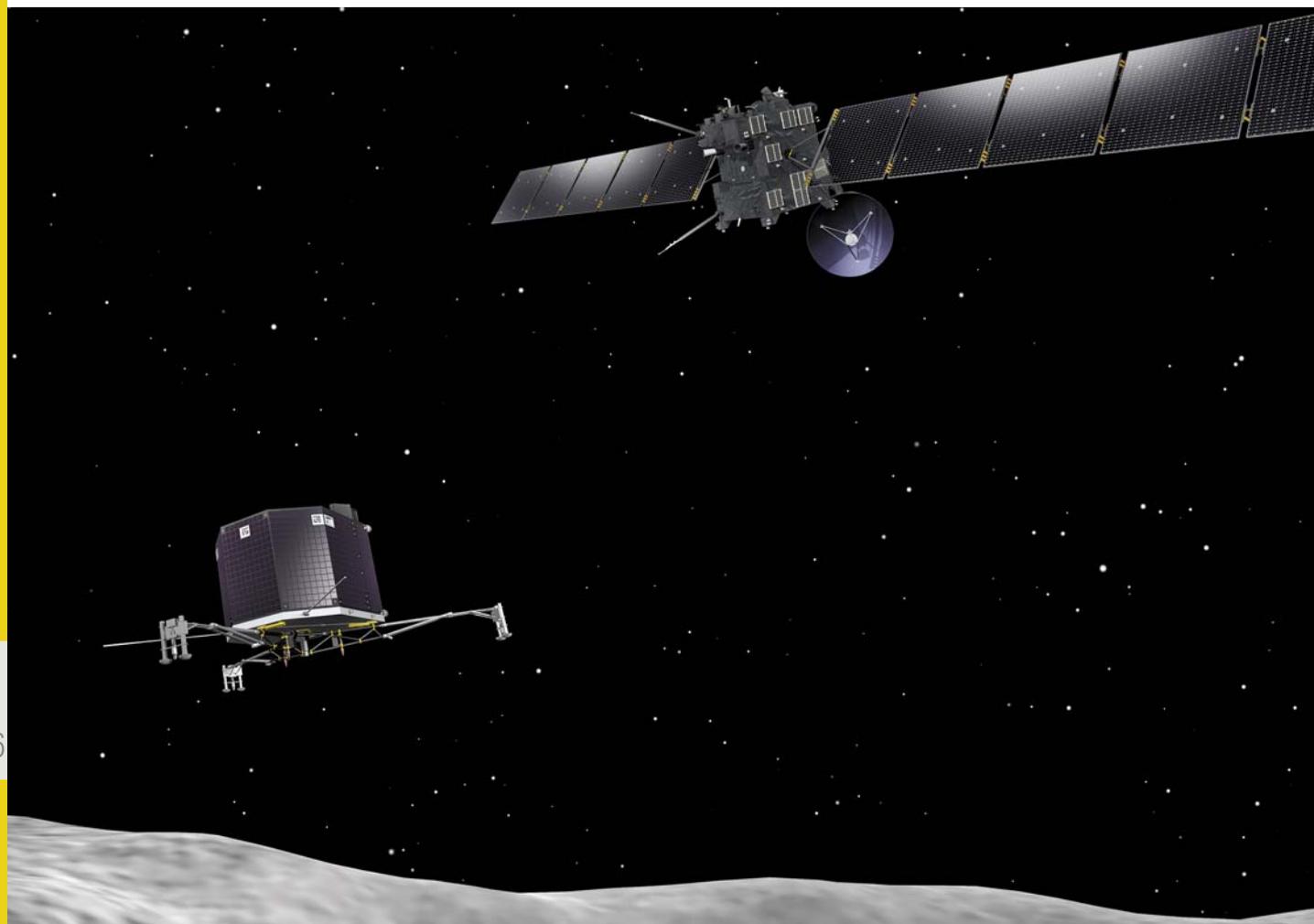


ПОПАСТЬ В ДЕСЯТКУ

Журнал *Science* ежегодно публикует в декабре список из десяти научных прорывов ушедшего года. Авторитетные отечественные ученые, уже традиционно, комментируют на страницах нашего журнала эти достижения, одновременно знакомя читателей с работами российских исследователей в актуальных научных областях



Посадочный модуль «Филы», отделившийся от аппарата «Розетта», готовится к посадке на комету 67P (Чурюмова – Герасименко)
© ESA–J. Huart, 2013

«РОЗЕТТА» — ДЕСЯТЬ ЛЕТ ПУТЕШЕСТВИЯ К КОМЕТЕ

По версии журнала *Science* самым значимым научным прорывом 2014 г. стали результаты одного из наиболее амбициозных космических проектов последнего времени, благодаря которому космическому аппарату удалось не только достигнуть кометы, но и впервые доставить исследовательскую аппаратуру непосредственно на ее поверхность. Есть надежда, что данные, полученные в ходе космической экспедиции «Розетта», станут краеугольным камнем в построении теории эволюции Солнечной системы и будут востребованы для объяснения происхождения воды на Земле

Первоначальной целью миссии «Розетта», подготовленной Европейским космическим агентством в сотрудничестве с NASA, была комета 46P/Виртанена. Однако из-за отказа двигателя ракетносителя в 2002 г. старт был отменен, удобное стартовое время было упущено, и проект был переориентирован на исследование кометы 67P/Чурюмова – Герасименко с сохранением первоначальной исследовательской программы.

Космический аппарат «Розетта» успешно стартовал в 2004 г. и на протяжении десяти лет совершил четыре гравитационных маневра с использованием полей тяготения Земли и Марса, что дало возможность поднять скорость аппарата до орбитальной скорости кометы и вывести его в нужный момент на траекторию движения кометы. Выбор столь длительной и сложной схемы полета был обусловлен намеченной программой научных исследований миссии.

Все предыдущие космические экспедиции по изучению комет, от американско-европейского «ICE» и советской «Веги» в 1980-е гг. и до «Stardust» в 2011 г., проходили на встречных курсах. Благодаря такой схеме полета удалось не только сфотографировать с малого расстояния кометное ядро и доставить на Землю небольшие образцы пыли из ее хвоста, но даже в прямом смысле «попасть» в комету металлической болванкой и исследовать состав выброшенного при этом вещества.

Однако цель миссии «Розетта» значительно отличалась от предыдущих: планировалось, что космический аппарат проведет вблизи ядра кометы достаточно длительное время и осуществит посадку на ее поверхность спускаемого аппарата. Сделать подобное на встречных курсах невозможно, так как к скорости кометы, которая может достигать десятков и даже сотен километров в секунду, прибавляется вторая космическая скорость самого аппарата. Чтобы осуществить посадку на комету, относительные

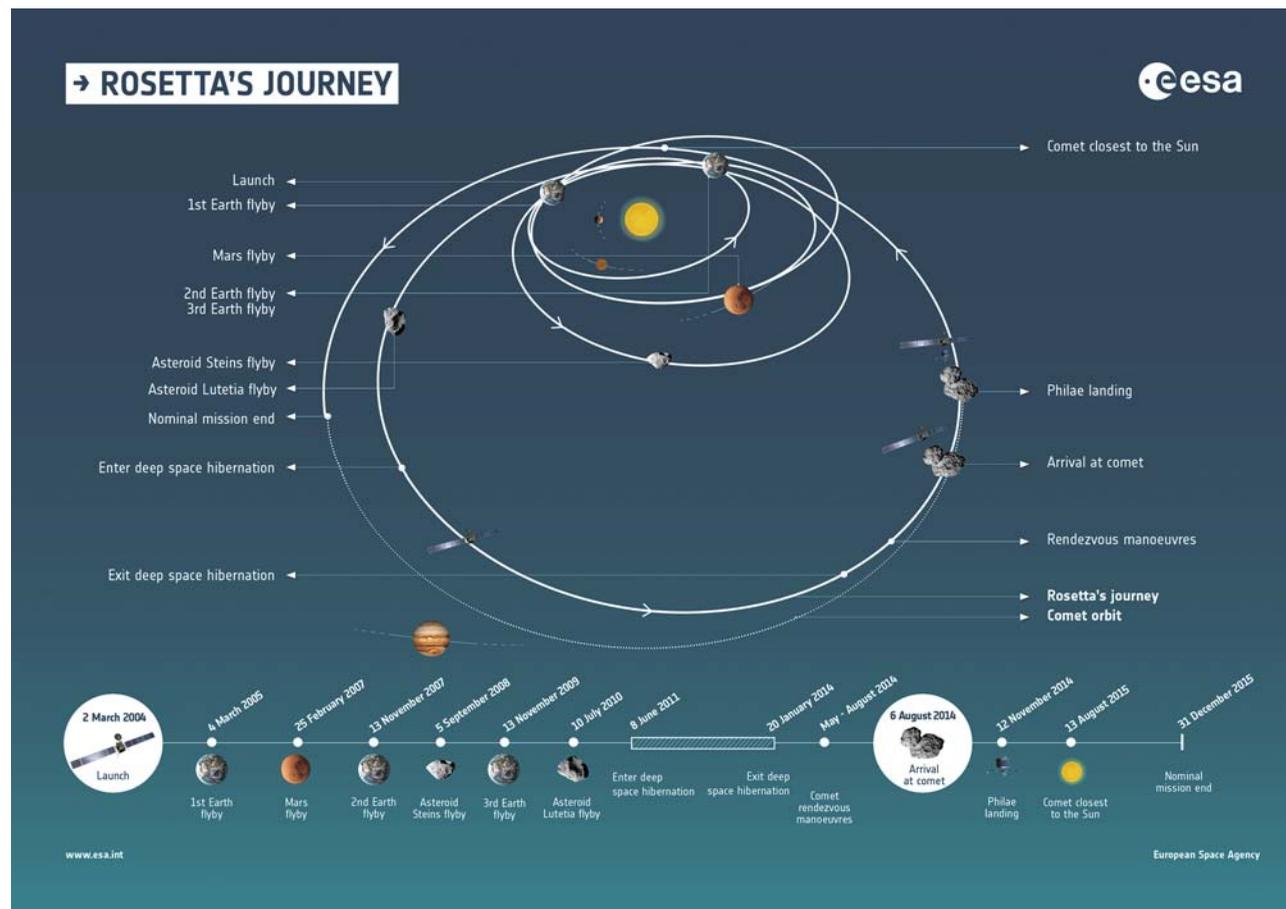


БЛИНОВ Владимир Евгеньевич – доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (Новосибирск), профессор кафедры электрофизических установок и ускорителей Новосибирского государственного технического университета, доцент кафедры физики элементарных частиц Новосибирского государственного университета. Автор и соавтор более 350 научных публикаций

Ключевые слова: комета Чурюмова – Герасименко, Солнечная система, Розетта, Филы.

Key words: Comet 67P/Churyumov–Gerasimenko, Solar System, Rosetta, Philae

© В. Е. Блинов, 2015



скорости кометы и космического аппарата должны быть максимально близкими. Благодаря выбранной схеме полета «Розетте» удалось подлететь к комете Чурюмова – Герасименко сзади и оставаться рядом с ней в течение длительного времени, находясь на ее траектории и двигаясь с такой же скоростью.

На борту трехтонной «Розетты» был установлен стокилограммовый спускаемый модуль «Филы», по размеру сравнимый с холодильником и 11 научных приборов, в том числе фотокамера, оборудованная двумя объективами диаметром 700 мм и 140 мм и CCD-матрицами 2048×2048 пикселей, и позволяющая получать изображения в оптическом и инфракрасном диапазонах длин волн. Полезная нагрузка модуля «Филы» включала десять приборов для исследования морфологических, химических, микробиологических и других характеристик ядра кометы, в том числе пиролизеры, масс-спектрометр для анализа и идентификации газообразных продуктов пиролиза и газовый хроматограф для анализа различных смесей органических и неорганических веществ.

Траектория и хронология миссии аппарата *Rosetta*.
© ESA

Пролетая мимо

Во время долгого полета к комете «Розеттой» была проведена серия научных исследований, вполне достойных самостоятельных миссий. Так, через полтора года после старта «Розетта» наблюдала столкновение 350-килограммовой металлической болванки, выпущенной аппаратом *Stardust*, с кометой *Tempel 1*. Спустя еще полгода «Розетта» пролетела на близком расстоянии от Марса, сделав потрясающие снимки «Красной планеты» в разных спектральных диапазонах, при этом снимки в ультрафиолетовой части спектра позволили обнаружить в марсианской атмосфере необычные процессы, неизвестные ранее.

Следующие полтора года космический аппарат провел в энергосберегающем режиме, из которого был выведен в 2008 г. для съемки шестикилометрового ас-

тероида Штейнса, пролетавшего мимо на расстоянии всего 800 км. В начале 2010 г. «Розетта» исследовала обнаруженное в поясе астероидов кометоподобное тело P/2010 A2, демонстрировавшее аномальное поведение. Эти данные совместно с информацией, полученной с космического телескопа «Хаббл», позволили установить причину появления аномалии – столкновение 150-метрового астероида с метровым осколком.

Однако основным результатом этого года стала съемка 100-километрового астероида Лютеция с расстояния 3170 км. Изучение снимков его поверхности дало основания считать этот астероид одним из немногих оставшихся с момента зарождения Солнечной системы «зародышей» планет – планетезималей.

Затем на два с половиной года, вплоть до 20 января 2014 г., «Розетта» погрузилась в спящий режим. Несмотря на проведенные в космическом пространстве десять лет и прохождение через пояс астероидов тестирование оборудования не выявило на борту космического аппарата никаких неполадок!

В августе 2014 г. «Розетта» наконец вошла в кометное облако. В это время и были сделаны самые эффектные снимки приближающегося и вращающегося кометного ядра.

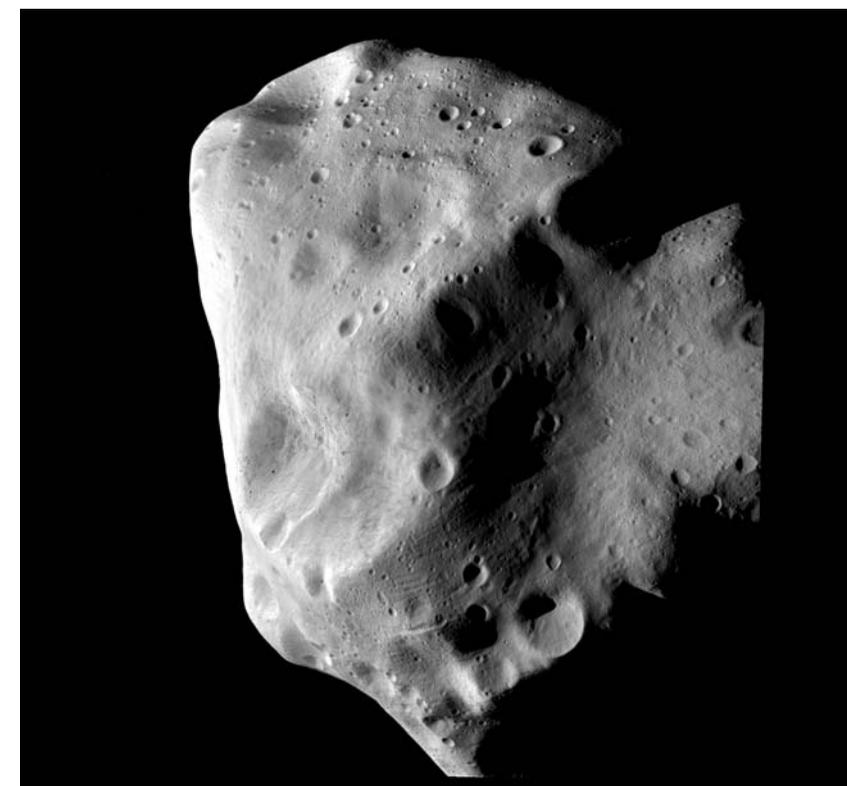
Оказалось, что поверхность кометы имеет сильно пересеченный рельеф: там есть горы высотой до 900 м и глубокие кратеры. Сама же комета имеет рыхлую

структуру и плотность около 470 кг/м³, близкую к плотности древесины.

«Филы» прикометились

Уже первые измерения вблизи кометы принесли неожиданные результаты. Судя по альбедо (отражательной способности поверхности), равному 6%, комета Чурюмова – Герасименко является одним из самых темных объектов Солнечной системы (соответствующий показатель для Луны равен 12%, для Земли – около 37%). Этот факт указывает на то, что поверхность кометы содержит такие минералы, как сульфиды железа с примесью соединений углерода, и свидетельствует о низком содержании или полном отсутствии водного льда во внешних слоях грунта. Однако это не исключает, что лед может находиться на некоторой глубине под поверхностью.

В ноябре 2014 г. «Розетта» сблизилась с кометой до расстояния всего 3 км и произвела запуск спускаемого аппарата «Филы». Он подошел к комете с относительной скоростью около 1 м/с и при контакте с поверхностью выстрелил в нее двумя гарпунами, так как слабая гравитация кометы могла не удержать аппарат. Однако ни двигатель, который должен был прижать «Филы» к поверхности, ни гарпунная система не сработали, и аппарат дважды отскакивал от поверхности.



Лютеция – одна из немногих оставшихся с момента зарождения Солнечной системы планетезималей – «зародышей» планет. Она оказалась вдали от орбит, на которых формировались каменные планеты Солнечной системы, и слишком близко к Юпитеру, чье гравитационное воздействие не позволило ей набрать нужную массу.
На фото – астероид Лютеция при максимальном сближении с аппаратом «Розетта» 10 июля 2010 г.
© ESA 2010 MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA



В августе 2014 г. «Розетта» наконец вошла в кометное облако. В это время были сделаны самые эффектные снимки приближающегося и вращающегося кометного ядра.

На фото – комета 67P.
© ESA/Rosetta/NavCam

Комета Чурюмова – Герасименко, открытая еще в 1969 г. двумя советскими астрономами, – это рядовая комета с коротким периодом обращения, равным 6,6 года, и средней скоростью орбитального движения 18 км/с. Ее удаление от Солнца не превышает радиуса орбиты Юпитера, а траектория хорошо предсказуема, что позволяет выбрать правильное стартовое окно для запуска космического аппарата. Комета имеет массу около 10 млрд тонн, объем 25 км³, период вращения 12,5 ч.

В конце концов ему удалось закрепиться, однако место посадки оказалось в тени и пока аппарат не получает достаточно солнечной энергии для обеспечения работы всех научных приборов.

Несмотря на такую нештатную посадку, «Филы» сразу начал передавать снимки поверхности кометы и данные измерений. Попытка бурения оказалась неудачной из-за очень твердой породы, расположенной под аппаратом, поэтому для анализа были взяты пробы из атмосферы кометы. Газовый хроматограф зафиксировал в атмосфере кометы органические молекулы с массой более 100 атомных единиц, что удалось обнаружить впервые.

Даже находясь в тени из-за неудачной посадки и не получая энергии от солнечных батарей, научные приборы, работая на аккумуляторах, успели выполнить большую часть намеченной программы измерений, прежде чем аппарат перешел в спящий режим. Однако большинство этих результатов пока не опубликовано.



Один из немногих опубликованных сенсационных результатов «Розетты» относится к изотопному составу воды в ядре кометы. Интерес к этим данным связан с тем, что, согласно современным теориям, основным источником земной воды были именно упавшие на планету кометы, поскольку их ядра состоят в основном из льда. Наиболее подходящими кандидатами на эту роль были короткопериодические кометы, подобные комете 67P/Чурюмова – Герасименко, так как предыдущие исследования показали отсутствие воды на долгопериодических кометах. Однако данные измерений не подтвердили этой гипотезы, что, скорее всего, указывает на более сложный механизм перемещения вещества в молодой Солнечной системе.

Сейчас ученые надеются, что при подлете кометы ближе к Солнцу энергии будет поступать достаточно для обеспечения полноценной работы бортовых приборов. Согласно первоначальному плану, аппарат должен проработать на поверхности кометы до конца 2015 г., но, вероятно, срок службы аппарата будет существенно продлен.

«Розетта» была названа в честь знаменитого Розетского камня – каменной плиты с выбитыми на ней тремя идентичными по смыслу текстами на древнеегипетском и древнегреческом языке, а название спускаемого аппарата – в честь о-ва Филы на р. Нил, где был найден знаменитый обелиск с иероглифической надписью. Эти уникальные археологические находки помогли ученым расшифровать древнеегипетские иероглифы. Современные исследователи надеются, что результаты, полученные благодаря космическим аппаратам «Розетта» и «Филы», будут способствовать дальнейшему развитию теории эволюции Солнечной системы и установлению источника происхождения воды на Земле.

Спускаемый аппарат «Филы» на поверхности кометы 67P/Чурюмова – Герасименко.
© ESA/ATG medialab

Литература

Гнедин Ю. Н. *Астрономические наблюдения кометы века: новые, неожиданные результаты* // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 6. С. 82–89. URL: <http://www.astronet.ru/db/print/msg/1168017>

Комета // *Энциклопедия Кругосвет*. URL: http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/astronomiya/KOMETA.html

Rosetta. *Latest News* // European Space Agency. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Rosetta