигелия в январе 2002 года.

2. КОМЕТЫ СЕМЕЙСТВА КРЕЙЦА

Какие малые тела Солнечной системы могут выступать в качестве родительских тел для молодых роев, возникших в околосолнечной области?

По современным взглядам на вопросы генетических связей между метеорными роями и малыми телами Солнечной системы от 90 до 99% пылевого межпланетного вещества рождаются при

выбросах из ядер комет [20, 25, 21]. Не открыто и, скорее всего, не существует малых планет с перигелийными расстояниями менее $40 - 50R_{\odot}$. Следовательно, возможными кандидатами на роль родительских тел молодых метеорных роев, рожденных в околосолнечной области, могут являться семейства комет с очень малыми перигелийными расстояниями. Таким семейством, до недавнего времени весьма малочисленным, является кометное семейство Крейца.

Кометы данного семейства отличаются феноменально малыми перигелийными расстояниями $q < 0.01$ а.е. (порядка нескольких солнечных радиусов). Многие из комет буквально касаются солнечной фотосферы. Недаром кометы семейства получили прозвище «sungrazers» — «царапающие» Солнце. Несмотря на высокие температуры и мощное солнечное излучение, малая доля комет «выживает» и проходит перигелий. Известны случаи падения комет на Солнце, сопровождавшиеся активными выбросами коронального вещества, происходящими спустя несколько десятков минут (часов) после падения. Исследования физики подобных процессов показывают, что после того, как комета входит в относительно плотную фотосферу, в кометном ядре происходит серия мощных делений и взрывов, вплоть до его полной дезинтеграции [13].

Большинство из этих комет достаточно слабые, около $+20^m$ абсолютной звездной величины. Поэтому массовые наблюдения их с Земли крайне осложнены. Наблюдения комет этого семейства оптимально производить на орбитальных коронографах, так как они позволяют проследить движение комет почти до $0.5 - 1R_{\odot}$. Эта методика была подтверждена наблюдениями космических миссий SMM (Solar Maximum Mission) в начале 80-х и SOLWIND в конце 80-х. Но наиболее продуктивно эта программа реализовалась на Солнечной и Гелиосферной обсерватории (Solar and Heliospheric Observatory — SOHO). Благодаря SOHO количество открытых комет семейства Крейца на данный период превышает 500.

Тем не менее, информация о физических свойствах этих комет еще достаточно ограничена. Можно заметить, что их ядра не превышают 20–40 м (применяя сублимационную модель к космическим наблюдениям), а плотность кометного вещества достаточно мала и составляет порядка $0.5 - 0.6 \text{ г/см}^3$ [19, 6].

3. НАБЛЮДЕНИЯ SOHO КОМЕТ СЕМЕЙСТВА КРЕЙЦА

SOHO является совместным проектом Европейского космического общества (ESA) и Национального американского аэрокосмического агентства (NASA) [1, 2, 3, 15]. SOHO был доставлен 02.12.95 на почти круговую орбиту около точки Лагранжа L_1 (в системе Земля–Солнце), расположенную на расстоянии 0.01 а.е. от Земли, и на протяжении уже почти 7 лет ведет регулярные наблюдения.

Наблюдение комет-«самоубийц» не являлось основной задачей SOHO и стало возможным благодаря LASCO (Large Angle and Spectrometric Coronagraph) - широкоугольному спектрометрическому коронографу — системе трех коронографов со взаимоперекрываемыми полями зрения: C1 (наблюдения $1.1 - 3R_{\odot}$), C2 (наблюдения $1.5 - 6R_{\odot}$, поле зрения порядка 2.91°), C3 (наблюдения $3.7 - 30R_{\odot}$, поле зрения порядка 15.56°).

Поиск «царапающих» Солнце комет на снимках LASCO стал уделом любителей. Сформировалась целая «поисковая» команда. Поиск возможно проводить прямо в Интернете, где с опозданием в сутки появляются наблюдения спутниковой обсерватории. «Охотники за кометами» в значительной мере помогают профессиональным «кометчикам», которые без регулярного анализа наблюдений со стороны любителей просто не справились бы с обработкой этого огромного материала [4]. Сообщение об обнаруженной комете направляется в Центральное бюро астрономических телеграмм при Международном астрономическом союзе (МАС). Затем специалистами обрабатываются снимки с целью получения экваториальных SOHO-центрических положений новой кометы, и в завершение рассчитывается и по возможности улучшается орбита. Измерения снимков проводятся Д.Бисекером (D.Biesecker) и Д.Хаммером (D.Hammer), обработка и редукция положений, расчет и коррекция орбит — Б.Марсденом (B.Marsden). Предварительные положения и информацию об открывателе

публикуют в Циркулярах МАС (IAUCs — International Astronomical Union Circulars), элементы орбит и СОНО-центрические положения комет в Циркулярах малых планет МАС (MPECs — Minor Planet Circulars). Оба вида циркуляров доступны в электронном виде на сайтах МАС.

4. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ ОРБИТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМЕТ СЕМЕЙСТВА КРЕЙЦА И МЕТЕОРОВ, ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Элементы орбит комет семейства Крейца обладают большим сходством. Орбиты комет в пространстве как бы выстраиваются вдоль одной прямой линии, иными словами, имеют общую линию апсид [13]. На рис. 1 представлены распределения орбитальных характеристик «царапающих» Солнце комет, полученных в результате анализа компилятивного каталога орбит комет семейства Крейца, составленного нами по данным MPECs. Кометы отличаются обратным движением ($i \sim 144^\circ$), и плоскости их орбит отклонены на достаточно большой угол от плоскости эклиптики ($\sim 40^\circ$), что делает их «неуловимыми» для больших планет [12]. Почти все орбиты комет Крейца являются параболическими, в частности только в приближении параболических орбит можно рассчитать элементы для так называемых СОНО-комет.

Для анализа пространственного распределения орбит комет семейства Крейца удобно использовать эклиптические координаты точек перигелия:

$$\begin{aligned}\sin B &= \sin \omega \cdot \sin i \\ \cos B \cdot \cos(L - \Omega) &= \cos \omega \\ \cos B \cdot \sin(L - \Omega) &= \cos \omega \cdot \cos i\end{aligned}$$

где L — эклиптическая долгота точки перигелия, B — эклиптическая широта точки перигелия, i , Ω , ω — угловые элементы орбиты.

Зависимость эклиптической долготы (L) от перигелийного расстояния (q) позволяет получить общую картину пространственного распределения орбит в зависимости от их размеров.

Мы также провели анализ характеристик метеорных орбит. Нами были проанализированы орбиты индивидуальных метеоров, полученные на протяжении около полувека (с 1957 до 2001 года). Среди имеющихся данных — наблюдения фотографические, радиолокационные (около 70% всех данных); телевизионные и видеонаблюдения. Эти наблюдения позволяют покрыть достаточно широкий интервал масс метеорных частиц — от крупных болидов ($-2^m - 1^m$) до совсем слабых радиолокационных метеоров ($+12^m$). Данные прошли тщательную первичную обработку и анализ в Мировом центре метеорных данных (Лунд, Швеция) [8, 9]. Каталоги содержат элементы орбит, моменты времени регистрации метеоров, внеатмосферные скорости, координаты радианта и для фотографических метеоров массу, некоторые атмосферные характеристики. Большая часть данных (радиолокационные наблюдения) имеет небольшую точность. Кроме того, при анализе метеорных данных нельзя забывать об их подверженности селекции разного рода, прежде всего геометрической.

Для поиска в каталогах метеорных частиц, попавших на Землю из окосолнечной области, мы провели отбор орбит с малыми перигелийными расстояниями $q \leq 0.1$ а.е. Из почти 70 тыс. частиц нами было отобрано около 5 тыс. метеоров. Все отобранные частицы обладают прямым движением, плоскости их орбит отстоят от плоскости эклиптики не более, чем на 20° . Распределения по перигелийному расстоянию, аргументу перигелия, долготе восходящего узла значительно искажены селективностью. Пологое распределение по критерию Тиссерана позволяет сделать заключение о разнообразном происхождении метеоров. Сравнительный анализ полученных распределений для короткоперигелийных метеоров и комет семейства Крейца не обнаруживает большого сходства.

Для всех комет семейства Крейца и отобранных метеоров мы построили зависимость $L(q)$. При анализе зависимости на графике для метеорных данных можно обнаружить несколько наклонных полос. Это полосы почти равной эклиптической долготы точек перигелия. Если на эту диаграмму нанести соответствующие данные для комет семейства Крейца, то точки расположатся

компактными сгустками в верхнем левом углу диаграммы.

Никакой корреляции на первый взгляд в распределении метеорных и кометных данных на диаграмме не наблюдается. Ситуация кардинально изменится, если отобразить на графике не эклипти-

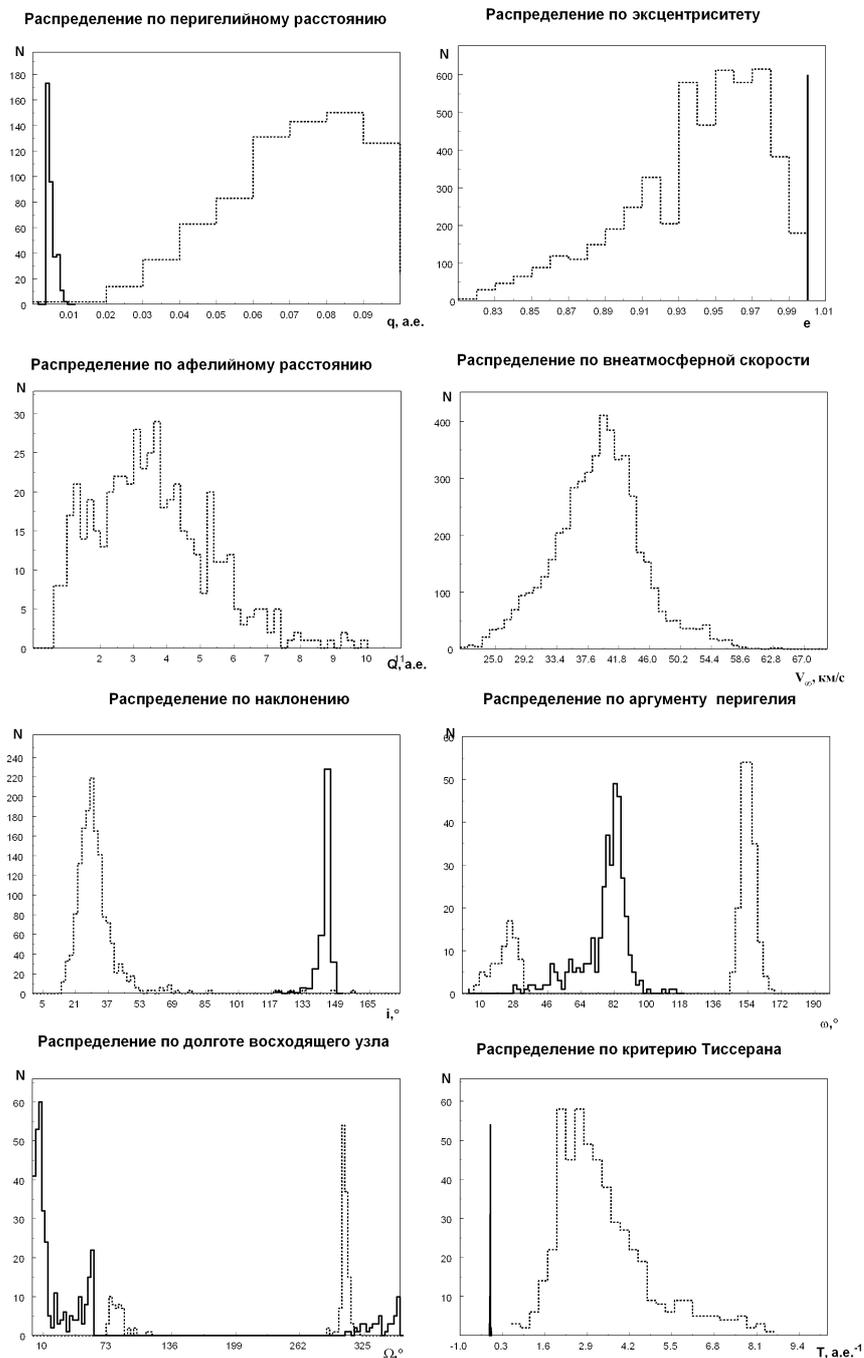


Рис. 1. Сравнительные распределения орбитальных и кинематических характеристик для комет семейства Крейца (сплошная линия) и метеоров обнаруженного комплекса (пунктир)

ческую долготу перигелиев метеорных орбит, а величину $L' = L + 180^\circ$. Мы как бы поворачиваем в пространстве метеорную орбиту на 180° относительно линии апсид. Теперь полосы, построенные по метеорным данным, продлеваются в область малых перигелийных расстояний сгущениями точек, которые относятся к кометным орбитам. Если теперь перейти в координаты $L(B)$, то можно увидеть на графике под скоплением точек, образованным кометными перигелиями I группы, скопление точек перигелиев метеорных орбит (см. рис. 2). Это скопление является неким метеороидным комплексом.

Обнаруженный метеороидный комплекс состоит из порядка 500 частиц и проявляется в виде метеорного потока в земной атмосфере. Метеоры данного комплекса наблюдаются относительно компактно, в июне–июле месяце. Наблюдения метеоров в основном были получены в 1969 году в ходе Советской экваториальной метеорной экспедиции (1968–1970 гг.). Основная часть комплекса имеет период обращения порядка трех лет. Большинство распределений (см. рис. 1, для удобства значения метеорных данных нормированы на соответствующие для комет) достаточно компактны, что указывает на определенную родственность метеороидов (настораживает достаточно широкий диапазон значений критерия Тиссерана — указателя родственности), все метеоры имеют сильно вытянутые орбиты и прямое движение. Распределения аргумента перигелия и долготы восходящего узла и исследование положений индивидуальных радиантов (см. рис. 3) показывают, что комплекс распадается на два потока-близнеца в атмосфере Земли (с радиантами, примерно симметричными относительно эклиптики). Отождествление радиантов с каталожными позволило сделать следующие заключения: метеоры потока № 1 (см. рис. 3) принадлежат к июньским, или дневным, Ариетидам ($\alpha = 43^\circ$, $\delta = +23^\circ$, период действия 04.05–20.06). Метеоры потока № 2 принадлежат к Южным γ -Акваридам ($\alpha = 341^\circ$, $\delta = -16^\circ$, период действия 14.07–14.08).

Как интерпретировать полученные зависимости? Возможны две альтернативные гипотезы.

С одной стороны можно предположить, что исследуемый комплекс является непосредственно генетически связанным с кометами семейства Крейца. Учитывая малые расстояния, на которые кометы подходят к Солнцу, и физические условия в этой области, можно предположить, что коэффициент продуктивности пылеобразования у этих комет гигантский. С крупными кометами этого семейства ассоциируется ряд метеорных потоков (с кометой 1882 II, например, около 6 потоков [22]). Необязательно приписывать обнаруженный комплекс какой-то определенной комете, скорее всего это результат «пыления» нескольких комет (а то и десятков), прошедший через фильтр солнечного давления, сублимации, гравитационного притяжения и селективности земных наблюдений. Если это так, то обнаруженный комплекс — ничтожная доля от родившегося когда-то вещества вблизи

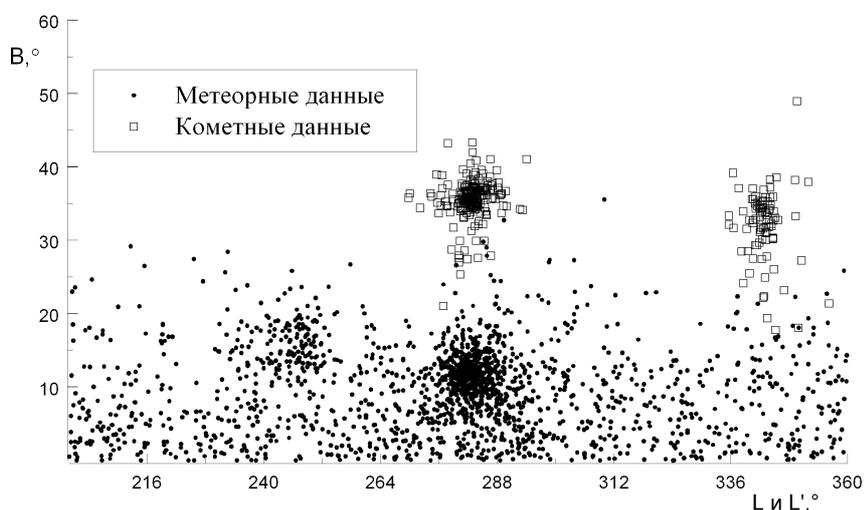


Рис. 2. Зависимость $B(L)$ и $B(L')$ для кометных и метеорных данных соответственно

Солнца из ядер комет-«самоубийц».

Плоскости орбит метеорных пылинок и комет семейства Крейца пересекаются под достаточно большим углом — порядка 60° . Распределения элементов орбит, критерия Тиссерана и квазистационарных параметров; применение к полученным объектам эмпирических критериев (D-критерия) не позволяют сделать заключения о генетической связи. Но эта эмпирическая закономерность хороша для удаленных от Солнца перигелиев комет. А если рождение роя происходит в условиях, типичных для комет семейства Крейца, которые в перигелии достигают скоростей около 500 км/с ? Инициатором выброса из ядра может стать столкновение с микрочастицами в околосолнечной области, импульс, переданный активным явлением на Солнце и т.д. На таких скоростях энергия выброса столь велика, что отличие орбиты нового молодого роя от родительской может быть весьма существенным.

Создание модели динамики выброшенного из кометного ядра вещества на расстоянии нескольких радиусов Солнца — задача достаточно сложная. В ряде работ встречаются подобного рода численные модели [7], результаты расчетов по которым очень сильно отличаются друг от друга в зависимости от принятых параметров частиц (масса, размер, отражательная способность и т.д.). Поэтому численные оценки для подтверждения гипотезы без подробной информации по физике комет семейства Крейца бессмысленны.

С другой стороны, можно привести альтернативную гипотезу, которая объяснила бы полученные статистические результаты. Возможно, на метеорные и кометные орбиты такого типа влияют эффекты (их природу предстоит выяснить), которые «выстраивают» такого типа орбиты в определенных направлениях (вдоль линий одинаковых эллиптических долгот). Этим эффектом не могут быть ни сила Лоренца, ни релятивистский эффект прокручивания линии апсид, ни вековые негравитационные эффекты типа Пойнтинга–Робертсона или Ярковского–Радзиевского.

Подытоживая все вышесказанное, можно заключить, что аргументов для окончательного выбора в пользу какой-то из двух гипотез недостаточно. Дальнейшее накопление наблюдений комет семейства Крейца и метеорных наблюдений в период действия метеорного комплекса позволит сделать соответственные заключения.

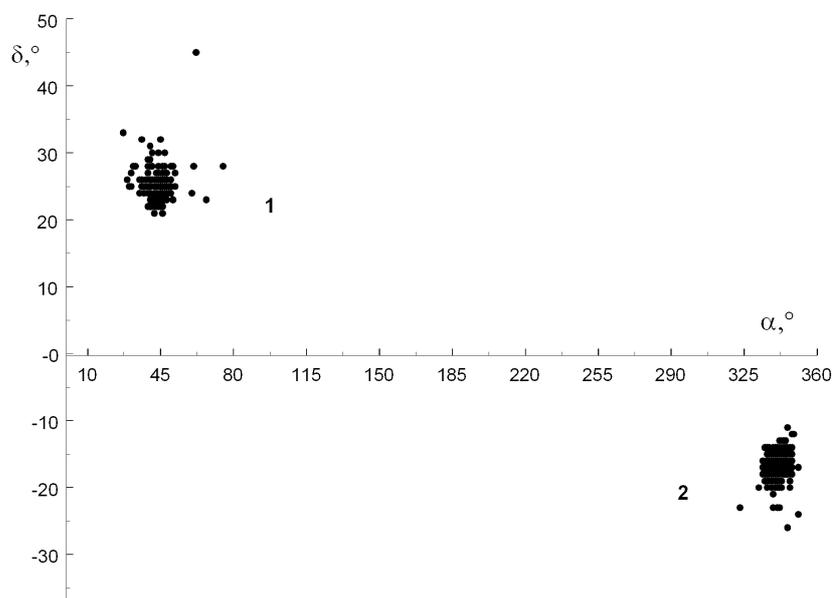


Рис. 3. Потоки-близнецы, на которые разделяется метеорный комплекс в атмосфере Земли. На рисунке они обозначены арабскими цифрами

5. КОМЕТА 1986 VIII МАЧХОЛЬЦА

Комета Мачхольца (96P/Machholz) была открыта 12.05.1986 калифорнийским астрономом-любителем Д.Мачхольцем. Б.Марсен при расчете орбиты кометы традиционно предположил, что новая комета движется по почти параболической орбите. Рассчитанное наклонение кометы $\sim 60^\circ$ также подтверждало это предположение. Каково же было удивление астрономов, когда дальнейшие наблюдения показали, что орбитальный период кометы не превышает 5.3 лет. Ни одна из короткопериодических комет не подходит так близко к Солнцу $\sim 27R_\odot$ и не имеет такого большого наклонения одновременно [5].

Несомненный интерес представляет факт открытия этой кометы только в 1986 году. Специальные поиски кометы на архивных пластинках, полученных до 1986 года с объектами до $+19^m$, не дали успешных результатов. Одно из возможных объяснений для столь непонятного факта состоит в том, что комета находилась в неактивном «спящем» состоянии вплоть до 1986 года [17, 18]. Исследование орбитальной эволюции кометы Мачхольца [17, 18, 10] показало, что тесные сближения кометы с Юпитером отсутствовали, по крайней мере, в последние полтысячелетия. Проведенные исследования показали, что 1986 год также не являлся особенным в кометной эволюции.

Комета Мачхольца часто показывает на кривой блеска различного рода вспышки и биения, что может свидетельствовать об активных процессах в ее ядре [14, 5]. Комета хотя и достаточно слабая (ее абсолютная звездная величина порядка $+13^m$), но регулярно наблюдается с Земли, а в прохождении 1996 и 2002 годов также и SOHO, системой LASCO.

6. ВОЗМОЖНОЕ РОЖДЕНИЕ МОЛОДОГО МЕТЕОРНОГО РОЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ КОМЕТОЙ МАЧХОЛЬЦА ПЕРИГЕЛИЯ В ЯНВАРЕ 2002 ГОДА

С 6 по 10 января 2002 года комета Мачхольца наблюдалась на SOHO при помощи системы широкоугольного коронографа LASCO. Все 5 дней комета находилась в поле зрения С3 коронографа, а 8 января также и С2 коронографа. Особая ценность наблюдений прохождения кометы в поле зрения С3 коронографа — это возможность одновременного слежения за состоянием солнечной короны. 8 января около 15^h UT комета прошла перигелий своей орбиты. В районе 18^h UT началась мощная серия следующих друг за другом вспышек на Солнце. Эти активные явления в солнечной фотосфере и короне относятся к категории CMEs — корональных выбросов массы. Явления продолжались в течение 4–5 часов, постепенно ослабевая после 20^h UT. Характерные скорости движения ионизированной корональной плазмы при таких явлениях составляют от 100 до 400 км/с [16], массы вещества солнечной короны — миллиарды тонн раскаленной плазмы. При перигелийном расстоянии кометной орбиты $q = 26.5R_\odot$ и при распространении фронта выброса CME до $30R_\odot$ в картинной плоскости комета вполне могла попасть в сферу действия корональной плазмы. В такой среде, двигаясь со скоростью порядка 110 км/с, комета претерпела удар и мощное облучение в случае непосредственного контакта с плазмой, либо активную бомбардировку ионами и элементарными частицами. Резонно предположить, что в результате подобного катаклизма могут начаться какие-то нестационарные процессы в кометном ядре (расколы, вспышки, выбросы).

Предположение подтвердилось уже на следующий день. Около 1^h UT 09.01.02 на снимках С3 коронографа в коме выходящей из остаточного облака плазмы кометы начало наблюдаться достаточно компактное образование, которое в дальнейшем можно было отследить до 12^h UT, при этом оно постепенно теряло яркость. К сожалению, дискретность наблюдений не позволила подробно изучить детали структуры и развитие образования. По яркости сгущение отличается от фона не более чем в полтора раза и приблизительно эквивалентно яркости изображения слабой звезды $+9.1^m/\text{pixel}$. Тем не менее оно отчетливо фиксируется глазом на изображении.

Подобные явления часто фиксируют в кометных хвостах. Эти сгущения называют облачными образованиями и их наблюдения используют для получения характерных величин отталкивательных ускорений [26, 27]. Такие образования состоят из газовых молекул и пыли. Соотношение газовой

и пылевой компоненты в подобных образованиях может быть разным, но для нас главным является наличие пыли — исходного материала для формирования молодого роя. Такое газопылевое облако может жить на протяжении нескольких часов, а то и суток, постепенно эволюционируя и отделяясь от кометы.

Для исследования динамики этого газопылевого объекта мы определили сферические координаты фотометрического центра газопылевого облака для ряда моментов времени. В это время LASCO наблюдал область неба в созвездии Стрельца. Уделим внимание методике, по которой были получены приблизительные положения фотометрического центра сгустка в системе снимка. Для оценки и контроля были проведены визуальные оценки положения фотометрического центра несколькими измерителями по ряду снимков.

Точность даже глазомерной оценки достаточно высока — 1–2 пикселей. Путем математической обработки изофот были получены точные положения фотометрического центра. Обычно для выделения деталей на снимках применяются специальные методы обработки изображений, например, медианная фильтрация [24, 11]. Проблема в том, что в нашем случае фон снимка весьма неравномерен из-за ярких солнечных лучей, и стандартная обработка непригодна, поэтому нам и пришлось в полуавтоматическом режиме анализировать изофоты кометы, пример одной из таких изофот приведен на рис. 4. Видно, что математически полученные значения хорошо согласуются с визуальными оценками (рис. 5).

Далее была проведена редукция прямоугольных координат фотометрического центра сгустка в сферические экваториальные координаты путем применения метода Тернера с кубическими членами включительно. Сферические координаты опорных звезд были взяты из каталога HIPPARCOS. Число опорных звезд колебалось от 60 до 100 в зависимости от снимка. Все стадии обработки были проведены с помощью созданного нами программного обеспечения. Средняя ошибка полученных сферических координат, вычисленная по контрольным звездам, не превышала $20''$.

На рис. 6а представлен результат проведенной работы — график расчетных экваториальных положений кометы (SOHO-центрическая эфемерида) и измеренных и вычисленных координат сгустка. Заметна тенденция постепенного увеличения расстояния между кометой и газопылевым облаком (рис. 6б). Мы поставили задачу путем экстраполяции определить точку, где это расстояние было нулевым, т.е. где произошло рождение исследуемого сгустка кометного вещества.

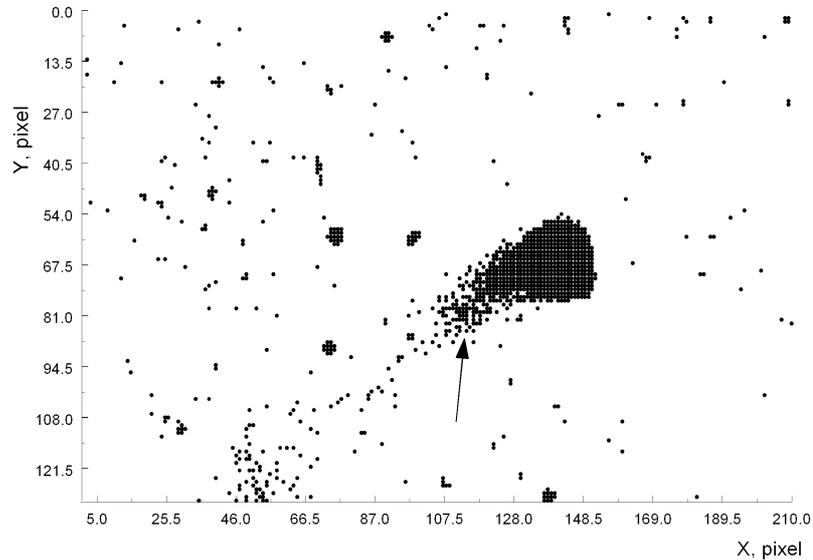
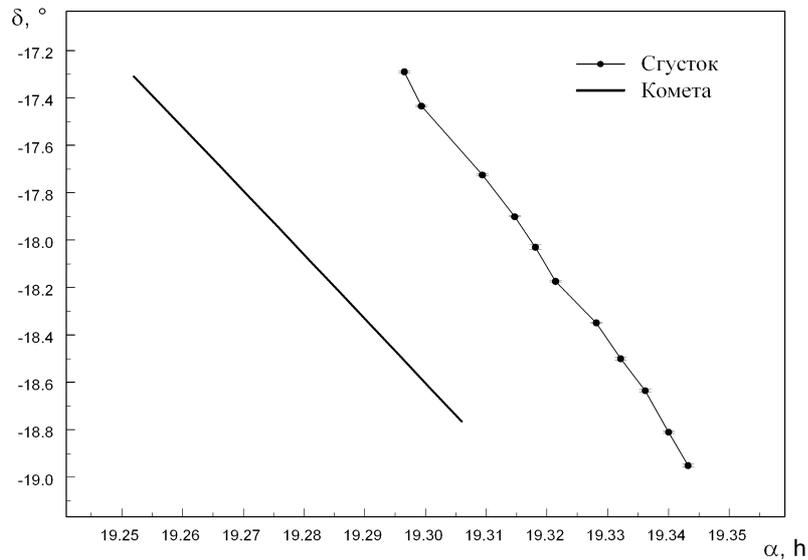


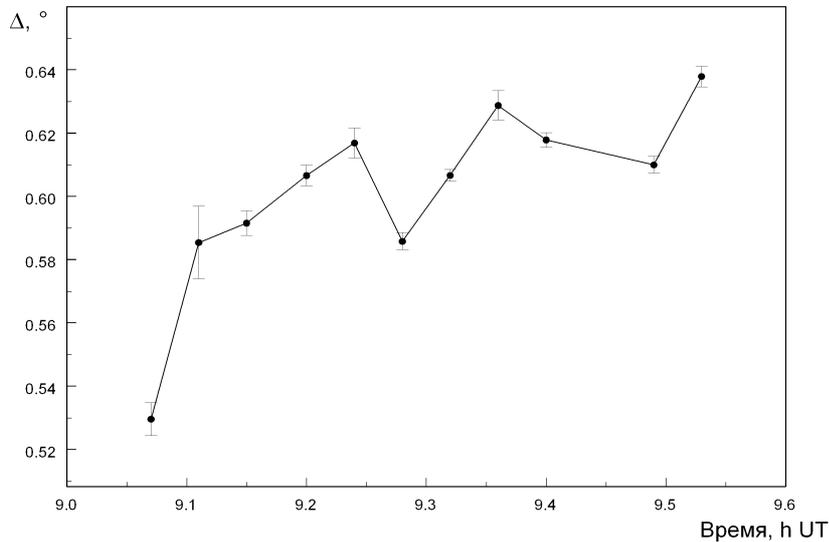
Рис. 4. Пример изофоты кометного снимка, на которой видно газопылевое образование. На рисунке оно обозначено стрелкой

Рассмотрим две дуги большого круга небесной сферы. Одна из дуг состоит из экваториальных положений сгустка, другая — из положений кометы на соответствующие моменты времени. С помощью элементарных методов сферической астрономии [23] вычислим координаты полюсов соответствующих дуг и через эти точки проведем новую дугу большого круга, пересечение которой с дугой кометной орбиты и даст нам искомую точку на ее орбите. Задача аналогична той, которая решается в метеорной астрономии при вычислении радианта по базисным наблюдениям метеоров.

Проблема состоит в том, что со временем сгусток, удаляясь от точки своего возникновения, «забывал» ее, т.е. положения сгустка на небесной сфере не являются равноправными при поиске места рождения. Вес каждой точки уменьшается по мере удаления во времени и в пространстве от места рождения. Воспользуемся следующим методом, чтобы правильно оценить весовые коэф-



а) положения кометы и фотометрического центра сгустка.



б) изменение расстояния между кометой и сгустком.

Рис. 5. Положения фотометрического центра сгущения с течением времени, полученные разными методами

фициенты и вычислить точку на орбите кометы, ответственную за гипотетическое явление, давшее начало газопылевому образованию.

Рассмотрим две дуги большого круга: одна дуга представлена сферическими координатами кометы на временном интервале, более удаленном в прошлое, другая дуга состоит из переменного числа точек координат сгустка. Сначала включим в этот переменный ряд все измерения сгустка, но для последующего ряда будем исключать точки, наиболее удаленные по времени и пространству от орбиты кометы. Для каждой такой процедуры будем получать свою точку сближения, как видно из рис. 7, с каждым новым шагом вычисляемые точки приближаются к орбите кометы.

Но даже ближайшая точка к кометной орбите, полученная таким методом, не лежит на кометной орбите. Стоит задача определить экстраполяцией искомую точку. Экстраполяцию возможно применить в линейном приближении, так как предварительно проведенные исследования на линейность ряда итерационных приближений и участка кометной орбиты дали удовлетворительные

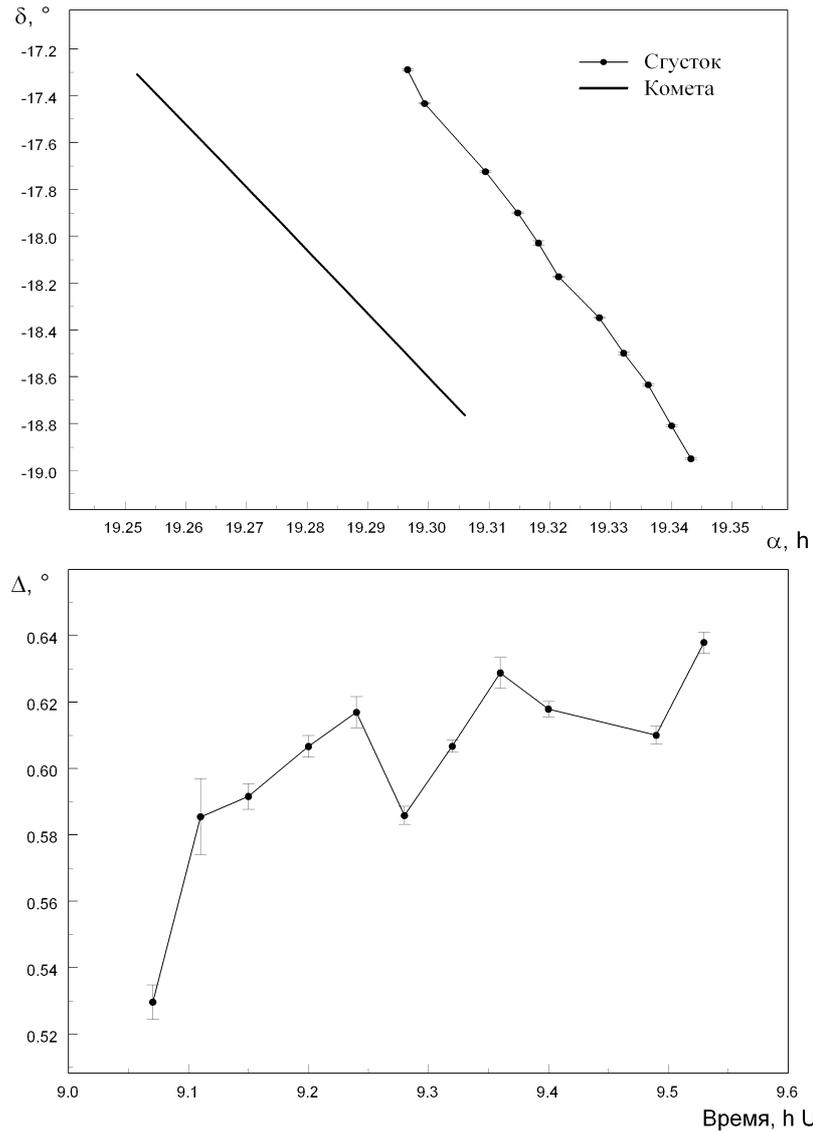


Рис. 6. Сферические экваториальные координаты кометы и газопылевого образования с течением времени

результаты. При таких условиях положение точки, где произошел выброс, находится как простое пересечение двух прямых — линейного участка кометной орбиты и прямой, сглаживающей ряд приближенных положений точки пересечения.

Экстраполированные сферические координаты места рождения роя таковы:

$$\alpha = 19^h 20^m 49^s \quad \delta = -19^\circ 35' 52''$$

Вычисленная точка совпадает с положением кометы на ее орбите для момента времени 8 января 2002 года 19 часов 50 минут UT с разностью в $8''$ по прямому восхождению и $15''$ по склонению, что

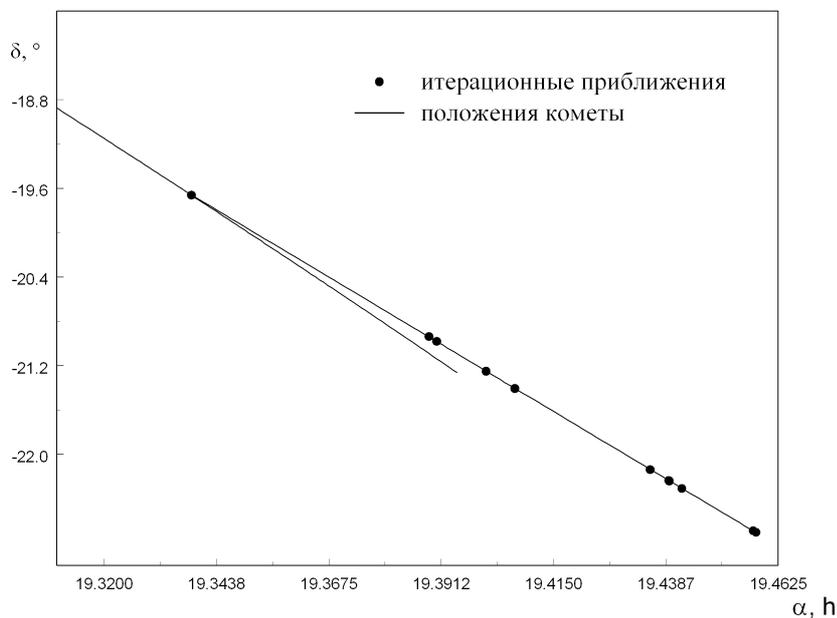


Рис. 7. Методика итерационного расчета точки на кометной орбите, где произошел выброс вещества из ядра

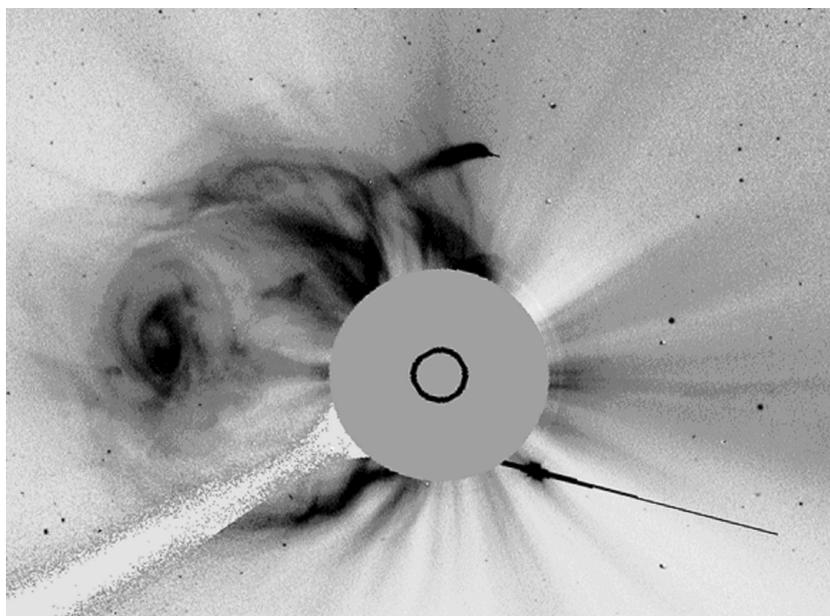


Рис. 8. Выброс корональной массы (SOHO)

вполне укладывается в ошибки измерений. Обратим внимание, что в момент пребывания кометы в этой точке своей орбиты по наблюдениям СЗ коронографа ее настиг выброс корональной плазмы.

Полученный результат можно трактовать как подтверждение гипотезы о возможном происхождении молодых метеорных роев вблизи Солнца, одним из стимуляторов подобных процессов может выступать активное явление в солнечной короне, например, СМЕ. На рис. 8 представлено наблюдение LASCO СЗ коронографа активного коронального выброса масс, который начался в 19 часов 30 минут UT, и который, возможно, настиг комету Мачхольца после прохождения ею перигелия.

Приносим благодарности всем специалистам, принявшим участие в обработке наблюдений SOHO/LASCO, и отдельно Брайену Марсдену (Dr. Brian Marsden) за ценные советы при обработке данных. Отдельная благодарность приносится сотрудникам корпорации SOHO.

«The SOHO/LASCO data used here are produced by a consortium of the Naval Research Laboratory (USA), Max-Planck-Institut fuer Aeronomie (Germany), Laboratoire d'Astronomie (France), and the University of Birmingham (UK). SOHO is a project of international cooperation between ESA and NASA.»

1. <http://lasco-www.nrl.navy.mil>
2. <http://sohowww.nascom.nasa.gov>
3. <http://sungrazer.nascom.nasa.gov>
4. <http://cfa-www.harvard.edu/iau>
5. Green D. W. E., et al. The strange periodic comet Machholz // Science. — 1990. — **247**, № 4946. — P. 1063–1067.
6. Iseli M., Kuppers M., Benz W., Bochslter P. Sungrazing Comets: Properties of Nuclei and in Situ Detectability of Cometary Ions at 1 AU // Icarus. — 2002. — **155**, Issue 2. — P. 350–364.
7. Krivov A., Kimura H., Mann I. Dynamics of the dust near the Sun // Icarus. — 1998. — **134**. — P. 311–327.
8. Linblad B. A. The IAU Meteor Data Center in Lund / Second Globmet Symp. — Kazan (USSR), 1988. — P. 1–11.
9. Linblad B. A., Steel D. I. The Meteoroid orbits available from the IAU Meteor Data Center / eds. Millani et al. // Asteroids, Comets, Meteors. — 1993. — P. 497–501.
10. McIntosh B. A. Comet P/Machholz and the Quadrantid meteor stream // Icarus. — 1990. — **86**. — P. 299–304.
11. Shumacher G., Gay J. An attempt to detect Vulcanoids with SOHO-LASCO images. 1. Scale relativity and quantization of the Solar system // A & A. — 2001. — **368**, № 3. — P. 1108–1114.
12. Sekanina Z. On the origin of the Kreutz family of sungrazing comets // BAC. — 1967. — **18**, № 3. — P. 198–199.
13. Sekanina Z. The path and surviving tail of a comet that fell into the sun // Astron. J. — 1982. — **87**, № 7. — P. 1059–1072.
14. Sekanina Z. Periodic comet Machholz and its idiosyncrasies // A. J. — 1991. — **99**, № 4. — P. 1268–1277.
15. The first results from SOHO / ed. B. Fleck and Z. Svestka. — 1997.
16. Vrsnak B. Processes Governing Coronal and Interplanetary Ejecta, American Geophysical Union, Fall Meeting 2001.
17. Williams I. P., Collander-Brown S. J. The parent of the Quadrantid meteoroid stream // M. N. R. A. S. — 1998. — **294**. — P. 127–138.
18. Бабаджанов П. Б., Обрубов Ю. В. Комета Мачхольца 1986 VIII и метеороидный рой Квадрантид. Эволюция орбит и взаимосвязь // Астрон. вестн. — 1992. — **26**, № 3. — С. 70–77.
19. Григорян С. С., Ибодов Ф. С., Ибодов С. Об эволюции комет вблизи Солнца: кометы семейства Крейца // Доклады РАН. — 1997. — **354**, № 2. — С. 187–189.

20. *Кащеев Б.Л., Лебединец В.Н., Лагутин М.Ф.* Метеорные явления в атмосфере Земли. — М., 1967. — 265 с.
21. *Кащеев Б.Л., Волощук Ю.И., Кручиненко В.Г.* Метеоры и метеорное вещество. — Киев: Наукова думка, 1989. — 292 с.
22. *Крамер Е.Н.* Кометные радианты и связь метеорных потоков с кометами // Изв. Одесск. астрон. obs. — 1963. — № 5, Вып.2.
23. *Крамер Е.Н., Шестака И.С.* Фотографические методы метеорной астрономии. — К., 1989. — 97 с.
24. *Корсун П.П.* Новый алгоритм быстрой медианной фильтрации // Кинематика и физика небесных тел. — 1986. — 2, № 3. — С. 81–84.
25. *Лебединец В.Н., Корпусов В.Н., Соснова А.И.* Потоки радиометеоров // Труды ИЭМ. — 1972. — № 1(34). — С. 88–118.
26. *Орлов С.В.* О природе комет. — М., 1958. — С. 187.
27. *Чурюмов К.И.* Кометы и их наблюдение. — М., 1980. — С. 158.

Поступила в редакцию 9.09.2004