

Как поймать комету за хвост

Исследование Вселенной идет полным ходом, космические зонды уже легко догоняют кометы. Благодаря новым данным ученые наконец увидели истинный облик таинственных «хвостатых звезд»



Ядро кометы - огромная ледяная глыба, вроде гигантского сугроба. Когда она приближается к Солнцу, лед начинает испаряться. Из-под оболочки ядра бьют «гейзеры», заполняющие пространство вокруг газом и пылью



Подняв, словно боевое знамя, ловушку для пылинок, космический аппарат «Стардаст» мчится навстречу комете Вильда-2

Межпланетные зонды все ближе подлетают к кометам и доставляют на Землю частицы их вещества. Но ни одному еще не удалось «прикометиться». Вся надежда на «Розетту»



В 2005 г. комета Темпеля-1 с честью выдержала испытание на прочность. Чтобы получить больше вещества для анализов, американский зонд «Дип Импакт» выстрелил в нее тяжелым снарядом

Через несколько лет спускаемый аппарат зонда «Розетта» впервые осуществит мягкую посадку на ядро кометы, открытой в 1969 году К.И. Чурюмовым и С.И. Герасименко





Ведущий научный сотрудник Института астрономии РАН Дмитрий Вибе уже рассказывал на страницах GEO о загадочных обитателях Вселенной (№6/2006). Теперь речь о кометах

Зимой 2006-2007 годов большинство профессиональных астрономов и астрономов-любителей России смотрели на небо в бесильном отчаянии. Многонедельная, если не сказать многомесячная облачная пелена лишила их возможности наблюдать замечательное природное явление - земные небеса почтила своим присутствием яркая комета, названная по имени первооткрывателя кометой Макнота.

Астроном Роберт Макнот из австралийской обсерватории Сайдинг-Спринг открыл ее 7 августа 2006 года. В то время она была крайне тускла. В сущности, Макнот заметил ее лишь потому, что проводил обзорные наблюдения, искал малые тела Солнечной системы, которые способны сблизиться с Землей и представляют потенциальную опасность. По заведенному порядку он отправил все данные в Центр малых планет Международного астрономического союза, где была вычислена орбита кометы.

Траектория оказалась многообещающей: комете предстояло пройти всего в 26 млн км от Солнца - внутри орбиты Меркурия. Это означало, что она будет довольно яркой (из-за близости к Солнцу), хотя и очень трудной для наблюдений (по той же причине). К концу декабря комета Макнога проступила на фоне закатного неба, а к середине января по яркости обогнала Венеру и была видна даже днем! Увы, большинство жителей России из-за зимней облачной оттепели так и не увидели ярчайшей кометы за последние 40 лет. Лишь в конце января небо начало проясняться, но комета к этому времени уже опустилась под горизонт, ушла к жителям Южного полушария...

Косматые звезды

Впрочем, особенно жаловаться не приходится. Кометы посещают земное небо регулярно и, как

правило, задерживаются гораздо дольше, чем комета Макнота. Крупные «звезды с хвостами» настолько разительно отличаются от обычных «точечных» звезд и планет, что человек издревле вкладывал в их появление особый смысл. И, как это часто бывает с непонятными явлениями, смысл недобрый. Само название «комета» происходит от греческого «кома» - волосы, но кроме волос в кометах людям мерещились мечи, кровь...

Справедливости ради отметим, что космические странности не всегда вызывали отрицательные ассоциации. Самый известный положительный образ - Вифлеемская звезда. Именно в виде кометы изобразил ее итальянский художник Джотто на знаменитой фреске «Поклонение волфов» капеллы дель Арена в Падуе. Стилизованное изображение кометы часто можно видеть на рождественских открытках. А известная строка из «Евгения Онегина»: «Вина кометы брызнул ток» - посвящена шампанскому из винограда урожая 1811 года. Считалось, будто своими особыми качествами вино этого года обязано комете, появившейся в тот год на небосводе.

И все же конец суеверным страхам положил XVIII век. Еще Ньютон предположил, что кометы - равноправные жители Солнечной системы и поэтому, подобно планетам, движутся вокруг Солнца. Правда, в отличие от почти круговых планетных орбит, орбиты комет сильно вытянуты. В 1705 году соратник Ньютона Эдмунд Галлей вычислил траектории 24 комет, наблюдавшихся с 1337 года по конец XVII века, и заметил, что орбиты комет 1531-го, 1607-го и 1682 годов похожи друг на друга. Он заподозрил, что во всех трех случаях это была одна и та же комета и предсказал, что она опять появится в 1758 году. Гипотеза блестяще подтвердилась - на Рождество 1758-го комету заметил Георг Палич, любитель астрономии из Саксонии. Так было положено начало научному изучению комет.

ЯВЛЕНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ



1066

На гобелене из Байе, вытканном в конце XI века, изображено появление кометы, предвещающей королю Англии поражение в битве с нормандским герцогом Вильгельмом при Гастингсе



1682

Минувло шесть веков, прежде чем ученые благодаря ньютоновской теории тяготения приблизились к разгадке природы хвостатых звезд. В этом году комета Галлея в последний раз была нежданной

Косматые странницы в то время начали привлекать пристальное внимание ученых. А распространение телескопов превратило их поиски в своеобразный спорт. Французский астроном Шарль Мессье в конце XVIII века составил даже специальный каталог «не-комет» - туманных объектов, постоянно присутствующих на небе (и потому не являющихся кометами). В него вошли, как мы теперь знаем, газовые туманности, звездные скопления, галактики... Целые миры были свалены в одну кучу ради единственной цели - чтобы не путались под ногами во время охоты за кометами!

Правда, поначалу представления о кометах были, мягко говоря, расплывчатыми. Их считали большими и, следовательно, очень массивными объектами. В 1749 году французский ученый Жорж-Луи Бюффон предположил даже, что вся Солнечная система образовалась из вещества, которое было «вырвано» из Солнца гигантской кометой. На смену былым суевериям пришли страхи, так сказать, научно обоснованные. Люди начали опасаться, что Земля столкнется с какой-нибудь кометой. Предполагали, что даже сближение с этим небесным телом якобы может сбросить нашу планету с орбиты и направить на Солнце. Однако все попытки обнаружить хоть какое-то гравитационное воздействие комет на Землю и Луну ни к чему не привели. Стало очевидно, что массы комет, несмотря на внушительные видимые размеры, по космическим меркам ничтожно малы.

Но страх перед кометами все не проходил. В 60-е годы XIX века начали проводить спектроскопические наблюдения, которые пролили первый свет на химический состав кометных хвостов. Среди прочих молекул там обнаружили циан и оксид углерода (угарный газ), ставшие причиной появления новых страхов. В 1910 году Земля прошла сквозь хвост кометы Галлея. Газеты того времени наполнились сообщениями о ядовитом газе, кото-

рый, попав на Землю, убьет все живое... Но Земля, к счастью, в очередной раз уцелела. Плотность хвоста кометы Галлея оказалась настолько низкой, что никаких изменений в химическом составе атмосферы нашей планеты не произошло. Попутно выяснилось, что и большими размерами кометы похвастаться не могут: попытки увидеть комету Галлея во время ее прохождения по диску Солнца ▶

Эту комету астроном Роберт Макнот заметил случайно, настолько она была тусклой. Но уже через полгода жители Южного полушария могли наблюдать в небе ее роскошный яркий хвост



1759

Это явление кометы было триумфальным. Она засверкала на небе точно в срок, предсказанный английским астрономом Эдмундом Галлеем в 1705 г. К сожалению, ученый не дождался этого дня



1910

«Комета уже близко! Конец света» - написано на немецкой шуточной открытке. В 1910 году комета прошла всего в 22,5 млн км от Земли. Среди обывателей ее визит вызвал панику

По космическим меркам живут кометы недолго, не больше сотни тысяч лет, ведь их ядра на пути к центру Солнечной системы испаряются, теряя тонны вещества

ГЕОФАКТЫ

► Первое письменное упоминание о кометах относится примерно к 2296 г. до н.э. Запись была сделана древними китайскими астрономами

► Согласно Ипатьевской летописи, «в лето 6653» (1145 г.) во время съезда князей в Киеве «явися звезда превелика на западе, испуцающи луча». Это была комета Галлея

► также не увенчались успехом. С учетом мощи телескопов начала XX века это означало, что твердое (непрозрачное) ядро кометы в поперечнике не может превышать 50 км.

Пыль в глаза

Наши сегодняшние знания о кометах далеки от тех представлений, которые владели умами всего каких-то сто лет назад. Теперь мы знаем, что по сути комета - просто разновидность астероида. Большую часть жизни она проводит вдали от Солнца, представляя собой ледяную глыбу поперечником 10-20 км - размер даже для астероида весьма скромный. Ее поверхность почти черная, похожа на корку, которая покрывает весной тающие сугробы, поэтому увидеть ее издалика практически невозможно - слишком темна. Но проходит время, и комета, достигнув самой далекой от Солнца точки орбиты, поворачивает и начинает сначала медленно, а потом все быстрее двигаться к центру Солнечной системы.

Черная поверхность хорошо прогревается, и скрытый под нею лед начинает испаряться. Само ядро мы при этом, конечно, не видим, но чем ближе комета к Солнцу, тем более мощной оболочкой выброшенного вещества она себя окутывает. Газо-пылевая «атмосфера» кометы рассеивает и переизлучает солнечный свет. Она становится видна с Земли, образуя так называемую кому, которую в совокупности с ядром называют еще головой кометы. Обычно это происходит, когда комета подлетает к Солнцу на 3-4 астрономических единицы (одна астрономическая единица - это среднее расстояние от Земли до Солнца).

Именно кому мы и наблюдаем с Земли. Внешне она действительно кажется космическим объектом колоссальных размеров: ее поперечник иногда достигает миллиона километров, что сравнимо с диаметром Солнца! Но на самом деле этот «объ-

ект» представляет собой облако исчезающе малой плотности. В окрестностях Солнца вещество, испаряющееся с поверхности кометы, увлекается потоком солнечного ветра и излучения, вытягиваясь в длинный хвост, точнее, несколько хвостов. Один - плазменный, или ионный, - состоит из газа, ионизованного излучением Солнца и столкновениями с частицами солнечного ветра. Он почти прямой и имеет красивый голубоватый цвет благодаря излучению иона CO^+ . Второй хвост, немного изогнутый, состоит из пылинок, разогнанных давлением солнечного излучения. Поскольку излучение пылевого хвоста - это рассеянное излучение Солнца, оно имеет тот же самый желтоватый цвет. Хвост третьего типа, натриевый, идущий параллельно плазменному, был впервые обнаружен в 1997 году у кометы Хейла-Боппа.

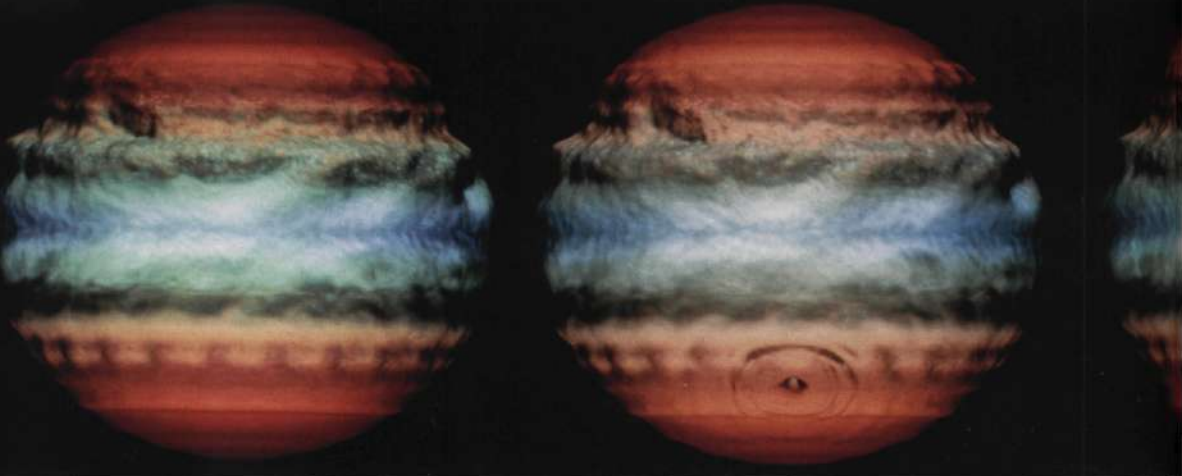
Благодаря отталкивающему действию Солнца хвосты всех типов всегда направлены прочь от дневного светила, так что на возвратном участке своей траектории комета летит задом наперед! Как и комы, хвосты представляют собою образования ничтожной плотности, но громадных размеров - они вытягиваются на десятки миллионов километров.

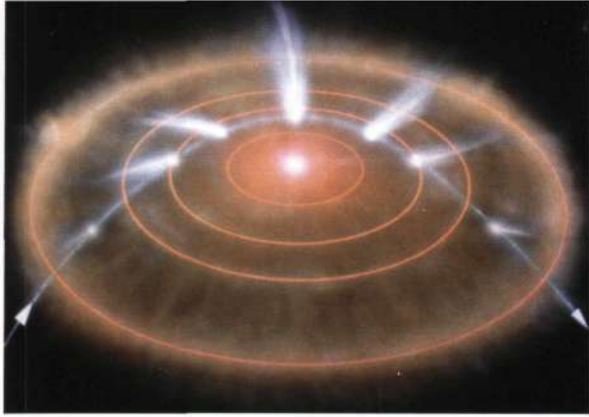
Яркость кометы зависит от трех факторов: она тем ярче, чем больше ее ядро, чем ближе она подходит к Солнцу и чем ближе проходит от Земли. По-видимому, самой грандиозной кометой нового времени была Большая сентябрьская комета 1882 года. По некоторым оценкам, «на пике славы» ее блеск превышал блеск полной луны, а хвост протянулся через все небо на многие десятки градусов. Разумеется, не менее, а может быть, даже более выразительные кометы посещали земное небо и раньше, однако наших предков больше занимало сходство кометы с крестом или ятаганом и его астрологическое толкование, нежели количественные оценки яркости и длины хвоста.

Рекордсменкой XX века стала комета Икейя-Секи, появившаяся в 1965 году. Ее максималь-

АТАКА ЮПИТЕРА

В июле 1994 года самую большую планету Солнечной системы сотрясла серия страшных ударов: в нее врезались обломки ядра кометы Шумейкеров-Леви-9. Ученые Массачусетского технологического института (США) показали эти «бомбардировки» Юпитера с помощью компьютерных моделей, увеличив для наглядности разбегающиеся по атмосфере волны





Слева сверху: кометные хвосты всегда направлены прочь от Солнца

Слева внизу: так немецкий художник изобразил комету, появившуюся в небе над Центральной Европой в 1663 году. Хвосты комет нередко состоят из отдельных струй-волокон, что, видимо, и навело наших предков на мысль о волосах

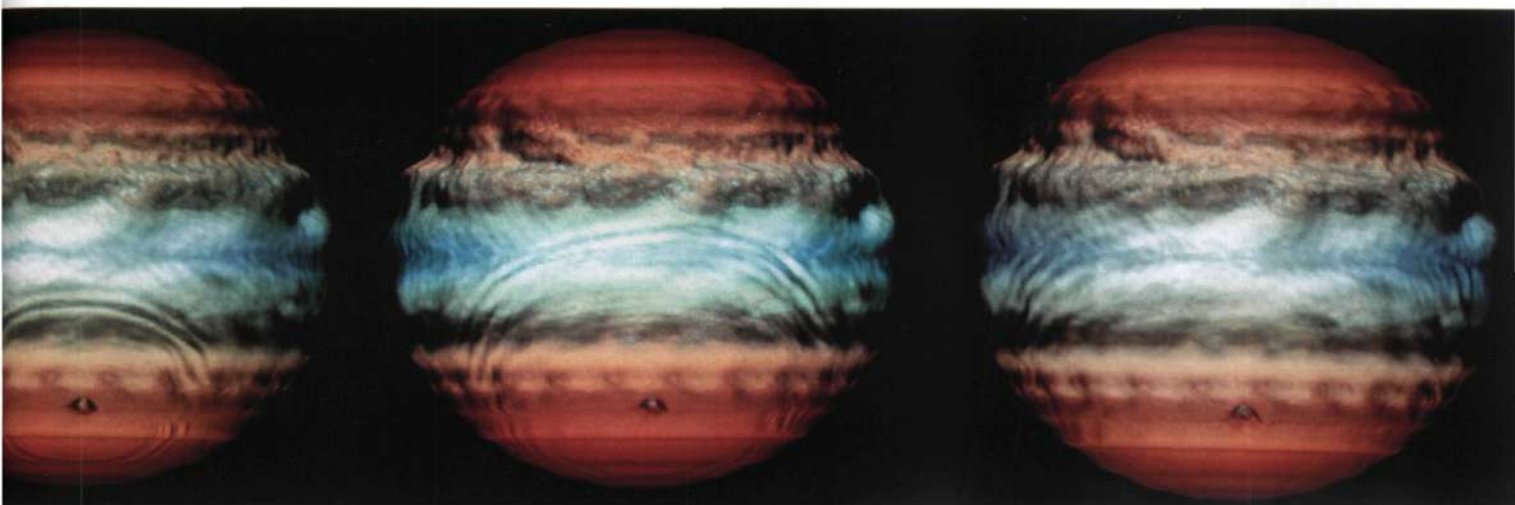
Справа: хвосты кометы Хейла-Боппа четко делятся на плазменный и пылевой

ный блеск до полной луны, правда, не дотянул, но совсем немного. Нам, живущим на рубеже XX и XXI веков, тоже грех жаловаться. Помимо недавней гостьи, кометы Макнота, последние годы принесли нам встречу еще с двумя замечательными кометами - Хиякутаке и Хейла-Боппа. При этом Хиякутаке стала первой кометой, которую удалось наблюдать в рентгеновском диапазоне. Да-да, эти холодные ледяные глыбы (точнее, их оболочки-комы) являются источниками жесткого излучения!

Испарение не только делает комету видимой. Оно еще «съедает» ее ядро - ведь каждую секунду комета выбрасывает в космос тонны вещества. Это, естественно, не проходит для нее бесследно. Время активной жизни типичной кометы не превышает сотни тысяч лет. После этого она либо окончатель-

но «окаменеет», либо попросту разваливается - впервые «на научной памяти» это произошло с кометой Биелы. В 1845 году, когда астрономы ожидали ее очередного пришествия, оказалось, что вместо одной кометы к Солнцу прилетели сразу две - на одной орбите, на расстоянии около 300 тыс. км друг от друга. В следующий прилет (1852 г.) осколки разошлись уже на 2 млн км, а после этого комета и вовсе пропала, зато вместо нее в 1872 г. земляне увидели мощный метеорный поток, орбита которого совпала с орбитой пропавшей кометы.

По-видимому, превращение в облако пыли-участь многих комет. Некоторые из них «подкармливают» метеорные потоки еще при жизни. Одним из первых об этом догадался в 1866 году итальянский астроном Джованни Скиапарелли, устано-



Кометы прилетают к нам издалека. Их постоянным местом жительства считают облако Оорта, которое находится на расстоянии одного светового года от Солнца

ГЕОФАКТЫ

► Аристотель считал кометы языками пламени в атмосфере Земли. Спустя две тысячи лет Тихо Браге доказал, что расстояние от Земли до любой кометы как минимум превосходит расстояние до Луны

► Блеск комет рассчитывается по формуле, выведенной в 1911 году российским ученым С.В. Орловым

► вивший связь между кометой Темпеля-Туттля и знаменитым метеорным потоком Леонид, через который Земля проходит каждый год примерно 18-19 ноября.

Гости из провинции

Время активной жизни кометы существенно уступает возрасту Солнечной системы. Это значит, что запасы комет непрерывно пополняются - иначе они бы уже давно иссякли. В центре Солнечной системы они пришельцы, на это указывают их вытянутые орбиты - у постоянных обитателей «метрополии» (планет и большинства астероидов) орбиты почти круговые. Ученые считают, что местом постоянного обитания комет является дальняя периферия Солнечной системы, откуда их время от времени вбрасывают в центр гравитационные возмущения.

Кометы разделяют на две группы - короткопериодические и долгопериодические. В первую входят кометы, которые на протяжении истории человечества наблюдались неоднократно. Самым коротким периодом (чуть больше 3 лет) обладает комета Энке, ее возвращения к Солнцу наблюдались уже 60 раз. Комета Галлея совершает один оборот за 76 лет. Это, пожалуй, самая известная комета всех времен и народов - первые упоминания о ней относятся к 239 г. до н. э.! Афелии, самые удаленные от Солнца точки орбит короткопериодических комет, часто располагаются за орбитой Нептуна. Логично предположить, что их родина именно там, в поясе Койпера. Считается, что короткопериодические кометы - это маломассивные объекты пояса Койпера, вытолкнутые в центр Солнечной системы в результате гравитационного взаимодействия с планетами-гигантами или с крупными «койпероидами».

Сложнее обстоит дело с долгопериодическими кометами. Их периоды могут измеряться тысячами лет, и в афелии они удаляются от Солнца на десятки и сотни тысяч астрономических единиц. Это заста-

вило нидерландского астронома Яна Оорта предположить, что Солнечная система на дальних подступах окружена еще одним кометным «резервуаром», который называется теперь облаком Оорта. Но что заставляет их уходить оттуда? Несколько лет назад две группы ученых попытались найти в орбитах долгопериодических комет какие-либо закономерности, указывающие на взаимодействие облака Оорта с Планетой X, таинственным спутником Солнца, слухи о котором время от времени появляются в прессе. Но Планету X им обнаружить не удалось, по крайней мере, с кометами из облака Оорта она гравитационно никак не взаимодействует. Вероятно, на таком большом расстоянии на движении комет начинают уже сказываться возмущения от звезд - соседок Солнца - и галактических молекулярных облаков.

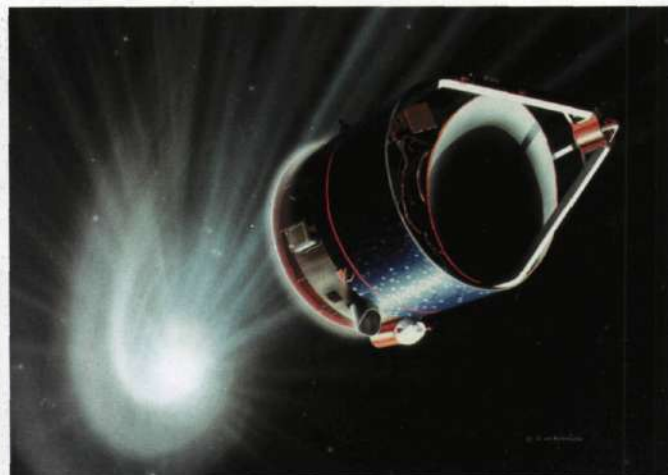
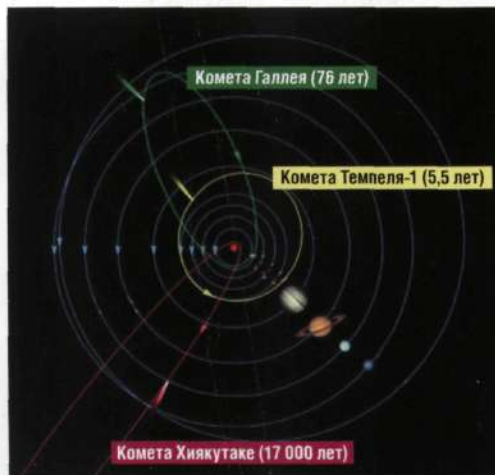
Находясь на таком большом расстоянии от Солнца - в поясе Койпера и тем более в облаке Оорта, - кометы должны были сохранить свойства протопланетного облака, из которого образовалась Солнечная система. Этим обусловлен интерес, который проявляют к кометам современные ученые. Интерес настолько большой, что он уже не ограничивается телескопическими наблюдениями.

Если комета не летит к Земле...

С началом космической эры наше знакомство с кометами вышло на новый этап. Уже несколько раз к кометам успешно подлетали земные космические аппараты, передававшие на Землю подробные портреты кометных ядер.

Полет к комете - дело очень и очень непростое. Представьте сложность задачи - прицелиться с расстояния в сотни миллионов километров (наблюдая видимую кому диаметром в десятки и сотни тысяч километров), чтобы подлететь к телу поперечником в десятку километров на расстоянии в несколько сотен километров! А когда вы наконец подлетите к комете, то обнаружите, что та самая пыль, ►

На схеме (слева) показаны орбиты трех известных комет и периоды их обращения вокруг Солнца. Комета Темпеля-1 не выходит за орбиту Юпитера, комета Галлея долетает до орбиты Нептуна, а самая дальняя гостья - комета Хиякутаке - в афелии удаляется от Солнца на несколько тысяч астрономических единиц. На рисунке (справа) - АМС «Джотто» на подлете к комете Галлея



Поймай, если сможешь! Чтобы свидание с кометой состоялось и не было слишком коротким, нужно метко прицелиться, а подлетев, умудриться вовремя затормозить

► которая помогла ее обнаружить, стала вашим злейшим врагом, нещадно бомбардирующим сам зонд и всю научную аппаратуру. Так что, приблизившись к комете, особенно важно суметь затормозить - чтобы снизить убойную силу пылинок и чтобы продлить момент долгожданного свидания. Нужно ведь не просто пролететь мимо, но и успеть что-то изучить, да и фотографировать на большой скорости несподручно.

Людам удалось уже шесть раз справиться с этой задачей, причем постоянно усложняя условия. Первая ласточка - зонд *International Cometary Explorer* - был запущен в 1978 году для исследования солнечно-земных связей. Вообще-то он назывался по-другому, однако потом его решили переименовать. В 1982-1983 гг. аппарат вывели из системы Земля-Луна и направили к комете Джакобини-Циннера, с которой он встретился в сентябре 1985 г., пролетев на расстоянии 7800 км от ее ядра. Никакого специального оборудования для исследования комет на нем установлено не было, поэтому пришлось ограничиться изучением взаимодействия комы с солнечным ветром.

Куда более масштабными были миссии к комете Галлея. Ее последнее появление в 1986 г. трудно было заметить невооруженным глазом, однако в качестве компенсации в тот год к комете Галлея отправилась целая флотилия из пяти межпланетных зондов. Флагманами стали советские космические аппараты «Вега-1» и «Вега-2» (название «Вега» происходило от двух слов - «Венера» и «Галлея»). Создатели этих аппаратов убили сразу двух зайцев: сначала «Беги» занимались исследованием Венеры, а затем направились к комете Галлея. В начале марта 1986 года аппараты пролетели через хвост кометы примерно в 8 тыс. км от ее ядра, передали на Землю его первые фотографии и в рамках международного проекта «Лоцман» снабдили навига-

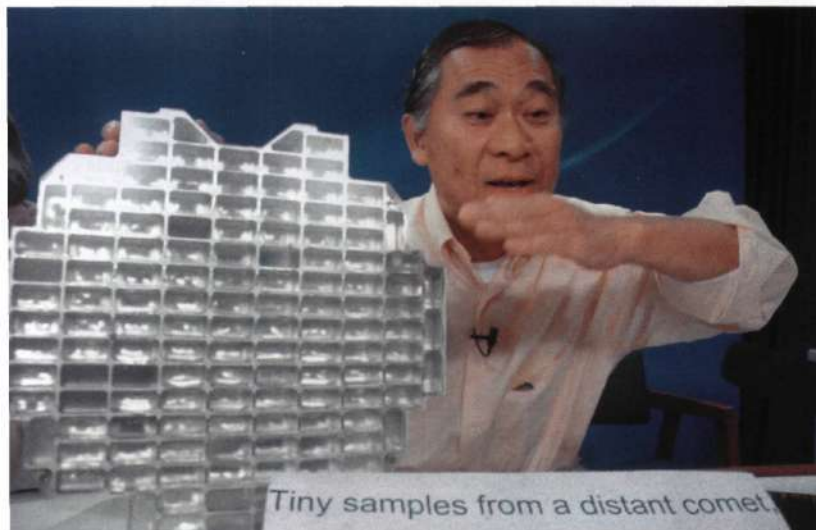
ционной информацией европейский космический зонд «Джотто». Благодаря своевременной коррекции орбиты «Джотто» смог приблизиться к ядру на 600 км. К сожалению, его свидание с кометой оказалось не безоблачным. За несколько секунд до точки максимального сближения в аппарат попала крупная пылинка (весом около 1 грамма) - это столкновение раскрутило «Джотто», и передача данных на полчаса прекратилась. За это время европейский зонд улетел от кометы на добрую сотню тысяч километров - ведь пролетная скорость составляла почти 80 км/с...

Еще два зонда - «Сакигаке» и «Суисей» - запустило к комете Галлея Японское космическое агентство. В их задачу входило изучение плазмы в окрестностях кометы. «Суисей» в марте 1986 года прошел на расстоянии 151 тыс. км от ядра, а «Сакигаке» приблизился к нему всего на 7 млн км.

Часть инструментов «Джотто» во время свидания с кометой Галлея вышла из строя, но создатели не спешили отправлять его на свалку. Аппарат был перенаправлен к комете Григга-Скьеллерупа и в июле 1992 года пролетел на расстоянии 200 км от ее ядра - рекорд, не побитый до сих пор. «Джотто» передал на Землю информацию об атмосфере кометы и магнитном поле вблизи нее, но фотографировать ядро, к сожалению, было уже нечем.

Следующего свидания с кометой пришлось ждать почти 10 лет. В 1998 году США запустили космический аппарат «Дип-Спейс-1». Главной целью запуска было испытание новых космических технологий, а чтобы потенциал не пропадал зря, аппарат решено было использовать и для астрономических исследований. В частности, в планы экспедиции входили тесные сближения с ядрами двух комет - Вильсона-Харрингтона и Борелли. К сожалению, из-за проблем с навигационным оборудованием первую встречу пришлось отменить. Зато вторая прошла без сучка и задоринки. 20 сентября ►

Слева: Питер Цу, один из руководителей проекта «Стардаст», демонстрирует вернувшуюся на Землю ловушку для пылинок. Справа: так выглядит под микроскопом след пылинки в ловушке. Частица ударила в алюминиевую раму, раздробилась, и ее осколки застряли в аэрогеле



«Руки прочь от кометы Темпеля-1!» - кричали астрологи и защитники окружающей среды, узнав, что зонд «Дип Импакт» нацелил на нее свою пушку

ГЕОФАКТЫ

▶ Аэрогель занесен в Книгу рекордов Гиннеса как самое легкое из твердых веществ

▶ Каждый раз, пролетев мимо Солнца, комета Галлея уменьшается примерно на 200 м

Слева: на снимке кометы Вильда-2, полученном с борта АМС «Стардаст», видно, что местность на ядре кометы довольно пересеченная. Справа: так выглядела комета Темпеля-1 через 67 секунд после столкновения со снарядом, выпущенным с «Дип Импакта». Вспышка оказалась слишком яркой для камеры, установленной на зонде, и потому снимок частично засвечен

▶ 2001 года «Дип-Спейс-1» пролетел на расстоянии 2000 км от ядра кометы Борелли и передал на Землю его изображение.

Третьей кометой, ядро которой удалось сфотографировать крупным планом, стала комета Вильда-2. Американский космический зонд «Стардаст» пролетел мимо нее в январе 2004 года. Сближение было очень тесным и медленным - «Стардаст» прошел в 240 км от ядра со скоростью всего 6 км/с - на порядок медленнее «Джотто» и в 3 раза медленнее «Дип-Спейса-1». Низкая скорость требовалась для выполнения сложной технологической задачи: «Стардасту» предстояло собрать образцы кометной пыли и вернуть их на Землю.

«Стардаст» был оснащен уникальной пылевой ловушкой. Ее предстояло поймать пылинки, летящие навстречу аппарату в 3 раза быстрее пули, выпущенной из автомата Калашникова, и так, чтобы при этом они не разрушались. Проблему решил специальный состав - аэрогель, по сути, вспененное стекло. На протяжении полета «Стардаста» ловушка открывалась трижды: до, после и во время встречи с кометой (исследователи надеялись кроме кометной поймать и межзвездную пыль). Траекторию «Стардаста» проложили так, что в январе 2006 года он снова пролетел мимо Земли. Капсула с ловушкой отделилась от аппарата и приземлилась в пустыне штата Юта.

Последнее космическое свидание с кометой было и самым шумным. В июле 2005 года американский зонд «Дип Импакт» не просто пролетел мимо кометы Темпеля-1, но выстрелил в нее 364-килограммовым снарядом, чтобы выбить из ядра дополнительное вещество для анализа. Это нехитрое действие почему-то настроило некоторых жителей Земли на меланхолический лад. Кто-то из защитников окружающей среды, не разобравшись в деталях, решил, что комету собрались полностью разрушить и таким образом нанести невосполнимый урон Солнечной системе. А некие астрологи даже подали на НАСА в суд, уверяя что уничтожение кометы приведет к весьма плачевным последствиям. Конечно, никакого разрушения не произошло,

и комета Темпеля-1 продолжает и ныне свой беззаботный полет. Хотя вспышка получилась действительно яркая! Снаряд врезался в ядро со скоростью 10 км/с. Температура в месте удара превысила 1000°C. Произошел взрыв, выбросивший из ядра кометы около 1 тыс. тонн вещества. За выбросом только на Земле следили 73 телескопа, а сам аппарат фотографировал ядро кометы.

Сердца четырех

Пожалуй, главным результатом всех этих исследований можно считать разнообразие изученных комет. Ядра всех четырех (практически черные) имеют поперечник в несколько километров и плотность меньше плотности воды. Испарение вещества идет примерно с 10% поверхности, причем газ и пыль вырываются в виде мощных струй, которые иногда тянутся на десятки километров. Помимо пыли основным составным элементом кометных ядер, как и ожидали, оказался водяной лед, смешанный с другими летучими соединениями.

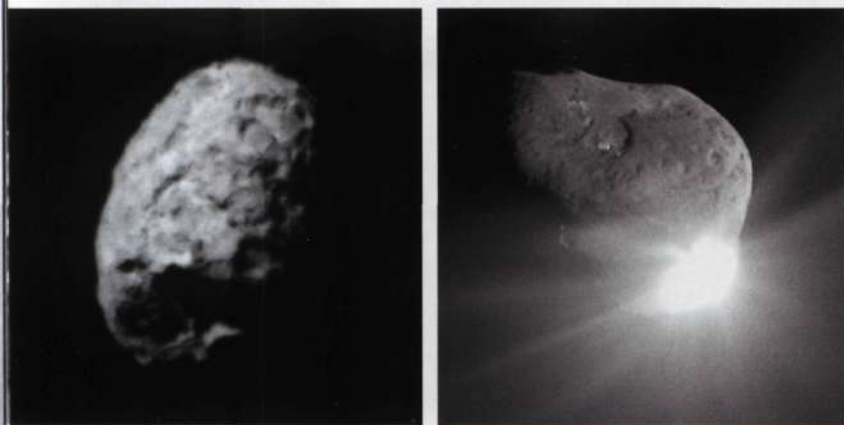
Однако обнаружились и различия. Ядра комет Галлея и Борелли имеют вытянутую форму и довольно гладкую поверхность, а комета Вильда-2 слегка сплюснута и обладает богатым рельефом. Ее ядро покрыто округлыми впадинами, и по крайней мере некоторые из них являются ударными кратерами. Почти отвесные склоны обрывов без следов осыпания свидетельствуют, что вещество ядра обладает высокой механической прочностью.

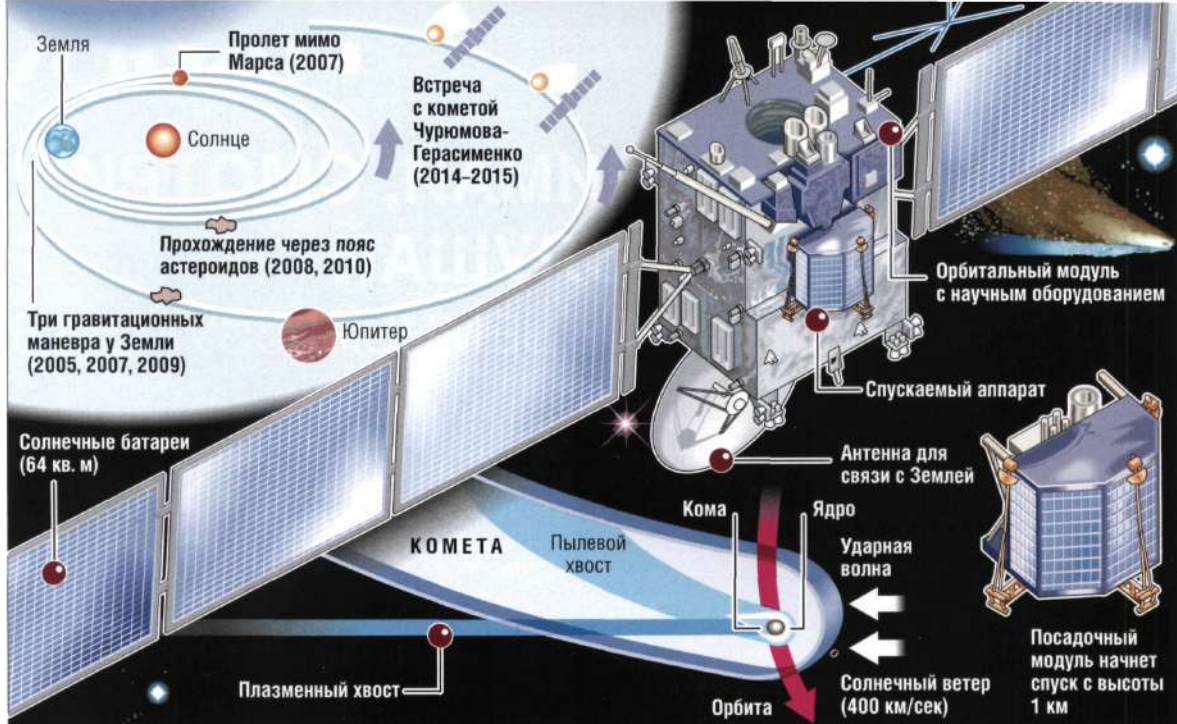
У ядра кометы Темпеля-1 есть и гладкие, и довольно изрезанные участки поверхности. Исследователи даже предположили, что оно состоит из нескольких независимых фрагментов с разной историей и химическим составом. Например, в ядре этой кометы разделены струи испаряющегося водяного пара и углекислого газа. В струях водяного пара отсутствует пыль, зато в струях углекислого газа ее много. Половина поверхности покрыта кратерами (как на комете Вильда-2), на другой половине их нет и т. д.

Неожиданные результаты дал анализ пылинок, доставленных на Землю спускаемым аппаратом «Стардаста» - практически все они оказались кристаллическими. Но в межзвездной среде пылинки аморфны. Чтобы кристаллизироваться, они перед падением в комету должны были испытать сильный нагрев. Но как сумели объединиться в одно тело прокаленные пылинки и замерзшие газы?

По мнению ученых это доказывает, что перед образованием планет область Солнечной системы (до 50 а. е.) была охвачена бурным перемешиванием. В любом случае, представление о кометах как остатках «первовещества» Солнечной системы уже не кажется таким беспорным.

О наличии в кометах кристаллической пыли ученые знали давно, но трудно было предположить, что в них окажется *только* кристаллическая пыль... Правда, анализ пылинок пока далек от завершения. Исследование кометных ядер со





«Розетте» предстоит провести комплексное исследование кометы Чурюмова-Герасименко. На борту установлены камеры видимого, инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов, инструменты для анализа пыли и плазмы в кометном хвосте. Но интереснее всего узнать, что увидит на поверхности ядра спускаемый аппарат



► столь близкого расстояния поставило больше вопросов, чем разрешило. Исследования комет безусловно будут продолжены. «Стардаст» перехватил цель у «Дип Импакта»: в 2011 году ему тоже предстоит свидание с кометой Темпеля-1. Ученые рассчитывают увидеть, как изменится за это время рукотворный кратер. А сам «Дип Импакт» летит сейчас к комете Бетина, с которой встретится в 2008 году.

Но самый амбициозный кометный проект современности - космический зонд «Розетта». Он отправился в путь три года назад, чтобы в 2014 году полететь к комете Чурюмова-Герасименко. В отличие от всех предыдущих миссий, задача «Розетты» - не пролететь мимо, а стать первым искусственным спутником кометы. Кроме того, с «Розетты» на комету будет направлен спускаемый аппарат, который определит химический состав и структуру поверхности ядра, а орбитальный модуль построит подробную карту его поверхности.

В конце рассказа стоит упомянуть об аппарате, который для исследования комет не предназначался, но с его помощью их открыто больше, чем ка-

ким-либо иным способом. Это космическая гелиосферная обсерватория *SOHO*.

Большинство комет, открытых *SOHO*, - «одно-разовые». Аппарат осуществляет непрерывный мониторинг близких окрестностей Солнца и довольно часто отлавливает кометы, которые полетели к светилу слишком близко. *SOHO*, можно сказать, регистрирует их умирание. Такие кометы называют «задевающими Солнце». До *SOHO* их было известно всего несколько штук, и в их число входили рекордсмены яркости - Большая сентябрьская комета 1882 года и комета Икея-Секи. Теперь благодаря *SOHO* количество «задевающих» комет перевалило за тысячу. Большая их часть движется примерно по одной и той же орбите. Они называются кометами семейства Кройца и, вероятно, являются остатками разрушившейся большой кометы.

Дмитрий Виб

ГЕОФАКТЫ

► По наблюдениям ученых, ближе всех к Земле подошла в 1770 году комета Лекселя - 1,2 млн км

► По последним данным Тунгусский метеорит, упавший в Сибири в 1908 году, на самом деле был кометой

ГЕОСОВЕТЫ

Научные сайты о кометах: www.astrotop.ru/guide/comets.shtml

Энциклопедия комет (англ.): www.cometography.com