



Розетта и Филы у цели: миссия к комете Чурюмова-Герасименко

ГАИШ, 22 октября 2015

Л.В. Ксанфомалити
К.И. Чурюмов



Astronomer Klim Churyumov, ESA Director General Jean-Jacques Dordain and astronomer Svetlana Gerasimenko, pictured in 2004. Credit: Christian Sotty

ДЖОТТО ДИ БОНДОНЕ (ПАДУЯ)

Поклонение Волхвов 1305-1313



*Сенека считал кометы явлением природы и не видел причины, почему они не должны относиться к астрономическим объектам, хотя их движение не соответствует зодиаку...(!)

*Аристотель: Пары, поднимающиеся от земли, накапливаются вверху горячей атмосферы и там медленно сгорают.

*В 1578 философ Селичиус писал:

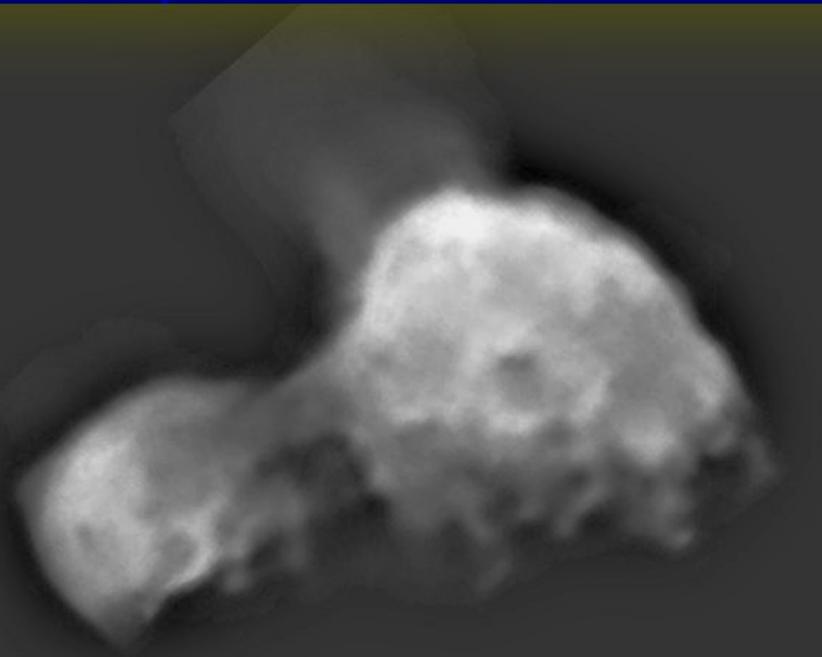
"...the thick smoke of human sins, rising every day, every hour, every moment, full of stench and horror before the face of God, are becoming gradually so thick as to form a comet, with curled and plaited tresses, which at last is kindled by the hot and fiery anger of the "Supreme Heavenly Judge".

From D.W. Hughes, 1986)

ВИДЕЛ ЛИ ТОЛСТОЙ КОМЕТУ ГАЛЛЕЯ ?

Москва 1811

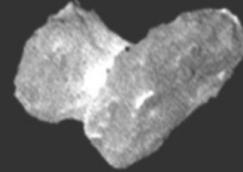
«Мокрыми от слез глазами Пьер смотрел на эту звезду...»



1P/Halley
16 × 8 × 8 km
Vega 2, 1986



81P/Wild 2
5.5 × 4.0 × 3.3 km
Stardust, 2004



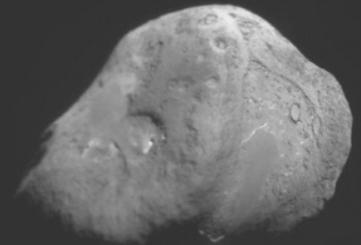
67P/Churyumov-
Gerasimenko
4 × 3 km
Rosetta, 2014



103P/Hartley 2
2.2 × 0.5 km
Deep Impact/EPOXI, 2010



19P/Borrelly
8 × 4 km
Deep Space 1, 2001



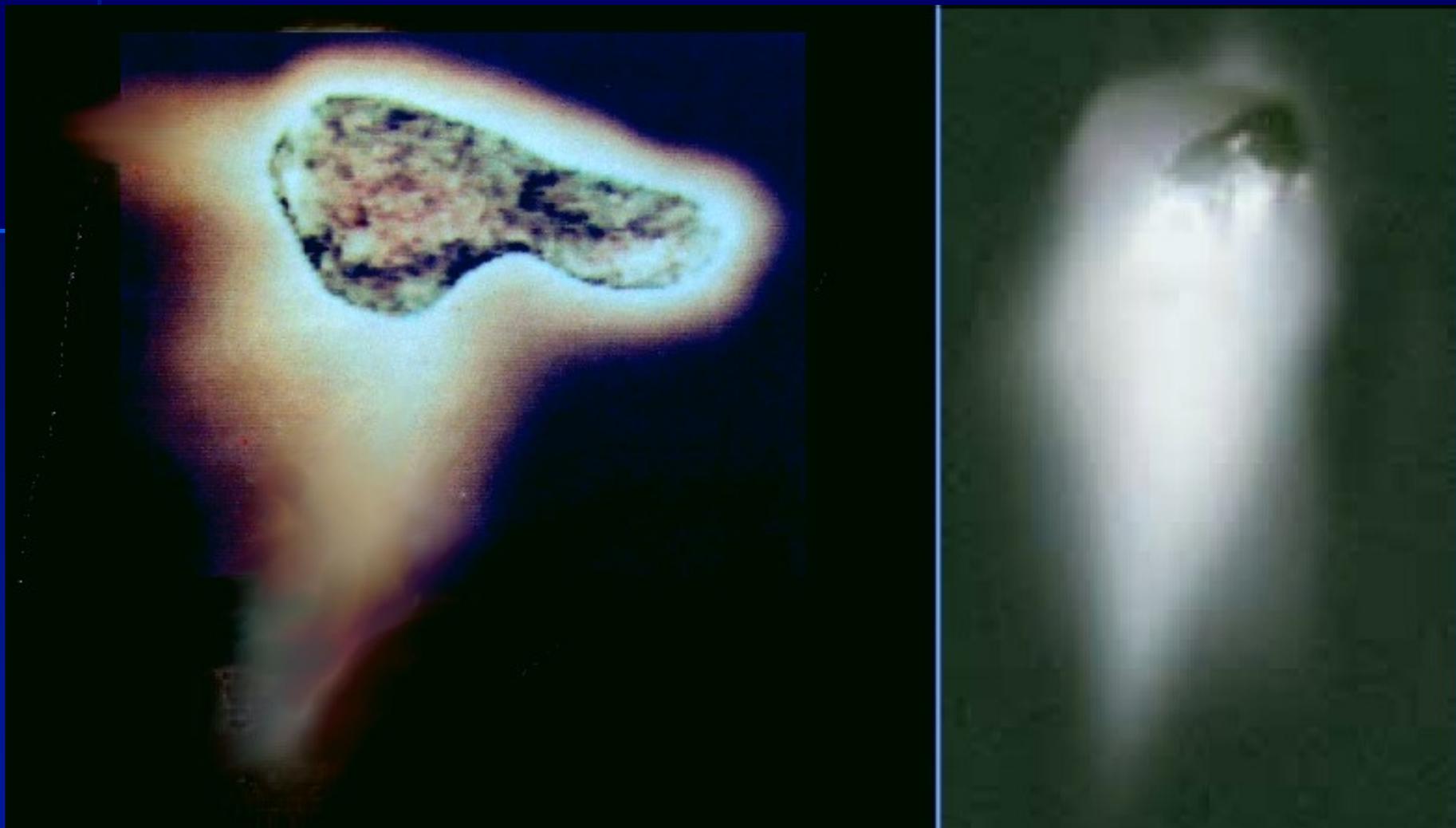
9P/Tempel 1
7.6 × 4.9 km
Deep Impact, 2005



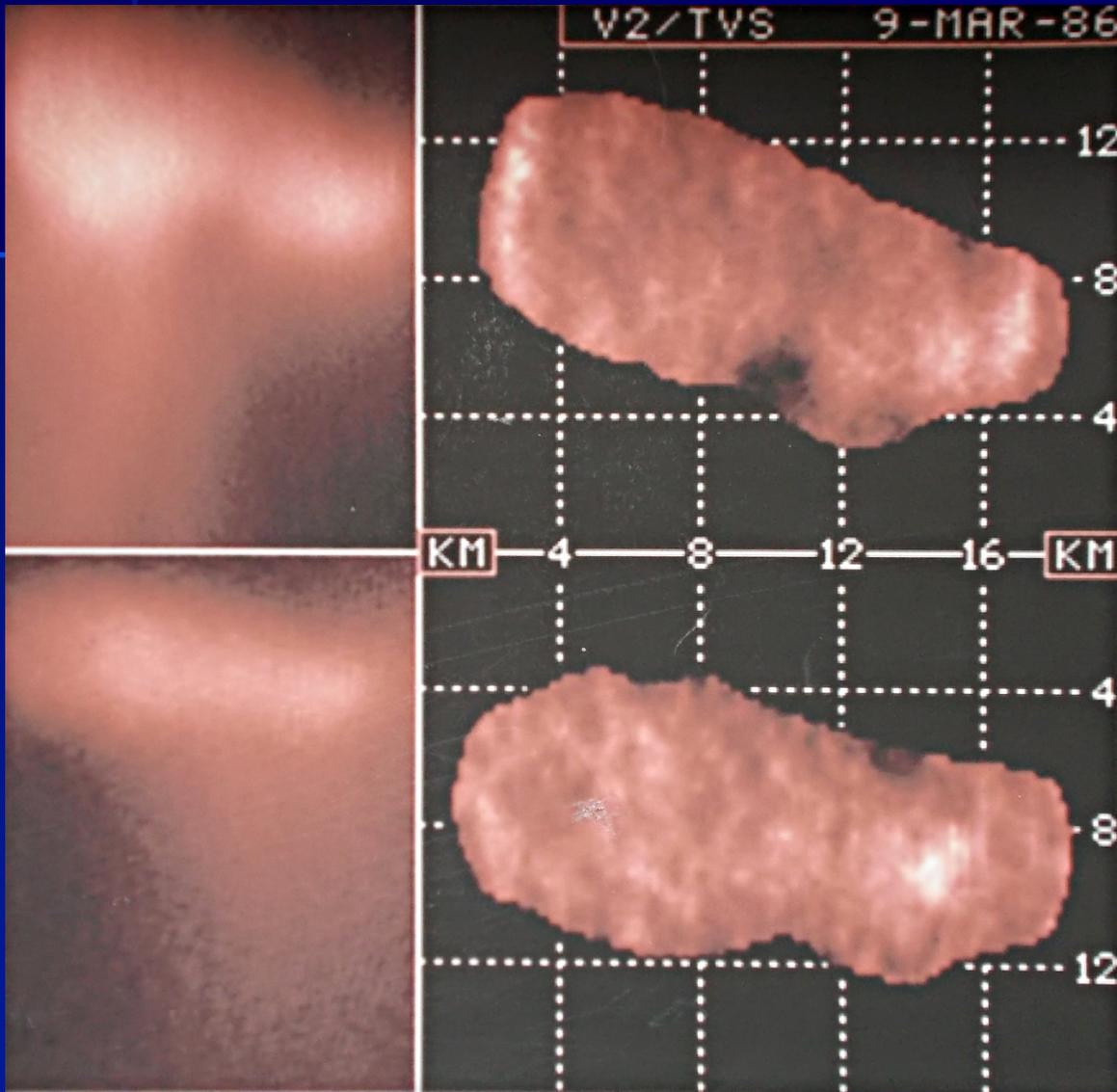
Комета Галлея 1P/Halley. Наземный снимок сделан в марте 1986 года. 6 и 9 марта 1986 г. аппараты ВЕГА-1 и ВЕГА-2 сближались с кометой Галлея на встречных курсах со скоростью около 75 км с^{-1} .

VEGA





Ядро кометы вращается с периодом 52 час.



Ядро кометы Галлея. Ядро имеет вытянутую форму, 15.3 x 7.2 x 7.2 км. Средняя плотность 0.6 г см⁻³.

Миссия к комете 67P/CG



Запуск «Розетты», 2 марта 2004 г.

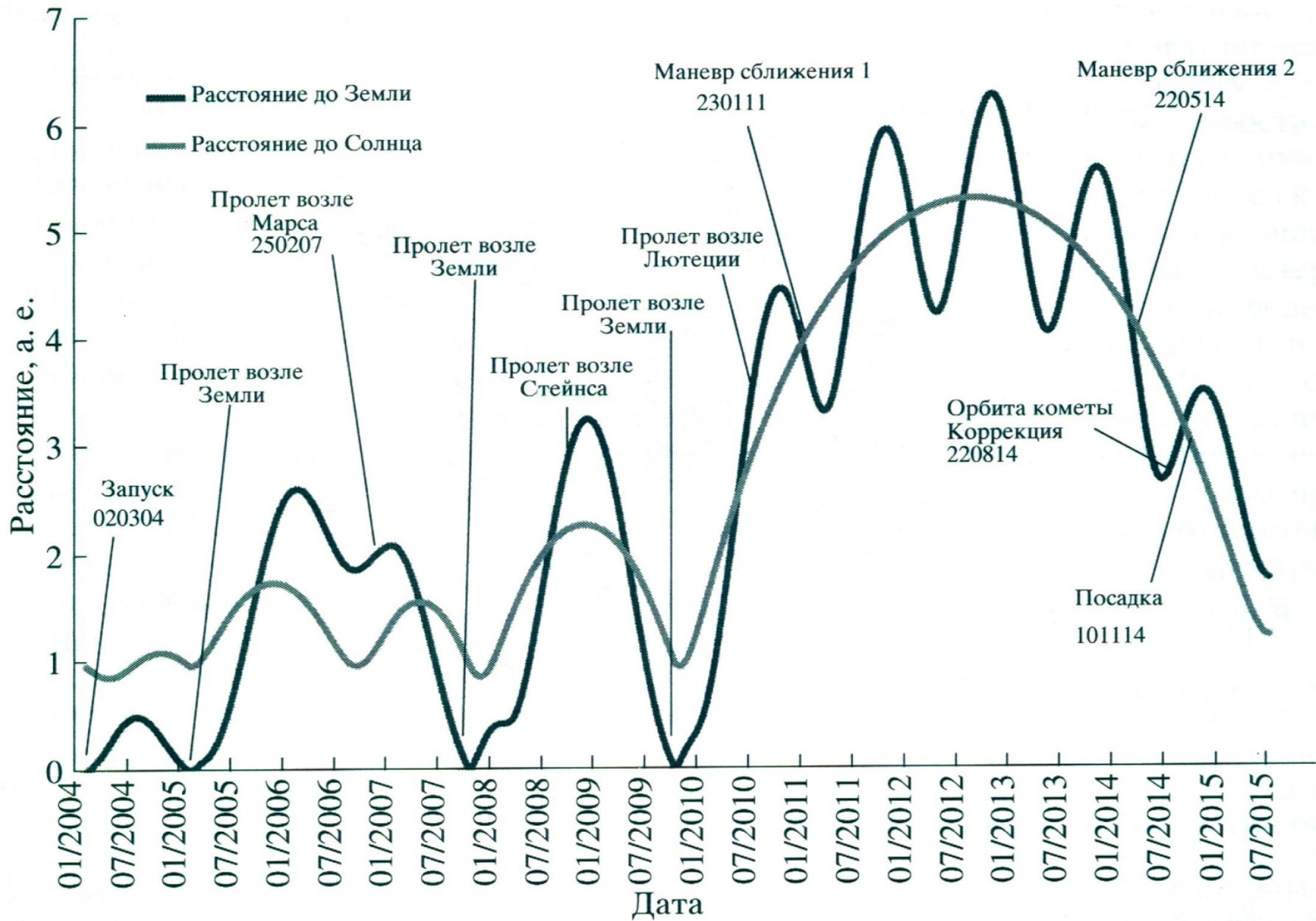


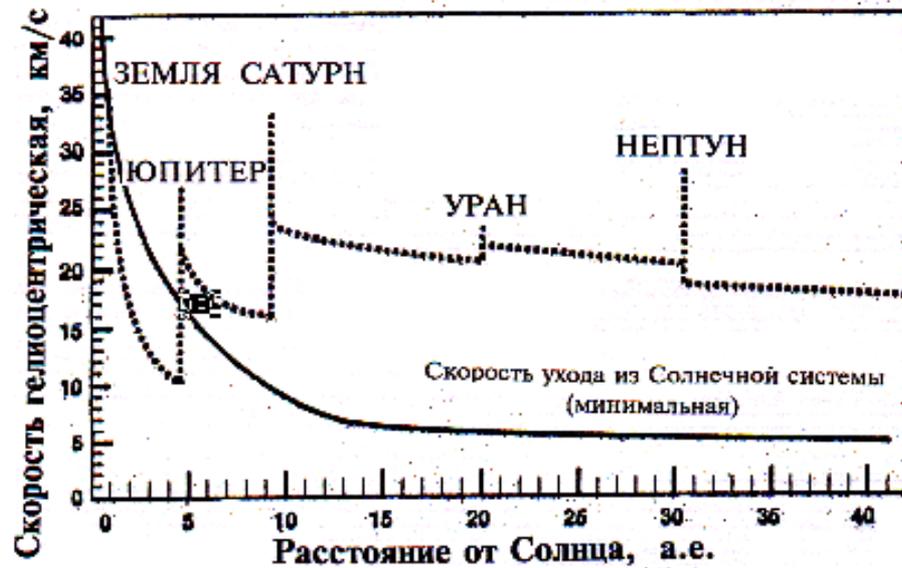
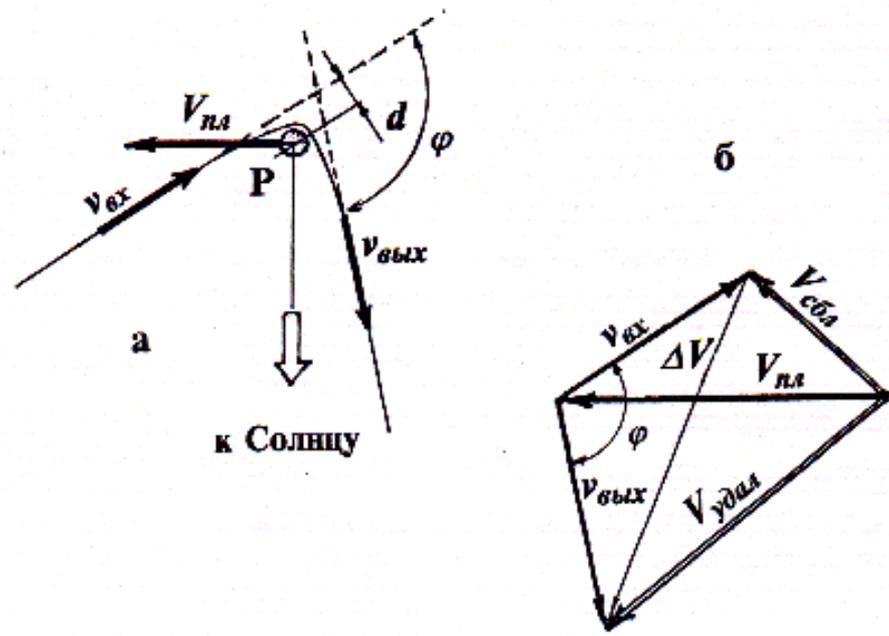
ROSETTA

аппарат ROSETTA

Габариты	Габариты главного аппарата	2.8 × 2.1 × 2.0 м
	Габариты солнечных батарей	14 × 2.3 м
	Полная площадь солнечных батарей	2 × 32 м ²
	Полный размах сол- нечных батарей	32 м
Масса	Полная масса	~2900 кг
	Масса топлива	~1720 кг
	Масса научной аппаратуры	~165 кг
	Масса посадочного модуля Philae	~100 кг
Энергетиче- ская установка	Производитель- ность солнечных ба- тарей	395 Вт на 5.25 а. е. 850 Вт на 3.40 а. е.
Время функ- ционирования	Эксплуатационное	12 лет



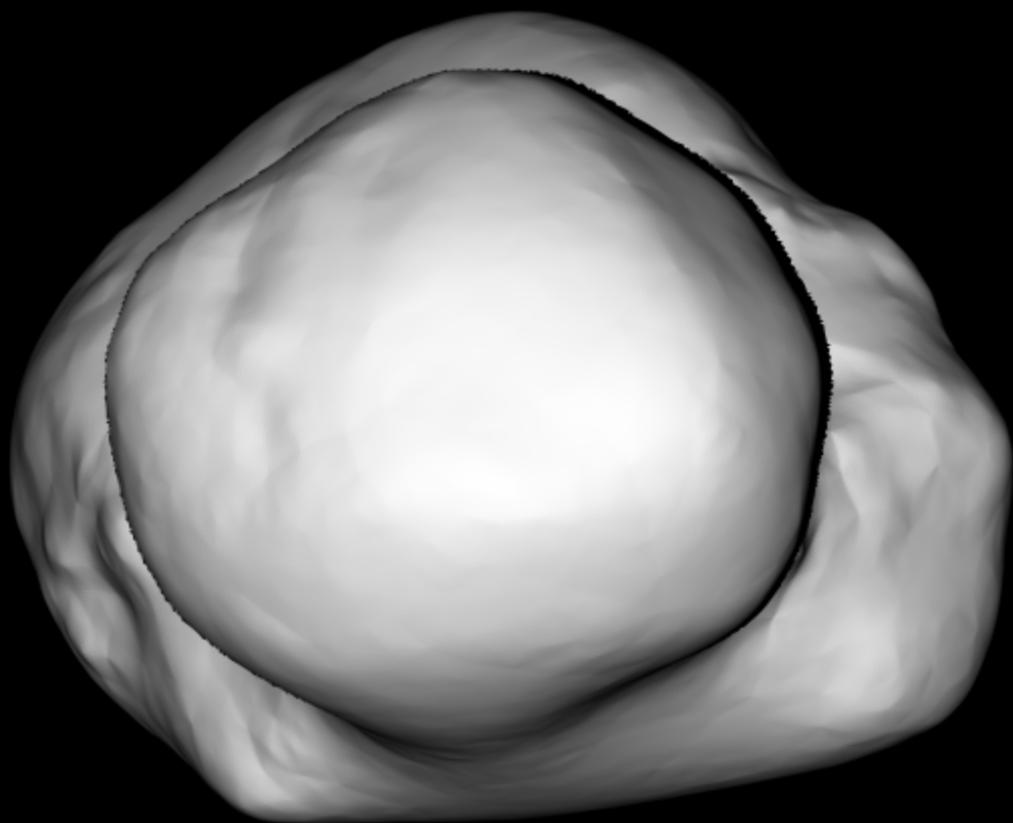


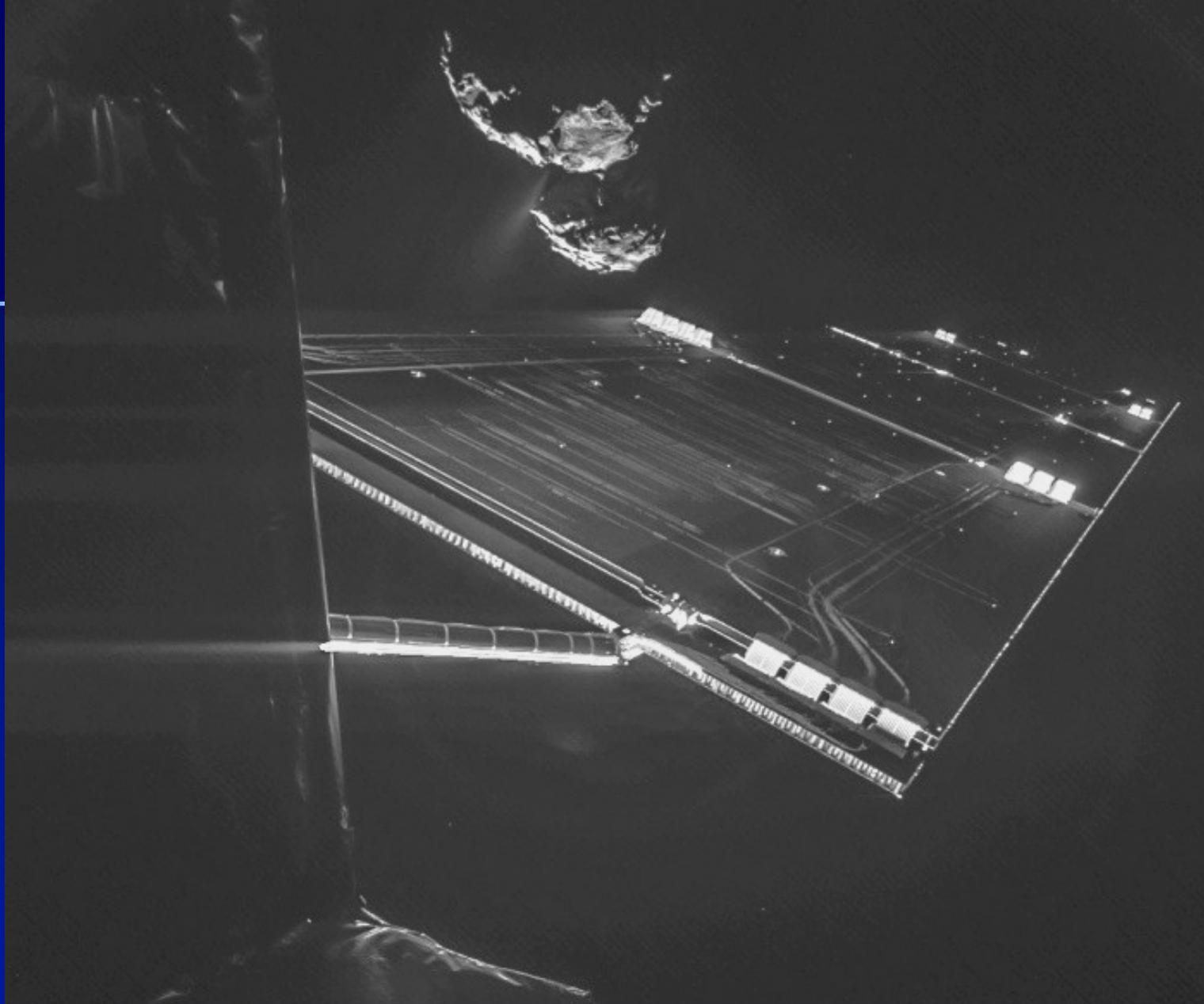


Стейнс

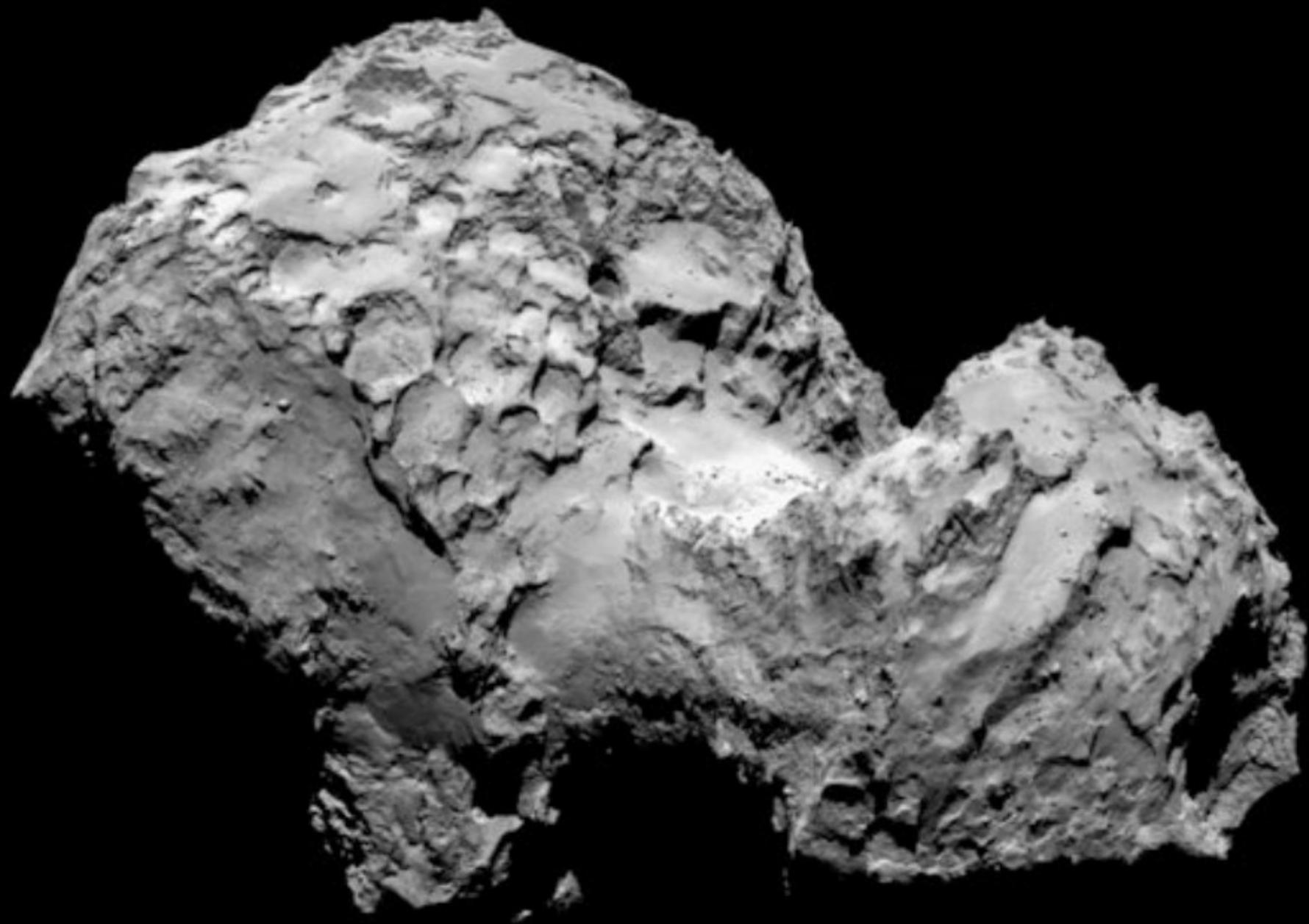


Лютеция





Автопортрет на фоне ядра кометы



4.1 km



2.5 km

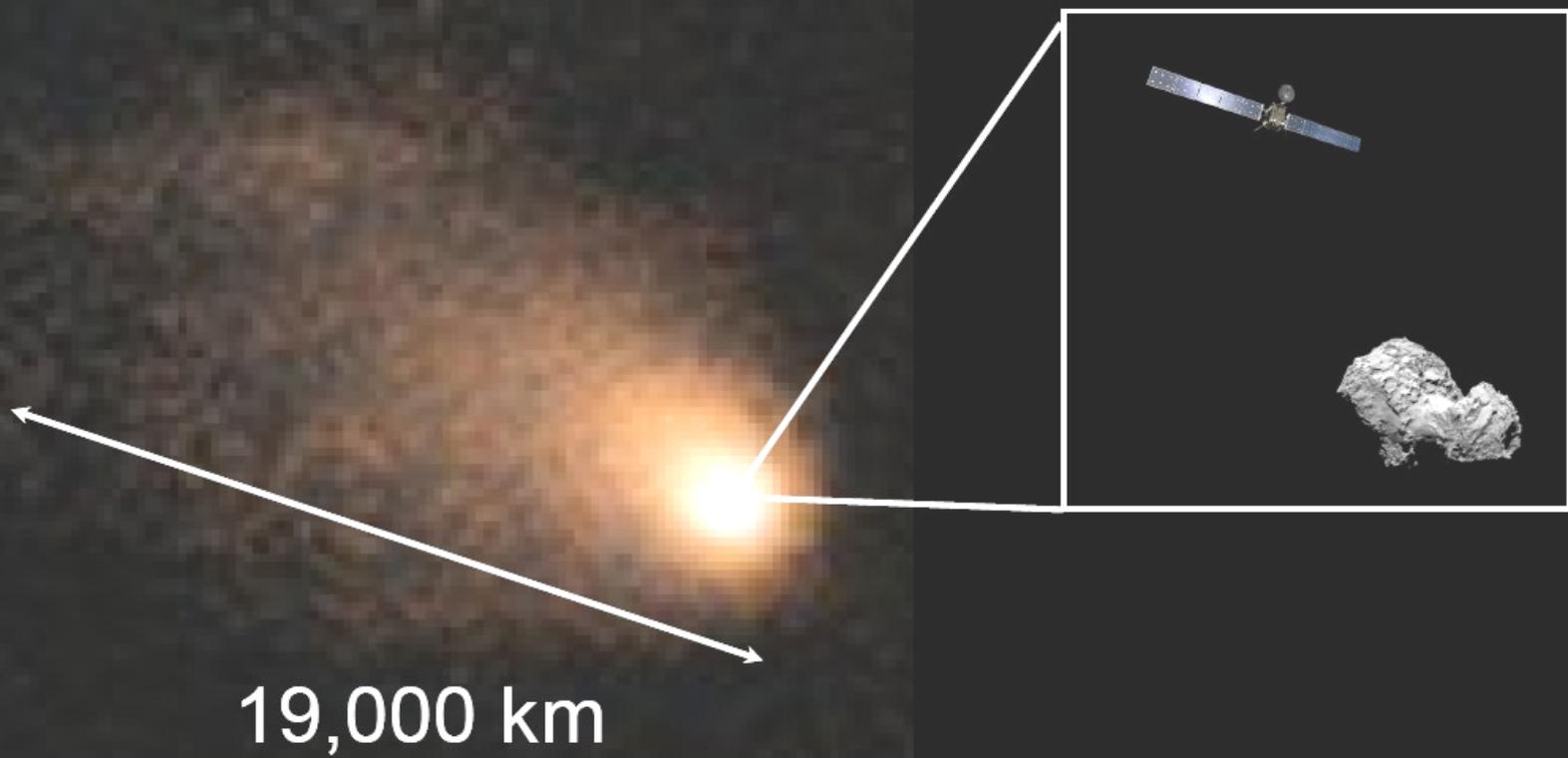
Mass $\sim 10^{13}$ kg
Volume $\sim 25 \text{ km}^3$
Density $\sim 0.4 \text{ g/cm}^3$
Rotation $\sim 12.4 \text{ h}$

2.0 km

2.5 km



3.2 km



19,000 km

РОЗЕТТА: научные приборы

ALICE: Ультрафиолетовый картирующий спектрометр

CONCERT: Эксперимент по зондированию ядра кометы радиопросвечиванием

COSIMA: Масс-спектрометр кометных вторичных ионов

GIADA: Ударный анализатор и накопитель пылевых частиц

MIDAS: Система анализа пылевых частиц микро-изображениями

MIRO: Микроволновый спектрометр орбитального аппарата

OSIRIS: Система изображений в оптике, спектроскопии и ИК-диапазоне

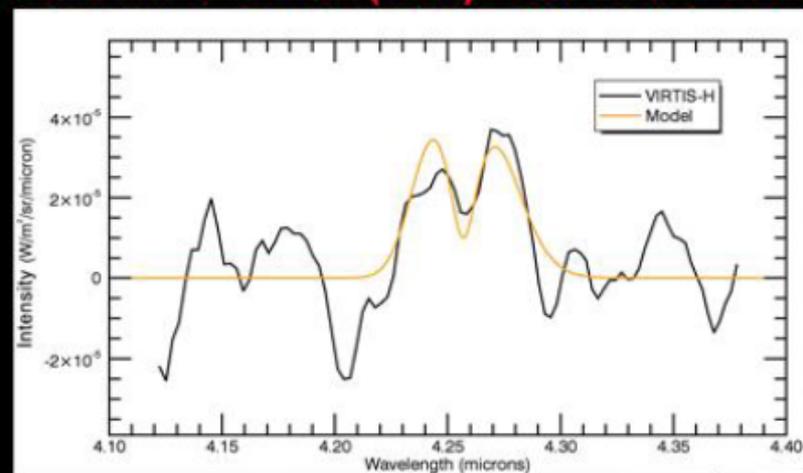
ROSINA: Спектрометр аппарата Rosetta для анализа ионов и нейтральных частиц

RPC Консорциум плазменных экспериментов Rosetta

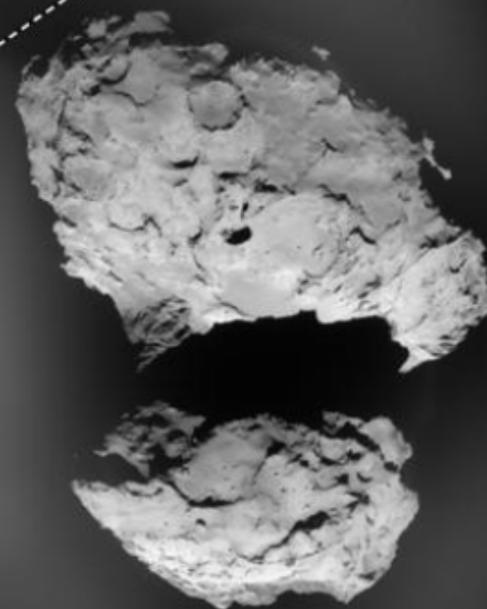
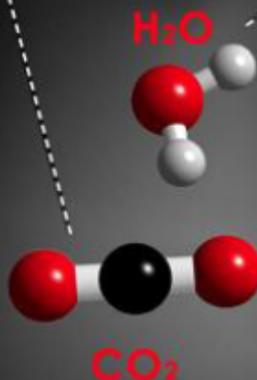
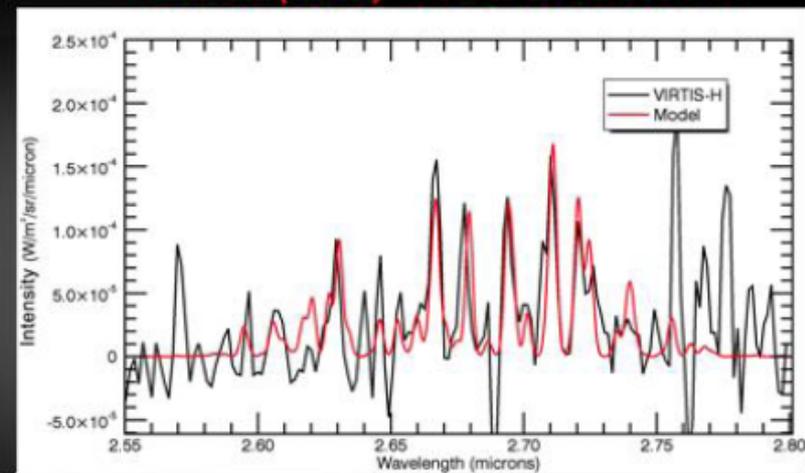
RSI: Радио-волновые исследования

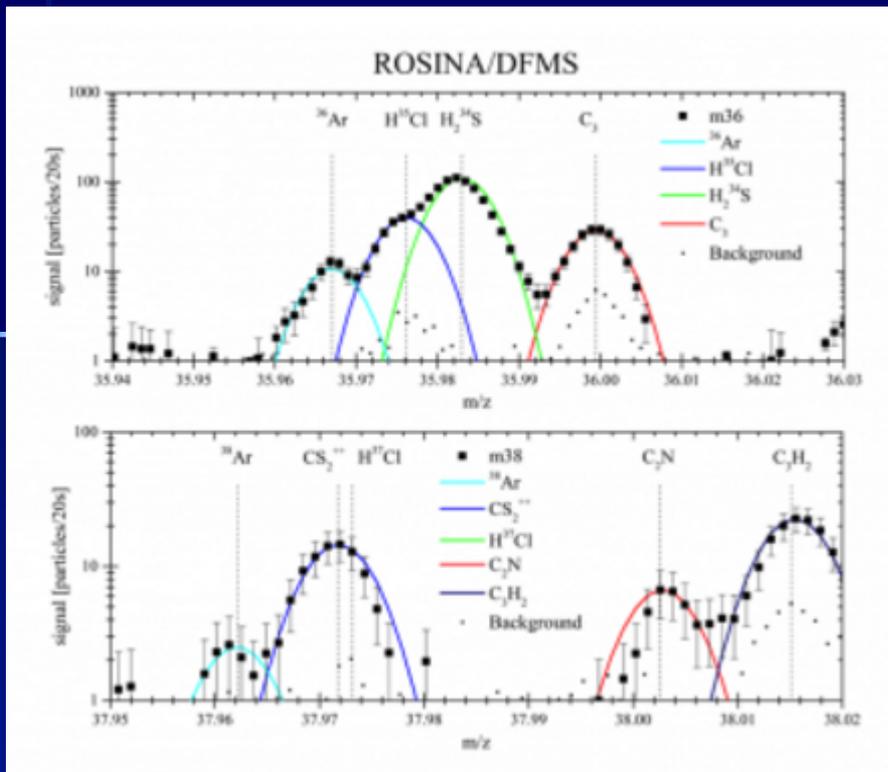
VIRTIS: Картирующий спектрометр оптического и теплового ИК диапазона.

Carbon dioxide (CO₂) - October 2014



Water (H₂O) - October 2014





Прошел год после регистрации аргона у 67P/CG. Комета прошла перигелий и плотность комы возросла настолько, что можно ожидать обнаружения и других благородных газов. Однако, высокая активность ядра 67P/C-G не позволяет РОЗЕТТЕ приближаться к нему ближе 350 км.

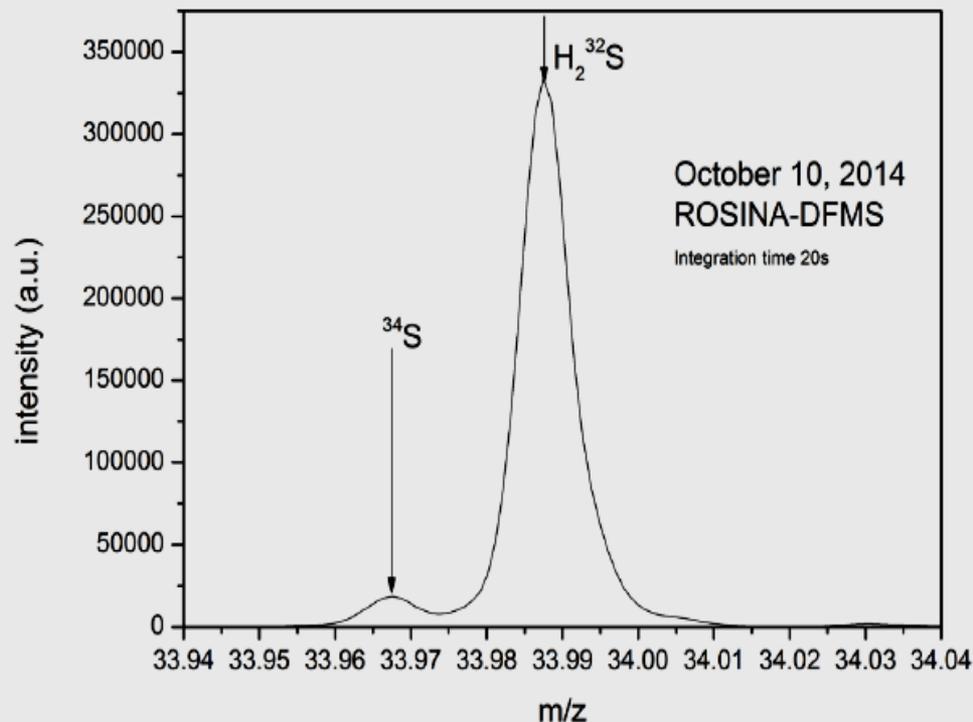
Инертный газ аргон впервые обнаружен в ядре кометы.
 Отношение изотопов $^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$ 5.4

Газовый состав формирующейся комы в ноябре 2014 г. включал: воду, окись углерода, двуокись углерода, аммиак, метан, метанол, формальдегид, сероводород, цианистый водород, диоксид серы, дисульфид углерода, сера; натрий, магний в пыли (измерения приборов VIRTIS и ROSINA). Предварительный анализ позволяет считать, что газообразные составляющие комы включают ряд соединений, указывающих на важные особенности возникновения небесного тела. Например, сероводород содержит изотоп серы ^{32}S , а газообразная фаза – это изотоп ^{34}S .

Более ранние наблюдения указывают на сложные органические соединения, содержащиеся в ядрах комет. Исследования спектров комет указывают на выделение ядрами комет следующих летучих: вблизи «головы» кометы: CN , C_2 , NH_2 , C_3 , OH , NO , Na I , O I , CH^+ , OH^+ , NH^+ и в «хвостах»: CO^+ , N_2^+ , CO_2 , CN и OH^+ . Очень различается количество выбрасываемой пыли. Сравнение с результатами экспериментов на Rosetta указывает на новые, ранее не регистрировавшиеся составляющие. Связано ли это с относительно малой массой кометы, в 22 раза меньше массы кометы Галлея?

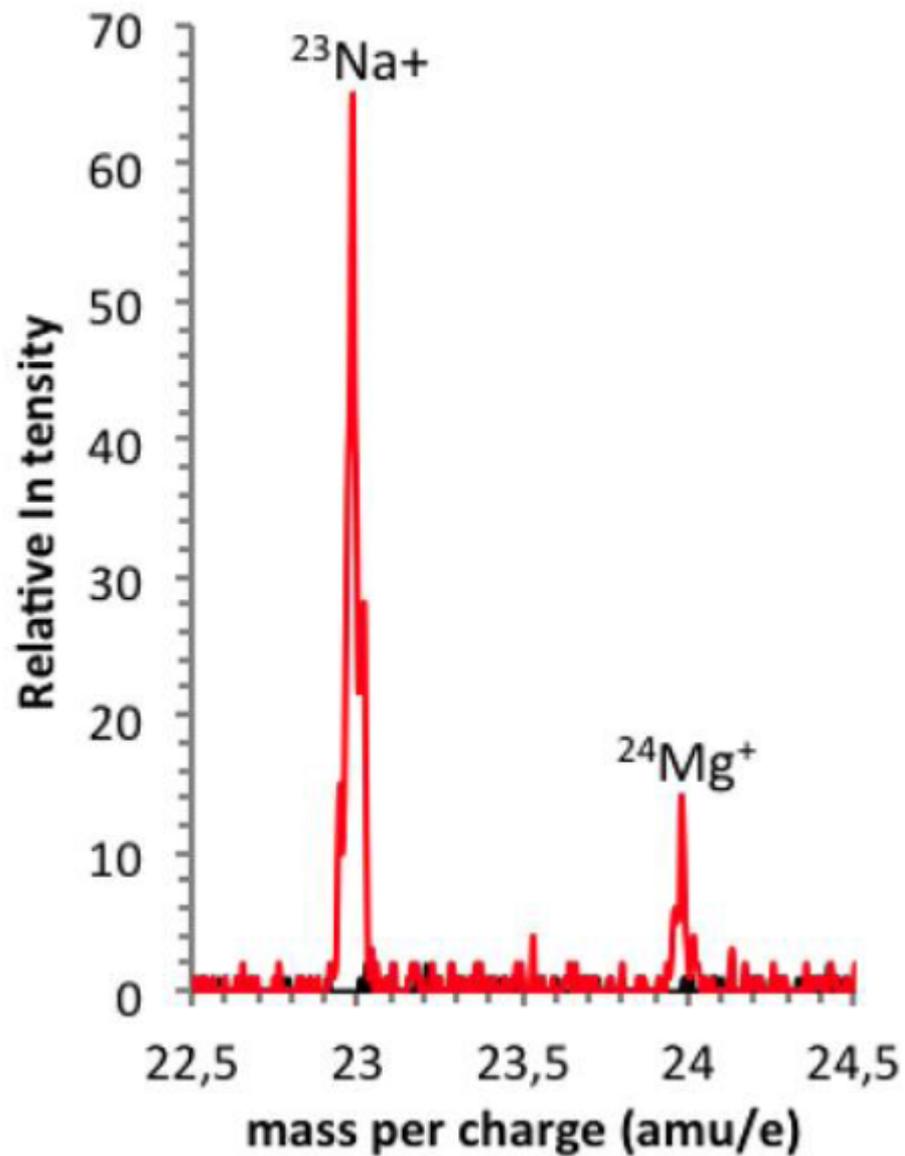
Water (H₂O)
Carbon monoxide (CO)
Carbon dioxide (CO₂)
Ammonia (NH₃)
Methane (CH₄)
Methanol (CH₃OH)

Formaldehyde (CH₂O)
Hydrogen sulphide (H₂S)
Hydrogen cyanide (HCN)
Sulphur dioxide (SO₂)
Carbon disulphide (CS₂)



Спектрометр ROSINA обнаружил свойства ядра, которые указывают на условия, в которых формировалась Солнечная система, в частности, присутствие аммиака и сероводорода

— Background before exposure
— Boris cometary grain



В декабре 2014 появилась новая
неожиданность



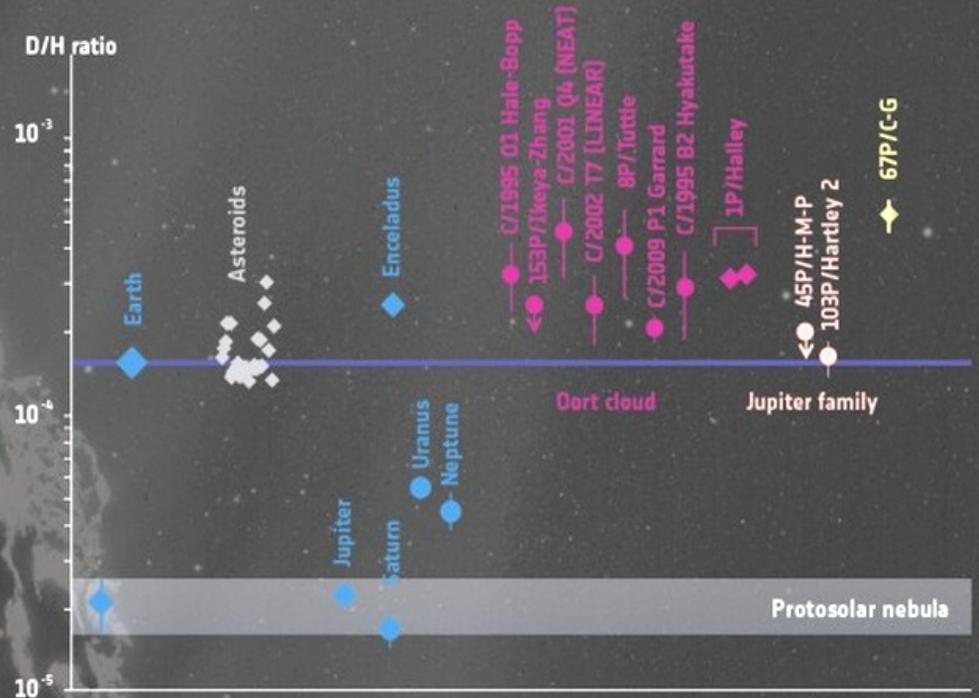
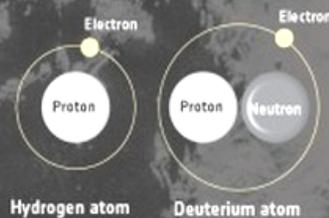


Водяной пар, выбрасываемый ядром, значительно обогащен дейтерием по сравнению с водой океанов Земли. Если в воде Земли на 10^6 молекул обычной воды (H_2O) приходится 156 молекул «тяжелой» воды (HDO), то есть 156 ppm, то измерения Розетты дают около 530 ppm.

Rosetta's ROSINA instrument finds Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko's water vapour to have a significantly different composition to Earth's oceans.



The ratio of deuterium to hydrogen in water is a key diagnostic to determining where in the Solar System an object originated and in what proportion asteroids and comets may have contributed to Earth's oceans

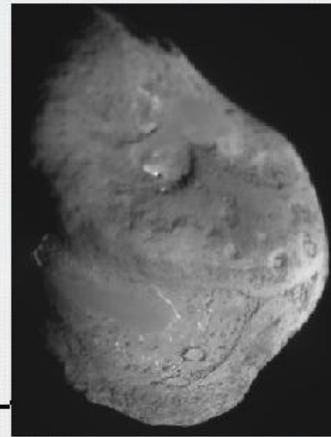
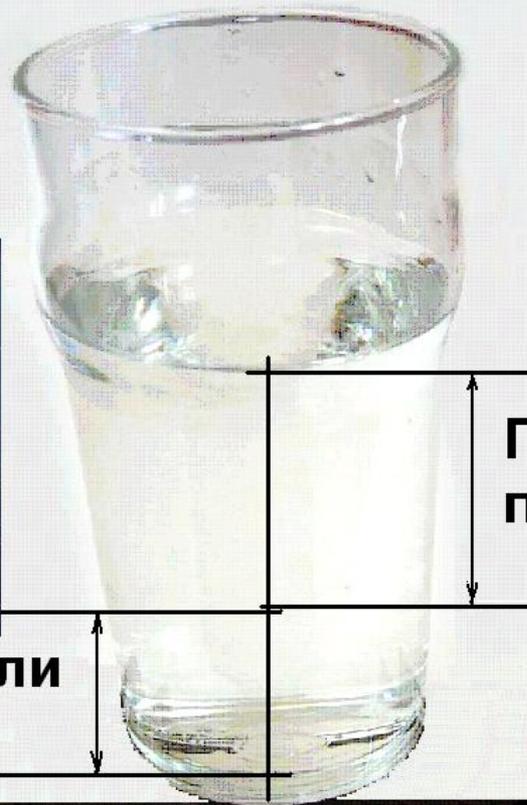


D/H ratio for different Solar System objects, grouped by colour as planets and moons (blue), chondritic meteorites from the Asteroid Belt (grey), comets originating from the Oort cloud (purple) and Jupiter family comets (pink). Comet 67P/C-G, a Jupiter family comet, is highlighted in yellow. ♦ = data obtained in situ ● = data obtained by astronomical methods

Комета 67P/ Чурюмова-Герасименко относится к поясу Койпера, как и 103P/ Хартли-2. Измерения Розетты дают около 530 ppm, то есть ядро кометы 67P значительно обогащено дейтерием по сравнению с водой океанов Земли. Но измерения у Хартли-2 дают отношение D/H, одинаковое с земным. У кометы 1P/ Галлея (облако Оорта) D/H 310 ppm, вдвое больше земного.

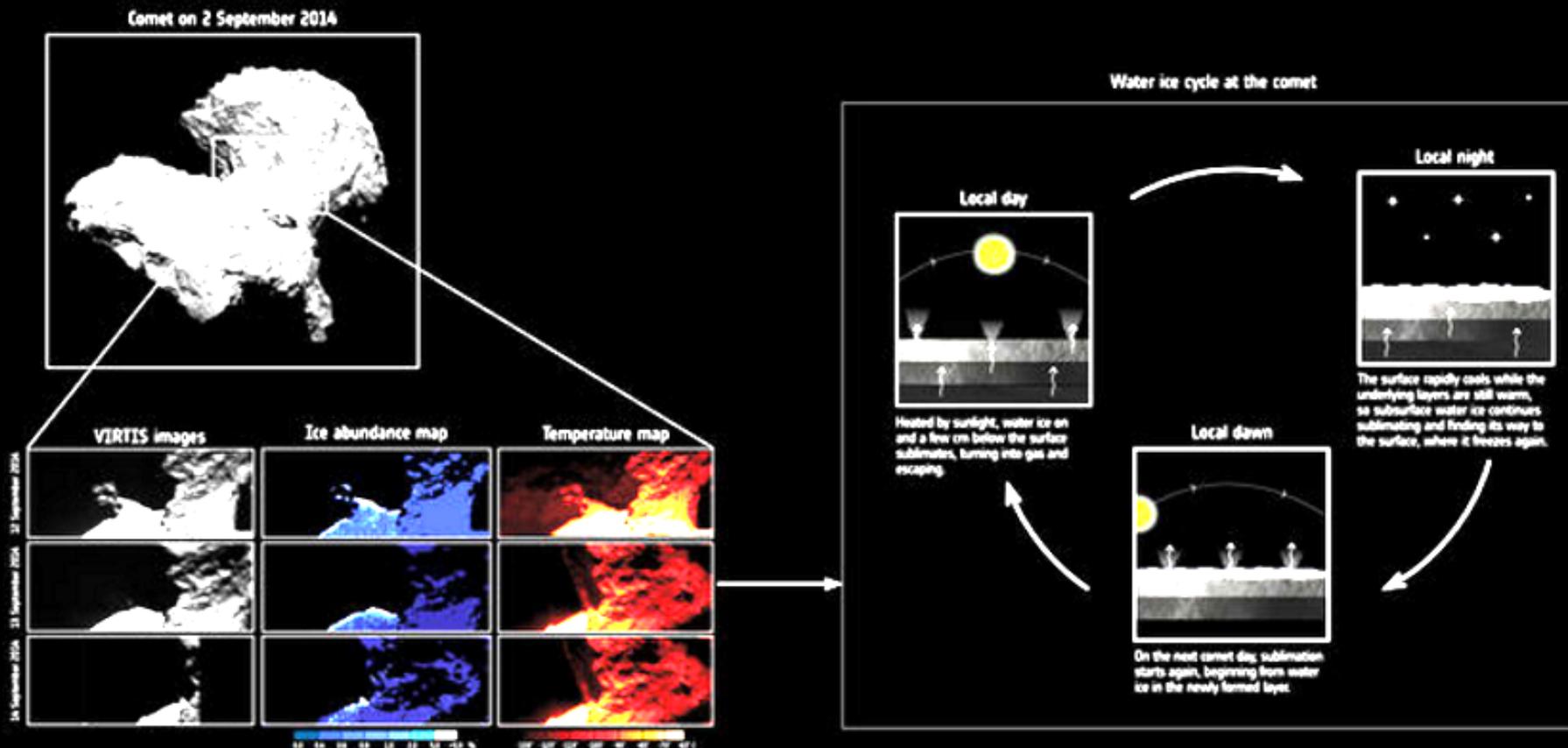


**Принесли
кометы**



**Принесли
планетезимали**

→ THE CYCLE OF WATER ICE AT COMET 67P/CHURYUMOV–GERASIMENKO



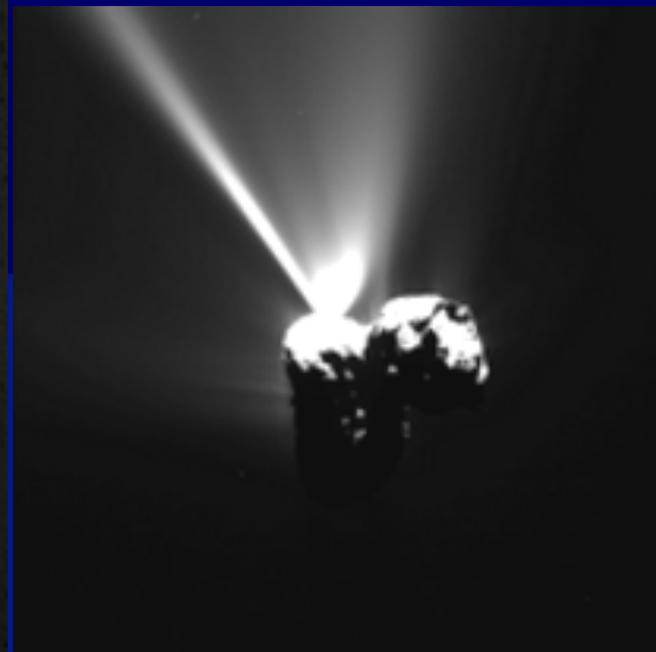
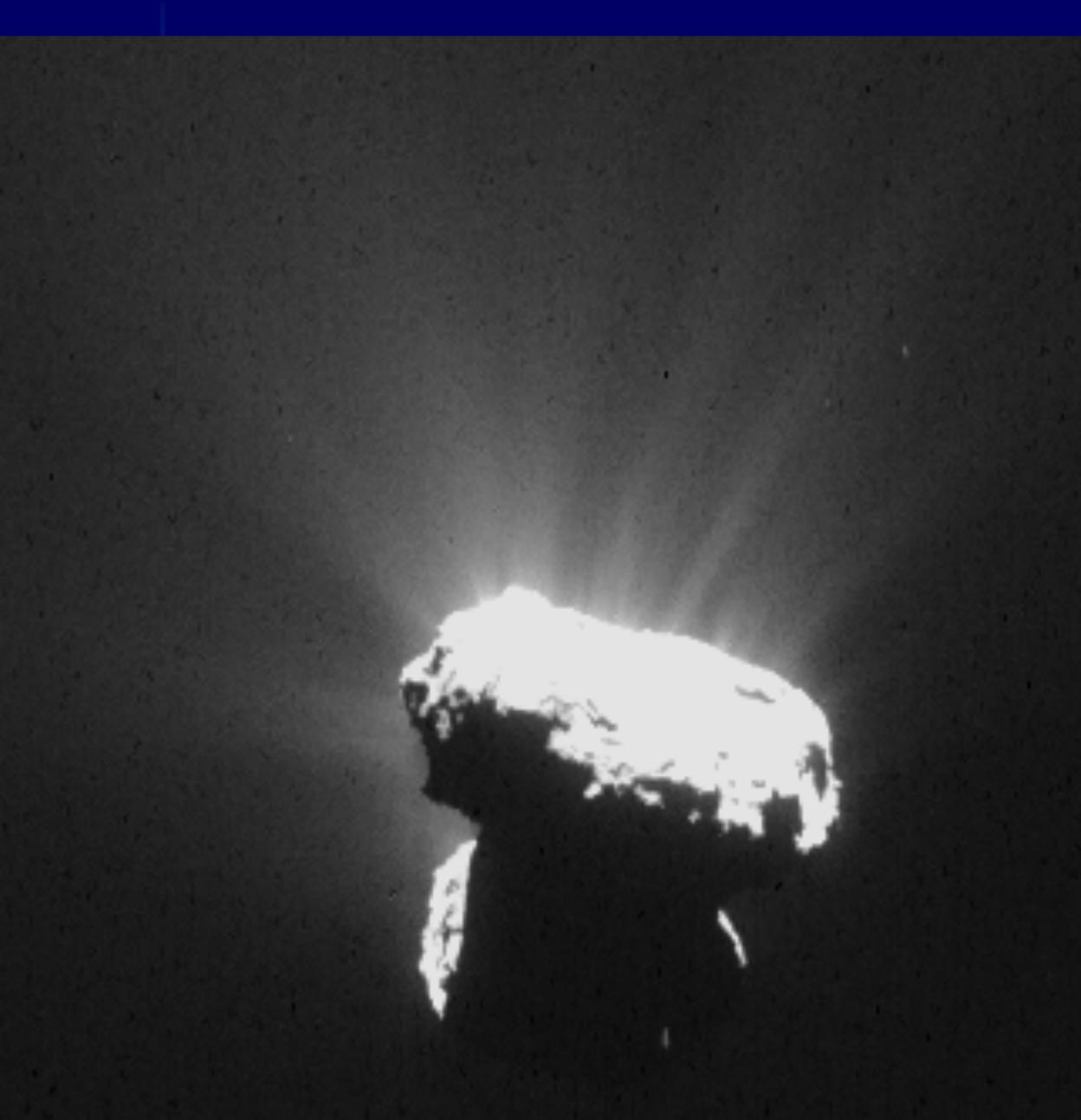
14 September 2014, 13 September 2014, 12 September 2014

На основе данных оптических приборов и спектрометров InfraRed, Thermal Imaging и VIRTIS, установлены процессы циклов воды и водяного пара, связанные с суточным периодом вращения ядра.

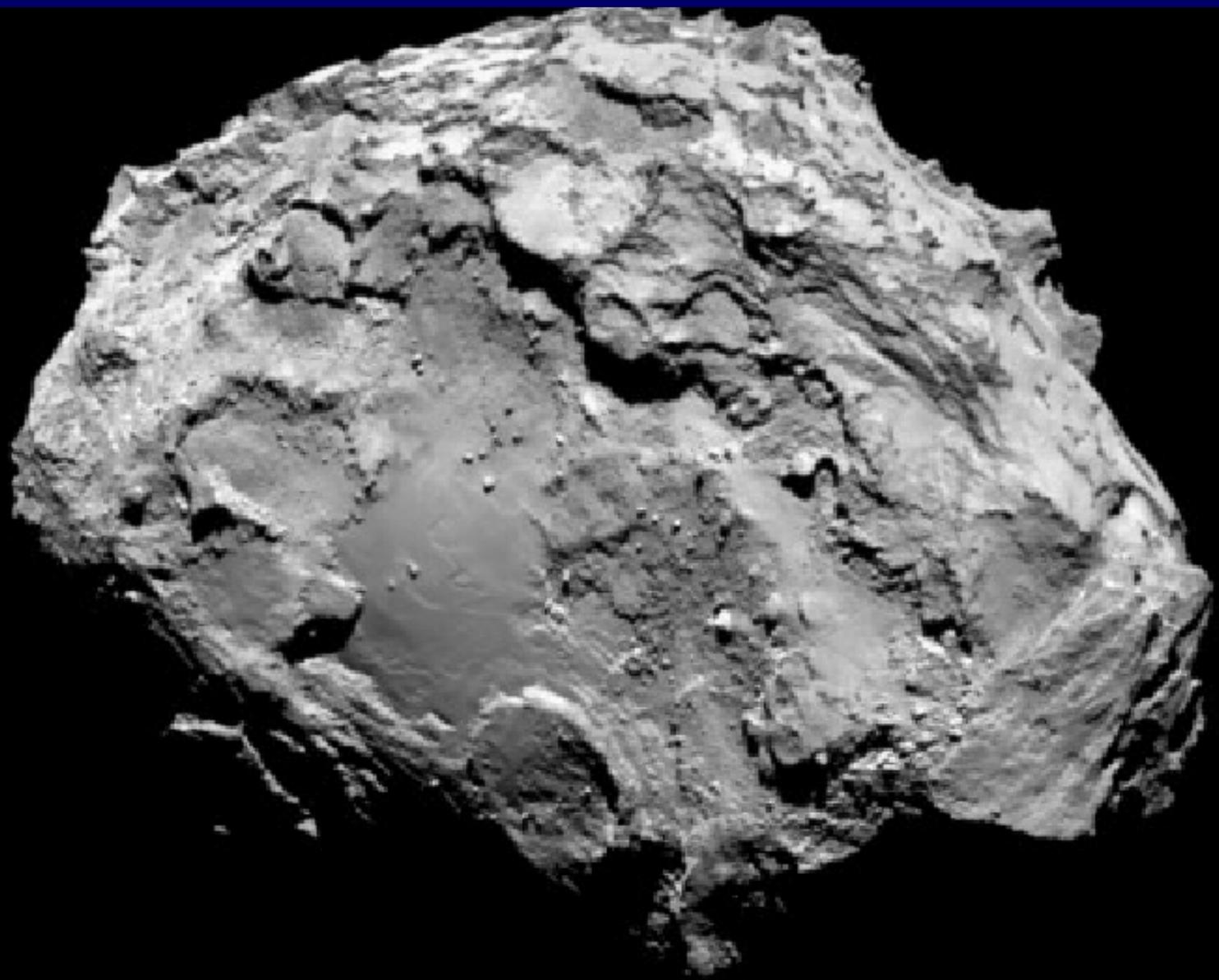
21 июня 2015



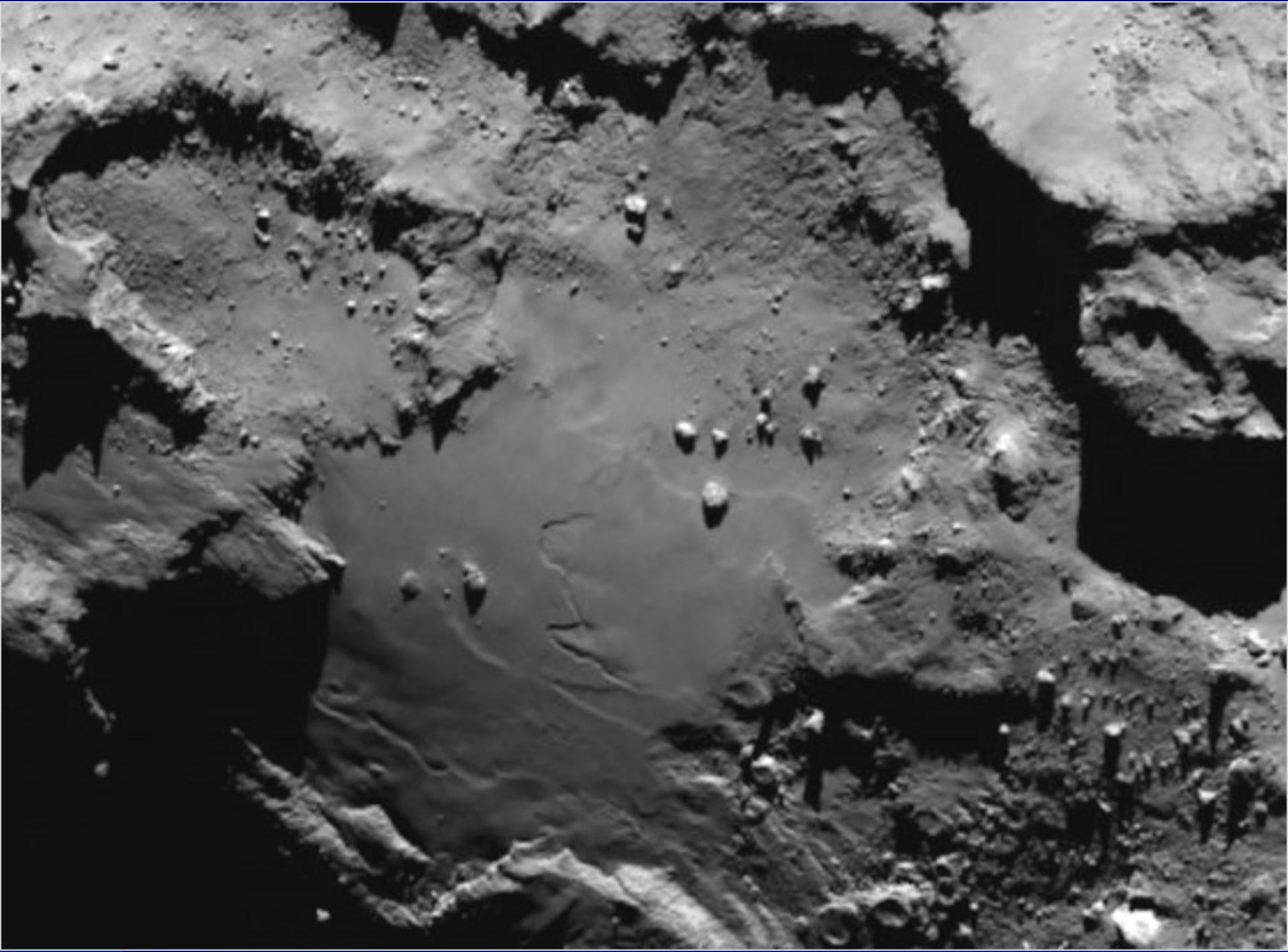
13 августа 2015. Перигелий

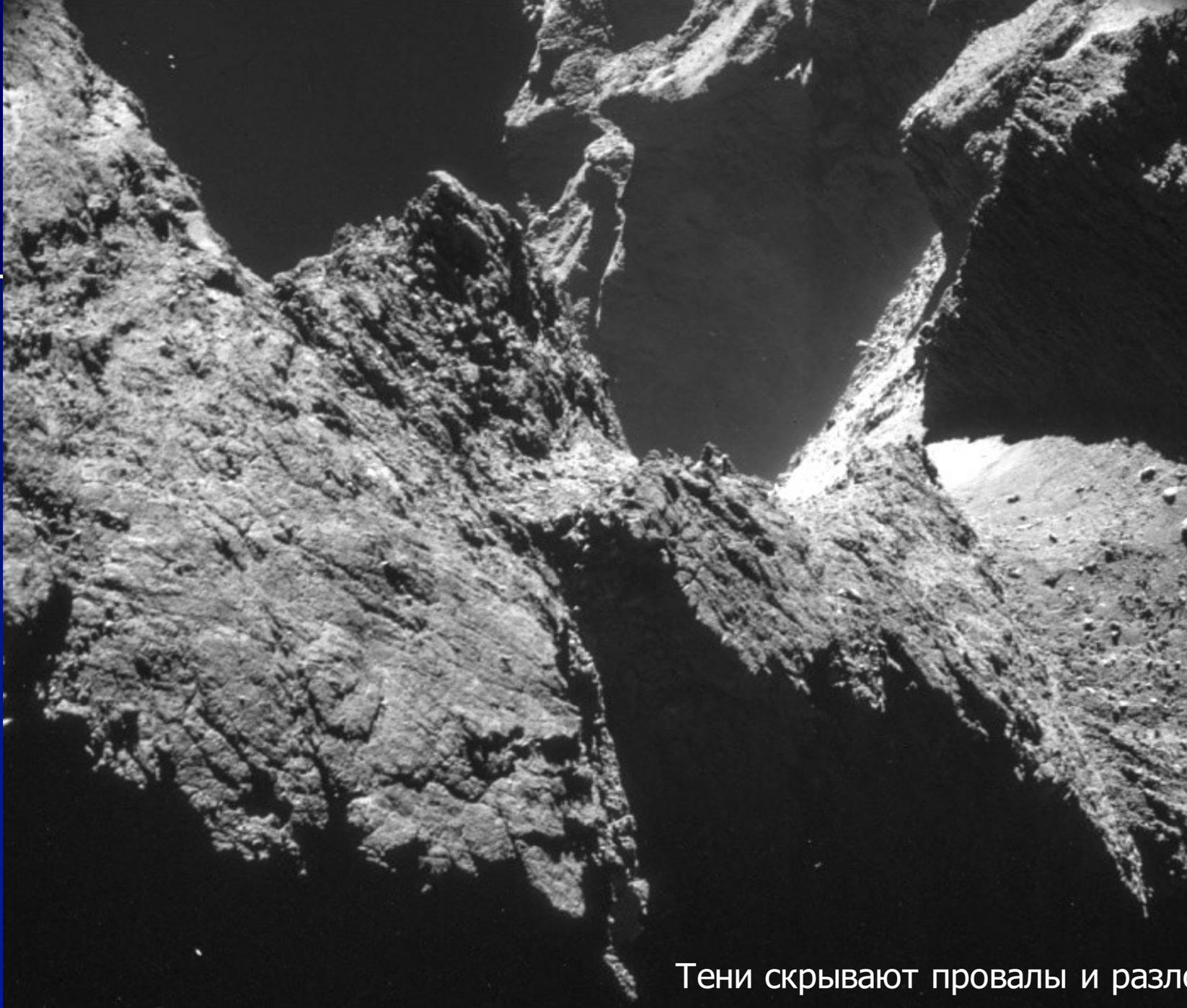


Подготовка к посадке аппарата ФИЛЫ

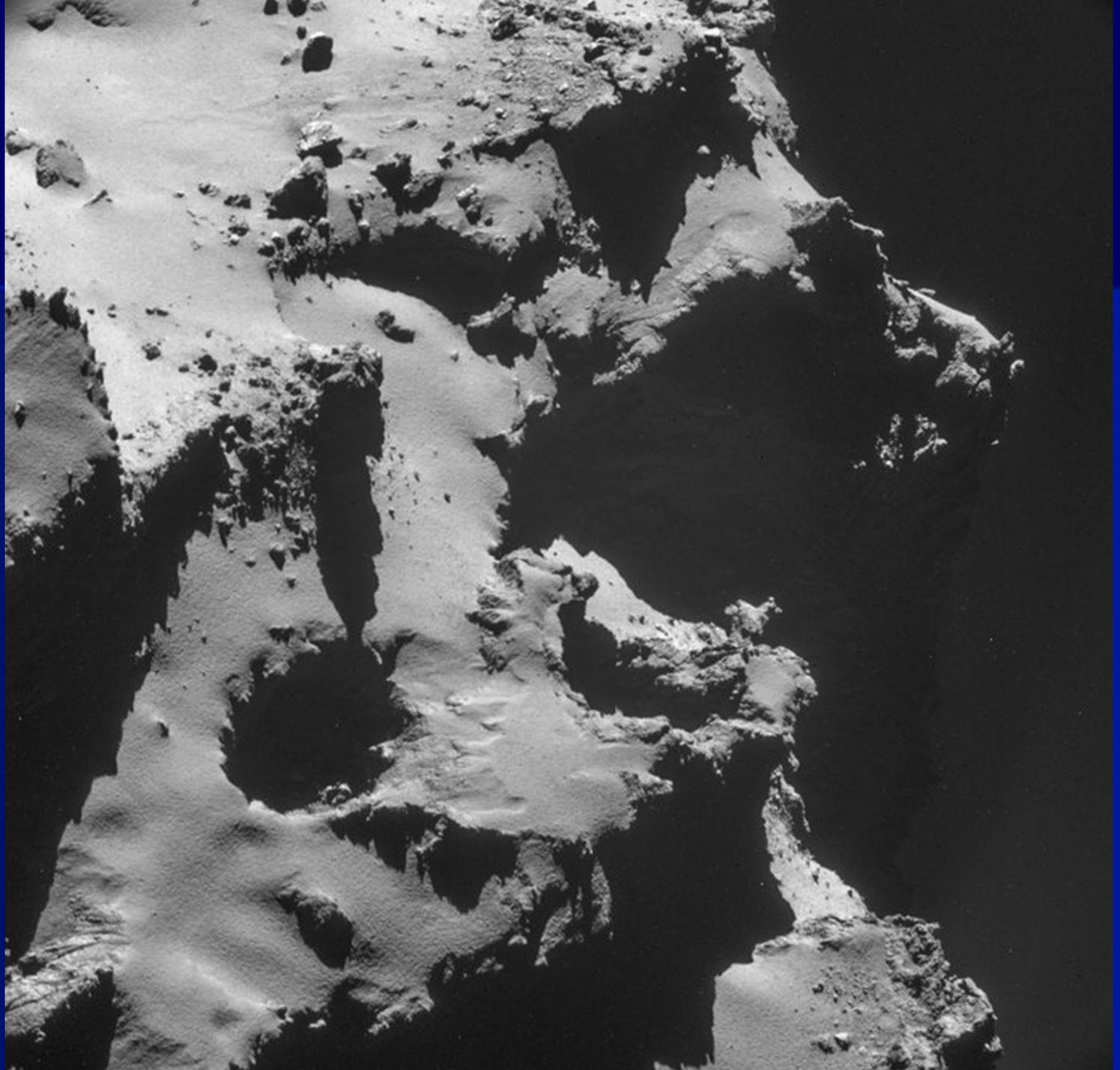


На первых снимках поверхность сравнительно ровная...





Тени скрывают провалы и разломы



Разрешение
на снимке
около 30 см

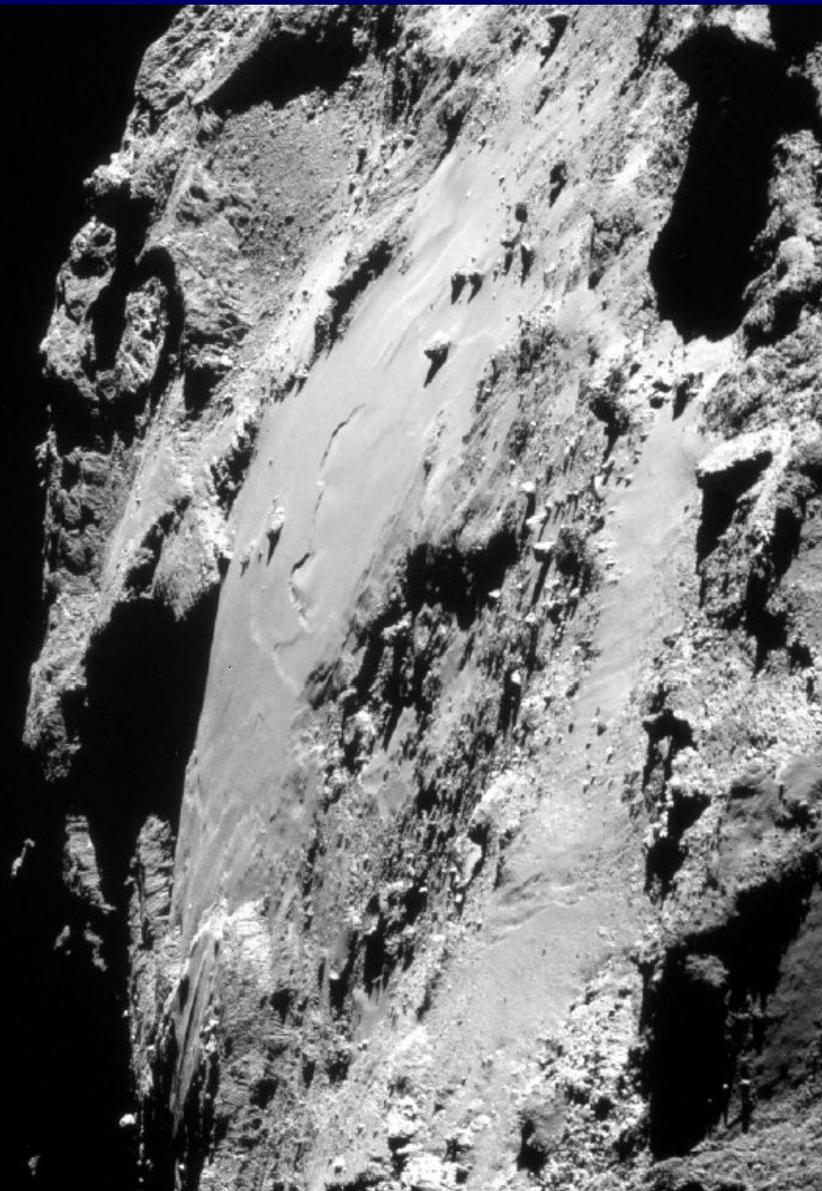




esa

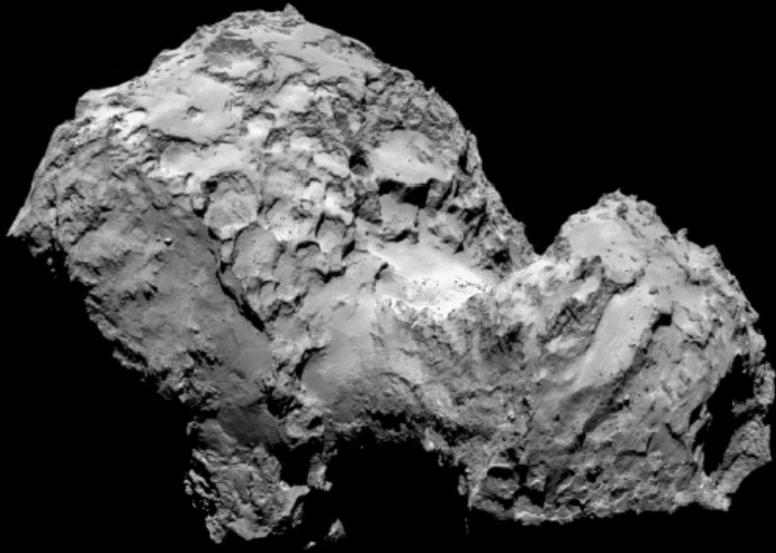


'Cheops'



ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team
MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA

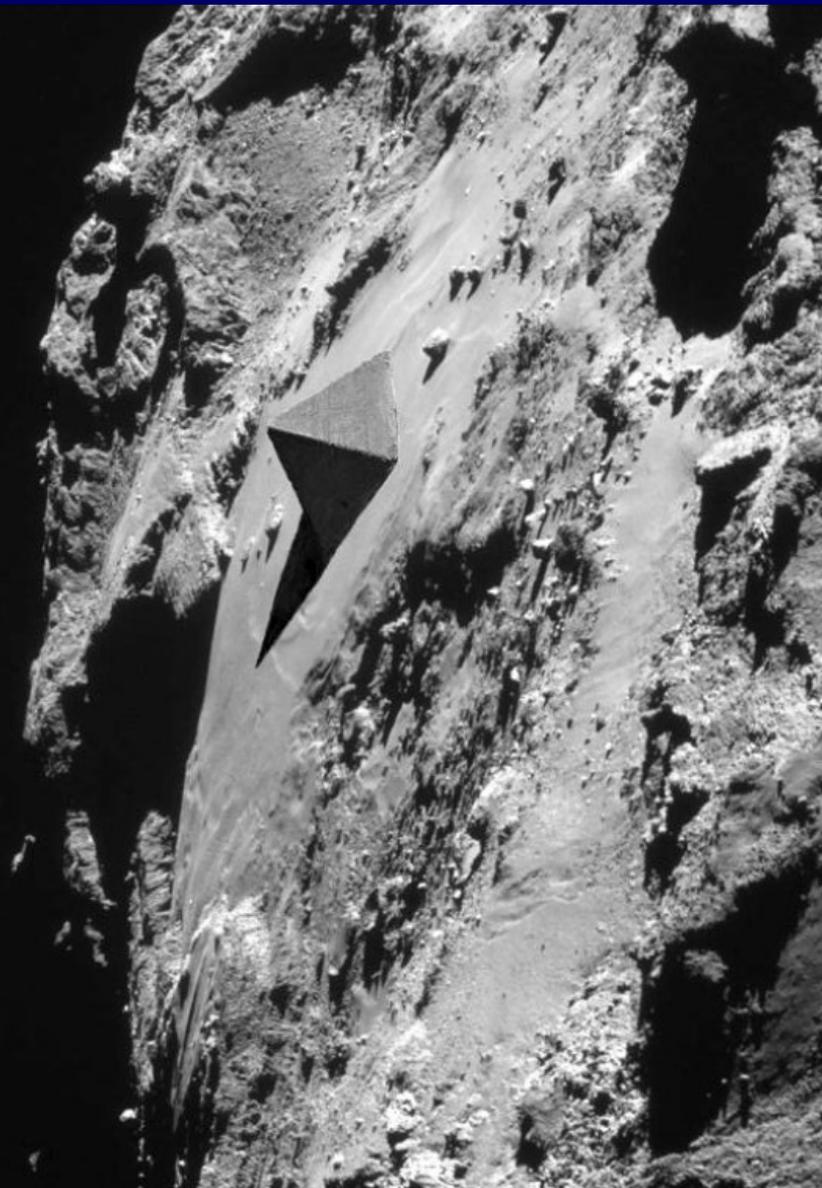
ESA/Rosetta/Navcam



esa



'Cheops'



ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team
MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA

ESA/Rosetta/Navcam

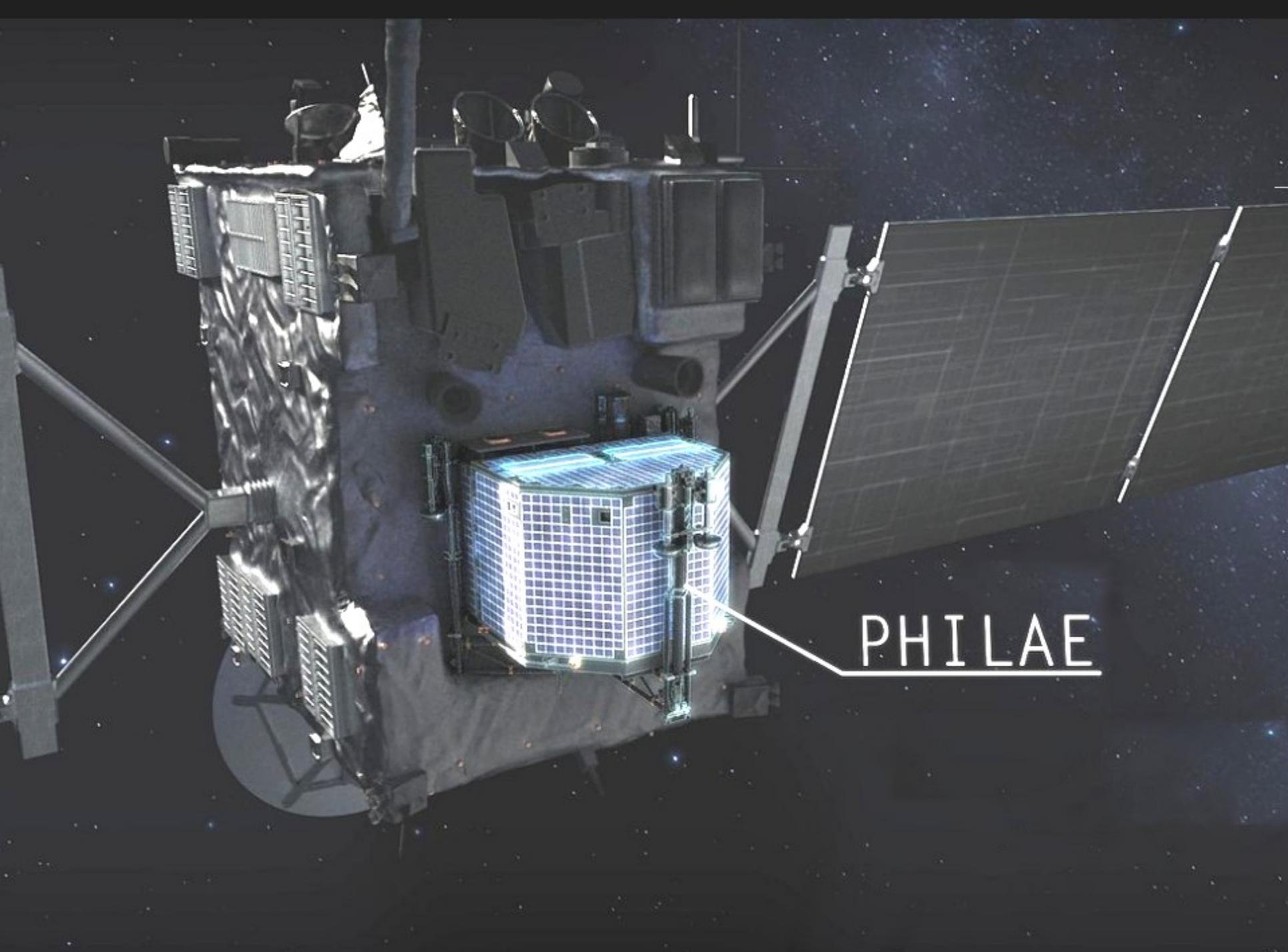


14.02.2015



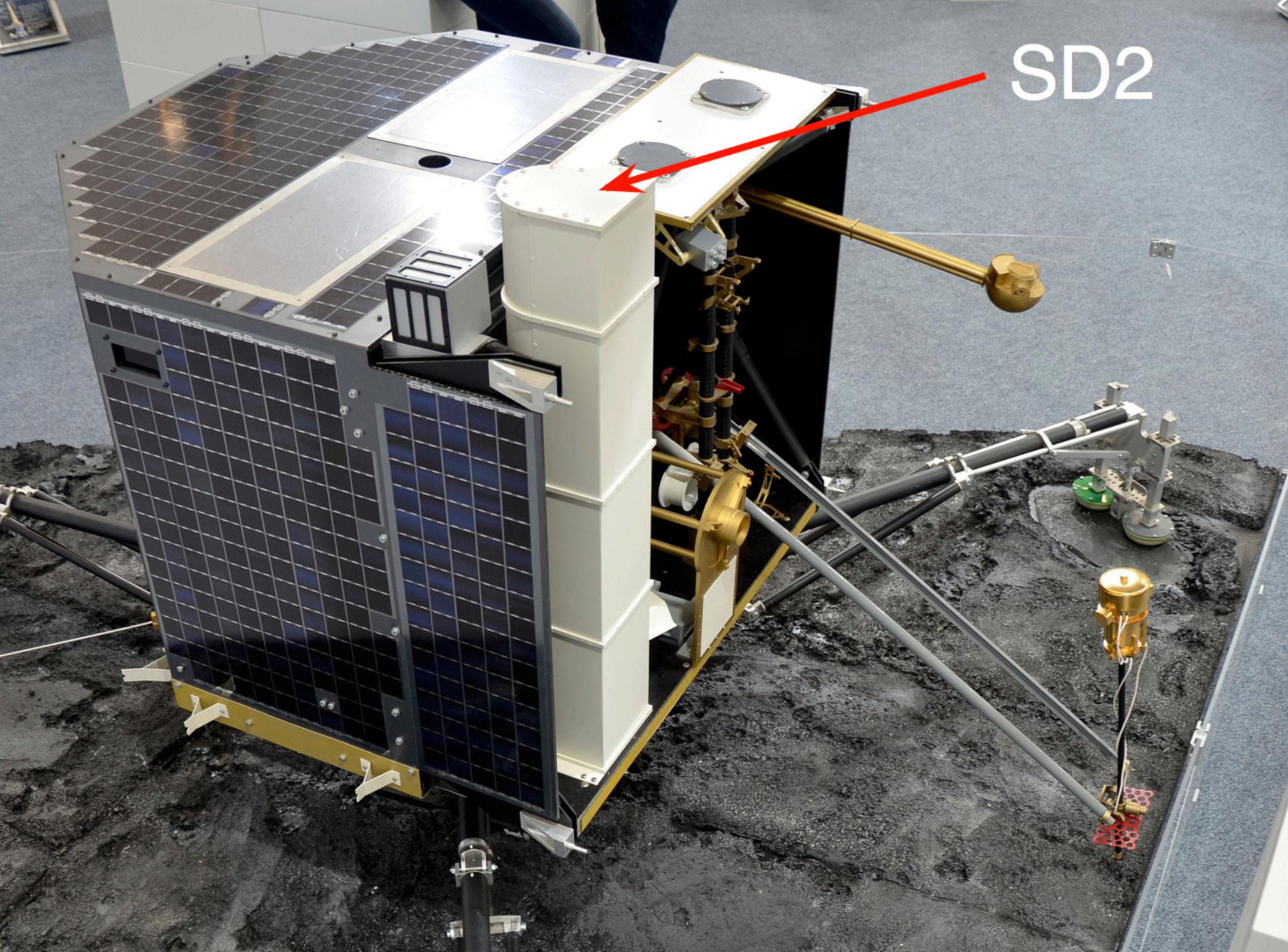
Приближается главная операция – посадка ФИЛЫ





PHILAE

SD2



Технические характеристики аппарата Филы

Массы компонентов аппарата



Конструкция	18.0 кг
Система термоконтроля	3.9 кг
Система энергоснабжения	12.2 кг
Активное управление посадкой	4.1 кг
Маховики угловой реакции	2.9 кг
Посадочный механизм	10.0 кг
Гарпуны	1.4 кг
Центральная система управления данными	2.9 кг
Телеметрия и связь	2.4 кг
Блок общей электроники	9.8 кг
Механическая система, кабели, балансировочная масса	3.6 кг
Научные приборы	26.7 кг
Всего	97.9 кг.

Приборы, установленные на спускаемом аппарате Филы

APXS - спектрометр альфа-частиц и рентгеновского излучения.

COSAC- комбинированный газовый хроматограф и масс-спектрометр для анализа образцов пород и летучих компонентов, включая органические вещества.

PTOLEMY - прибор для измерения изотопных отношений в легких летучих компонентах ядра кометы.

CIVA - 6 одинаковых микрокамер для панорамной съёмки поверхности, с матрицами по 1024×1024 пикселей.

ROLIS - ПЗС-камера для съёмок при спуске, разрешение 1024×1024 пикселей.

CONSERT - радар для томографии строения ядра кометы путём измерения распространения электромагнитных волн от Филы до Розетты сквозь ядро.

MUPUS - датчики для измерения плотности, температурных и механических свойств поверхности до глубины 0.23 м.

ROMAP - магнитометр и детектор плазмы для изучения магнитного поля ядра кометы и его взаимодействия с солнечным ветром.

SESAME - 3 прибора для измерения свойств внешних слоёв кометы: CASSE - эксперимент по акустическому зондированию поверхности кометы, PP - исследование её диэлектрической проницаемости, и DIM - измерение количества пыли, оседающей на поверхность.

SD2 - бур для извлечения образцов горных пород с глубин до 23 см и доставки их для анализа в приборы PTOLEMY, COSAC и CIVA.

PTOLEMY

PTOLEMY: газо-анализатор для точных измерений изотопных отношений легких элементов – водорода, углерода, азота и кислорода

COSAC

Обнаружение и идентификация сложных органических молекул

CIVA

Микрокамеры ИК- и визуальных панорамных изображений и спектрометр для исследования состава, структуры и альbedo поверхности

SD2

Получение и распределение образцов с глубины до 23 см под поверхностью и их доставка к другим бортовым инструментам

ROLIS

Система получения крупноплановых изображений в месте посадки аппарата

ROMAP

Магнитометр и Детектор плазмы: Исследование магнитного поля и плазменной среды кометы

CONSERT

Зондирование ядра кометы радиочастотным просвечиванием; исследование внутренней структуры кометы с помощью орбитального аппарата

MUPUS

Многофункциональный детектор для исследований свойств поверхности и неглубоких подповерхностных слоев

SESAME

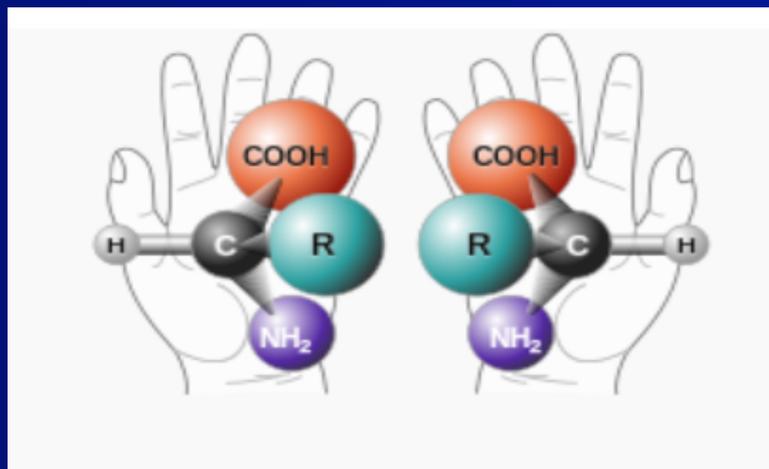
Электрическое зондирование и акустический мониторинг поверхности; исследование механических и электрических свойств ядра кометы

APXS

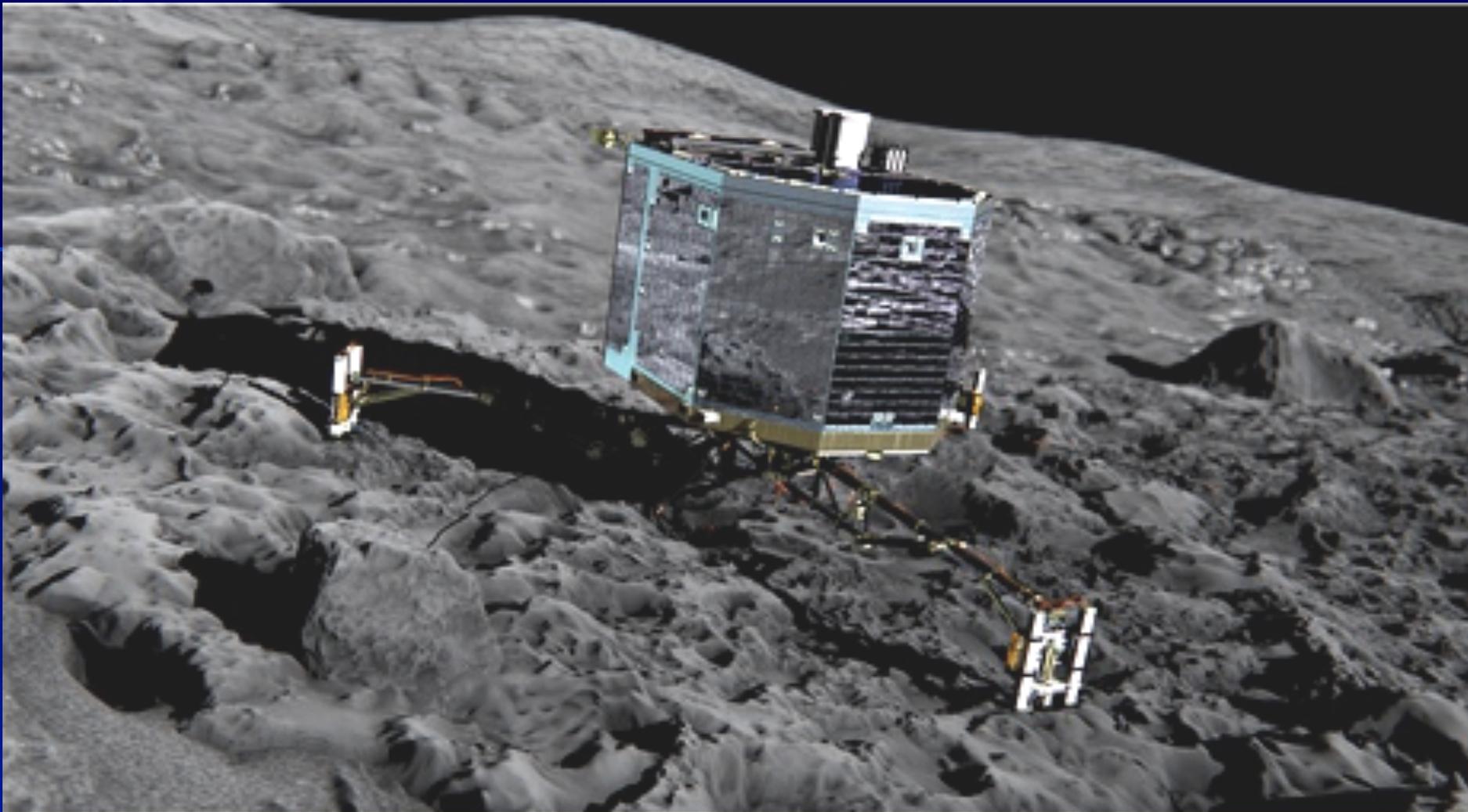
Альфа-протонный спектрометр для изучения химического состава поверхности и его возможных изменений при приближении кометы к Солнцу

Одной из задач ФИЛЫ был поиск органических компонентов

Известна поговорка «ничто не ново под Луной». У нас нет сведений о том, знали ли авторы исследования об аналогичных работах, выполненных 30 или 40 лет назад, причем не в космосе, а в обычной лаборатории. Материал метеорита с высоким содержанием органических веществ был тщательно измельчен, и на него было высажено растение. До эксперимента измерения показывали, что оба органических изомера присутствуют поровну.



В качестве растения был выбран картофель. Когда куст картофеля вырос, выяснилось, что картофель выбрал и усвоил только левый изомер. И вообще, вся земная биота полностью игнорирует правосторонние изомеры, если такие встречаются. Питаться ими невозможно.

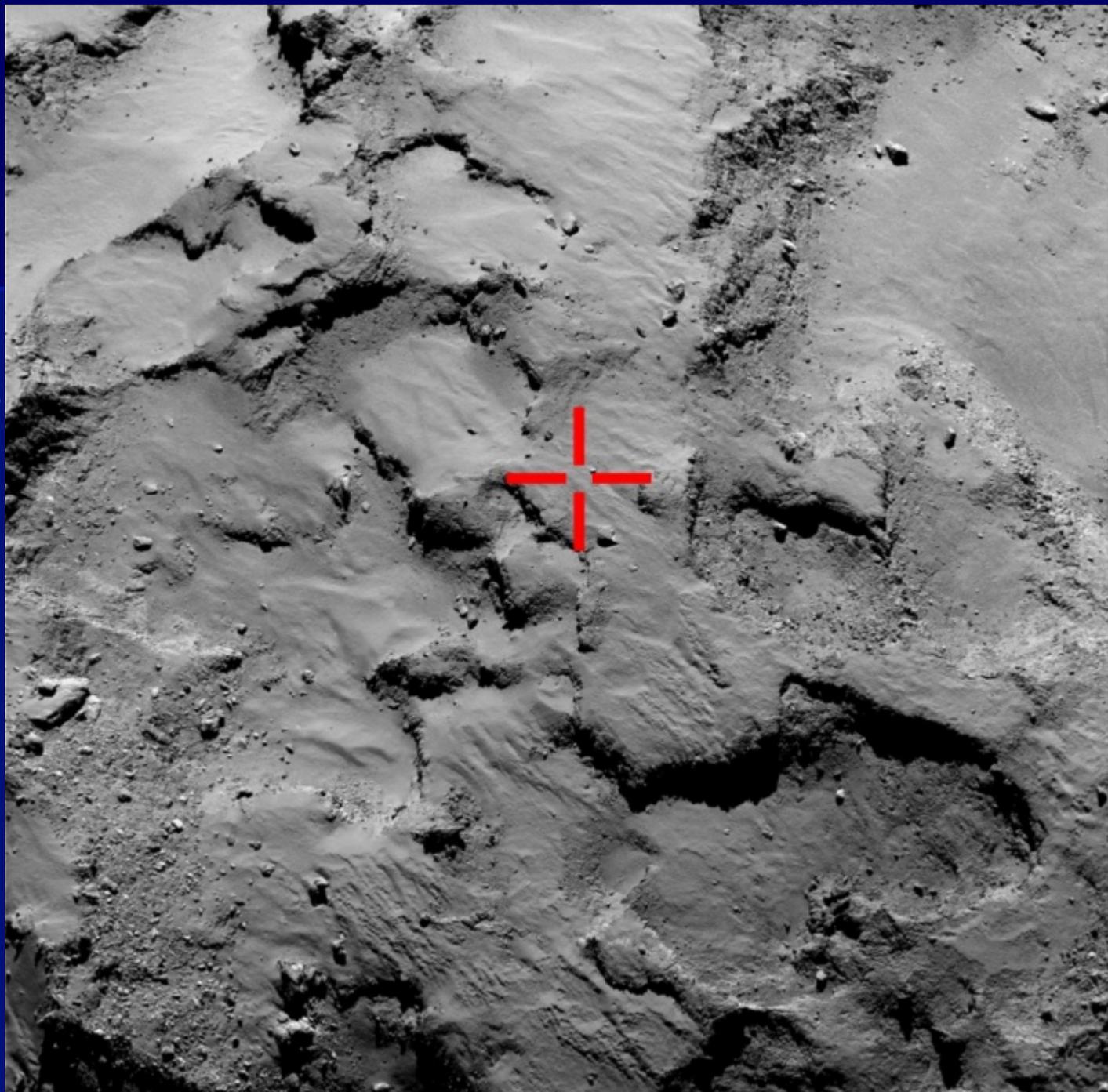


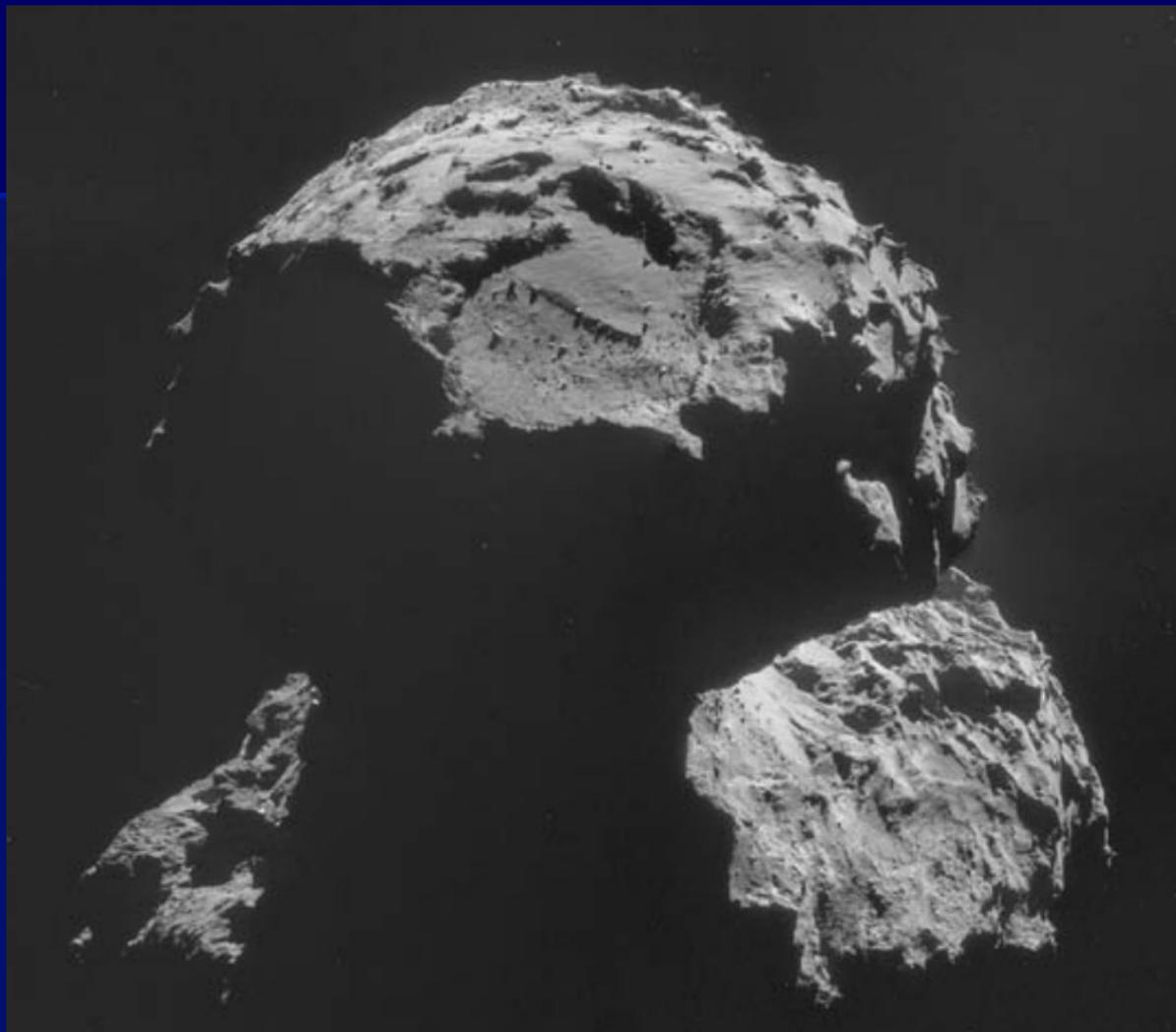
В преддверии посадки строились предположения, как ФИЛА опустится на ядро кометы

Когда место посадки было выбрано, началась проверка систем посадки.

Внезапно выяснилось, что прижимной двигатель не отвечает на команды. Тем не менее, было принято решение садиться.

Возможно, это было ошибкой.





Место посадки было выбрано на меньшей половине ядра кометы

3 км до поверхности. Все приборы будут включены автоматикой по признаку толчка при посадке.



СНИМОК С ВЫСОТЫ 40 м.





Фото с навигаторами Филы - справа налево: Паоло Ферри (начальник навигаторов), Клим чурюмов, Андре Акомаццо, Штефан Уламец и другие сотрудники команды. СЕЛИ!



Rosetta's flight director, Andrea Accomazzo, left, takes a call after receiving confirmation that the Philae lander had successfully touched down. Photograph: J Mai/AP

Слезы счастья. К сожалению, худшее впереди.

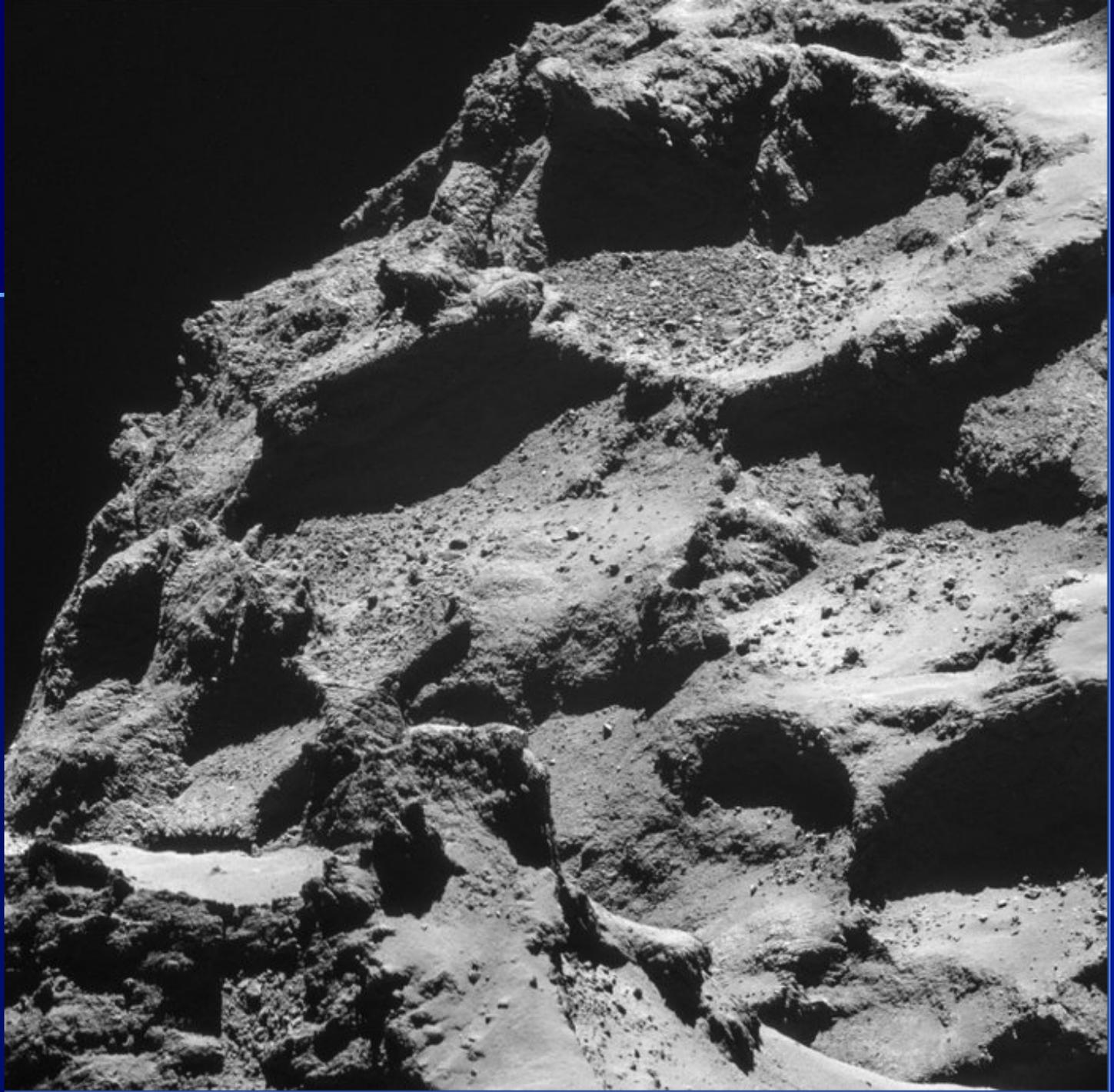
СНИМОК С ВЫСОТЫ 40 м.

При посадке не сработал прижимной двигатель. Не сработали гарпуны. Не сработали «ледобуры» на опорах. В результате опоры спружинили, и аппарат снова взлетел со скоростью 38 см/с.

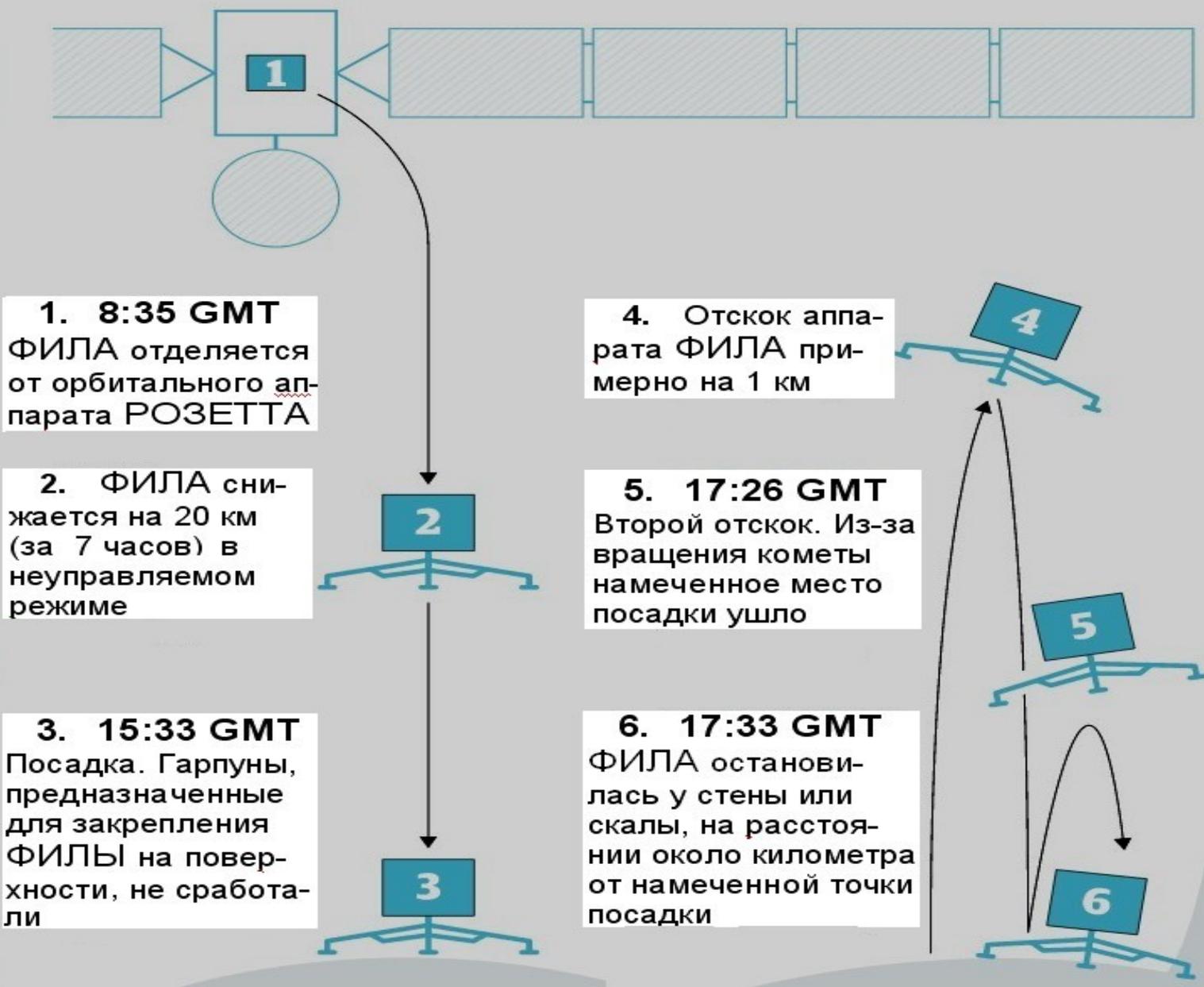
После первой посадки ФИЛЫ связь была потеряна на несколько часов. Период обращения аппарата $Rosetta$ $T = 2\pi \sqrt{R^3 / GM_c}$ вокруг ядра кометы очень длительный. При высоте над ядром 100 км период составляет 520 час. При высоте 30 км, 12 км (на которой отделилась ФИЛА), и 8 км периоды составляют соответственно 351, 88 и 48.4 час. Если учесть период вращения самого ядра (12.4 час), становится понятным перерыв в связи с ФИЛОЙ после посадки. |

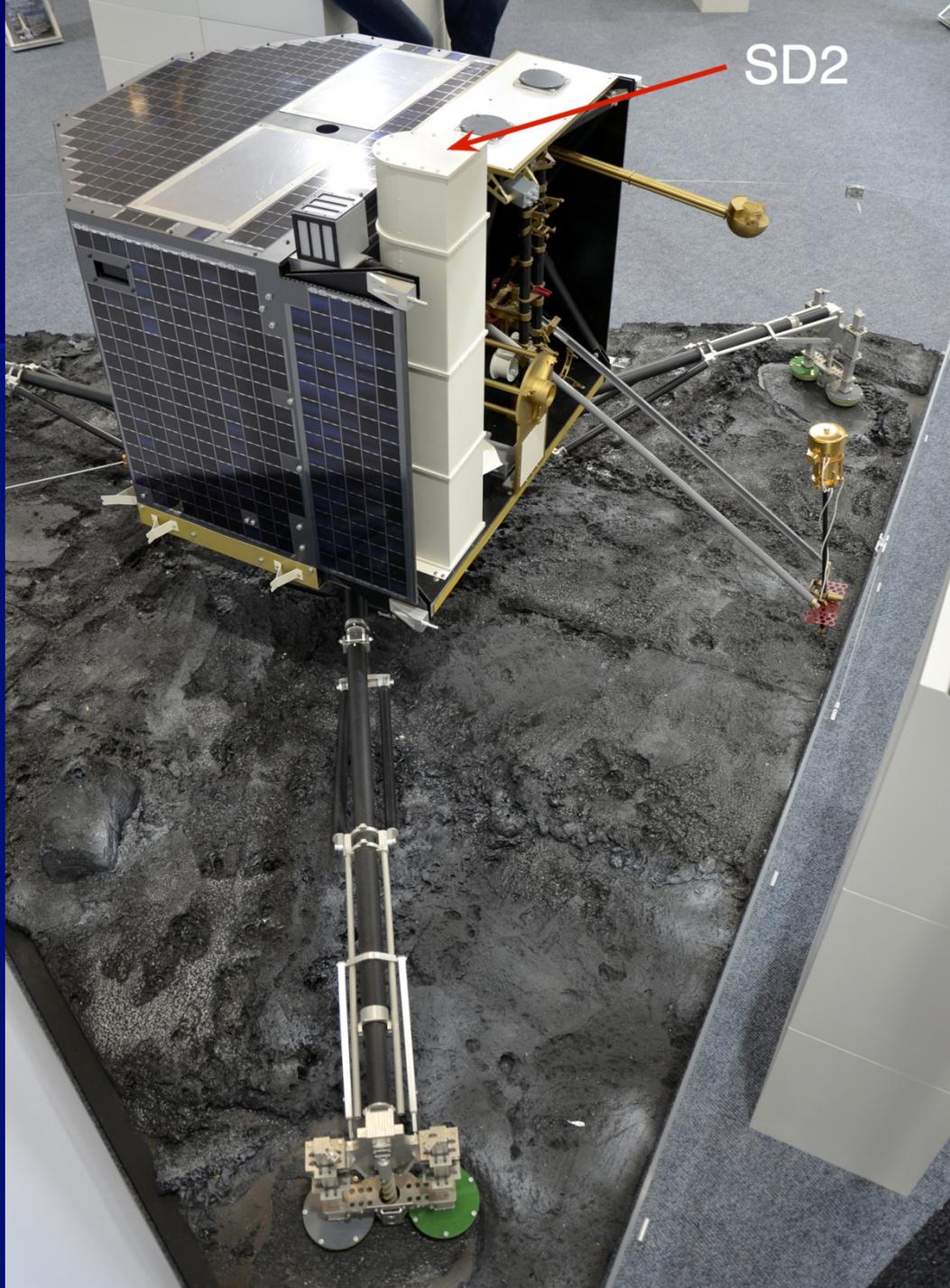
Пригодные для посадки
равнины уходят из-за
быстрого вращения ядра.
Впереди опасные склоны
и разломы.





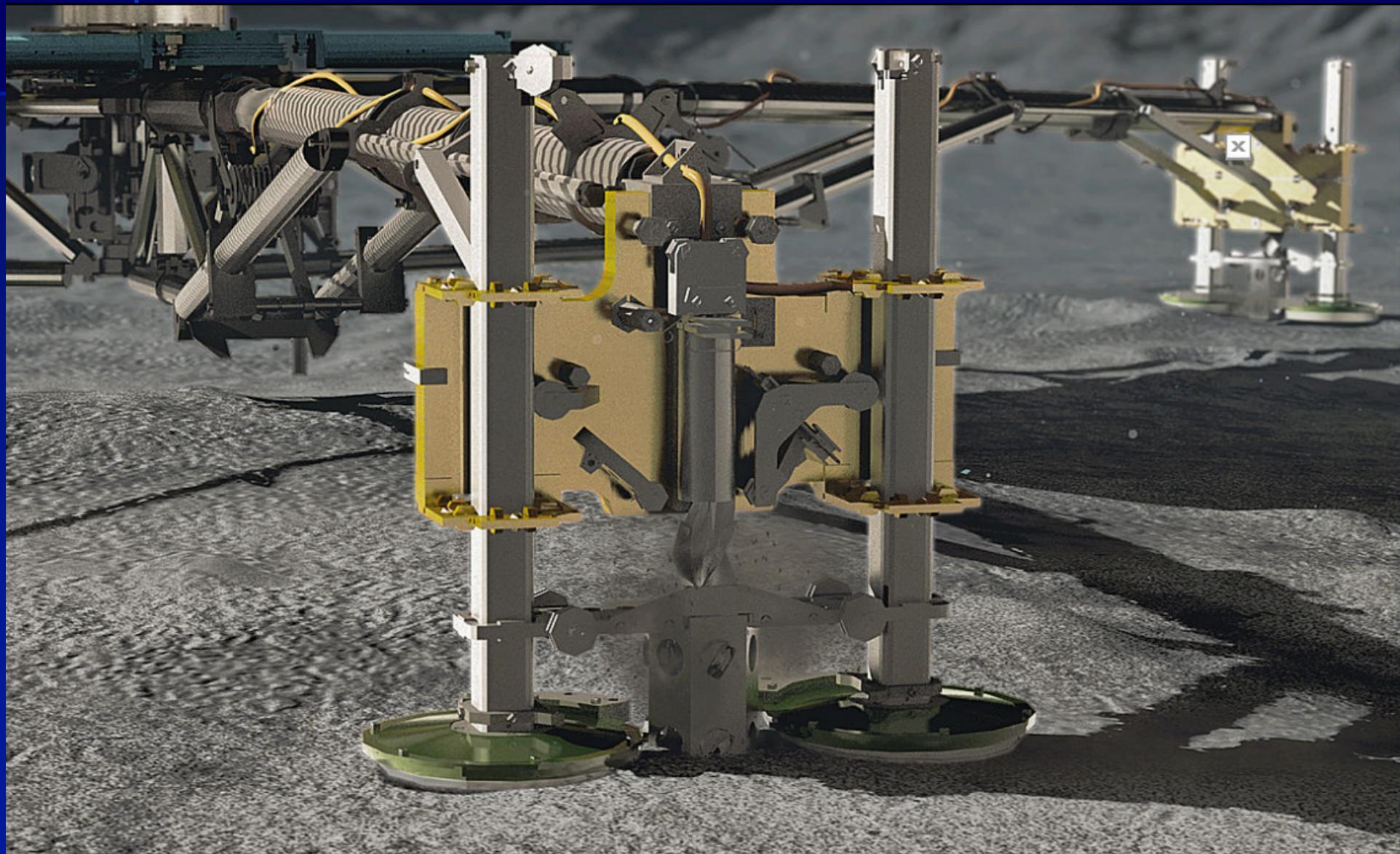
ФИЛА последовательность событий при посадке

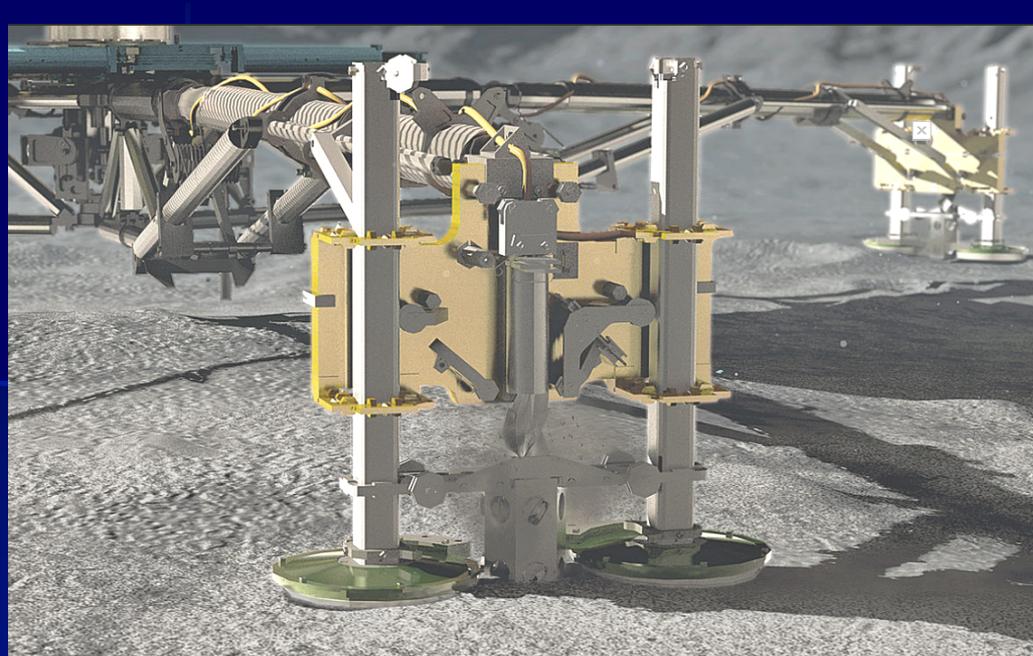




SD2

Опоры аппарата с устройствами закрепления на поверхности





Спускаемый аппарат отделялся от корпуса Розетты и спускался с высоты 20 км по баллистической (неуправляемой) траектории, с посадкой на поверхности кометы со скоростью около 1 м/с. Система из трех опор была снабжена устройствами, которые должны были ослабить первоначальный удар при посадке, чтобы избежать отскока.

Три устройства, прижимной двигатель на верхней стороне Филы, ледобуры на опорах и вонзающиеся в поверхность гарпуны должны были предотвратить отскок. Ледобуры, врезающиеся в поверхность, были установлены на каждой из опор. Они приводились в действие энергией удара при посадке. Затем в поверхность, со скоростью 70 м/с, должны были вонзиться гарпуны, которые отстреливались специальными пиропатронами. Прижимной двигатель должен был предотвратить отскок аппарата при ударе и уменьшить отдачу от стрельбы гарпунами. К сожалению, ни одно из трех устройств свою задачу не выполнило.

Зонд на поверхности ничто больше не удерживало, кроме его ничтожного веса. Если предположить, что поверхность отстоит от гравитцентра тела на $r = 1$ км, ускорение свободного падения на комете g_c составит

$$g_c = GM/r^2 = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{13} / (10^3)^2 = 6.8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2,$$

а вес аппарата при его массе 100 кг составит всего 0.068 Н (7 г). Три опоры аппарата, слегка погрузившись в неплотный слой, на глубине около 20 см встретились с весьма плотной породой. Далее опоры спружинили и в 15:33 GMT отбросили аппарат от поверхности вверх со скоростью около 0.4 м/с. При столь низкой гравитации кометы, скорости аппарата в момент посадки (около 1 м/с) и его кинетической энергии около 50 Дж оказалось достаточно, чтобы Филы поднялась на высоту 1 км и спустилась обратно только почти два часа спустя, в 17:26 GMT. Аппарат затем поднялся снова, но невысоко, а окончательно остановился в 17:33 GMT. После первого контакта на это ушло около 2 час.

Возможная продолжительность радиоконтакта между зондом и Розеттой определяется весьма длительным орбитальным периодом T_{orb} Розетты. При высоте орбиты $R = 20$ км и при массе ядра $M_c = 10^{13}$ кг (и периоде вращения ядра 12.4 час)

$$T_{orb} = 2\pi (R^3/GM_c)^{1/2} = 2\pi (20 \cdot 10^3)^3 / 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{13}]^{1/2} = 191 \text{ час.}$$

The Science Instruments

Включение приборов

Sesame

Civa

Consert

Cosac et Ptolemy

Mupus

SD2

Rolis

Sesame

Romap

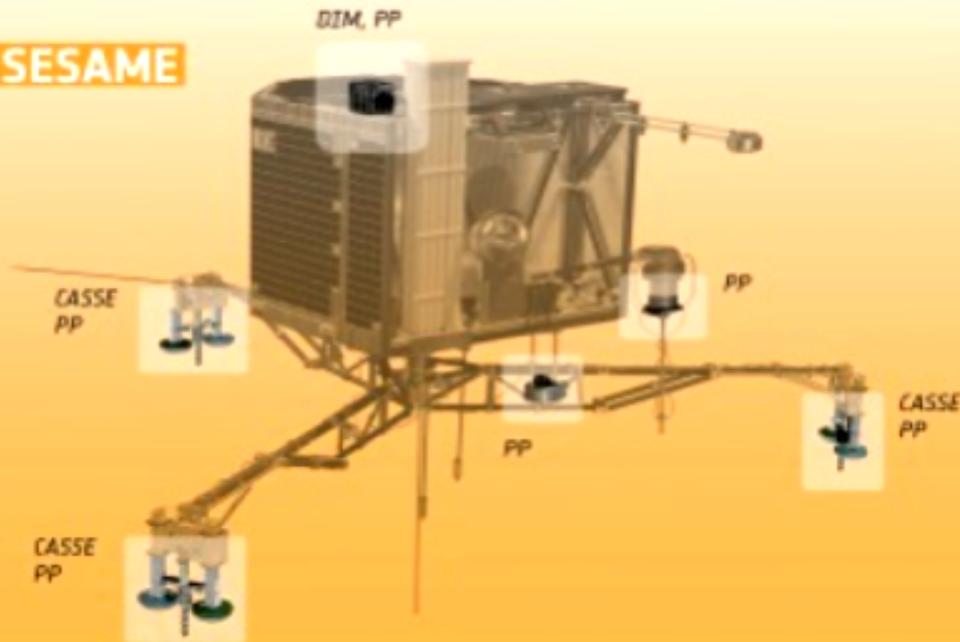
Civa

APXS

Mupus

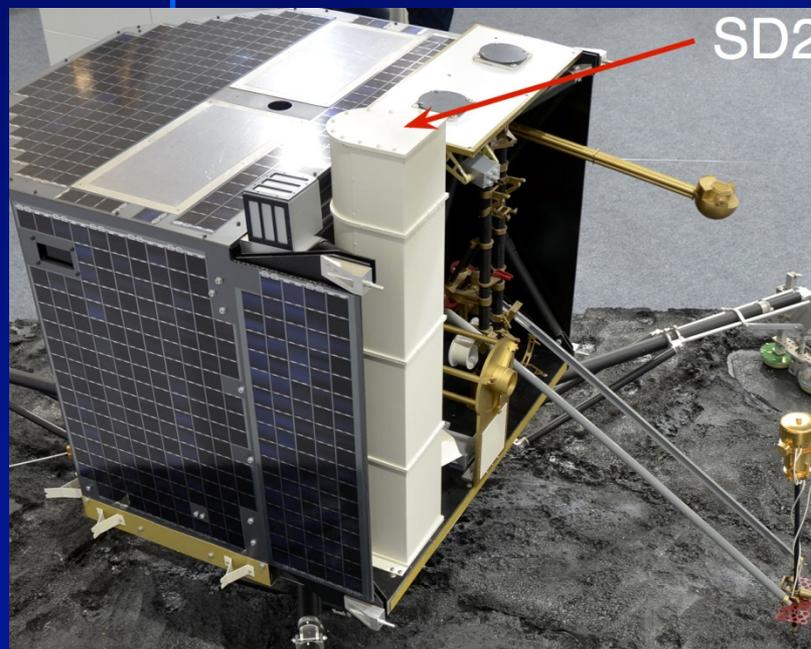


→ SESAME



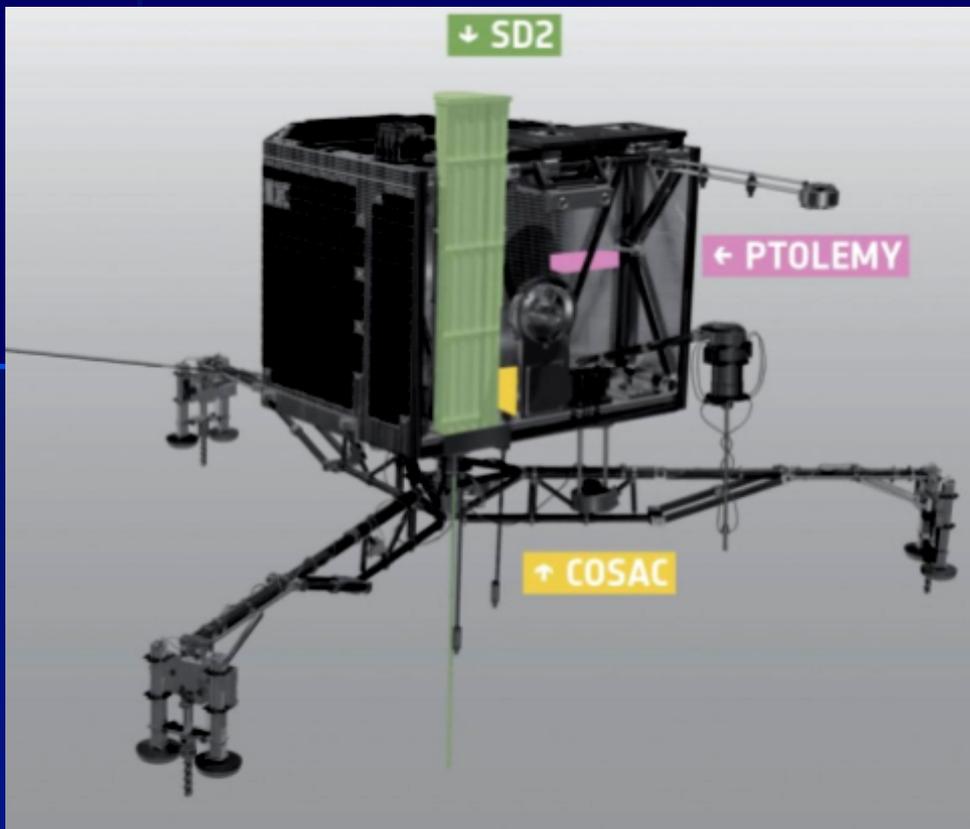
Приборы SESAME. В концевых частях опор располагались датчики SESAME, которые зарегистрировали толчок при первой посадке. Система автоматики была построена так, что сигнал датчиков SESAME включил все приборы Филы для исследования поверхности кометы. Но зонд Филы в это время уже удалялся от нее, бесцельно расходуя энергию батареи и передавая несуществующие измерения.

Установка SD2 предназначена для бурения грунта, отбора проб и доставки образцов грунта другим приборам. В связи с высоким потреблением энергии, SD2 была активирована лишь в конце других операций исследования поверхности. Перенос должен был снабдить образцами грунта приборы COSAC и PTOLEMY, размещенные внутри спускаемого аппарата. Бур находится внутри белой вертикальной конструкции и выдвигается вниз при работе. Грунт захватывается в трубку, присоединенную к буру, а затем доставляется к карусели с ячейками, распределяющей его потребителям.



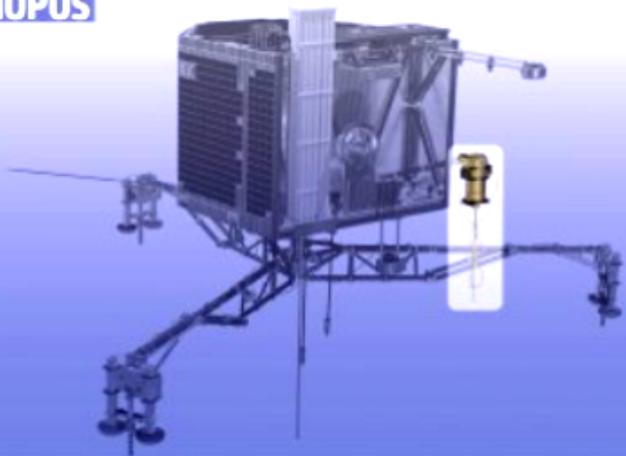
Установка SD2 разрабатывалась в Италии. Бур был развернут и приведен в действие, а затем перемещен к карусели, где смонтированы 26 нагревательных пиролизных микропечей. Образцы могут разогреваться до 800°C. Проба из трубки была перемещена в микропечь, а карусель повернулась и доставила ее к прибору COSAC. Но осталось неизвестным, сколько материала действительно попало в печи из трубки SD2, и вообще, удалось ли взять пробы пыли или газа во время посадки.

Если бур наткнулся на жесткий материал, вместо сверления грунта могло произойти перемещение самого аппарата. У прибора SD2 не было специальных датчиков, чтобы определить, вошел ли бур действительно в поверхность, были ли собраны в трубку пробы, и были ли они затем загружены в карусель.



На основе данных телеметрии прибора COSAC не удастся заключить, присутствовала ли проба в приборе или просто выделение газа из образца было недостаточным. Получил ли COSAC образец грунта, еще изучается, но ответ, скорее, отрицательный. Из анализа данных COSAC, полученных в измерениях на поверхности, можно заключить, что COSAC уже при первом касании получил первые сведения об атмосфере кометы, которые указывают на обнаружение органических молекул. Сообщается, что инструмент PTOLEMY также успешно собрал газ из окружающей среды кометы. Продолжается анализ спектров и идентификация летучих, обнаруженных обоими инструментами.

→ MUPUS

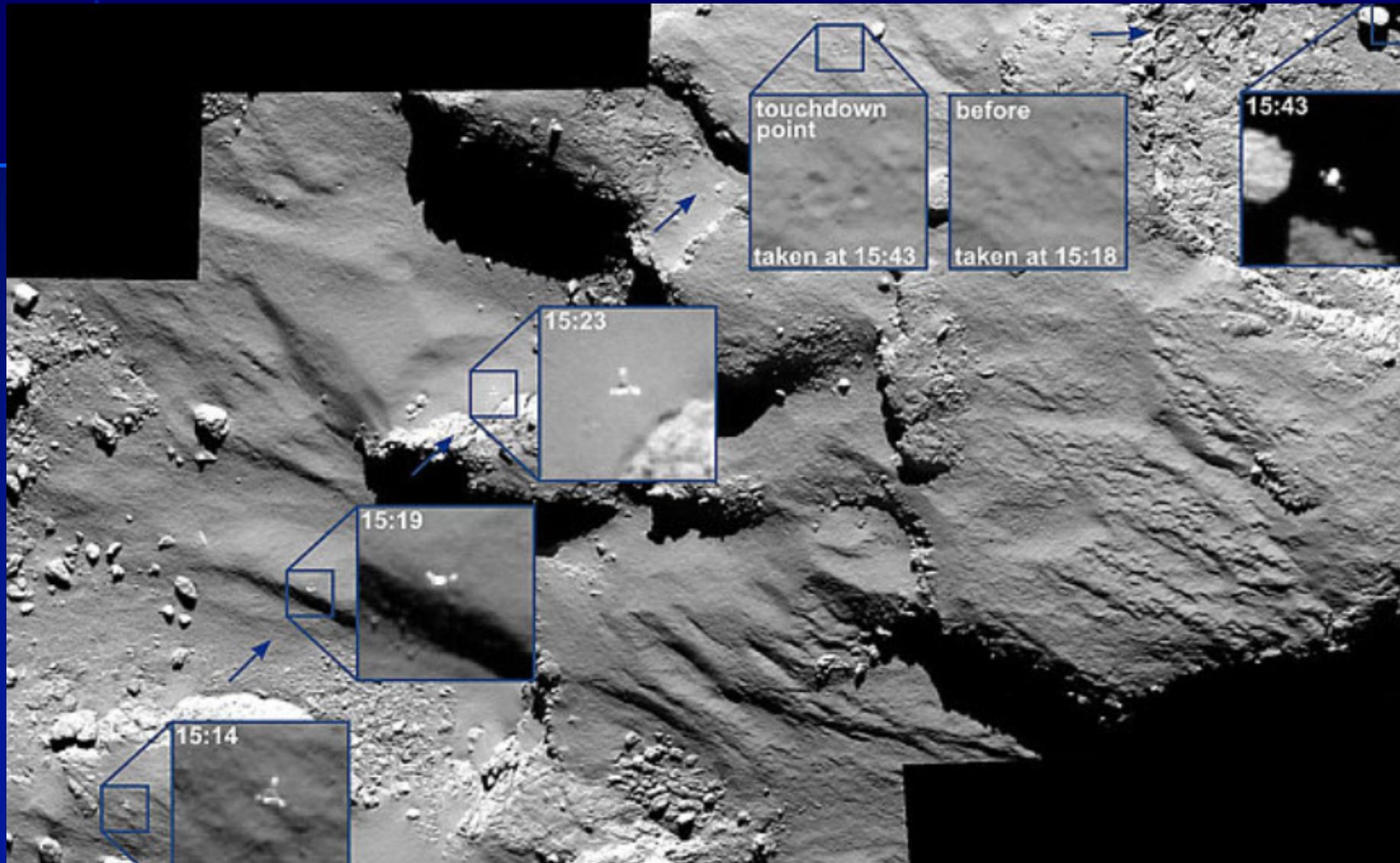


По данным прибора MUPUS, Филы сел на **запыленный лед**. Комбинированный прибор MUPUS был оснащен многоцелевыми датчиками для исследования поверхности и подповерхностных слоев грунта. MUPUS был разработан в Институте планетологии университета Мюнстера, вместе с другими партнерами и управлялся международной командой во главе с DLR в Институте планетных исследований в Берлине.

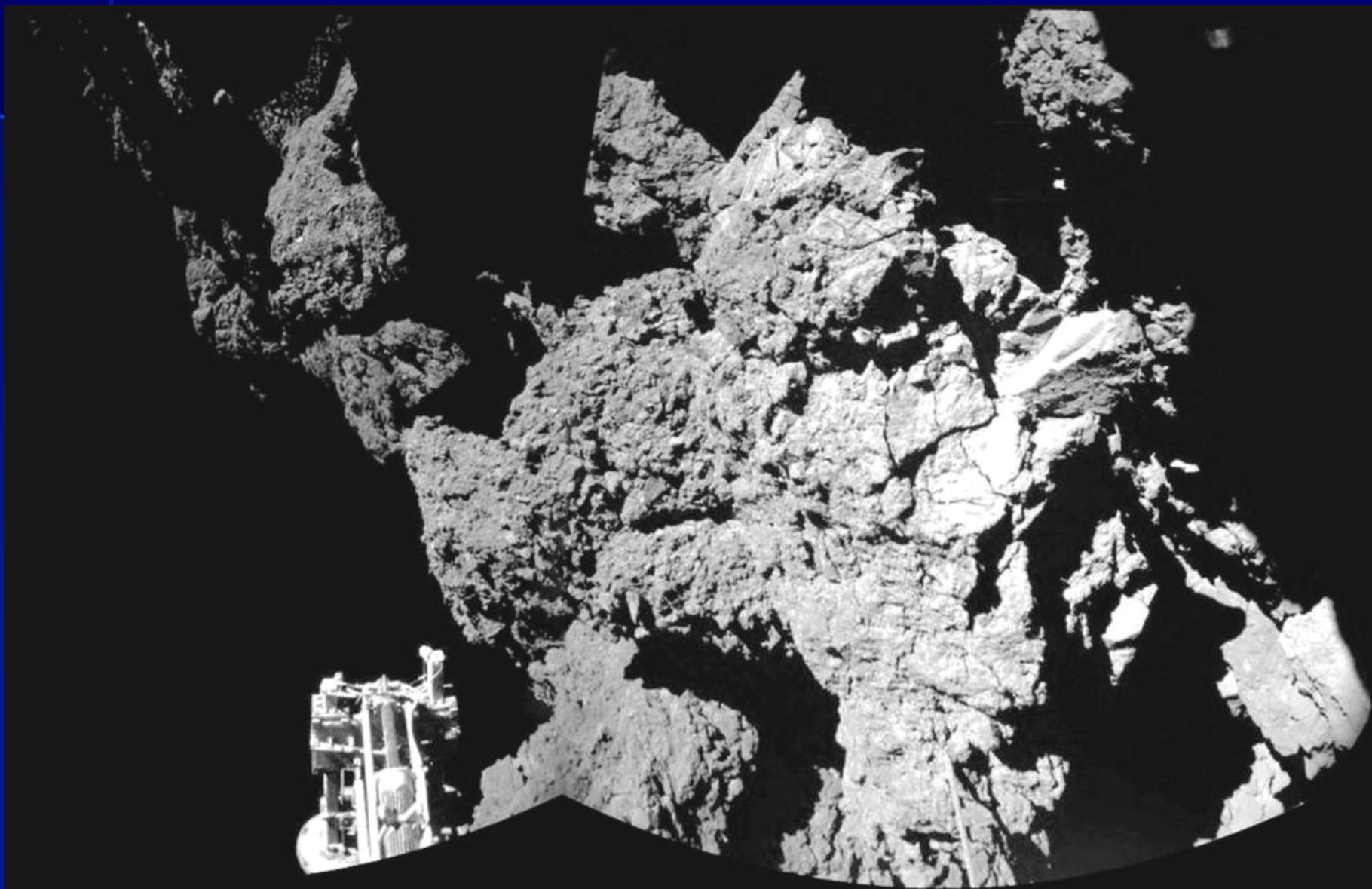
В последнем месте посадки Филы MUPUS зафиксировал температуру окружающих объектов: -153°C . Затем датчики охладились еще примерно на 10° . Это могло произойти из-за лучистого теплообмена с холодной стеной, видной на изображениях прибора CIVA. Затем пенетратор прибора начал долбить поверхность, но не смог продвинуться больше, чем на несколько миллиметров, даже при максимальном уровне мощности двигателя пенетратора. Верхние слои поверхности кометы состоят из слоя пыли толщиной 10-20 см, на механически прочной поверхности. Средняя плотность ядра 0.4 г/см^3 .

MUPUS зарегистрировал контакт Филы с кометой в 15:34 GMT, но в дальнейшем выяснилось, что гарпуны и ледовые буры не работали, и часть данных о температуре и ускорениях была безвозвратно потеряна, так как датчики находились в самих гарпунах. Потеряны данные акселерометра. Но тепловой картограф MUPUS работал на протяжении спуска и во время всех трех посадок.

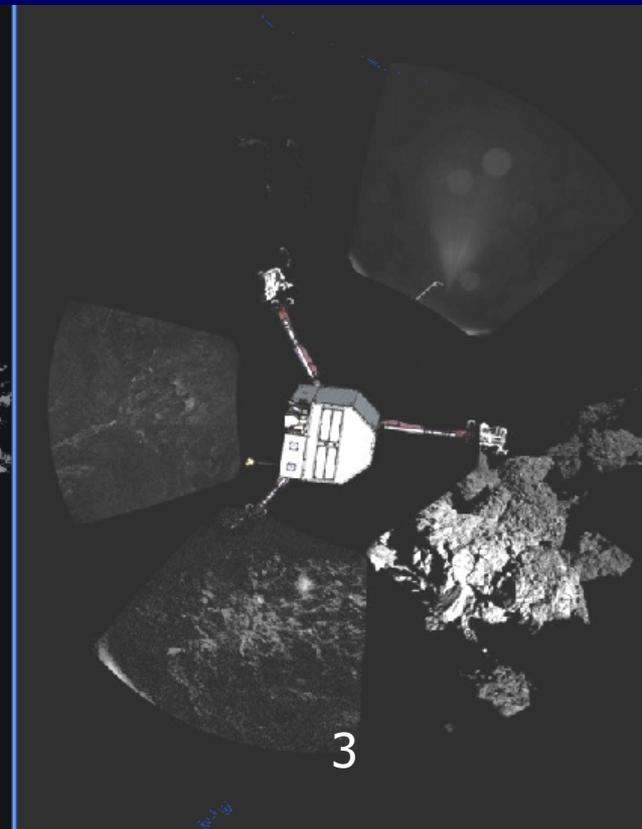
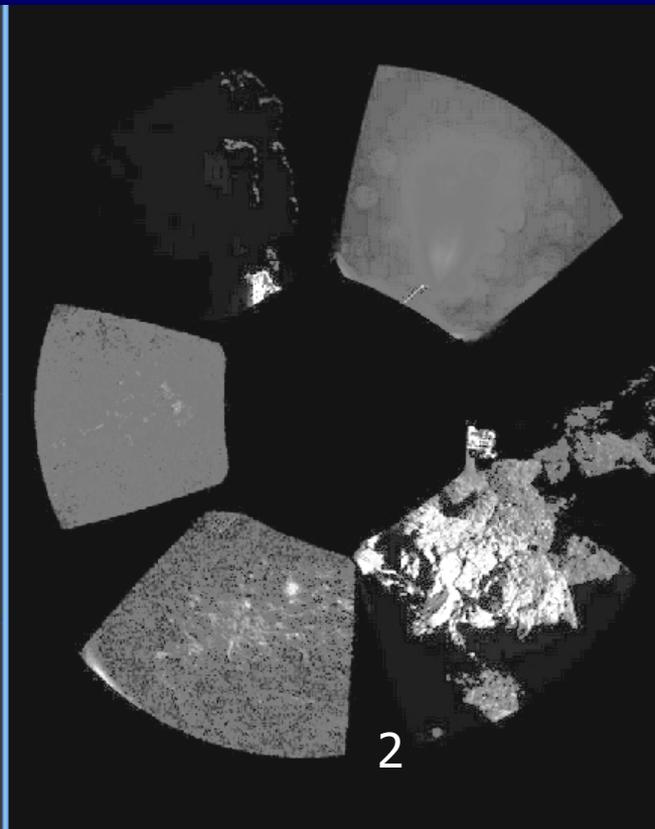
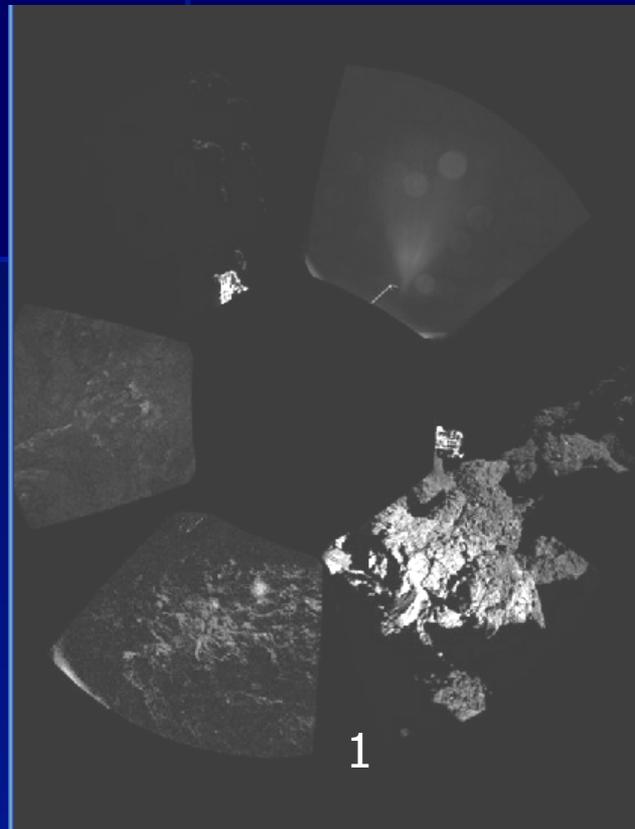
Прыжки ФИЛЫ на снимках аппарата РОЗЕТТА



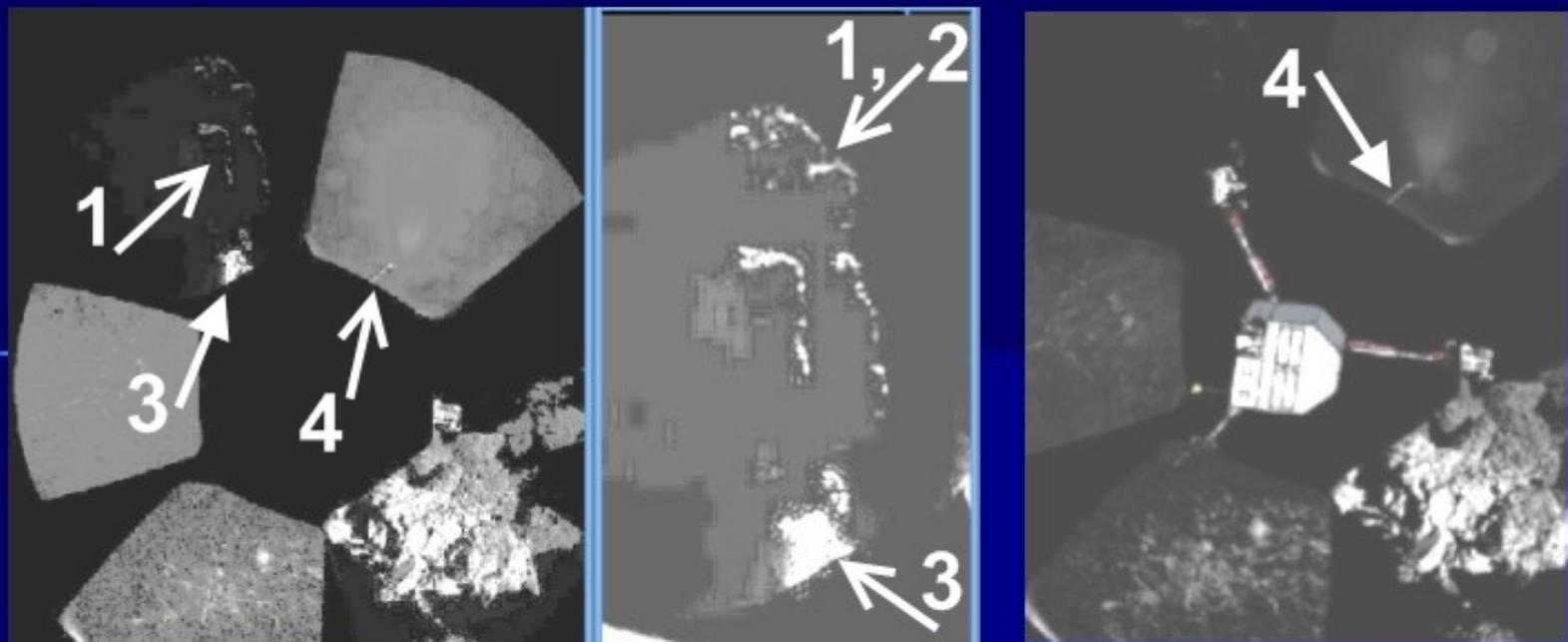
Аппарат остановился, но на снимке видна только одна его опора



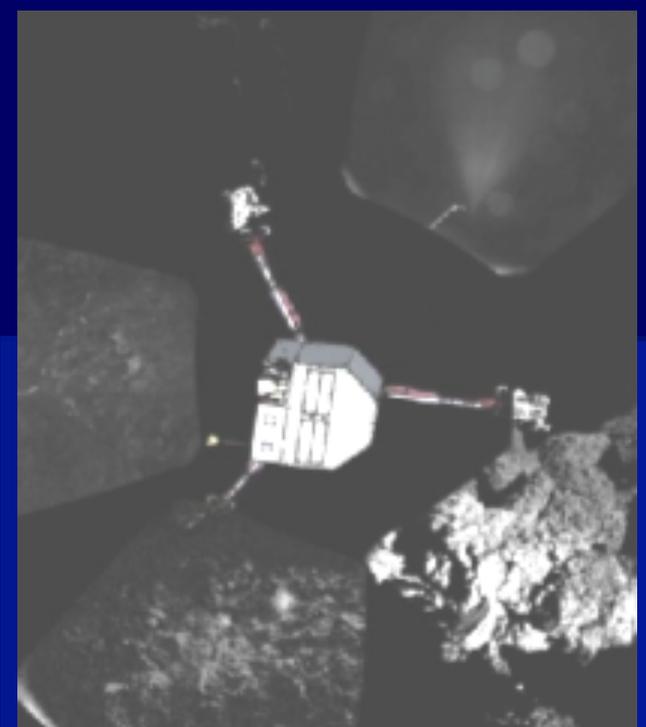
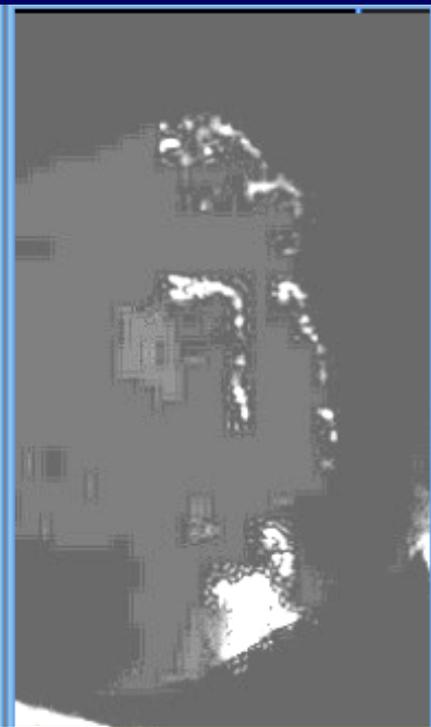
Куда угодила ФИЛА?



Пока Филы взлетала и падала, комета продолжала вращаться, причем довольно быстро. Вместо плоской, открытой местности, беспрепятственно освещаемой Солнцем, под Филами оказались грубые каменные склоны и провалы. Спускаемый аппарат, наконец, остановился, но остановился в крайне сложных условиях. Зонд находится в углублении, среди высоких зазубренных каменных глыб, у глухой стены, причем одна его опора поднята вверх, а сам аппарат, почти весь, находится в глубокой тени и на снимке не виден



Слева— 6 снимков прибора CIVA, которые должны образовать панораму места посадки Филы. Вверху —темный объект (1) со светлым пятном в нижней части. Предполагалось, что светлое пятно — это вторая опора аппарата. Однако в нашей обработке (в центре) темный объект — это выступающая глыба (2). Более того, если присмотреться, освещенный участок внизу (3), в виде трапеции — это поверхность глыбы, а вовсе не нога аппарата. Поэтому попытка определить положение Филы путем совмещения изображений опор аппарата с двумя белыми пятнами (рисунок справа), ошибочна, так как показывает, что аппарат должен быть виден. Но его нет. Аппарат находится в яме и выступает только ОДНА его нога. Такое его положение подтверждается концом штыревой антенны (4) прибора CONSERT, заметной на верхнем снимке.



Изображение выступающей глыбы (в центре) получено обработкой темных 8-разрядных снимков. В распоряжении ЕКА имелись 10-разрядные файлы. Их обработка позволила получить более детальное изображение центральной части глыбы (справа). Светлое пятно (внизу) на изображении ЕКА не приводится. В тексте к изображению подтверждается, что виден конец штыревой антенны прибора CONSERT.





После проблемной посадки, комментарии участников проекта, носившие иногда чересчур шумный характер, стали скромнее. Тем не менее, в получасовой научной программе EuroNews за 28 ноября все комментарии снова касались только научной значимости проекта, но фактические сведения о результатах Филы не приводились. Комментаторы избегают сопоставления миссии Розетта-Филы с другими космическими экспериментами. Полностью отсутствует, например, сравнение с посадкой на астероид Эрос аппарата **NEAR Shoemaker** (2000 г.) Могут возразить, что Эрос массивнее 67P более чем на 2 порядка. Это верно.

Но памятна также миссия **Hayabusa** к астероиду Итокава (2005 г.), причем масса Итокавы в 30 раз **меньше** массы кометы 67P! Тем не менее, **Hayabusa** выполнила успешную посадку, сбор образцов (неудачный) и даже возвращение аппарата на Землю. А 3 декабря 2014 г. японское агентство JAXA отправило к новой цели (объект 1999 JU3) аппарат **Hayabusa-2**. =>



За создание аппарата и его изготовление отвечал консорциум из немецких DLR и MPS, французского CNES и итальянского ASI. За аппарат в целом ответственным является DLR. Активная система посадки также создавалась в DLR. Маховики угловой реакции были изготовлены в Соединенном королевстве (Великобритания). Гарпуны создавались разработчиками в Австрии (Австрийским Институтом комических исследований) и в Германии (Институтом исследований Солнечной системы им. Макса Планка).

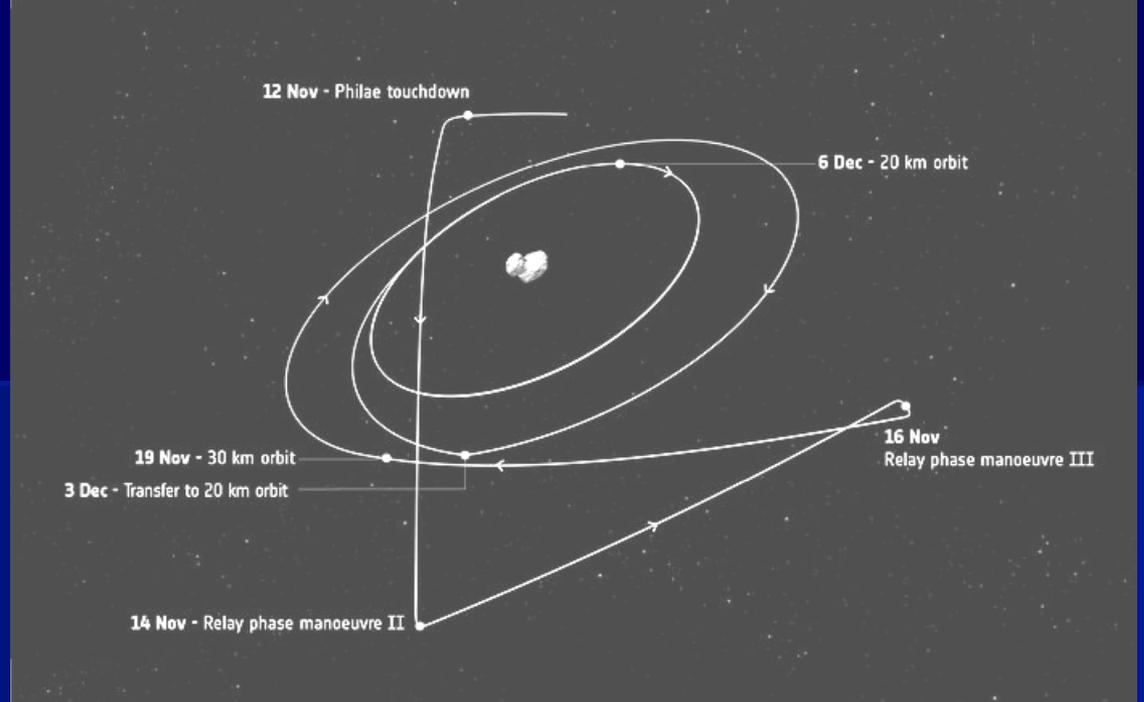
О несбывшихся надеждах на «оживление» ФИЛЫ в августе 2015 г.

При низкой температуре в затененном месте посадки система электроснабжения (аккумуляторы) находится в очень тяжелых условиях.

С развитием газо-пылевой комы условия наблюдений ФИЛЫ с аппарата РОЗЕТТА осложнялись.



Другие проблемы



Маховики угловой реакции Розетты создают повышенные вибрации, большие, чем ожидалось. Тестирование показало, что система все же может эффективно работать. Перед включением в 2011 г. режима «сна» аппарата, два из четырех маховиков космического аппарата стали, как сообщалось, «создавать шум». После активации космического аппарата в 2014 г. инженеры включили три маховика, в том числе один из «плохих». Другой плохо работающий маховик находится в резерве.

В 2006 году на Розетте была обнаружена утечка в системе управления реакциями в двигателях (RCS). Система состоит из 24-х двухкомпонентных двигателей, по 10 N каждый и отвечает за тонкую коррекцию траектории Розетты. RCS работает и при более низком давлении, но это может привести к неполному сгоранию ракетного топлива и "загрязнению" окружающей среды.



Авторы доклада благодарят руководство ЕКА и руководителей экспериментов миссии Розетта/Филы за возможность получения сведений о ходе выполнения задач миссии в реальном времени и ожидают новых научных сообщений, полученных с кометы Чурюмова-Герасименко!

КОНЕЦ

