

Достижения в исследовании космоса.

Дёмин Н. И.

Структура доклада:

Блок «Ближний космос»:

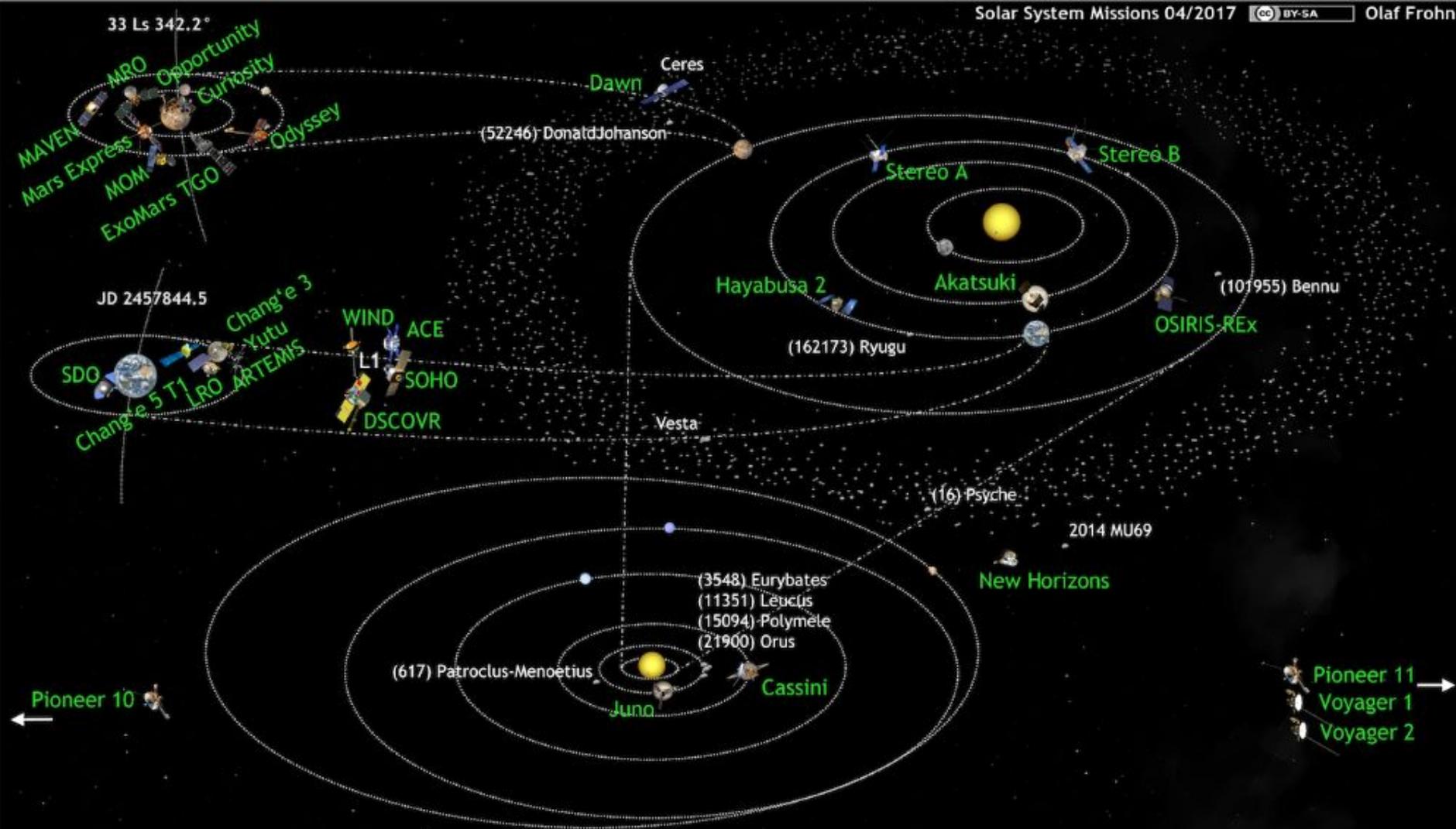
- Миссия «Новые горизонты»
- Миссия «Dawn»
- Миссия «Rosetta»
- Миссия «MESSENGER»
- Миссия «Cassini–Huygens»
- Миссия «Mars Science Laboratory (Curiosity)»

Блок «Дальний космос»:

- Космический аппарат «Кеплер» и поиск экзопланет
- Телескоп «Хаббл» и достижения последних лет
- Космический телескоп «Gaia»
- Инфракрасная астрономия – ключ к загадкам космоса
- Рентгеновская орбитальная обсерватория «Чандра»

Ближний космос





Upcoming Events

2017

- Apr: Cassini Grand Finale Orbits
- Sep: Cassini EOM
- Sep: OSIRIS-REX FB Earth
- Nov/Dec: Chang'e 5 Launch/SL Moon
- Dec: GLXP Last Launch Opp. Moon
- Lightsail 2 Launch
- Voyager 2 Trans. Interstellar Space

FB: Flyby; OI: Orbit Insertion; App: Approach; Dep: Departure; Imp: Impact
EDL: Entry, Descent and Landing; SL: Soft Landing; EOM: End of Mission

2018

- May: MOM-2 Launch to Mars
- May: InSIGHT Launch to Mars
- May: MarCO Launch to Mars
- Sep: OSIRIS-REX App Bennu
- Oct: Bepi-Colombo Launch to Merc.
- Nov: InSIGHT EDL Mars
- Chandrayaan 2 Launch/SL Moon
- Hayabusa 2 App/SL Ryugu

Chang'e 4 LRS Launch/OI Moon

- KPLO Launch/OI Moon
- Orion EM-1 Launch/FB Moon
- +10 EM-1 Cubesats Launch/OI/FB Moon/Heliocentric Orbit
- Solar Probe Plus Launch
- Solar Orbiter Launch

2019

- Oct: OSIRIS-REX Sample Acq. Bennu
- New Horizons FB 2014 MU69
- Hayabusa 2 Sample acq. Ryugu

Chang'e 4 Launch/SL Moon

- Luna 25 Lander Launch
- 2020**
- 2020 Mars Rover Launch
- Chang'e 6 Launch/SL Moon
- ExoMars Rover Launch
- Hayabusa 2 EDL Earth
- Luna 26 Orbiter Launch
- Mars Hope Launch to Mars
- MGRSO Launch to Mars
- Red Dragon Launch to Mars

2021+

- Mar: OSIRIS-REX Dep Bennu
- Juno EOM
- ExoMars Rover EDL Mars
- Lucy Launch to Jupiter-Trojans
- Luna 27 Lander Launch
- [Chinese Asteroid FB] Launch (2022)
- Europa Clipper Launch to Jup. (2022)
- JUICE Launch to Jupiter (2022)
- EM-2 Launch to Cislunar Space (2023)
- Psyche Launch to Psyche (2023)

Миссия «Новые горизонты»



Задачи, первоначально поставленные перед миссией:

- Картографирование поверхности Плутона и Харона
- Исследование геологии и морфологии Плутона и Харона
- Исследование атмосферы Плутона и её рассеяния в окружающее пространство
- Поиск атмосферы у Харона
- Построение карты температур поверхности Плутона и Харона
- Поиск колец и новых спутников Плутона
- Исследование объектов пояса Койпера

Миссия «Новые горизонты»



24 ЧАСА ПЛУТОНА

ПРОЛЕТ МИМО ЛЕДЯНОГО МИРА НА ОКРАИНЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

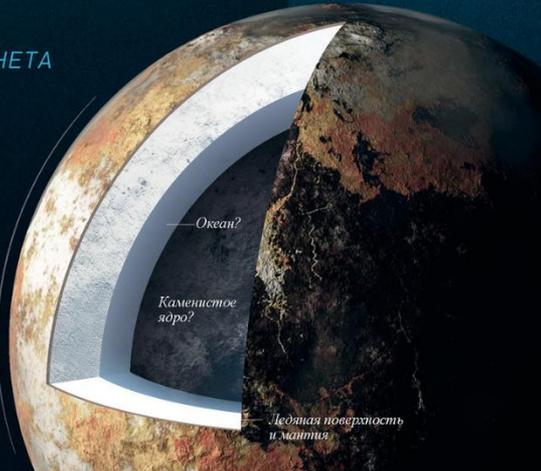
ОТ АЛЕКСАНДРЫ ВИТЦЕ
ДИЗАЙН ЯСЕНА КРЖИШТОФЬЯКА

14 Июля, после девяти с половиной лет и каких-то 5 миллиардов километров пути, аппарат NASA New Horizons посетит ледяной рубеж Солнечной системы: Плутон. Это будет быстрая и яростная встреча - аппарат пронесется мимо планеты на скорости около 50000 километров в час, получая фотографии поверхности Плутона и научные данные о его атмосфере и среде в течение этого двадцатичетырехчасового события. Ни одна из предыдущих миссий не посещала Плутон или какие-либо другие ледяные миры пояса Койпера - скопления мелких и чрезвычайно холодных тел, орбиты которых в основном лежат за орбитой Нептуна. С его гигантским спутником Хароном, Плутон также составляет единственную известную двойную планетную систему в Солнечной системе.

КАРЛИКОВАЯ ПЛАНЕТА

ПОВЕРХНОСТЬ
Плутон покрывает несколькими видами льда, включая метановый, азотный и лед из углеродного газа. Его красноватая поверхность является одной из самых темных в Солнечной системе, и New Horizons со временем раскроет сущность этих светлых и темных пятен. Ближайшим аналогом Плутона в Солнечной системе может быть ледяной спутник Нептуна Тритон, который предположительно был захвачен Нептуном из пояса Койпера.

АТМОСФЕРА
Плутон имеет тонкий слой атмосферы, образованной сублимацией льда с его поверхности. С момента ее открытия в 1988, атмосфера загадочно увеличивалась - несмотря на тот факт, что Плутон отдаляется от Солнца.



ПРОЛЕТ

Вплоть до 12 ИЮЛЯ
New Horizons отсканирует карту поверхности и изучит атмосферу. Попадет облака и туманы, а так же проверит наличие колец и лун за уже известными гиття (Харон, Гидра, Никта, Кербер и Стикс).

13 ИЮЛЯ
Ограниченные начальные наблюдения будут посланы обратно на Землю, на случай, если координат не переинициативстрем.

14 ИЮЛЯ
New Horizons будет сохранять роним радиомолчания большую часть дня, чтобы сосредоточиться на сборе данных о Плуtone и Хароне. Он сделает цветные снимки Плутона разрешением 0.5 километра на гликсель и черно-белые (узкой полосой, поперек надливовой планеты) с разрешением до 100 метров на гликсель.

15 ИЮЛЯ
Начнется 26-месячный период передачи результатов близкой съемки Плутона и Харона и десятков научных данных на Землю. Скорость передачи данных с New Horizons ограничена длительностью сеансов связи с сетью Дальней космической связи NASA, и огромным объемом информации, которую он соберет во время кратчайшего сближения. Съемка в самом высшем из возможных разрешений, запланированные в ходе сближения с Плутоном будут продолжаться 15 июля, снимки Харона днем позже.

14 ИЮЛЯ

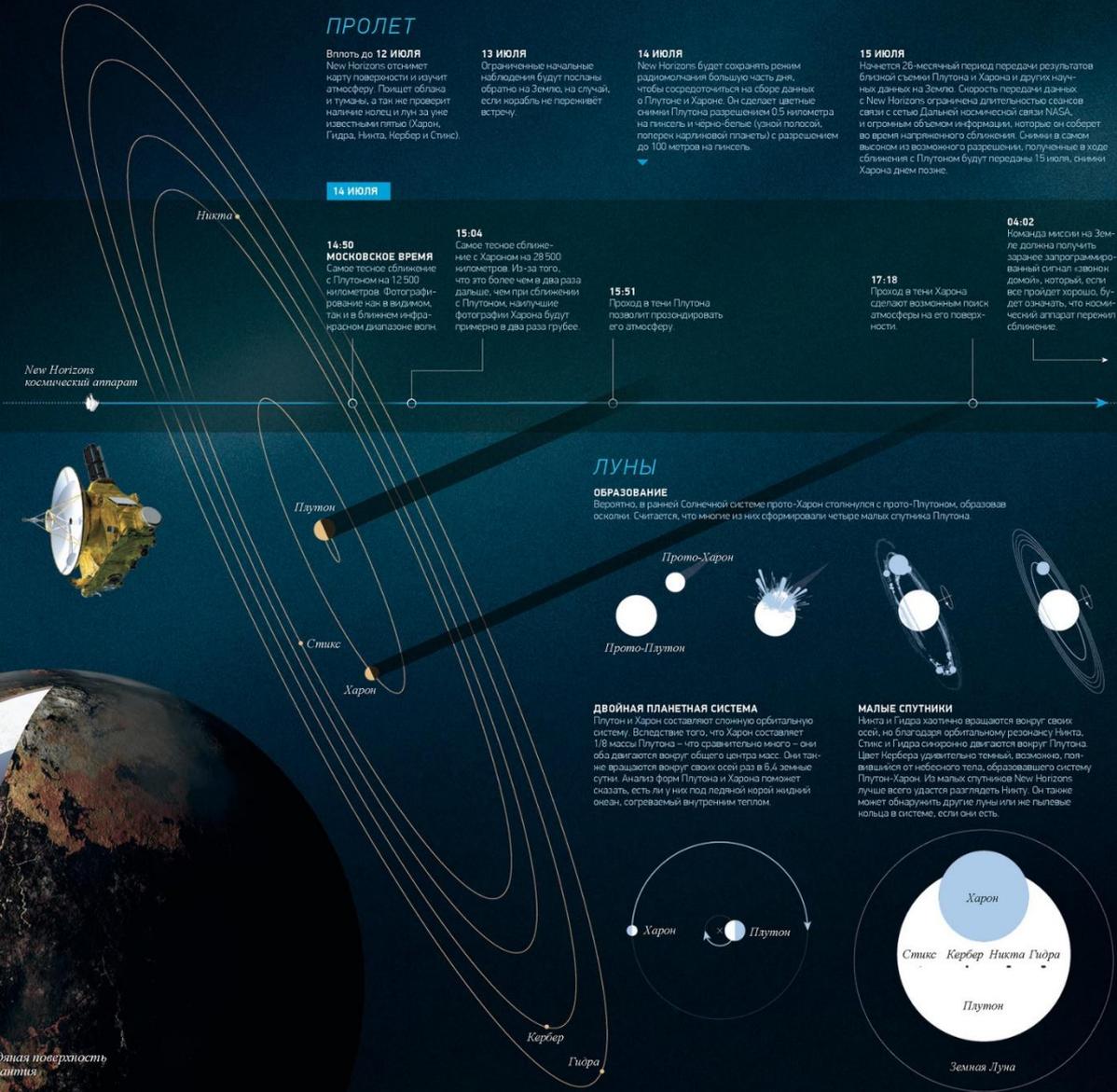
14:50 МОСКОВСКОЕ ВРЕМЯ
Самое тесное сближение с Плутоном на 12 500 километров. Фотографирование как в видимом, так и в ближнем инфракрасном диапазоне волн.

15:04
Самое тесное сближение с Хароном на 28 500 километров. Из-за того, что это более чем в два раза дальше, чем при сближении с Плутоном, записанные фотографии Харона будут примерно в два раза грубее.

15:51
Пролет в тени Плутона позволит прозондировать его атмосферу.

17:18
Пролет в тени Харона сделает возможным поиск атмосферы на его поверхности.

04:02
Команда миссии на Земле должна получить заранее запрограммированный сигнал сдвоенной длиной, который, если все пройдет хорошо, будет означать, что космический аппарат пережил сближение.



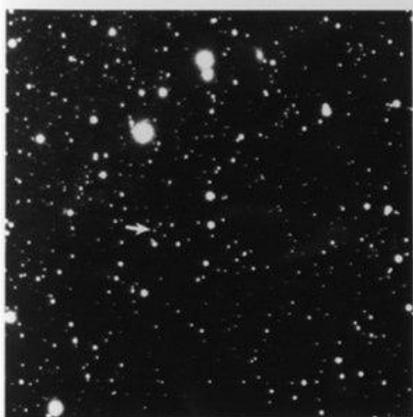
Переведено для сообщества «Открытый космос»
VK.COM/SPACE_LIVE

Перевод: Амир Мухамедов, Игорь Кравец,
Никита Плато, Антон Жуков, Никита Яковлев
Верстка: Лизунов Артем, Амурский Тигр

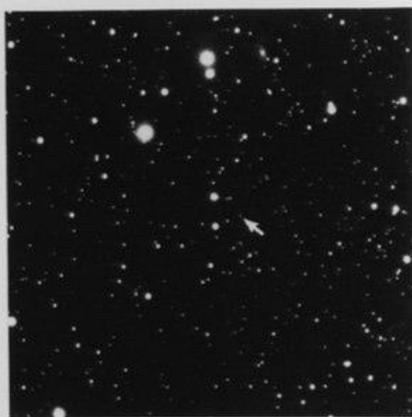
История в фотографиях

(Как видели наши деды, отцы и как видим его мы)

7

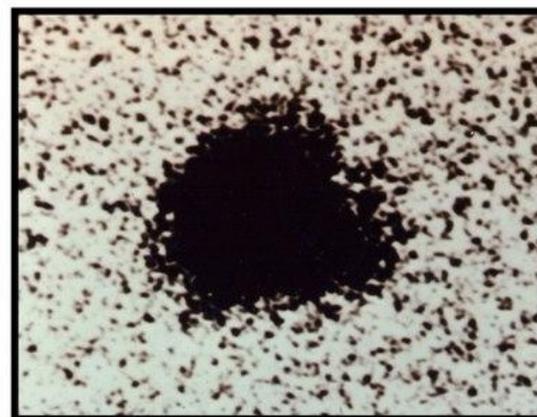


January 23, 1930

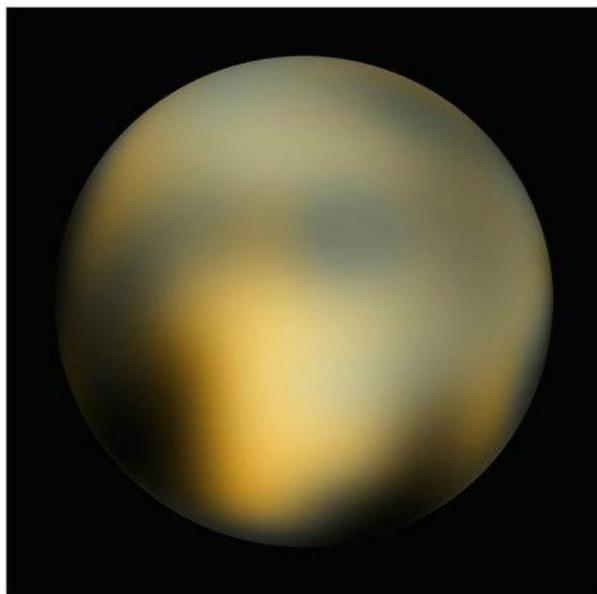


January 29, 1930

Таким его видели с 1930 по 1977



Таким его видели с 1978 по 2000



Таким его видели с 2000 по 05.2015

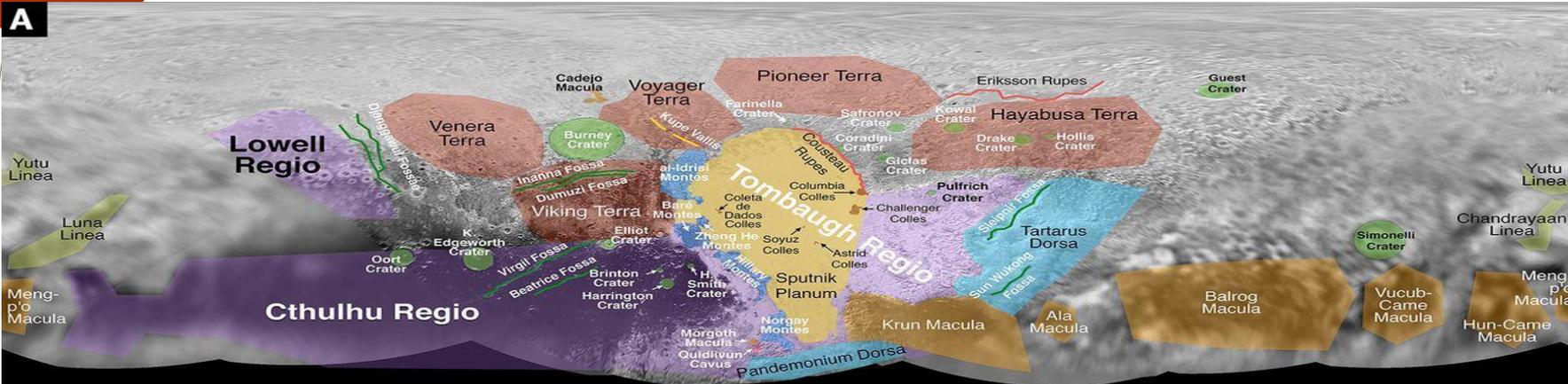


Таким его видим сегодня

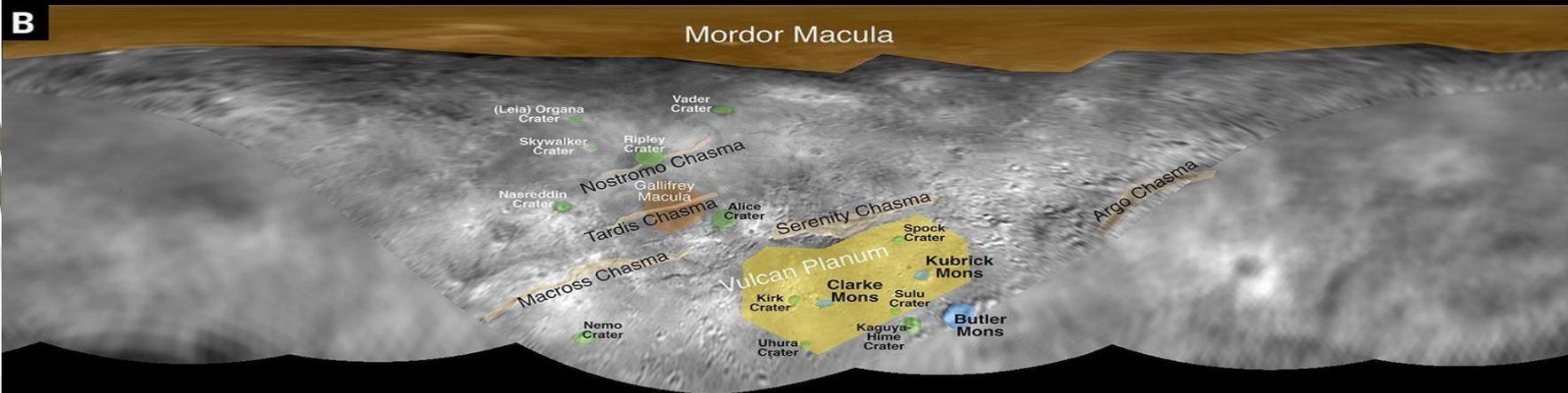


Миссия «Новые горизонты»

9

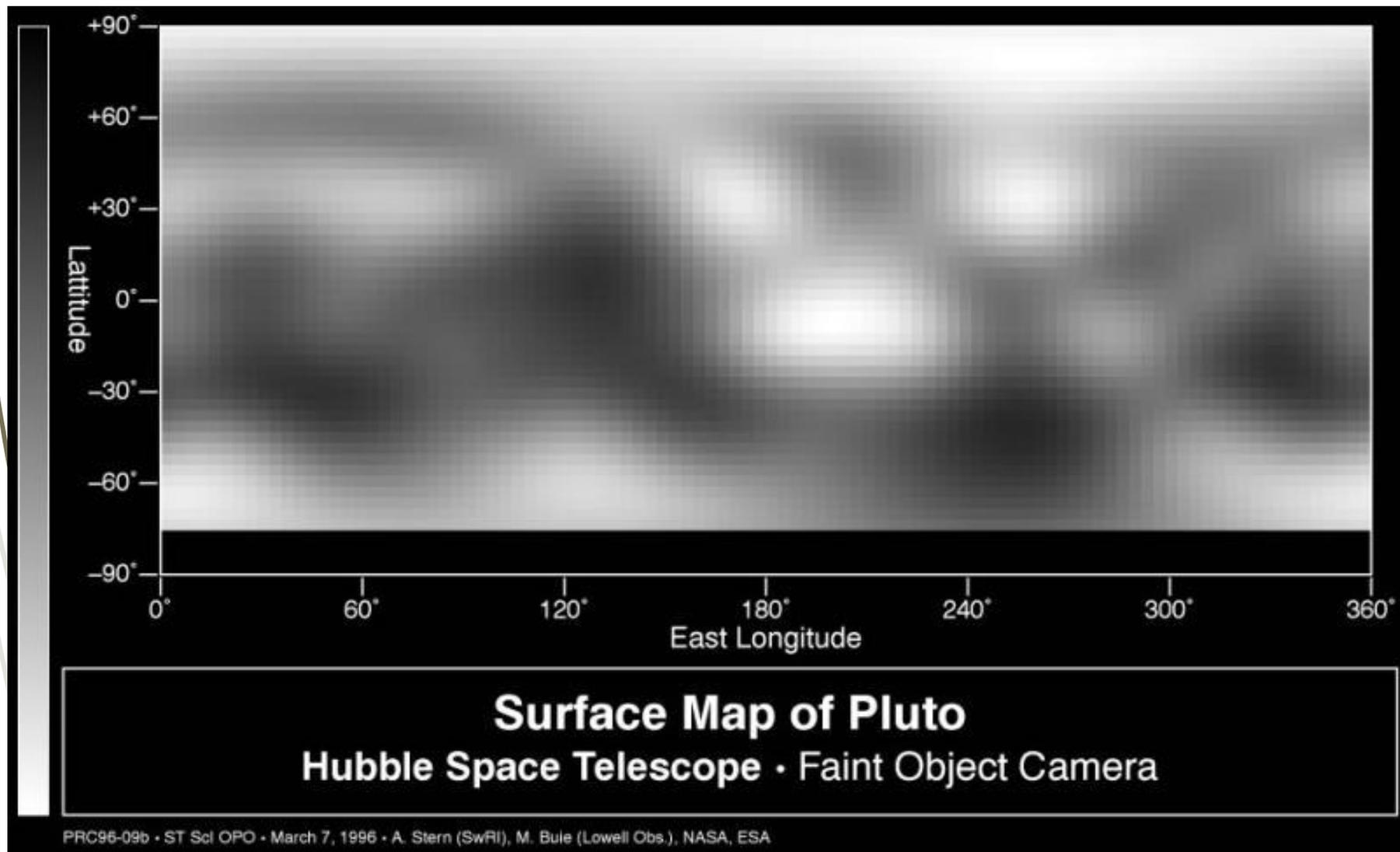


Features on Pluto

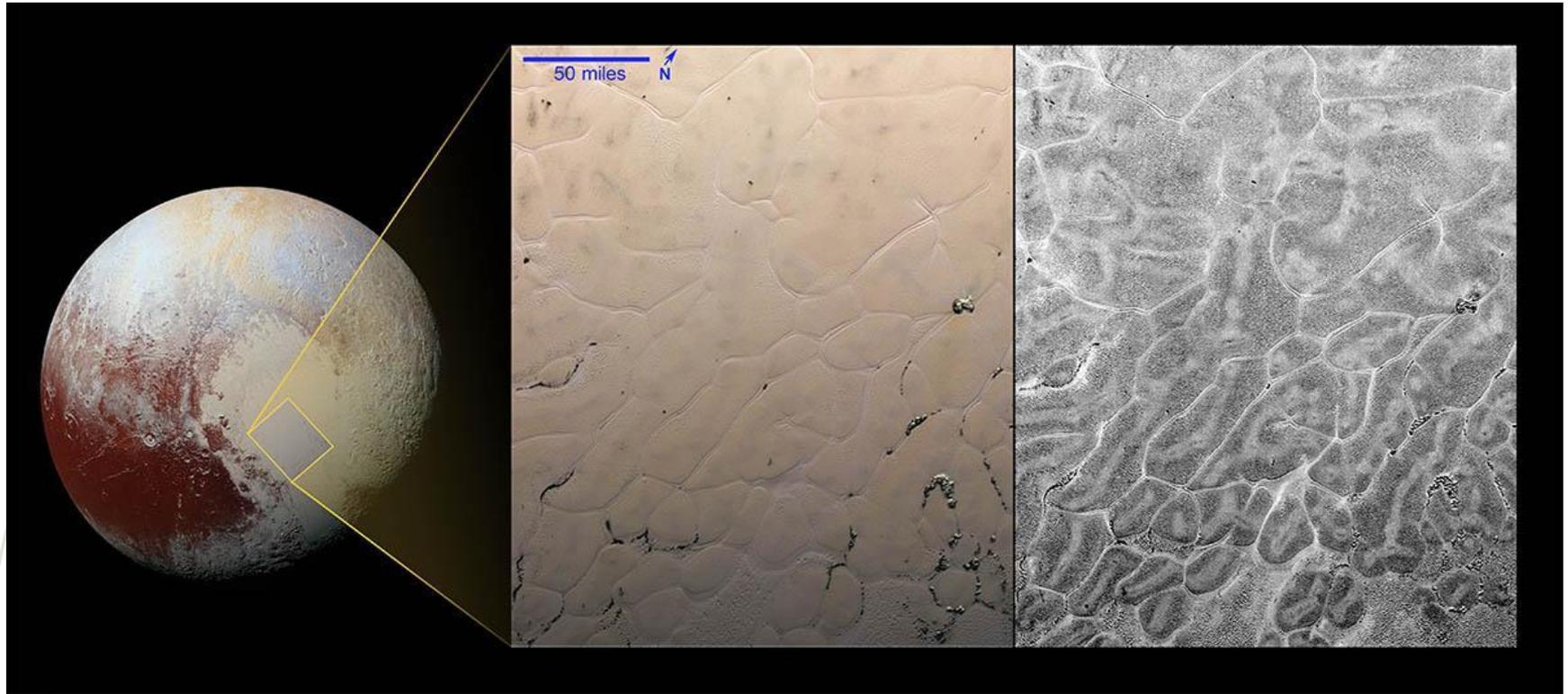


Features on Charon

Миссия «Новые горизонты»



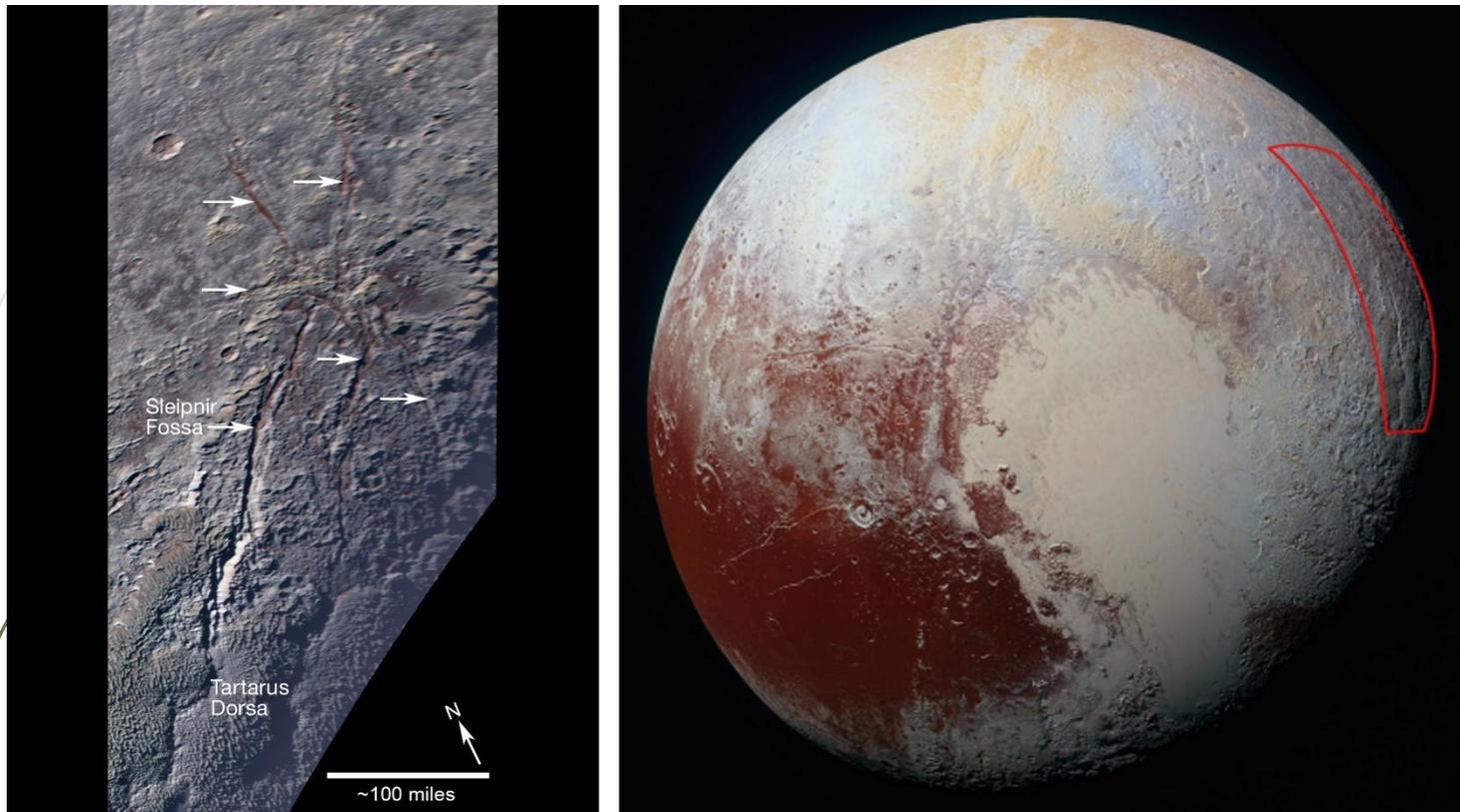
Миссия «Новые горизонты»



Снимок региона Sputnik Planum камерой MVIC. Согласно результатам компьютерного моделирования многоугольники размером от 16 до 48 км - это конвективные ячейки из льда, преимущественно азотного, образованные теплом из недр Плутона. Толщина льда - лишь несколько км (точнее несколько миль). Поверхность ячеек обновляется примерно каждые полмиллиона лет.

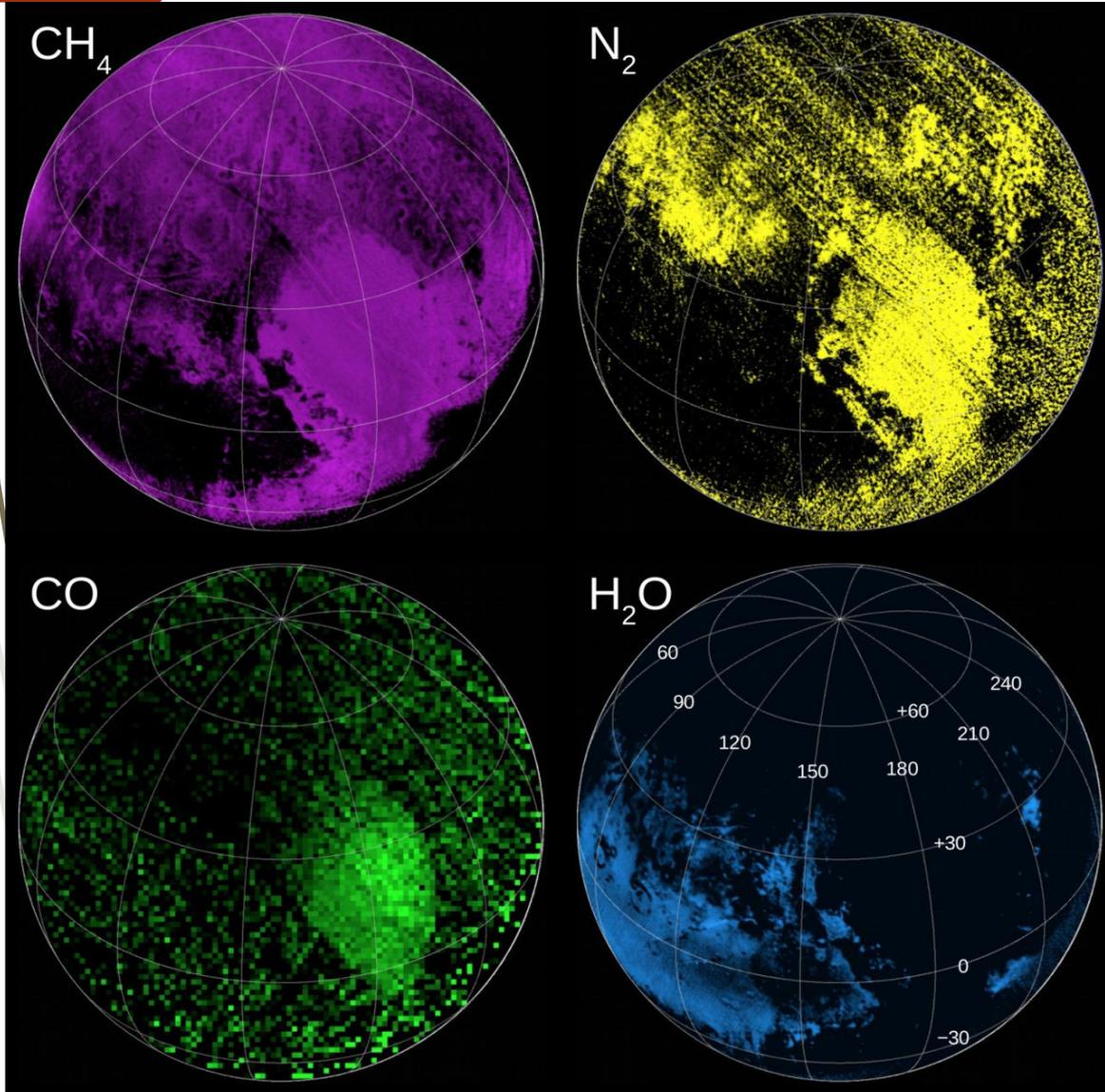
Sputnik Planum - одно из самых удивительных геологических открытий за более чем полвека исследований. Процесс конвективного обновления поверхности этого региона, возможно, помогает поддерживать атмосферу Плутона и существует на других карликовых планетах пояса Койпера.

Миссия «Новые горизонты»



Снимок паукообразной сети трещин на Плутоне в "усиленных" цветах сделан камерой MVIC с разрешением 680 метров. Эта уникальная для внешней части Солнечной системы структура состоит минимум из 6 трещин (указаны стрелками), сходящихся в одной точке. Самые длинные трещины располагаются примерно в направлении полюсов; наиболее длинная из них (неофициально названная Sleipnir Fossa) протянулась более чем на 560 км. Другие трещины, не столь длинные (менее 100 км), лежат примерно в направлениях на восток и запад. Предположительно, подобная структура образуется из-за фокусировки напряжений коры в одном месте - например, из-за подъёма вещества из-под поверхности Плутона.

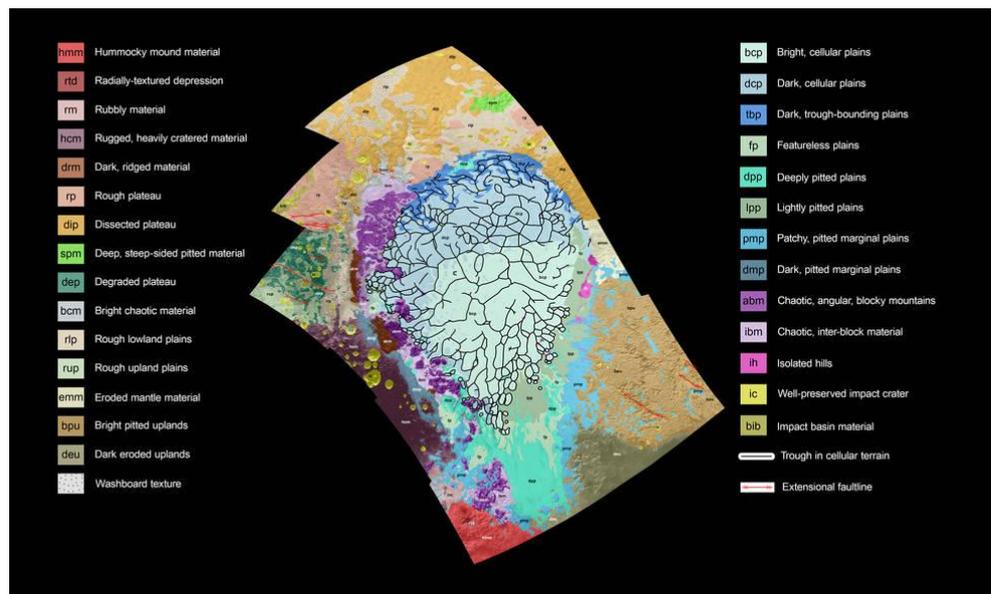
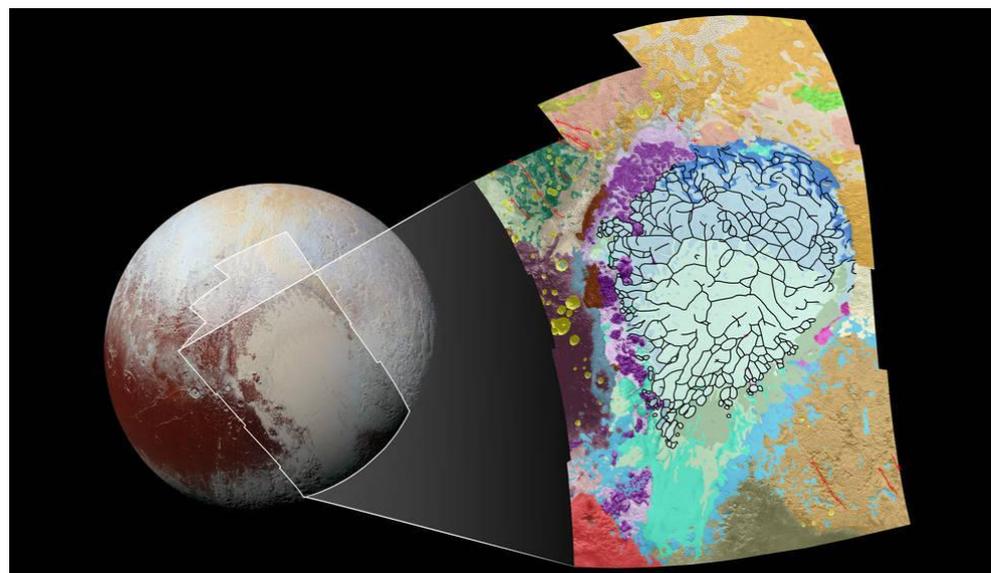
Миссия «Новые горизонты»



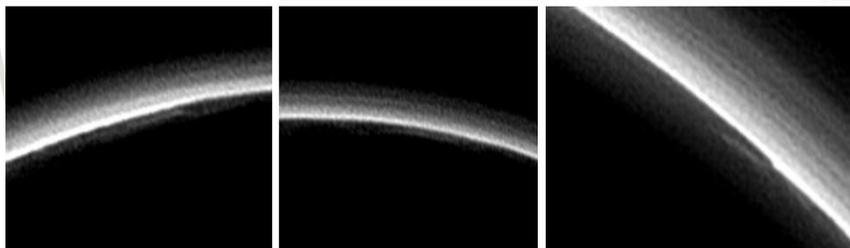
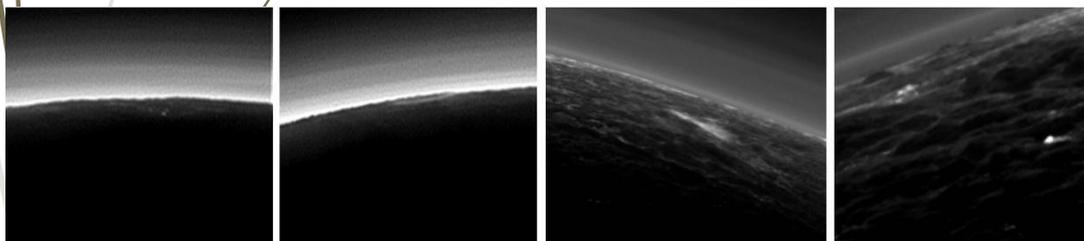
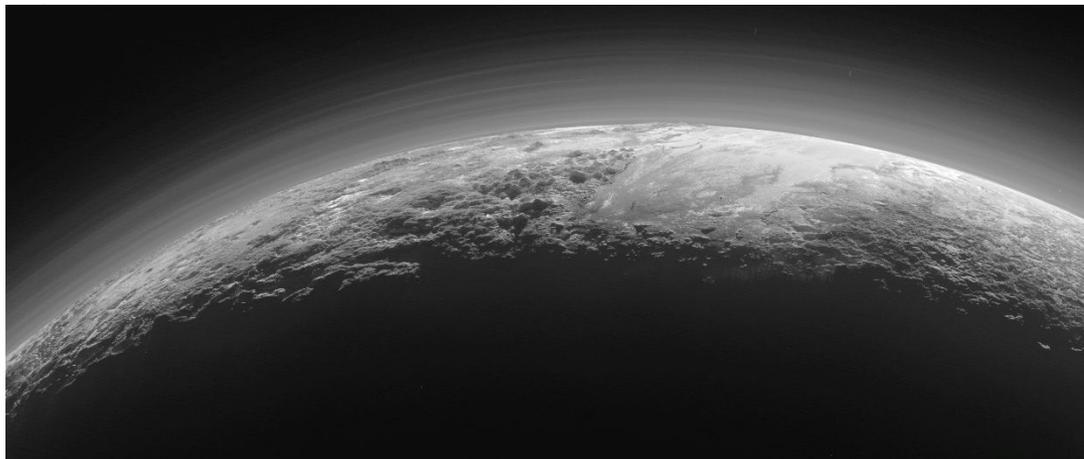
Карта распределения льда по поверхности Плутона, составленная на основе данных картирующего инфракрасного спектрометра LEISA в составе прибора Ralph. Данные были получены 14 июля 2015 года с расстояния 108000 км. Водяной лёд - коренная порода на Плуtone, но на изображениях спектрометра LEISA он легко маскируется слоем метанового льда, так что выделяются лишь те места, где очень много водяного льда и/или очень мало льда метанового. Используя моделирование на основе данных LEISA с учётом вклада других льдов, учёные получили картинку слева. В областях "левой части сердца" (плато Спутника) и верхнего края полушария (область Ловелла) водяного льда практически нет - там он хорошо укрыт льдами других веществ: метана, азота и угарного газа.

Миссия «Новые горизонты»

Представлена геологическая карта части поверхности Плутона (полоса от верхнего края до нижнего длиной 2070 км), включающая плато Спутника и его окрестности. Внизу у края в красной области расположена гора Wright (возможно это криовулкан), у левого края в тёмно-коричневой области - горная местность Sthulhu. Отмечена ячеистая структура азотного льда плато Спутника. Карта, построенная по 12 снимкам LORRI с разрешением 390 метров, демонстрирует большое разнообразие видов поверхности.



Миссия «Новые горизонты»



Существование развитой атмосферы с наличием выраженных облачных структур у столь маленького и холодного объекта стало неожиданным открытием.

Миссия «Новые горизонты»

16

PLUTO AND CHARON

2015-07-11

RANGE: 4.0m km



NASA-JHUAPL-SWRI

NEW HORIZONS LORRI IMAGE
PROCESSED BY ROMAN TKACHENKO

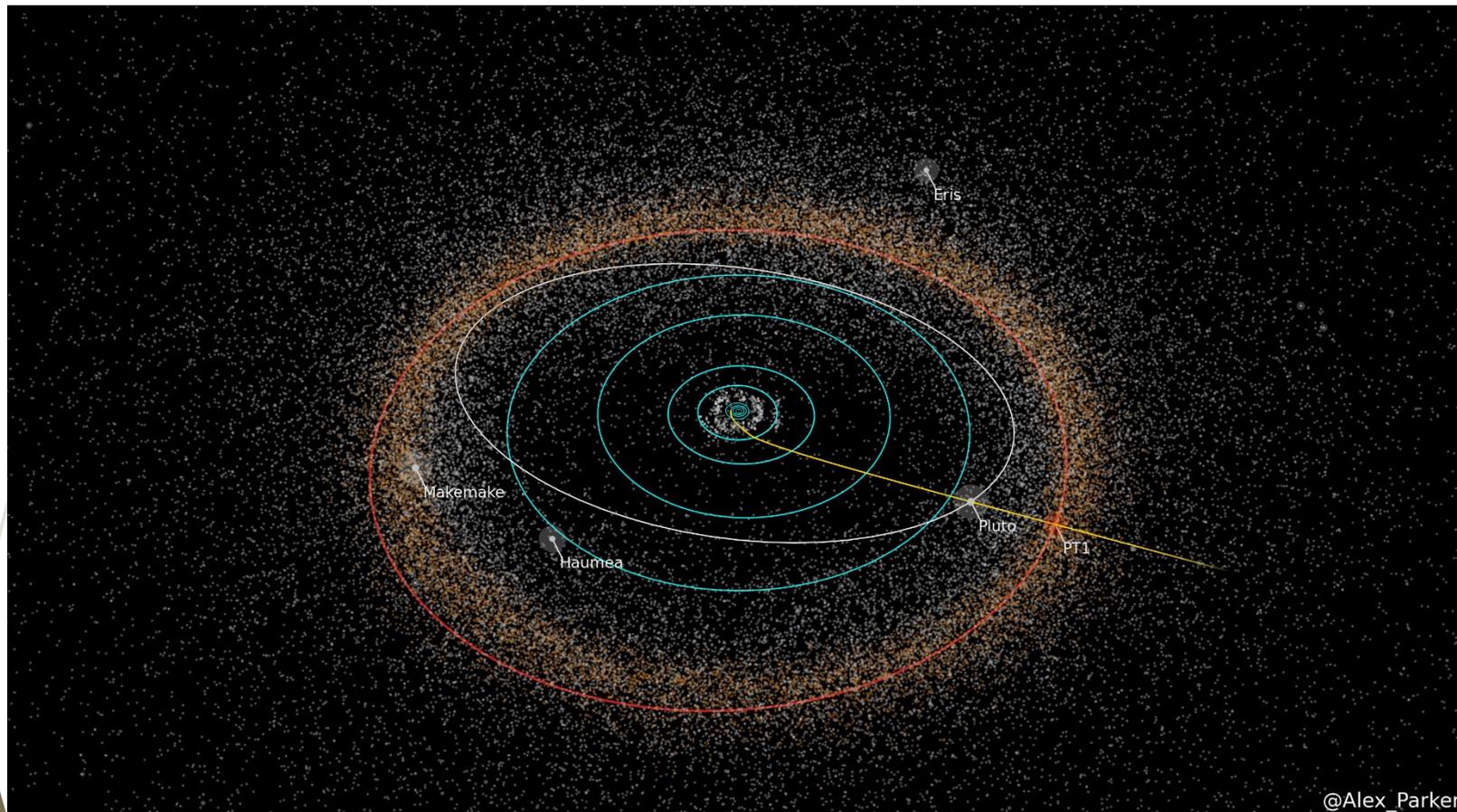
Алан Стерн: "Последний, лучший вид обратного полушария Плутона на десятки лет вперед".

Миссия «Новые горизонты»

Основные открытия миссии:

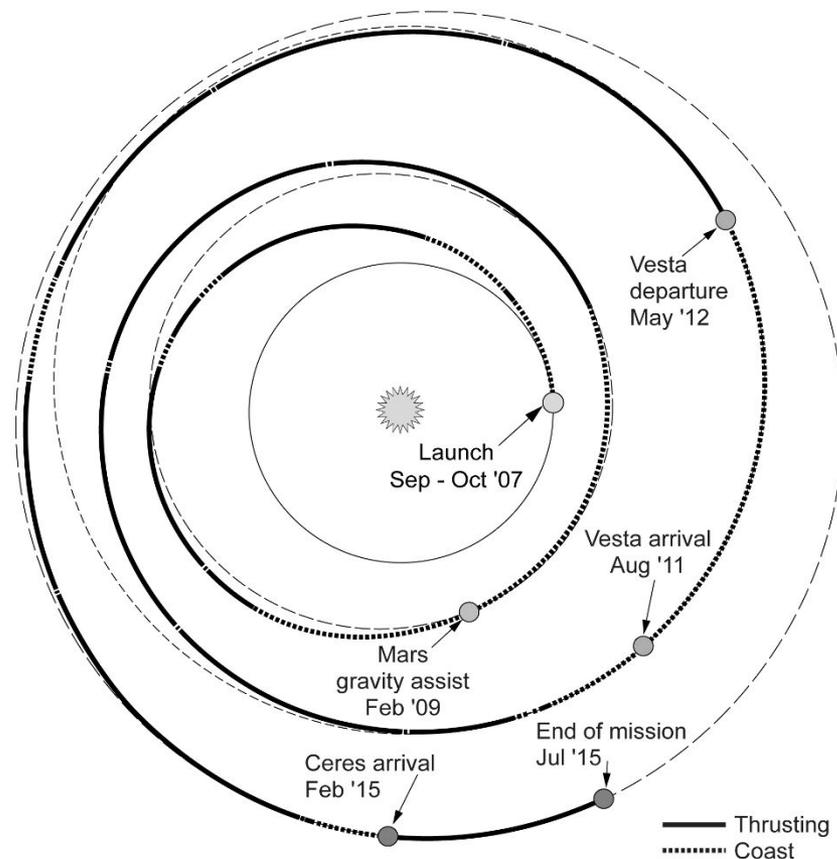
- 1. Плутон и его спутники оказались намного сложнее, чем ожидали учёные - "далеко за пределами ожидаемого".
- 2. Степень текущей активности поверхности Плутона и молодость части этой поверхности просто поразительны.
- 3. Атмосферная дымка и уровень утечки атмосферы (оказавшийся ниже, чем ожидалось) опрокинули все соответствующие модели, созданные учёными до пролёта.
- 4. Свидетельства существования возможного подповерхностного водно-ледяного океана на Хароне (в далёком прошлом; его замерзание образовало огромный экваториальный тектонический пояс) и Плуtone (в наше время).
- 5. Все спутники Плутона, возраст поверхности которых можно определить по кратерам, имеют один и тот же солидный возраст, что добавляет вес теории их одновременного образования путем древнего столкновения Плутона с другим объектом пояса Койпера.
- 6. Беспрецедентная тёмная, красная полярная шапка Харона, которая, возможно, образовалась путем аккреции газов, покинувших атмосферу Плутона.
- 7. Громадный 1000-км азотный ледник в форме сердца на Плуtone - крупнейший из известных в Солнечной системе.
- 8. Плутон демонстрирует свидетельства огромных изменений атмосферного давления и, возможно, присутствие в прошлом на поверхности текущих или неподвижных жидких летучих веществ - подобное наблюдается в Солнечной системе только на Земле, Марсе и Титане.
- 9. Неожиданное отсутствие новых спутников Плутона.
- 10. Цвет атмосферы Плутона оказался голубым.

Будущее миссии «Новые горизонты»



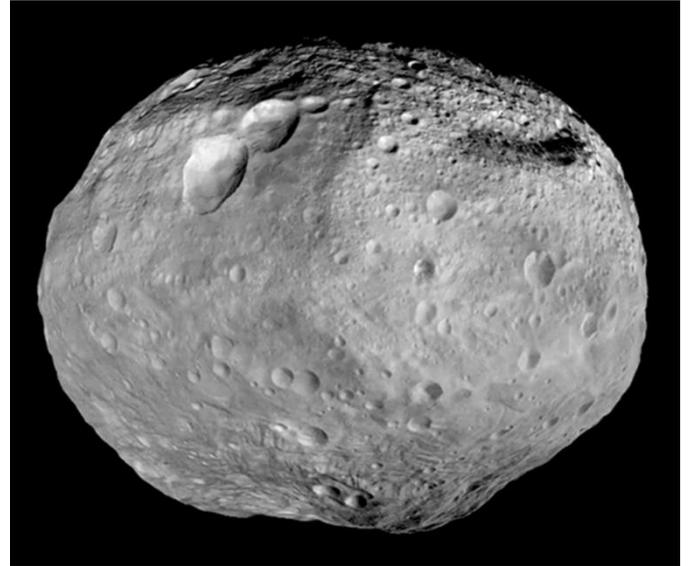
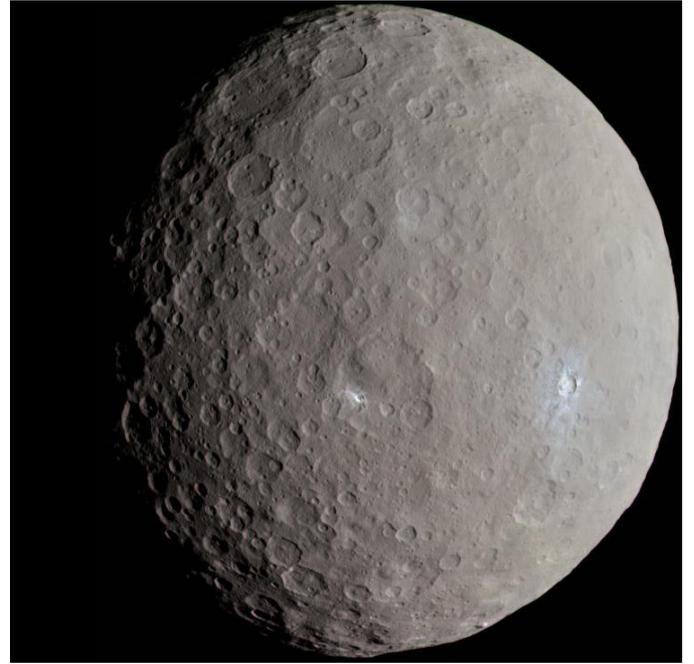
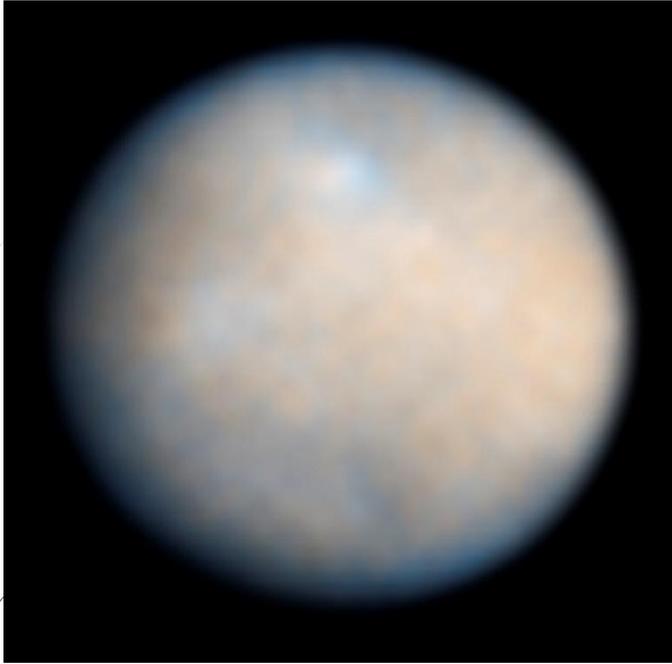
Следующая цель - 2014 MU₆₉. Пролёт аппарата вблизи объекта 2014 MU₆₉ ожидается 1 января 2019 года на расстоянии 43,4 а.е. от Солнца.

Миссия «Dawn»

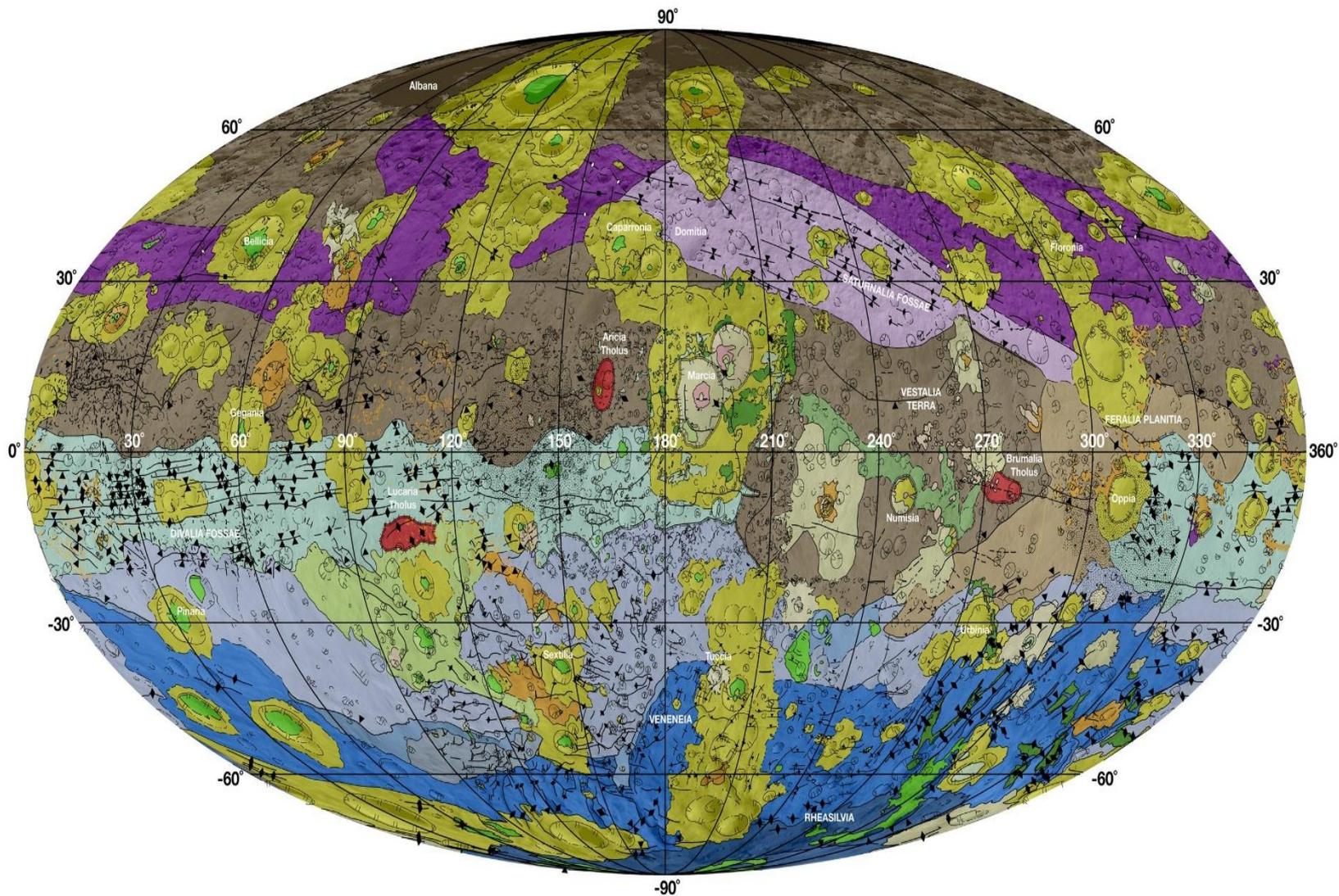


Задачи:

- Апробация технологии ионных двигателей для космических полётов.
- Изучение двух крупнейших (и при этом морфологически сильно отличающихся друг от друга) объектов главного пояса астероидов – карликовой планеты Цереры и астероида Веста.

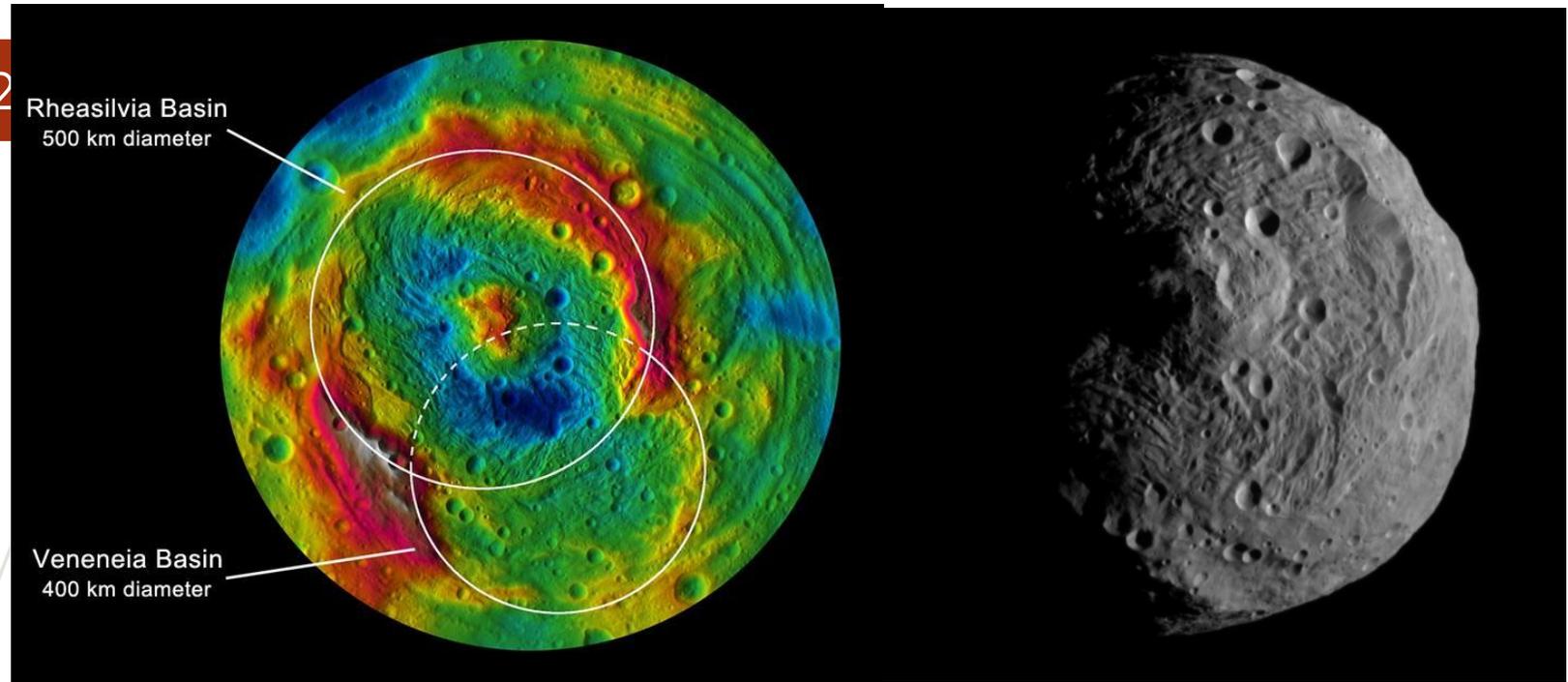


Миссия «Dawn»



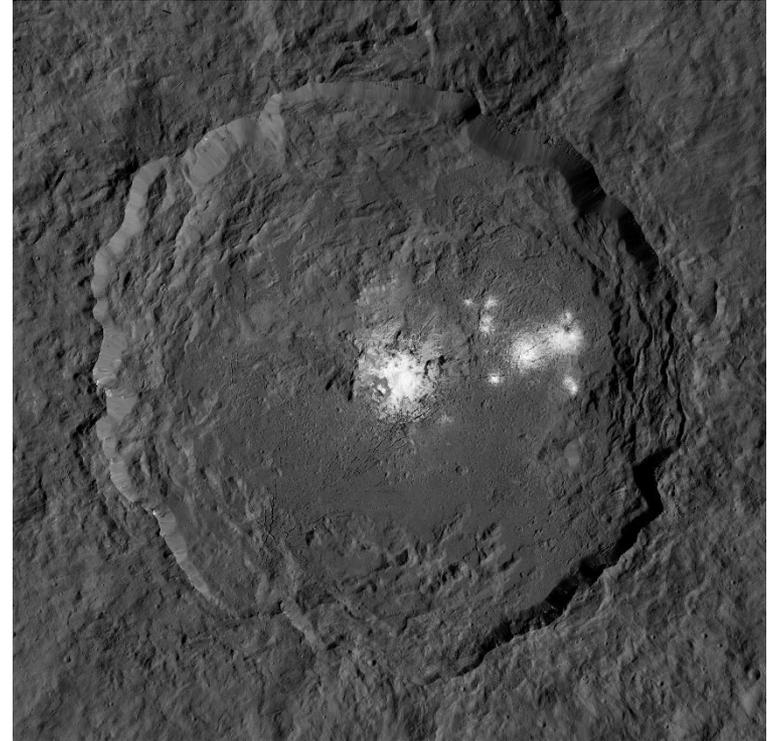
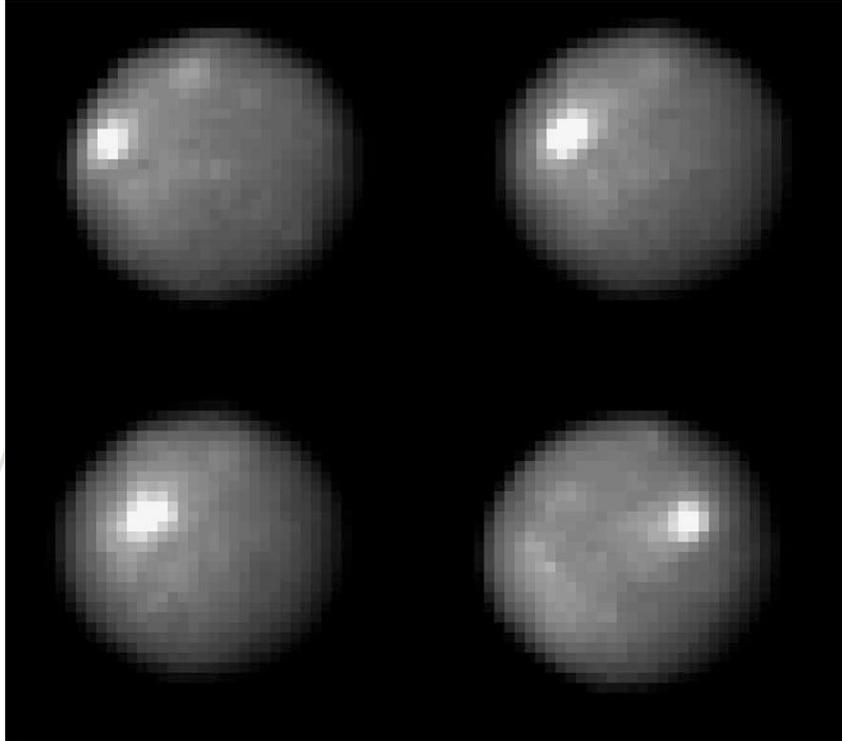
Миссия «Dawn»

22

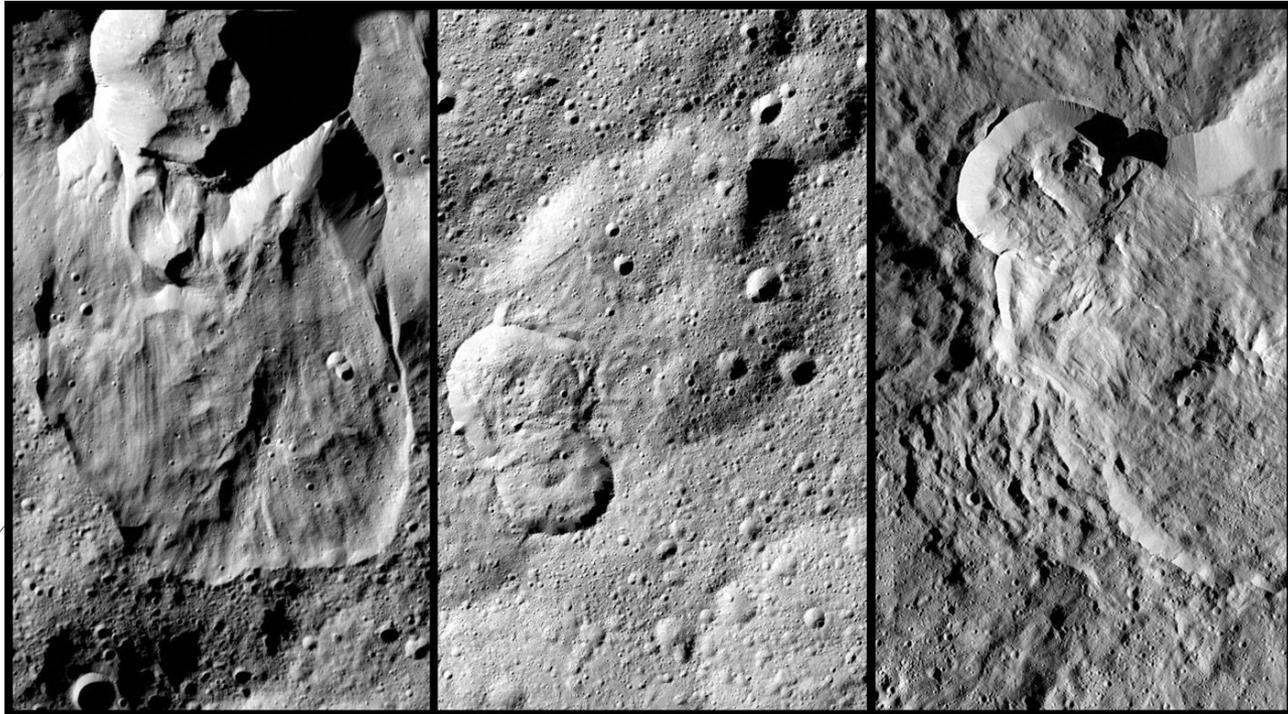


- ❑ Ударные кратеры Венений и Реясильвия – одни из самых крупных в Солнечной системе по абсолютному диаметру и крупнейшие относительно размеров материнского небесного тела. Глубина воронки достигает 25 километров, а центральная горка кратера в настоящее время считается высочайшей горной вершиной в Солнечной системе.
- ❑ Удары, образовавшие кратеры, помогли объяснить нешарообразность Весты (масса астероида примерно в 5 раз превышает ту, что необходима для достижения гидростатического равновесия).
- ❑ Получены данные не только о составе коры Весты, но и о химическом составе верхнего слоя мантии, что в настоящее время является уникальным результатом.
- ❑ Доказано морфологическое родство астероидов семейства Весты (составляющих примерно 6% от общего числа обнаруженных астероидов главного пояса) с материнским телом.
- ❑ Доказано, что Веста и Церера никогда не были единым космическим телом, что в очередной раз подтвердило ошибочность теории о существовании в прошлом Фазтона.

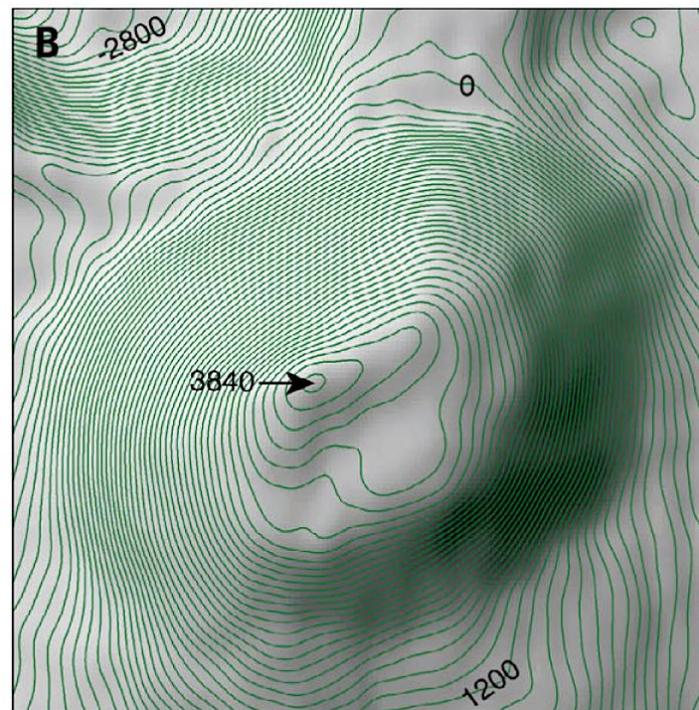
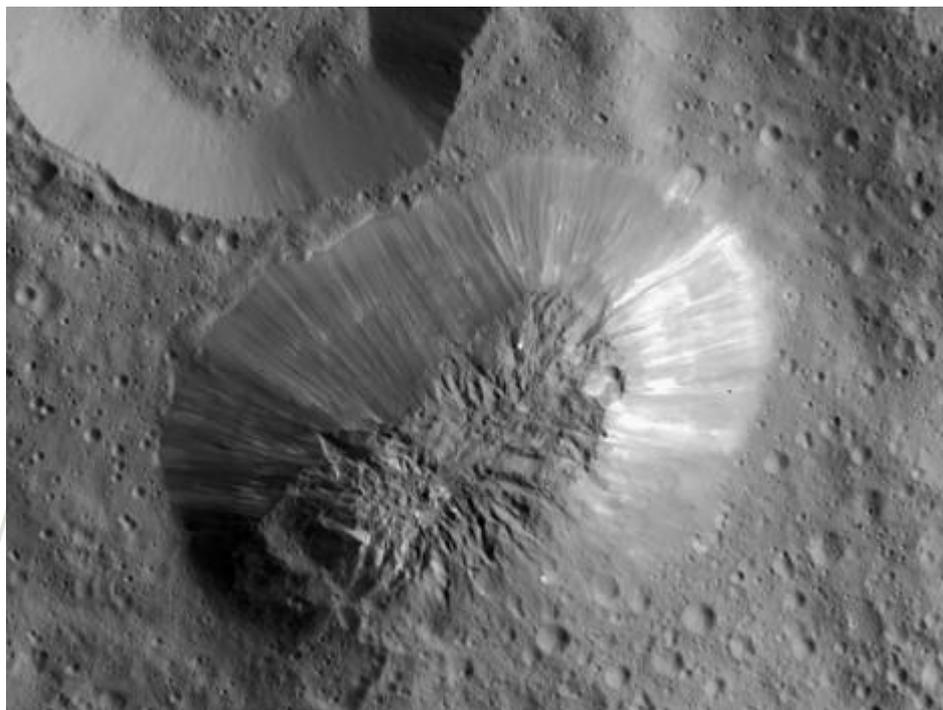
Миссия «Dawn»



- Были развеяны спекуляции по поводу «огромных ледников», якобы существующих на поверхности Цереры. Яркое белое пятно, проявившееся на фотографиях с телескопа «Хаббл», оказалось залежами соды (Na_2CO_3) на дне кратера Оккатор.
- Кратер Оккатор образовался примерно 34 +/- 2 млн лет назад с центральным пиком. Позже пик обрушился (примерно 9,2 +/- 2 млн лет назад), а на его месте примерно 4 +/- 1 млн лет назад образовался купол криовулкана Cerealia Facula. Процесс образования Cerealia Facula был постепенным, с появлением трещин, истеканием насыщенного раствора и осаждением солей. Предполагается, что из раствора выделялись метан и углекислый газ, первоначально растворённые на большой глубине, а сублимация воды, судя по наблюдениям дымки, продолжается и сейчас.



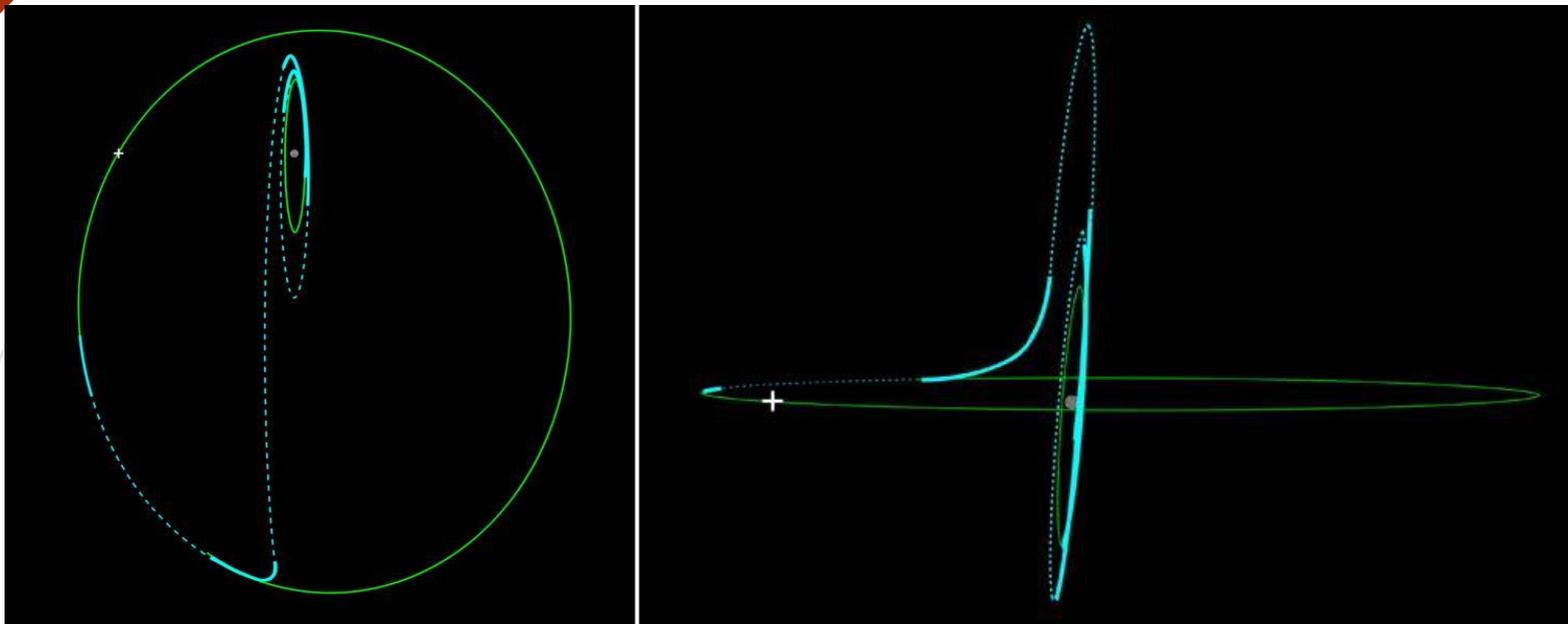
- На трех снимках представлены три типа возможно образованных водяным льдом оползней, обнаруженных на Церере. Первый похож на ледяные оползни на Земле и встречается в высоких широтах Цереры, где предположительно больше подповерхностного льда. Три таких небольших оползня находятся в кратере Охо, где лёд был обнаружен непосредственно. Второй тип наиболее распространён на Церере и похож на следы лавин на Земле. Третий тип может быть замерзшим потоком грязи, образованным кратковременным плавлением подповерхностного льда. Такие оползни всегда ассоциируются с крупными кратерами; они имеют схожие черты с выброшенным из кратеров материалом на Ганимеде и в ледяных районах Марса. Оползни ассоциируются с примерно 20-30% кратеров размерами более 10 км. Они не наблюдаются на Весте, поскольку её реголит безводен, но есть на Земле и Марсе.



□ Гора Ахуна Монс – уникальный объект, природа которого ещё не идентифицирована в полной мере. Преобладающими в настоящее время являются две теории: криовулканизма и мерзлотных бугров пучения.

Будущее миссии «Dawn»

26



- Будущее космического аппарата пока не определено. Возможные варианты:
 - Выход на «орбиту захоронения» – наиболее вероятный.
 - Жёсткая посадка на поверхность Цереры.
 - Пролётное исследование астероидов (2) Паллада, (10) Гигея или (145) Адеона. Наименее вероятный сценарий – прорабатывался ранее, но после выхода из строя трёх из четырех маховиков системы ориентации Dawn оказался практически нереализуемым.

Миссия «Rosetta»

27



□ Ключевые цели:

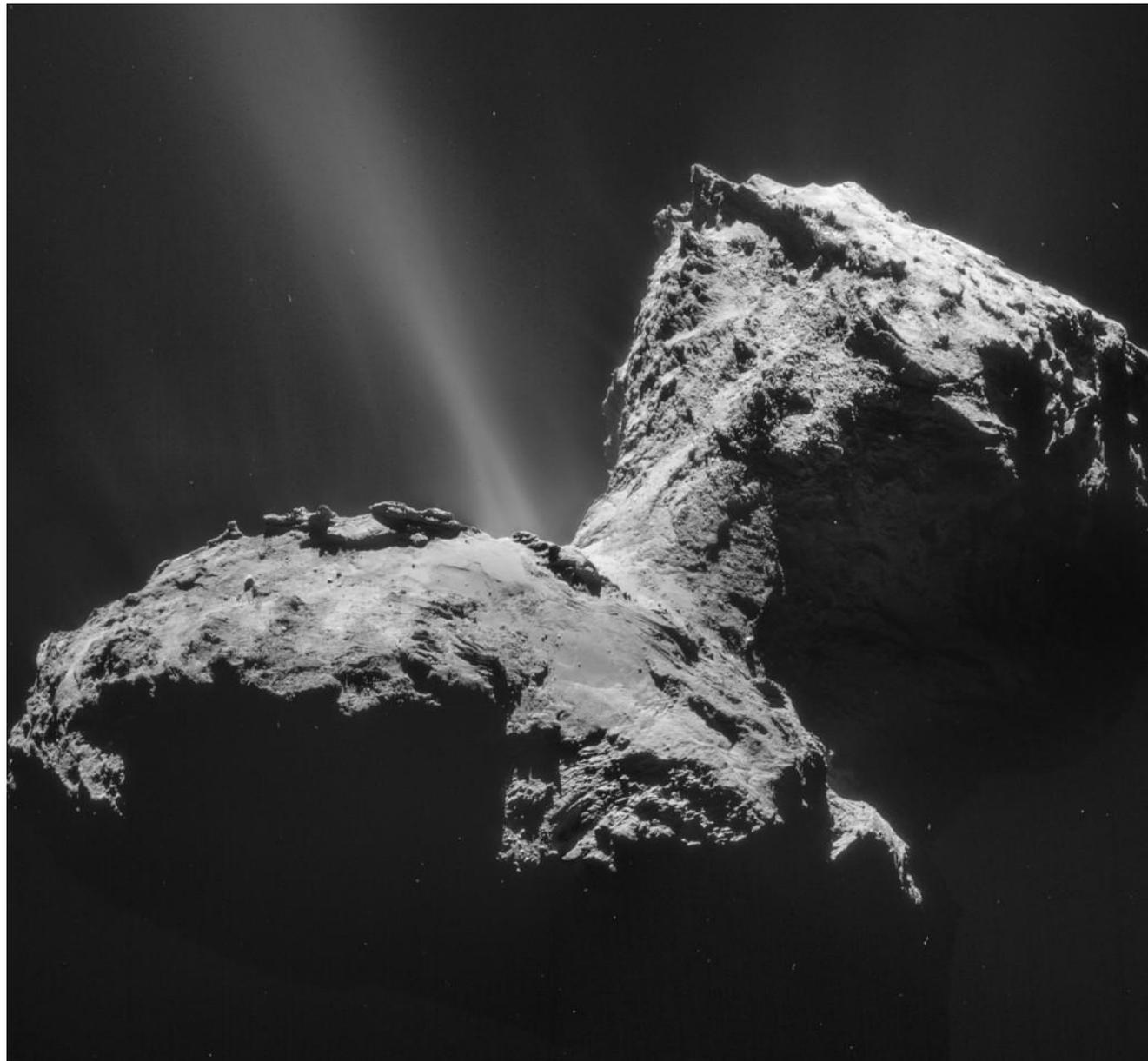
- Посадка на ядро кометы 67P/Чурюмова — Герасименко, забор и анализ проб грунта, определение изотопного состава льда.
- Определение внутреннего строения комет.
- Изучение жизненного цикла комет, оценка продолжительности их жизни во внутренней части Солнечной системы.

Миссия «Rosetta»

28

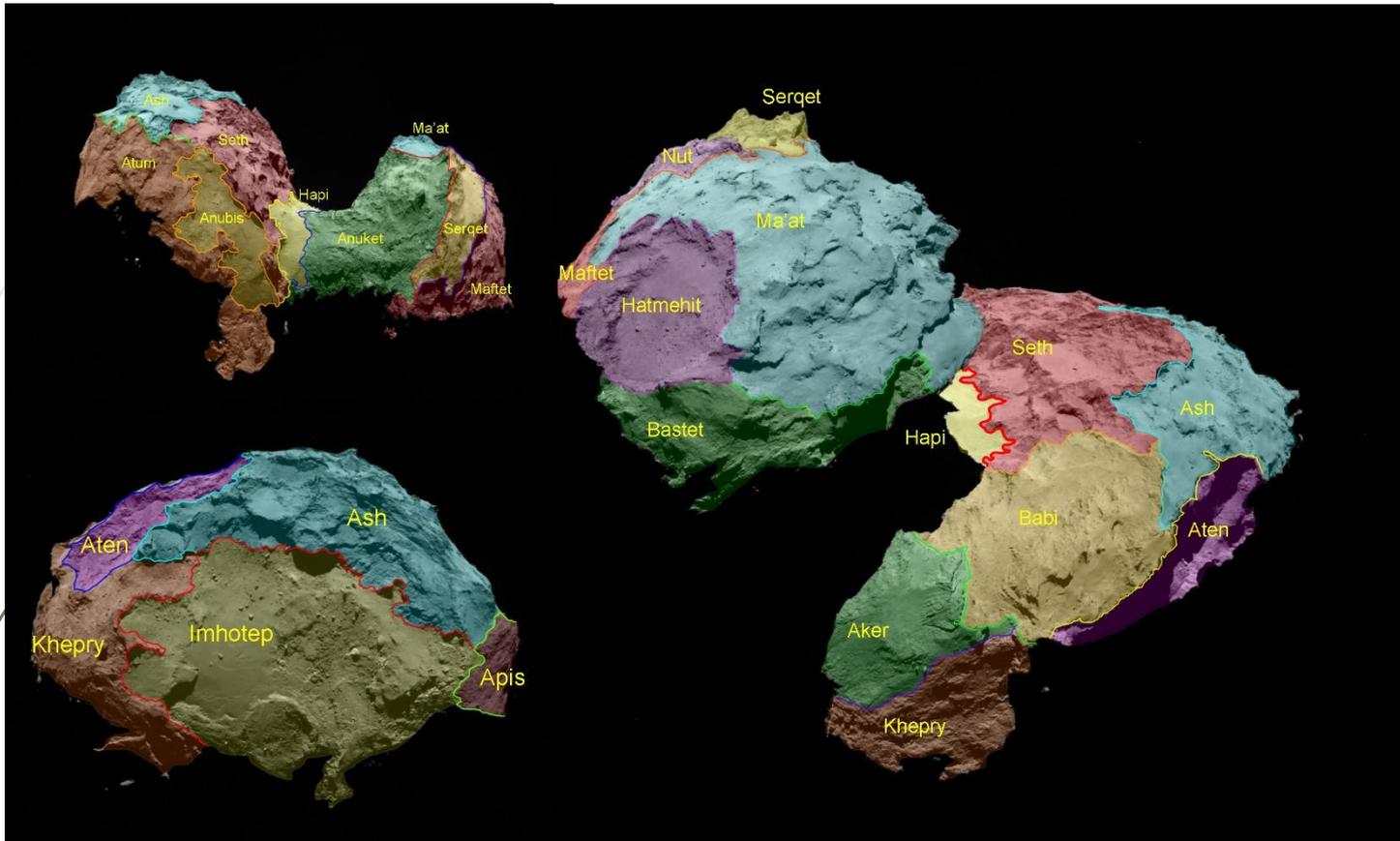
□ Возможные причины необычной формы ядра кометы:

- Образование ядра из двух меньших астрономических объектов.
- Неравномерность испарения материала с поверхности кометы – позже подтвердилась именно эта версия.



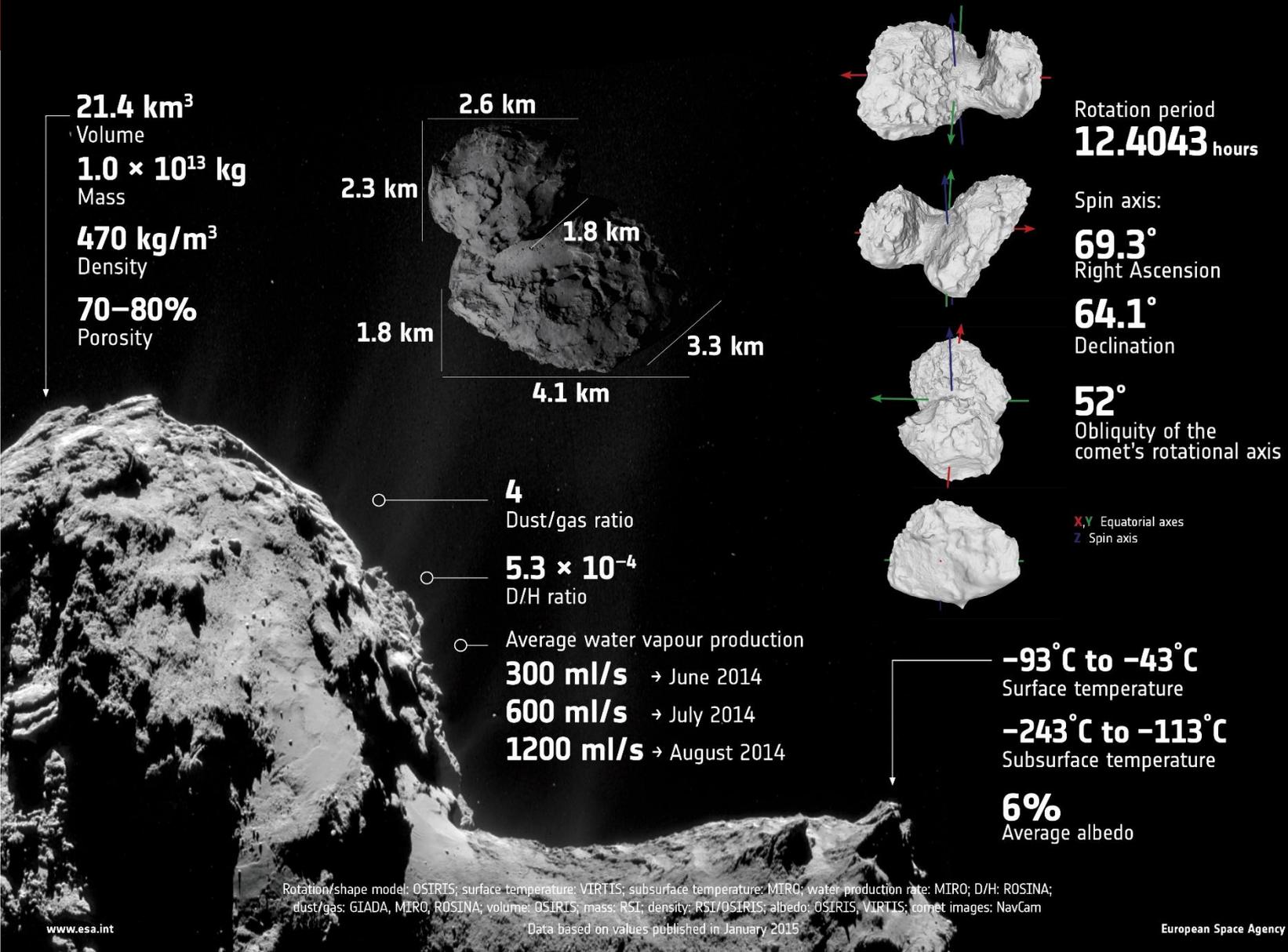
Миссия «Rosetta»

29



- Карта ядра кометы с 19 очерченными областями, названными в честь богов Древнего Египта. Их можно разделить на 5 типов поверхности: покрытая пылью (Ma'at, Ash и Babi); с материалом хрупкого разрушения, впадинами и кольцевыми структурами (Seth); крупная впадина (Hatmehit, Nut и Aten); ровная (Hapi, Imhotep и Anubis); «скалы» (Maftet, Bastet, Serqet, Hathor, Anuket, Khepry, Aker, Atum и Apis).

→ COMET 67P/CHURYUMOV–GERASIMENKO'S VITAL STATISTICS



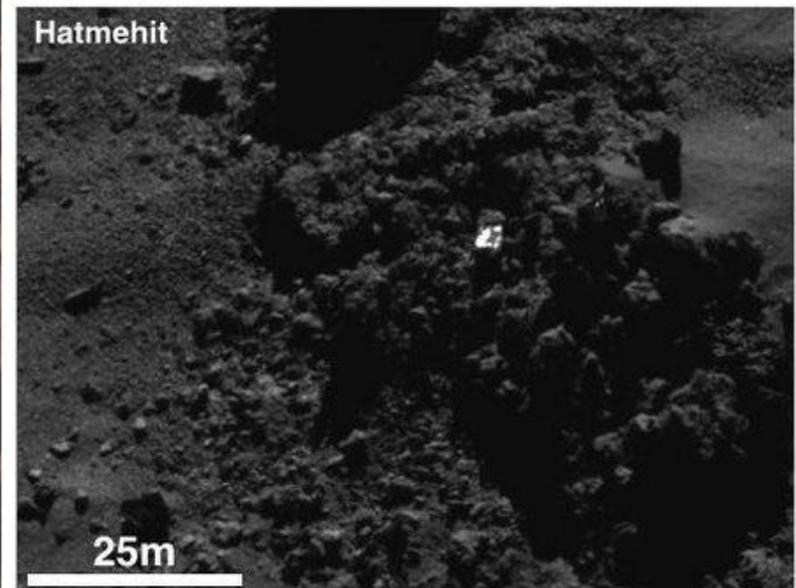
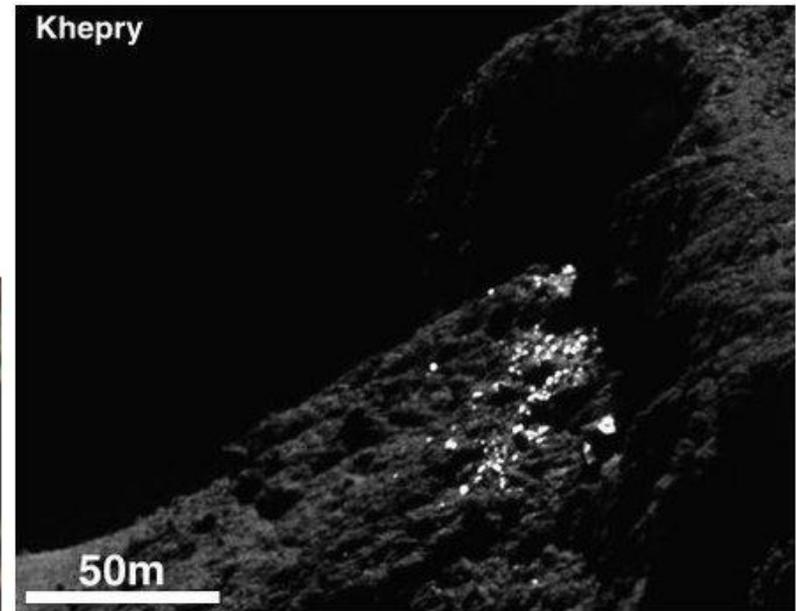
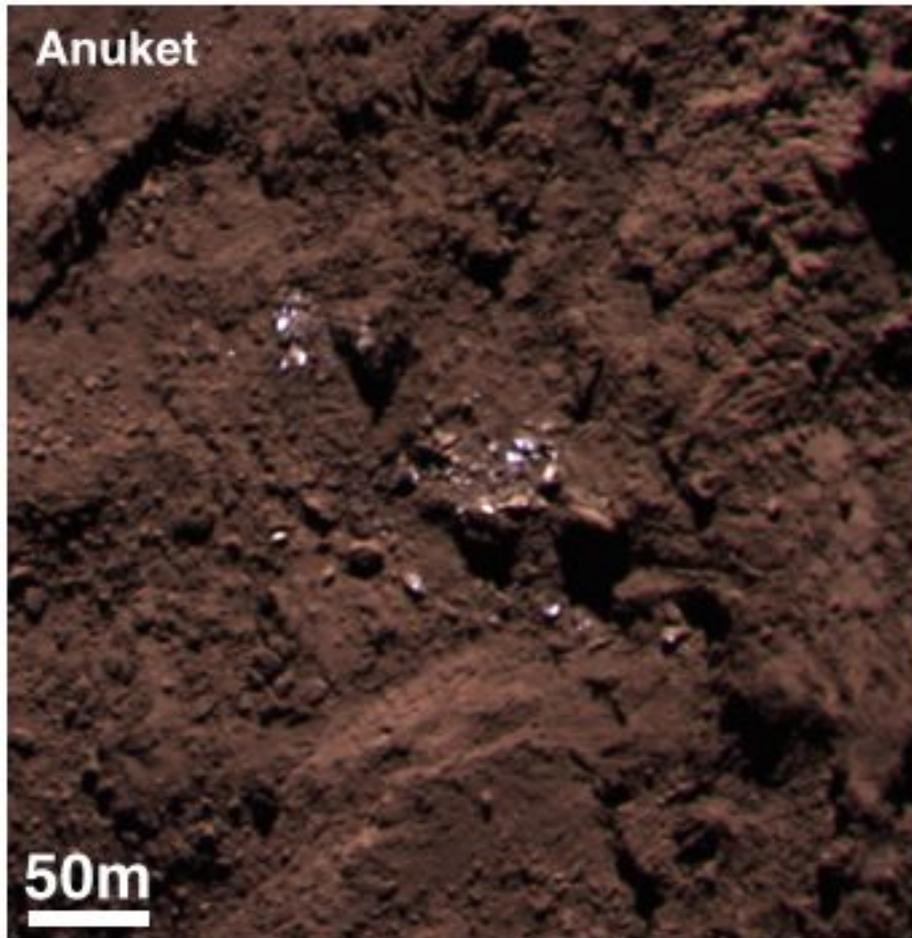
Rotation/shape model: OSIRIS; surface temperature: VIRTIS; subsurface temperature: MIRO; water production rate: MIRO; D/H: ROSINA; dust/gas: GIADA, MIRO, ROSINA; volume: OSIRIS; mass: RSI; density: RSI/OSIRIS; albedo: OSIRIS, VIRTIS; comet images: NavCam

Data based on values published in January 2015

Миссия «Rosetta»

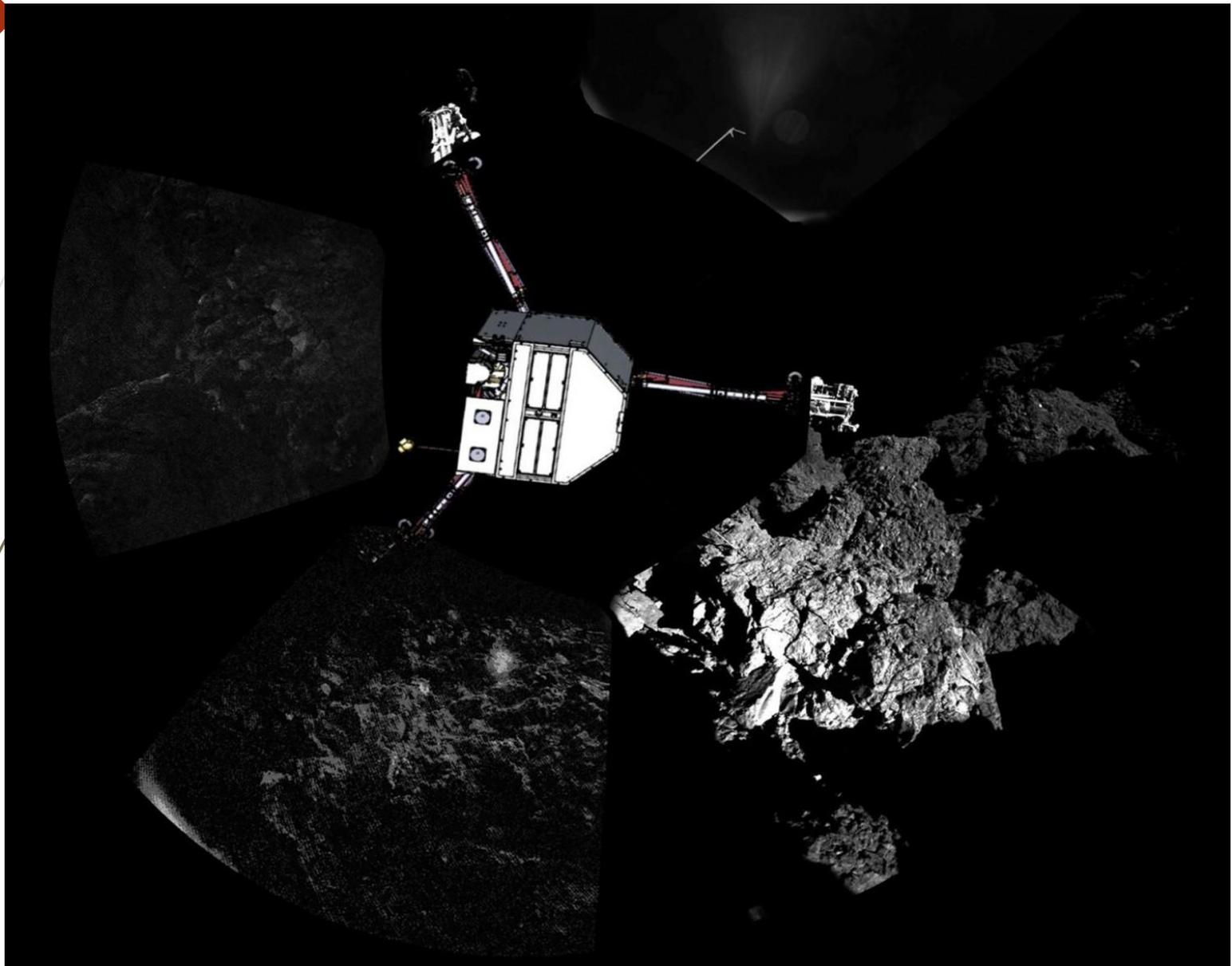
31

Обнаруженные на поверхности кометы 67P/Чурюмова — Герасименко залежи водяного льда.



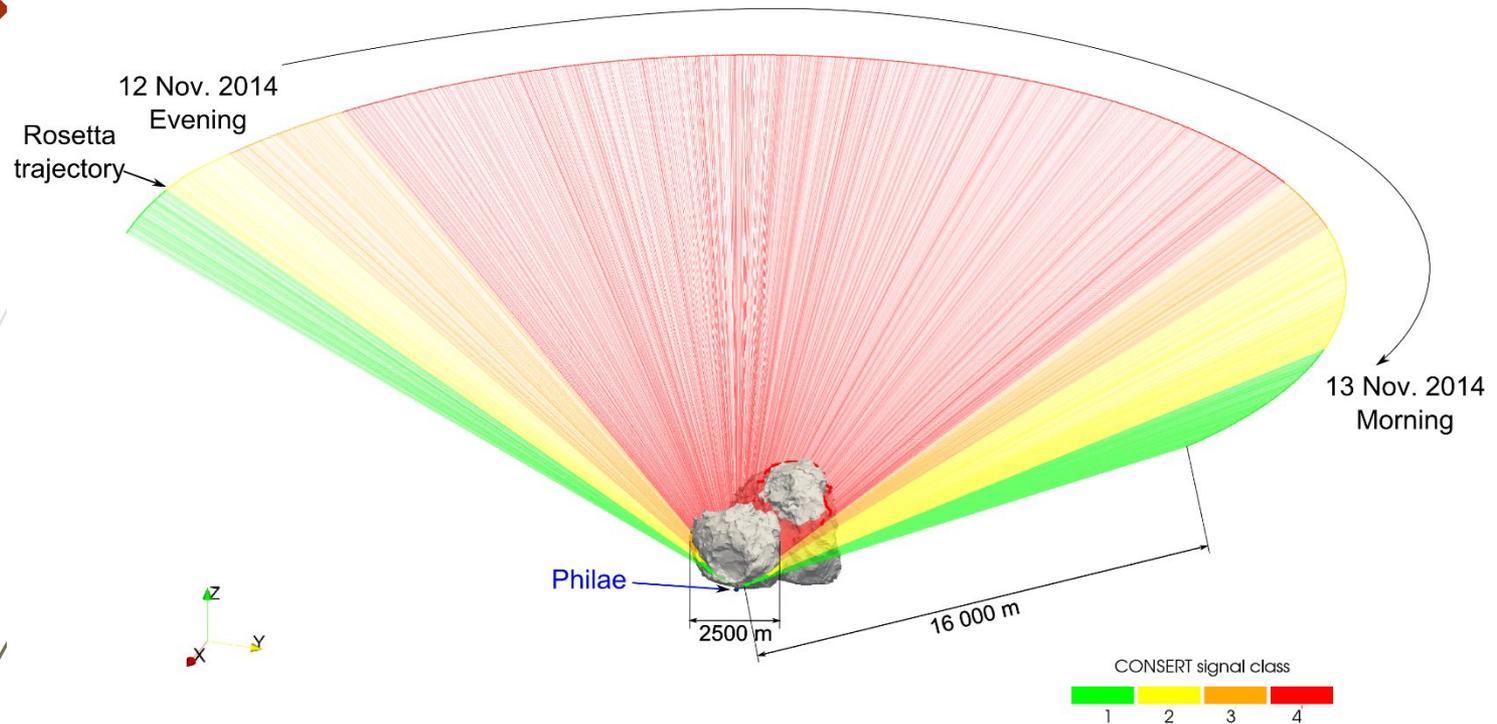
Спускаемый аппарат «Philae»

32



Миссия «Rosetta»

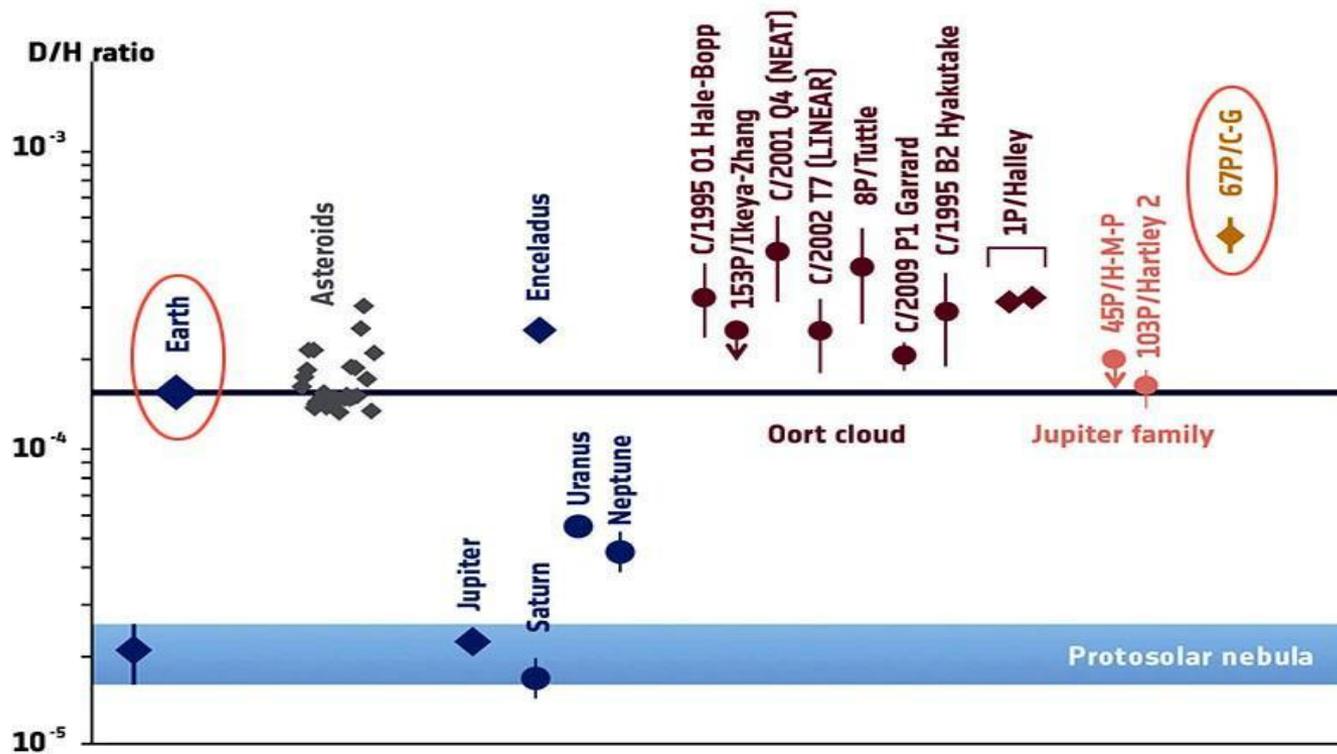
33



- Инструмент CONSERT смог "просветить" первые сотни метров глубины под поверхностью кометы, когда Розетта уходила за кометный горизонт относительно Филы или восходила. Предварительные результаты указывают на очень высокую пористость (~80%) скально-ледяной смеси с объёмным отношением скальной фракции к ледяной от 0.4 до 2.6. Неоднородностей в распределении пустот или льда крупнее десятков метров не обнаружилось.

Миссия «Rosetta»

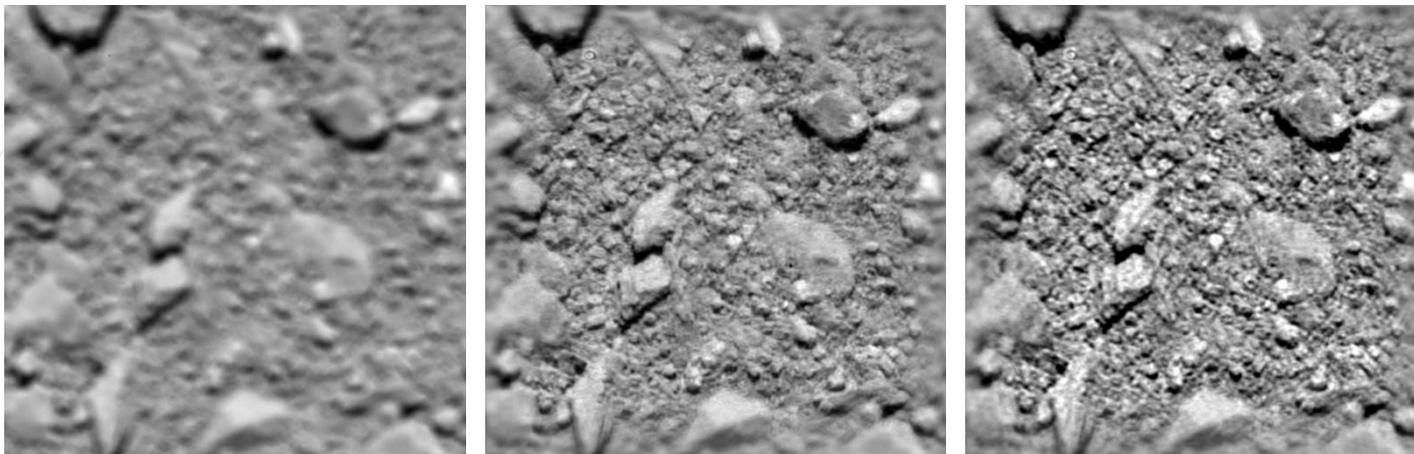
34



- По результатам исследования отмечено более высокое по сравнению с земными океанами содержание тяжёлой воды во льду кометы — более чем в три раза. Этот результат противоречит принятой теории, что вода Земли имеет кометное происхождение.
- Поверхность ядра кометы 67P/Чурюмова — Герасименко полностью картографирована с разрешением порядка 5 см/пиксель (и выше), что является рекордным результатом на данный момент. Лишь немногие участки поверхности нашей планеты сняты с сопоставимым разрешением.

Завершение миссии «Rosetta»

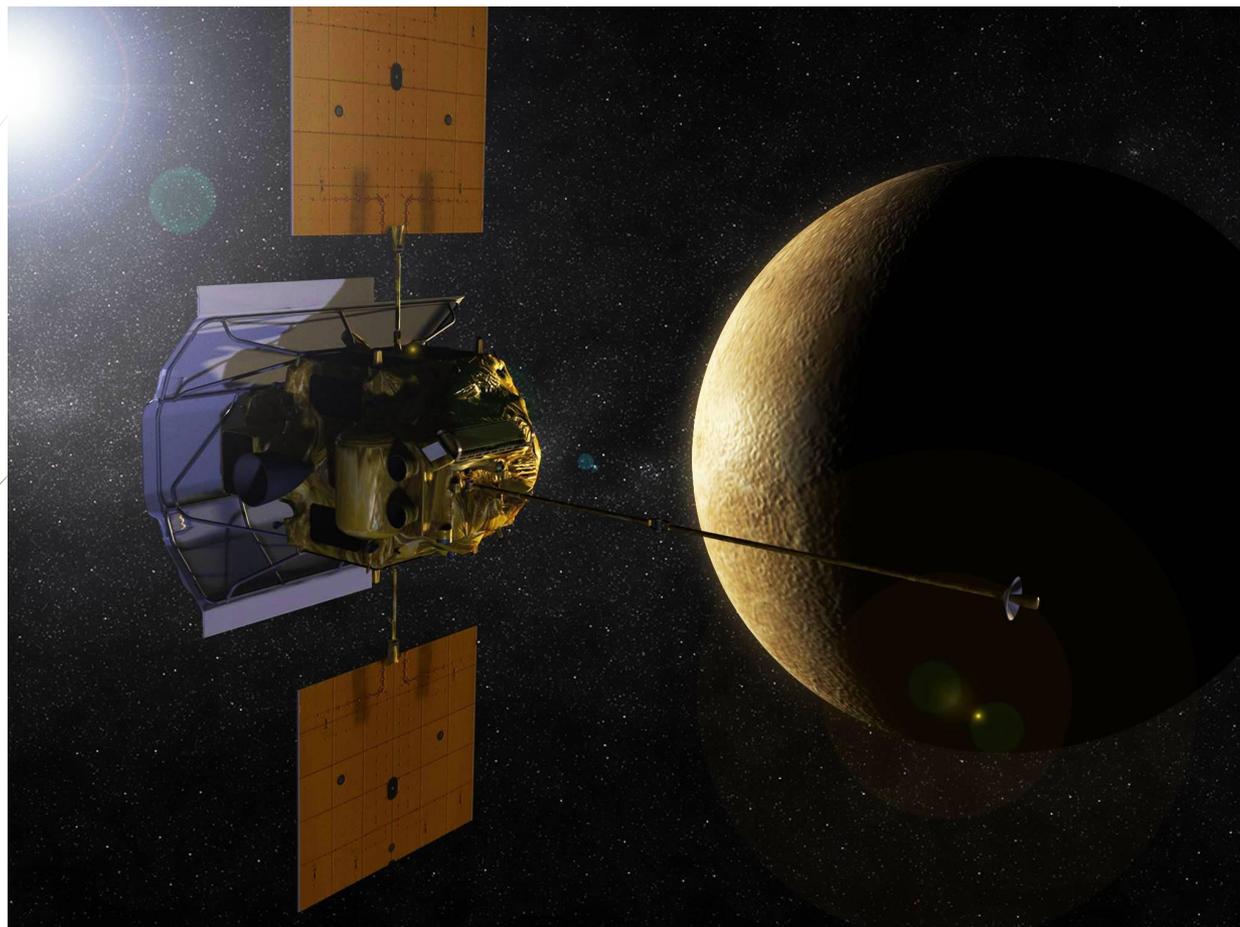
35



□ 30 сентября 2016 года КА «Rosetta» совершил жёсткую посадку на поверхность кометы, в ходе этого заключительного манёвра были выполнены фотографии поверхности с разрешением вплоть до 1 мм/пиксель.

Миссия «MESSENGER»

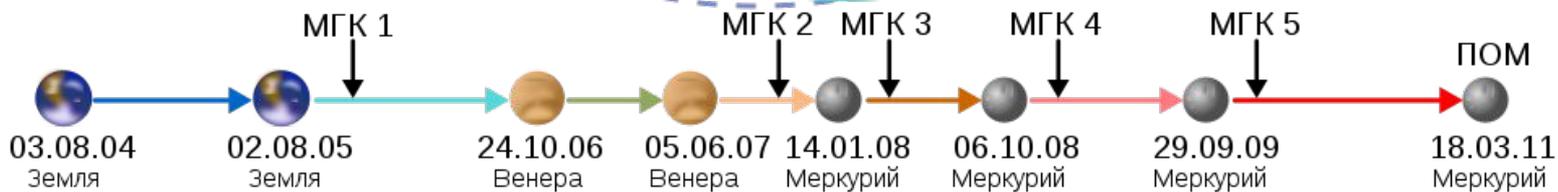
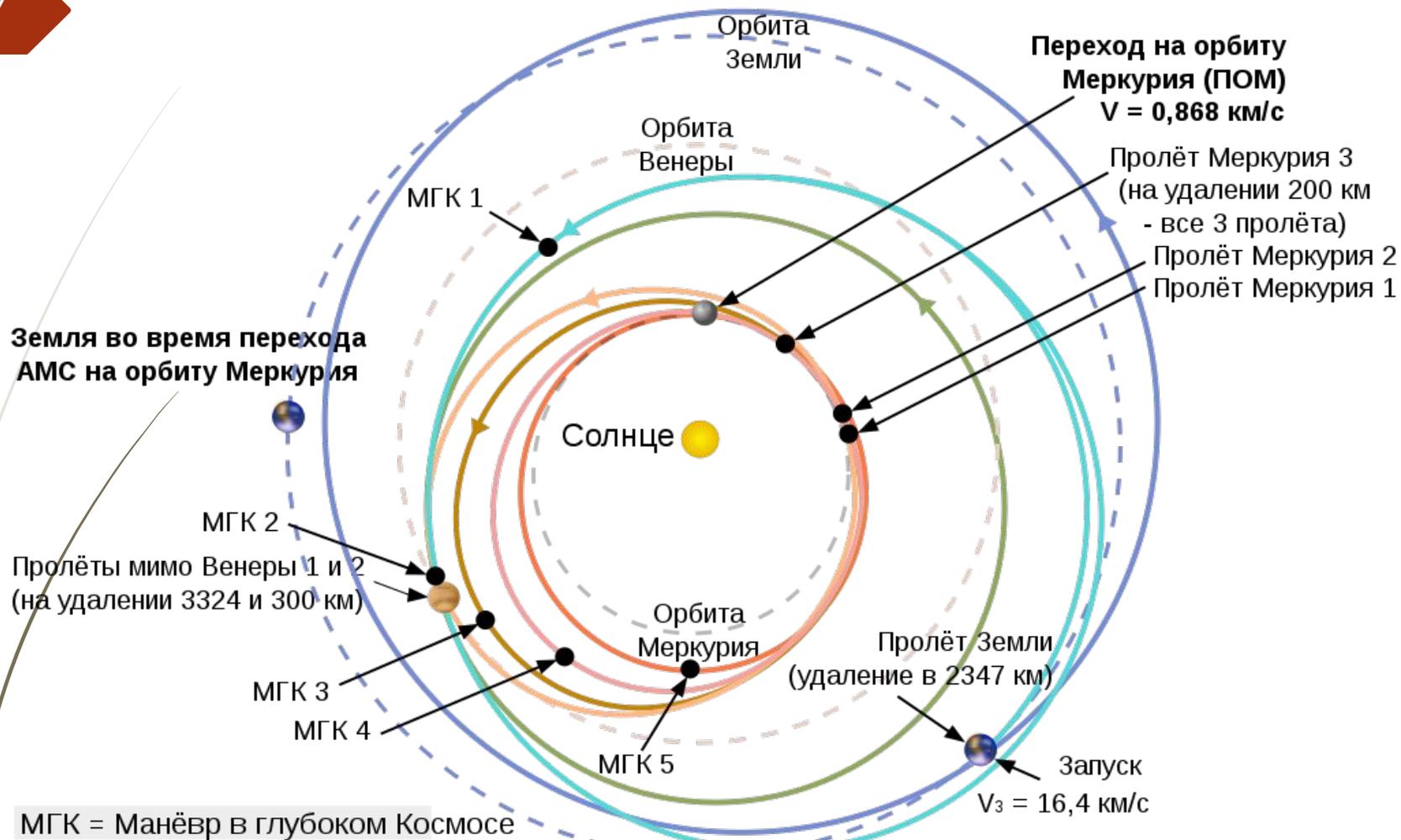
36



- Цель – всестороннее изучение Меркурия – единственной планеты земной группы, не подвергнувшейся детальному исследованию в XX веке.

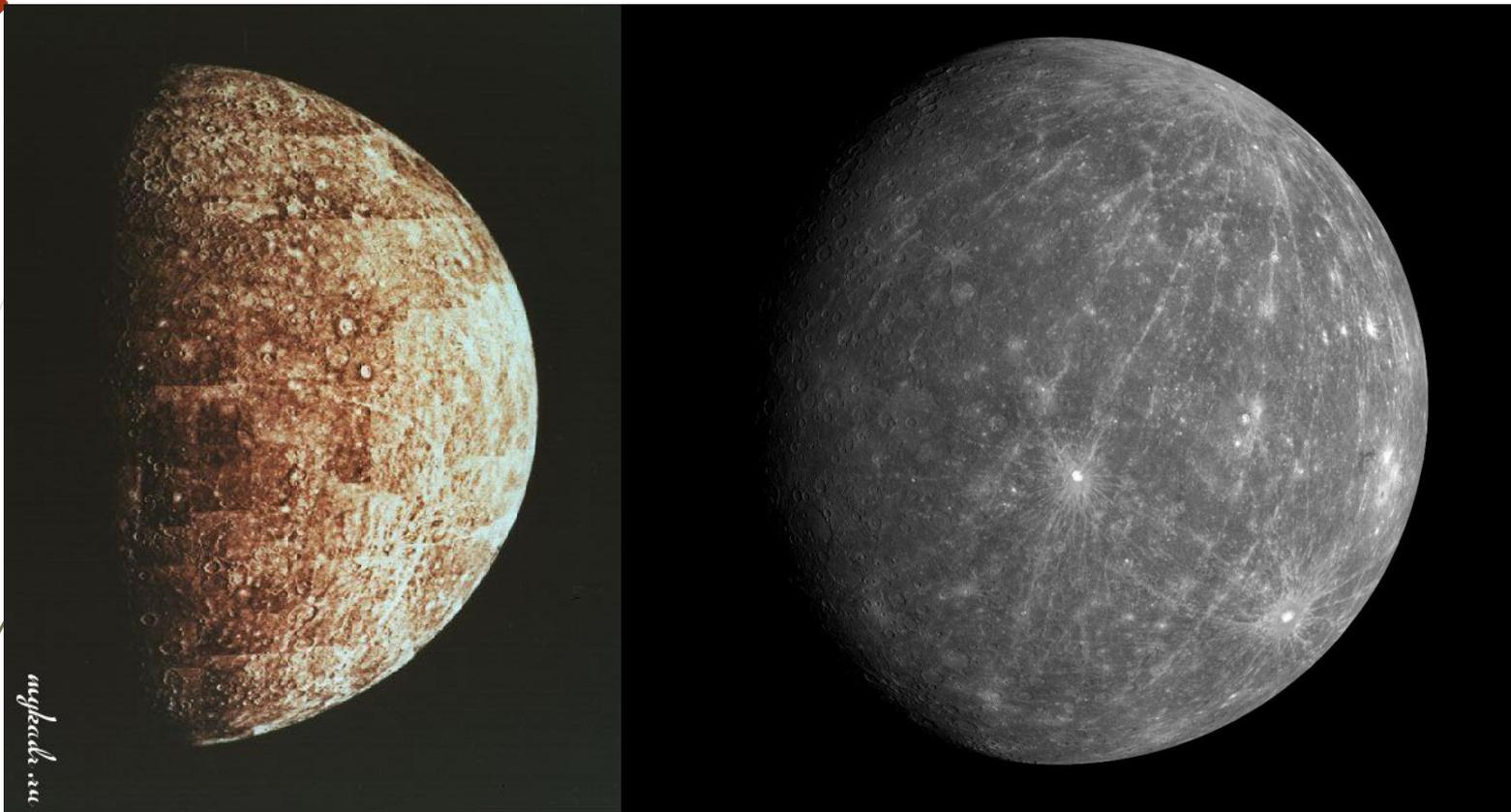
Миссия «MESSENGER»

37

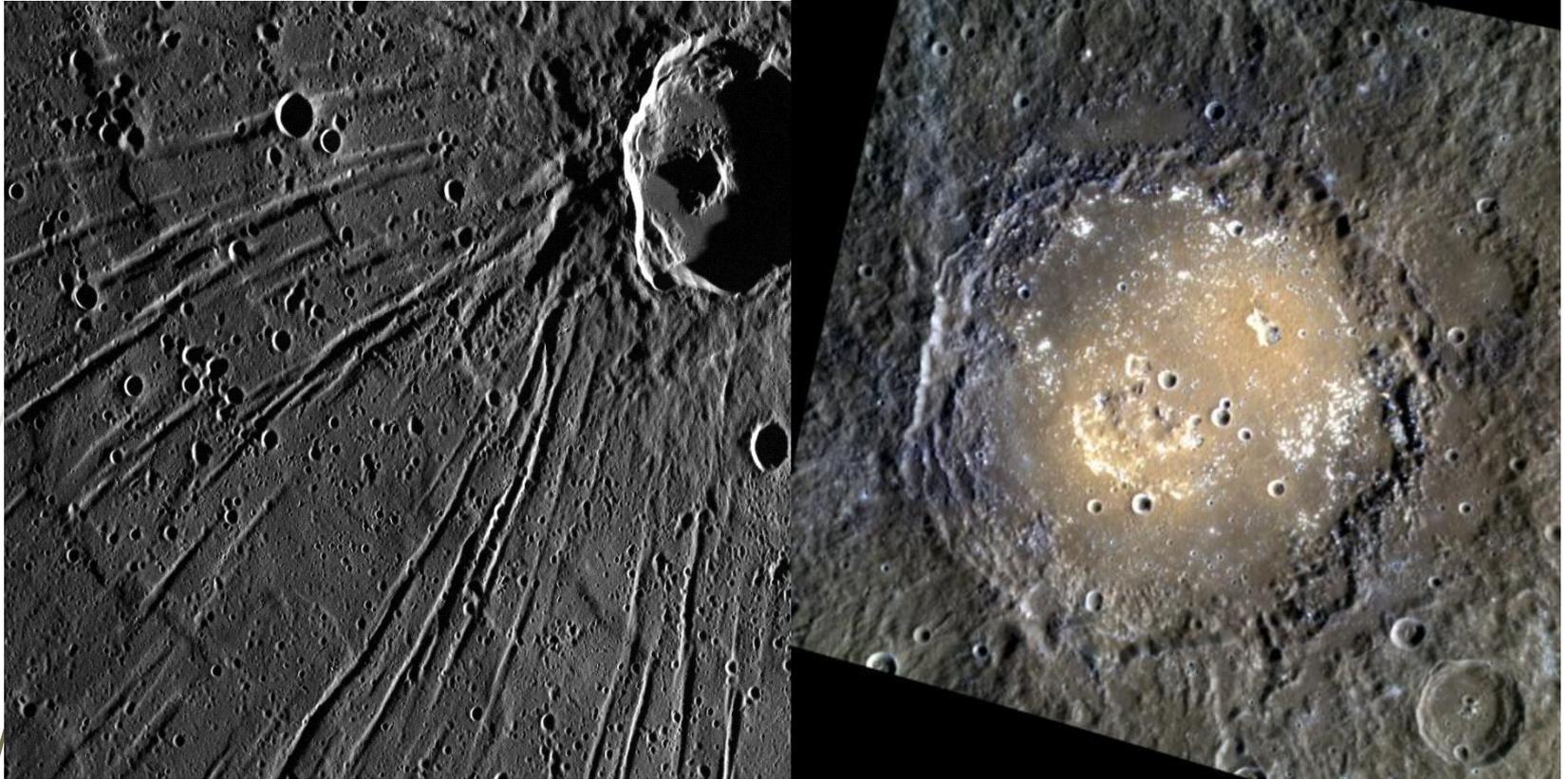


Миссия «MESSENGER»

38



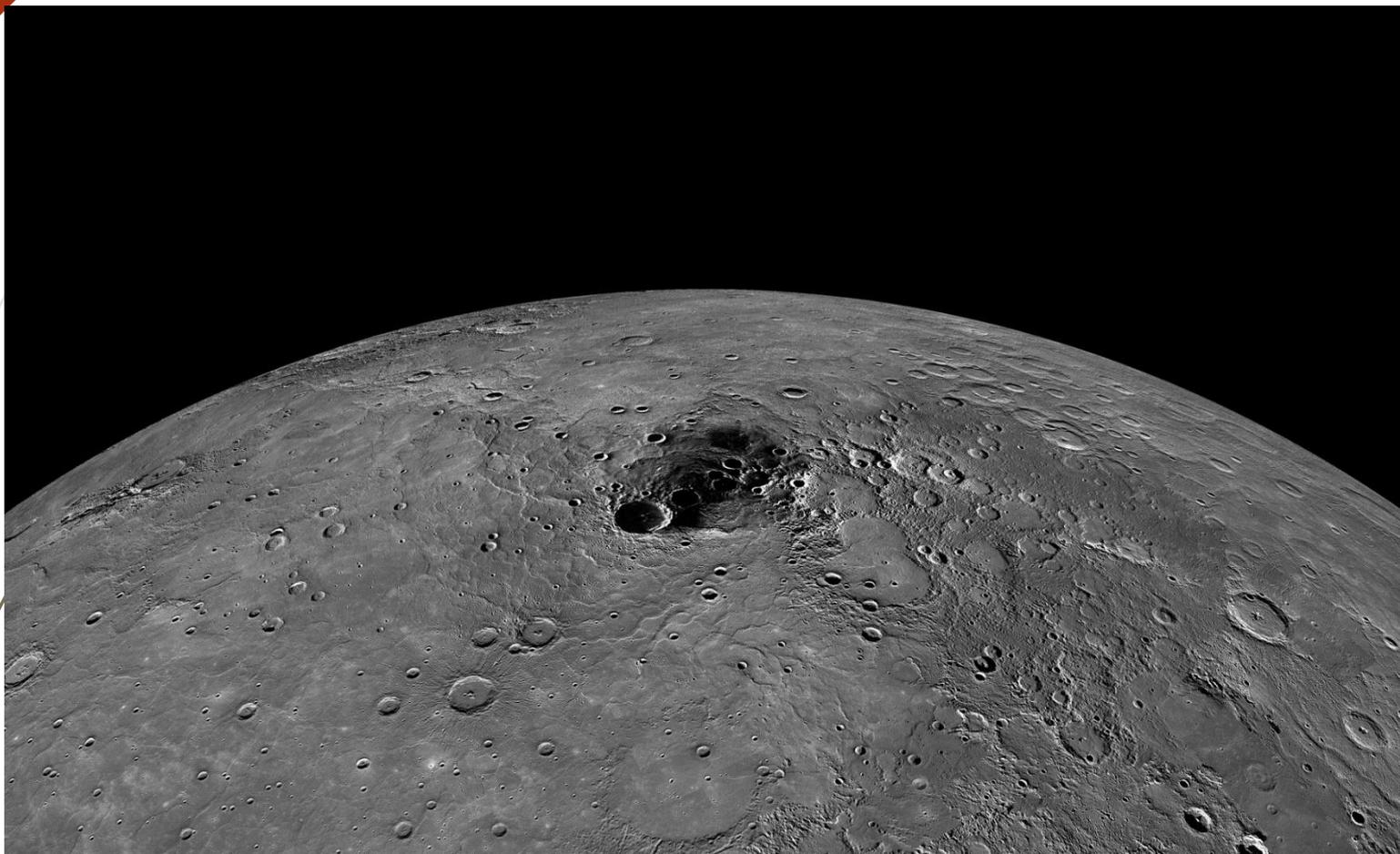
- **Поверхность Меркурия удивительно похожа на Лунную, но в глобальном смысле имеет уникальное отличие – в отличие от Луны, Земли и Марса у Меркурия практически не наблюдается глобальная асимметрия полушарий.**



□ Эскарпы (слева) и «hollows» (справа, русского аналога для названий этих образований пока не предложено) – концептуально новые детали рельефа, обнаруженные пока исключительно на поверхности Меркурия.

Миссия «MESSENGER»

40

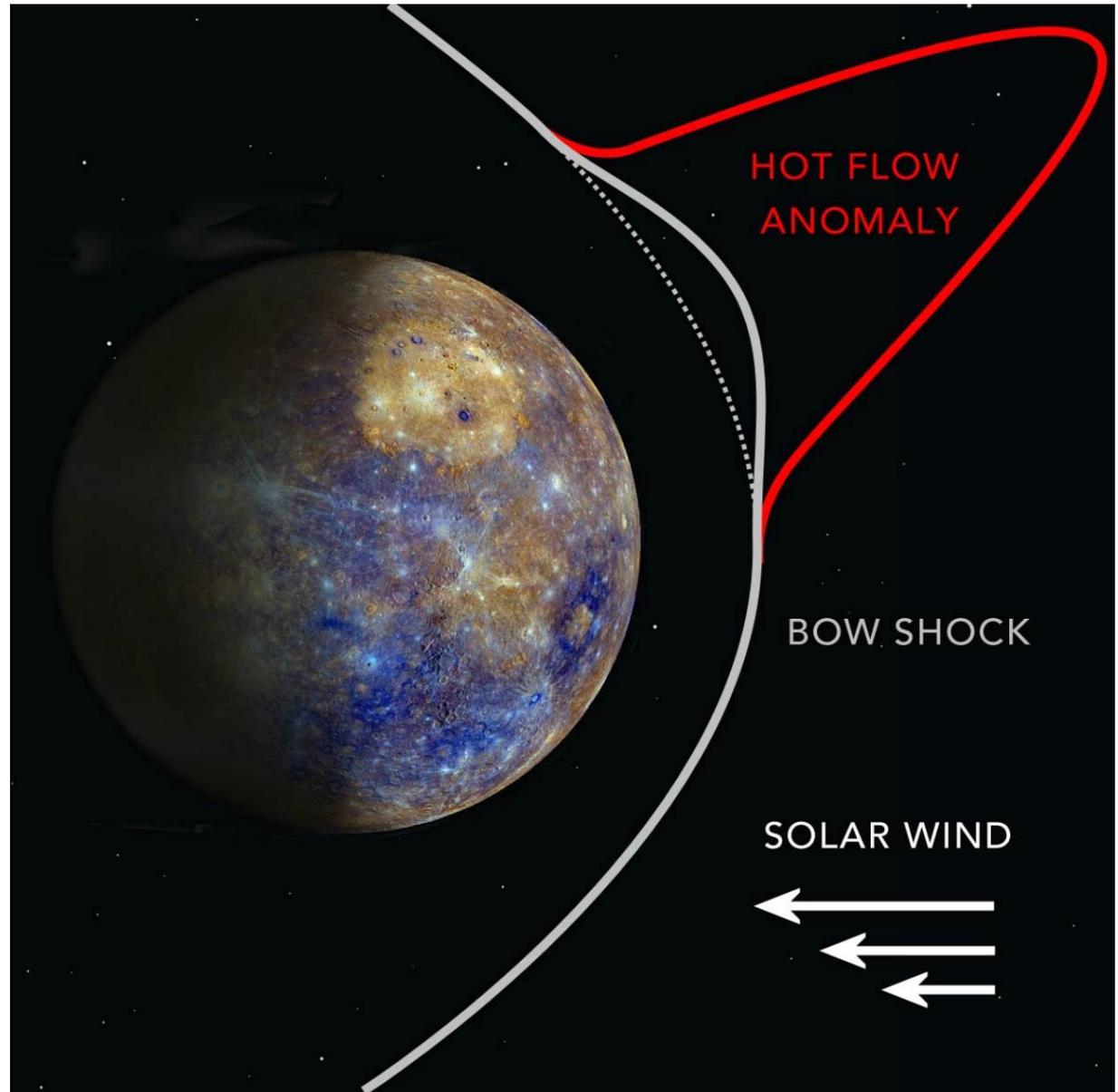


□ На дне полярных кратеров КА «MESSENGER»
выявил признаки наличия водяного льда.

Миссия «MESSENGER»

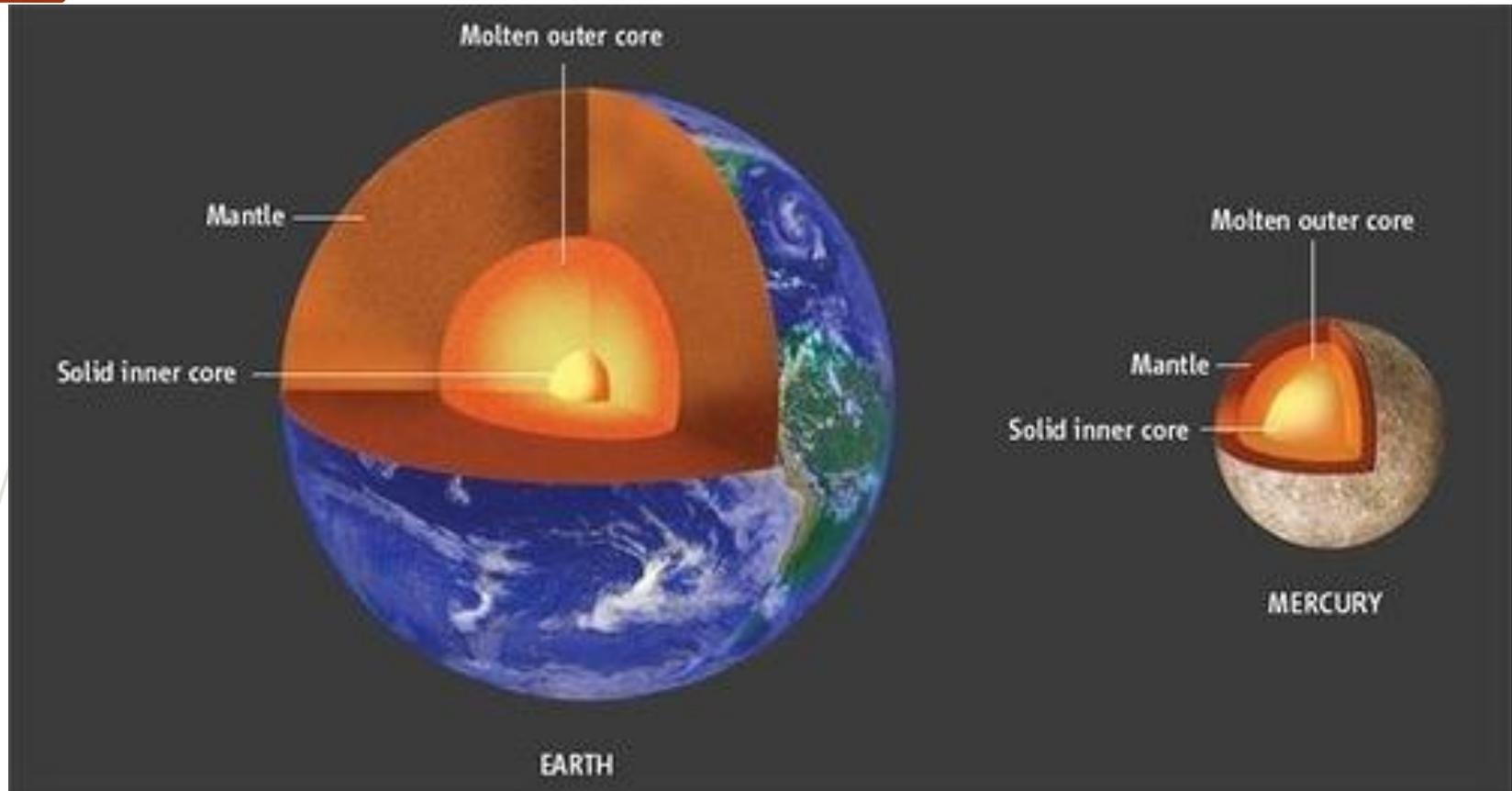
41

- КА «MESSENGER» осуществил изучение магнитного поля Меркурия, который является единственной, кроме, Земли внутренней планетой Солнечной системы обладающей им, а также провёл анализ его взаимодействия с солнечным ветром. Как и в случае с нашей планетой, наблюдалась так называемая «аномалия горячего потока».
- Определён состав атмосферы Меркурия (42,0% кислород, 29,0% натрий, 22,0% водород).



Миссия «MESSENGER»

42



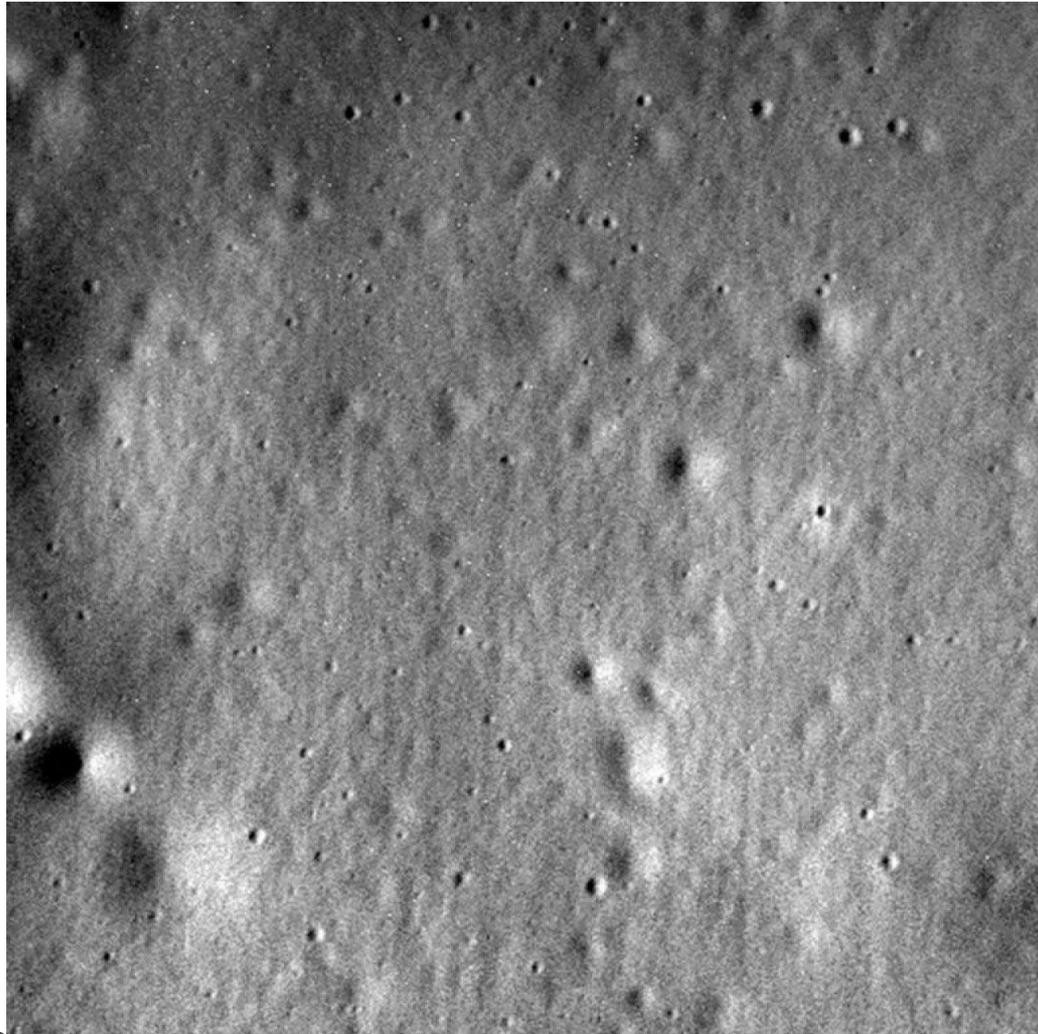
- Подтверждена теория о наличии у Меркурия огромного (порядка 75% радиуса планеты) железо – никелевого ядра. Для сравнения, аналогичный показатель для Земли составляет около 30% радиуса.

Миссия «MESSENGER»

- Основные научные результаты работы MESSENGER на орбите Меркурия:
 - Обнаружено высокое содержание летучих элементов - ближе к другим планетам земной группы, чем ожидалось, и отличающееся от лунного.
 - Найдены доказательства существования льда в вечно затенённых полярных областях.
 - Обнаружена уникальная структура магнитного поля, смещённого относительно центра планеты.
 - Выявлен уникальный тип поверхности, не имеющий себе равных в Солнечной системе - hollows.
 - Обнаружено удивительное разнообразие вулканических пород.
 - Найдены следы, большего, чем ожидалось, древнего сжатия планеты - на 7 км радиуса.
 - Выявлены сезонные изменения экзосферы.
 - Наблюдалась сложная динамика взаимодействия магнитосферы планеты с солнечным ветром.
 - Обнаружен поток высокоэнергетичных электронов в окрестностях планеты.
 - Выявлено наличие электрических токов из магнитосферы в поверхность и обратно.

Завершение миссии «MESSENGER»

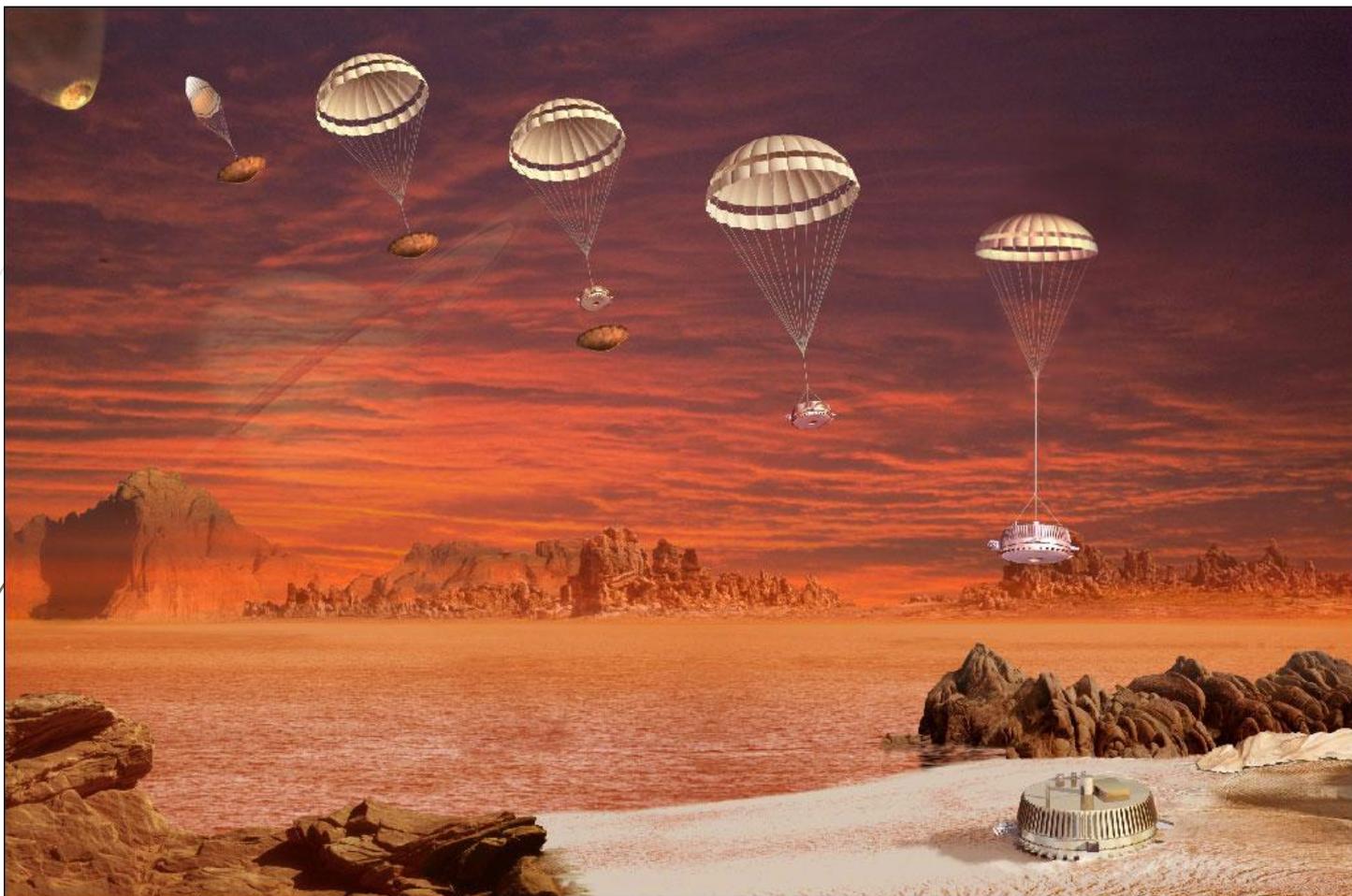
44



- 30 апреля 2015 года космический аппарат прекратил своё существование, упав на поверхность Меркурия. Расчётный срок эксплуатации при этом был превышен в 4 раза.

Миссия «Cassini–Huygens»

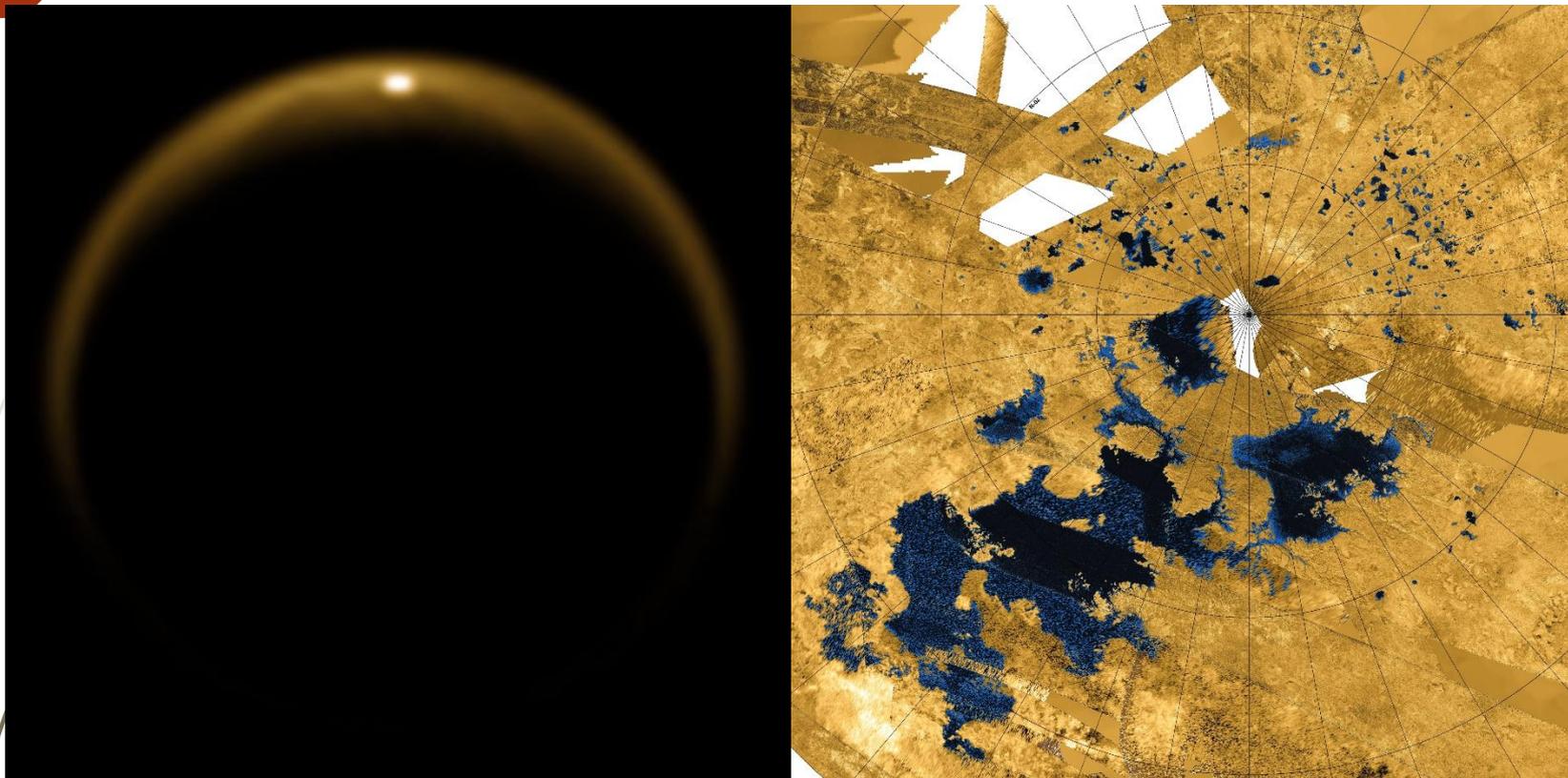
45



□ Цель – изучение Сатурна и его спутников, а также системы колец. Посадка спускаемого аппарата на поверхность крупнейшего из спутников – Титана.

Миссия «Cassini–Huygens»

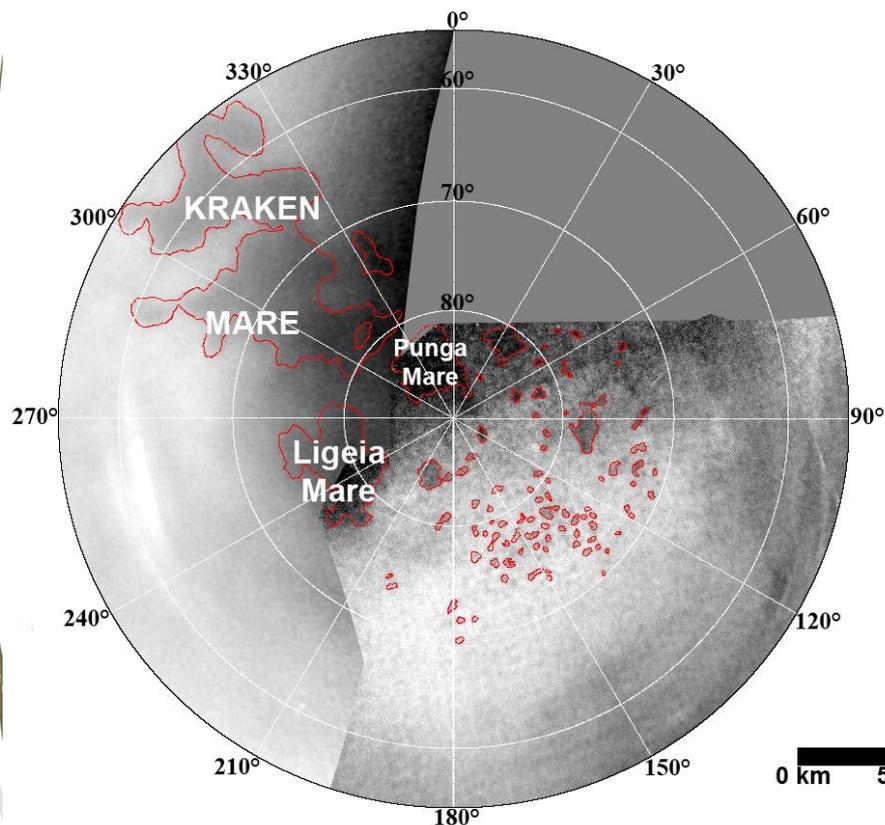
46



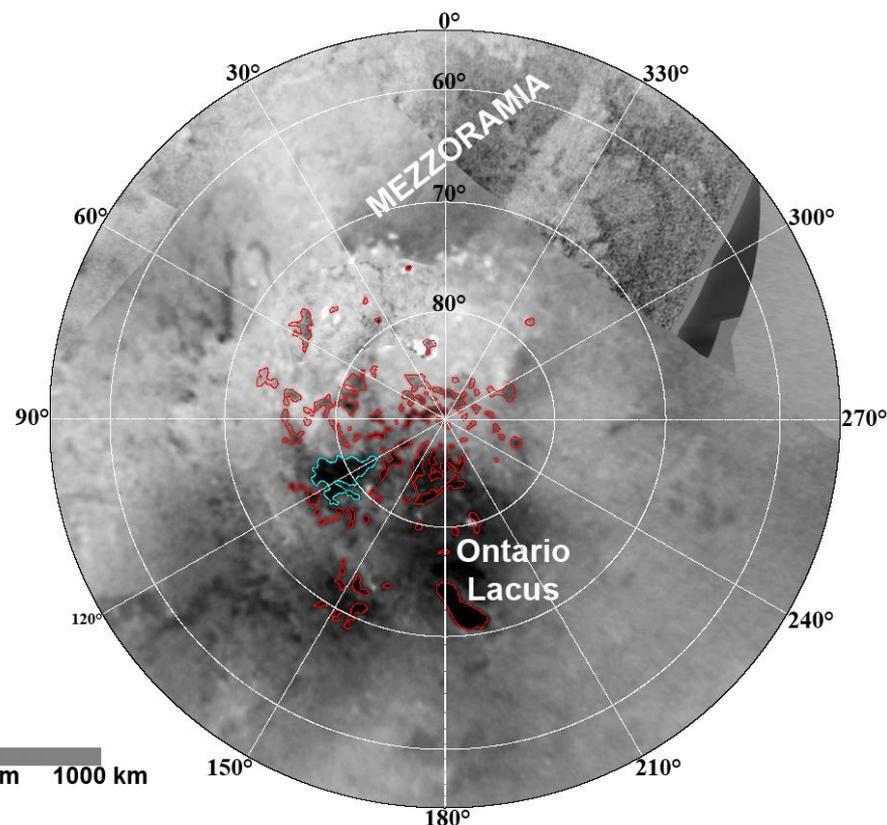
- На поверхности Титана были обнаружены моря из углеводородов (химический состав жидкости - этан: 76 - 79 %, пропан: 7 - 8 %, метан: 5 - 10 %), наиболее крупное из которых (море Кракена) превосходит по размерам земное Каспийское море. Максимальная глубина углеводоёмов превышает 300 метров. Ориентировочная температура морей – от 80 К до 100 К.

Миссия «Cassini–Huygens»

47



North Polar Region



South Polar Region



□ Практически все моря (85 - 90% от площади) локализованы в северном полушарии Титана.

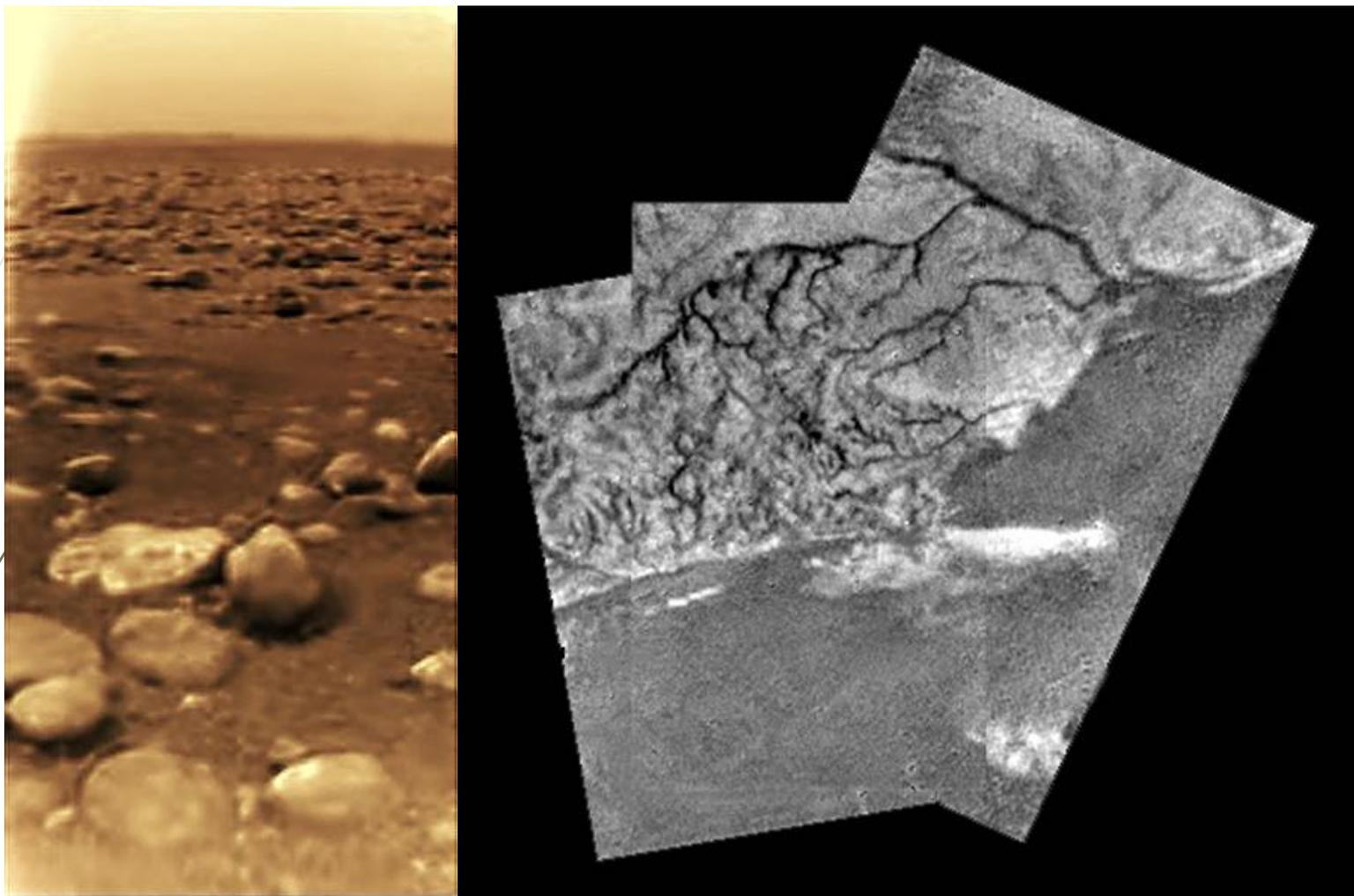
Миссия «Cassini–Huygens»

19



Миссия «Cassini–Huygens»

49

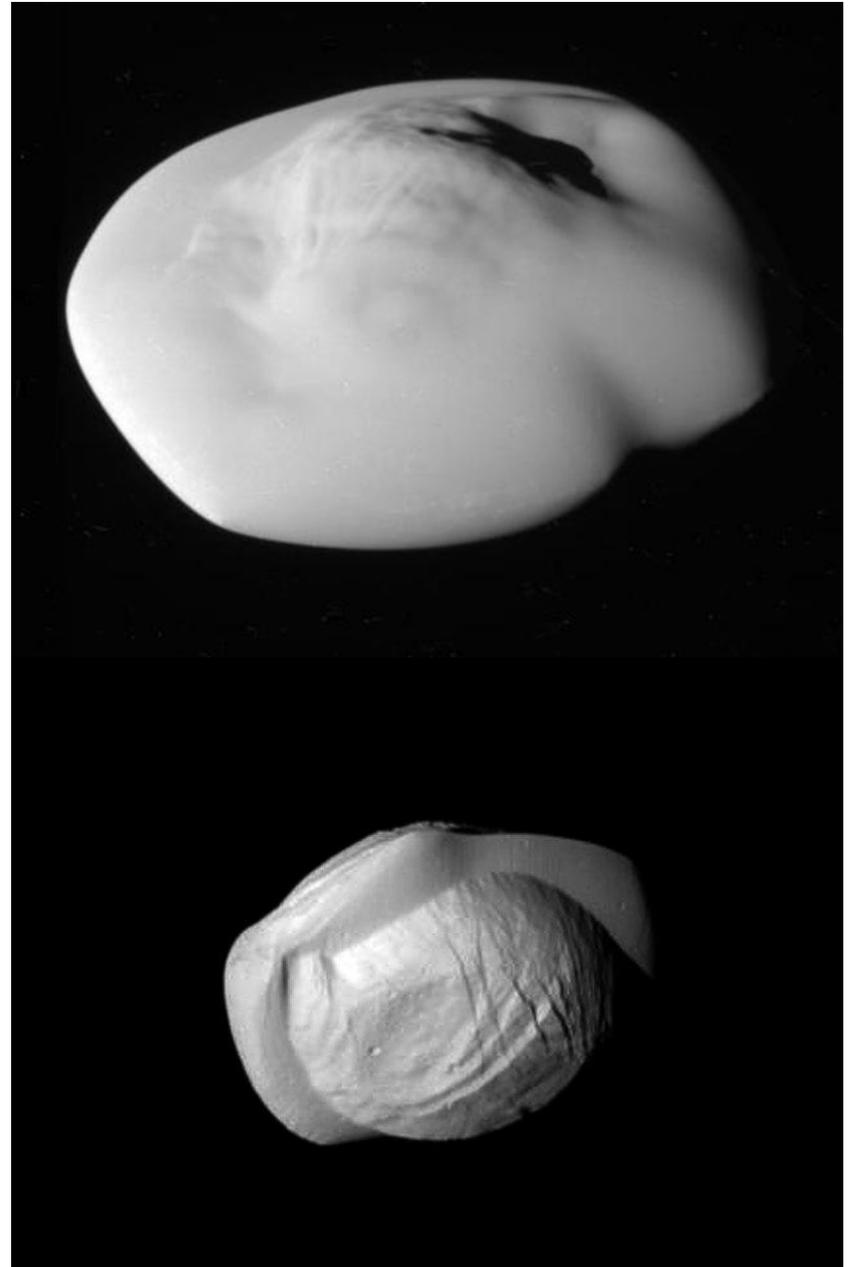


□ Кадры, полученные с посадочного модуля «Гюйгенс» - слева непосредственно на поверхности, справа – с высоты около 50 км.

Миссия «Cassini–Huygens»

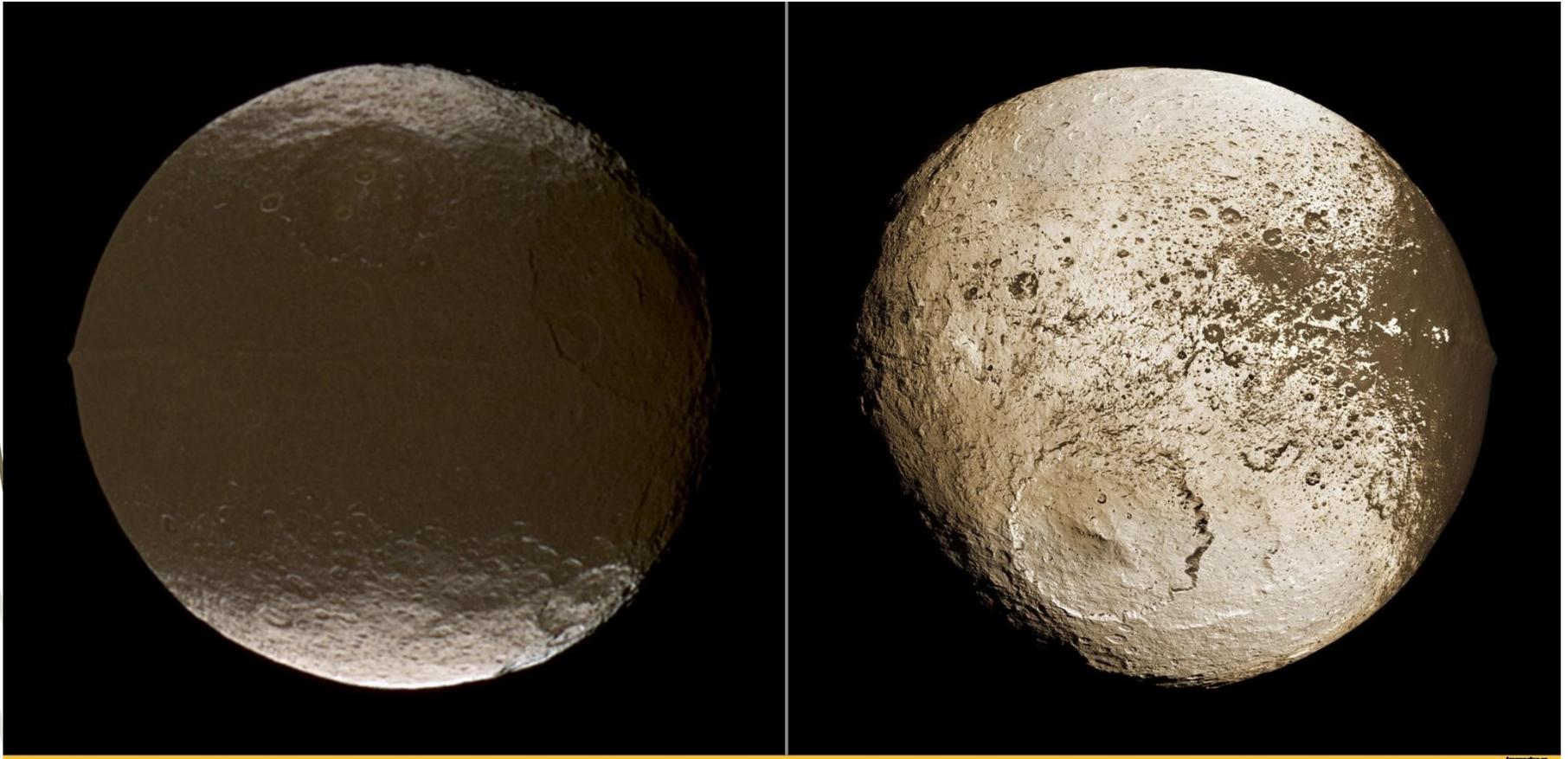
50

□ «Кассини» выявил уникальную пельменеобразную форму у спутников Атлас (верху) и Пан (внизу), не имеющую более аналогов в Солнечной системе. Предположительно, такая форма вызвана тем, что спутники собрали частицы кольца вокруг своего экватора. Впрочем, консенсуса по данному вопросу пока не достигнуто.



Миссия «Cassini–Huygens»

51

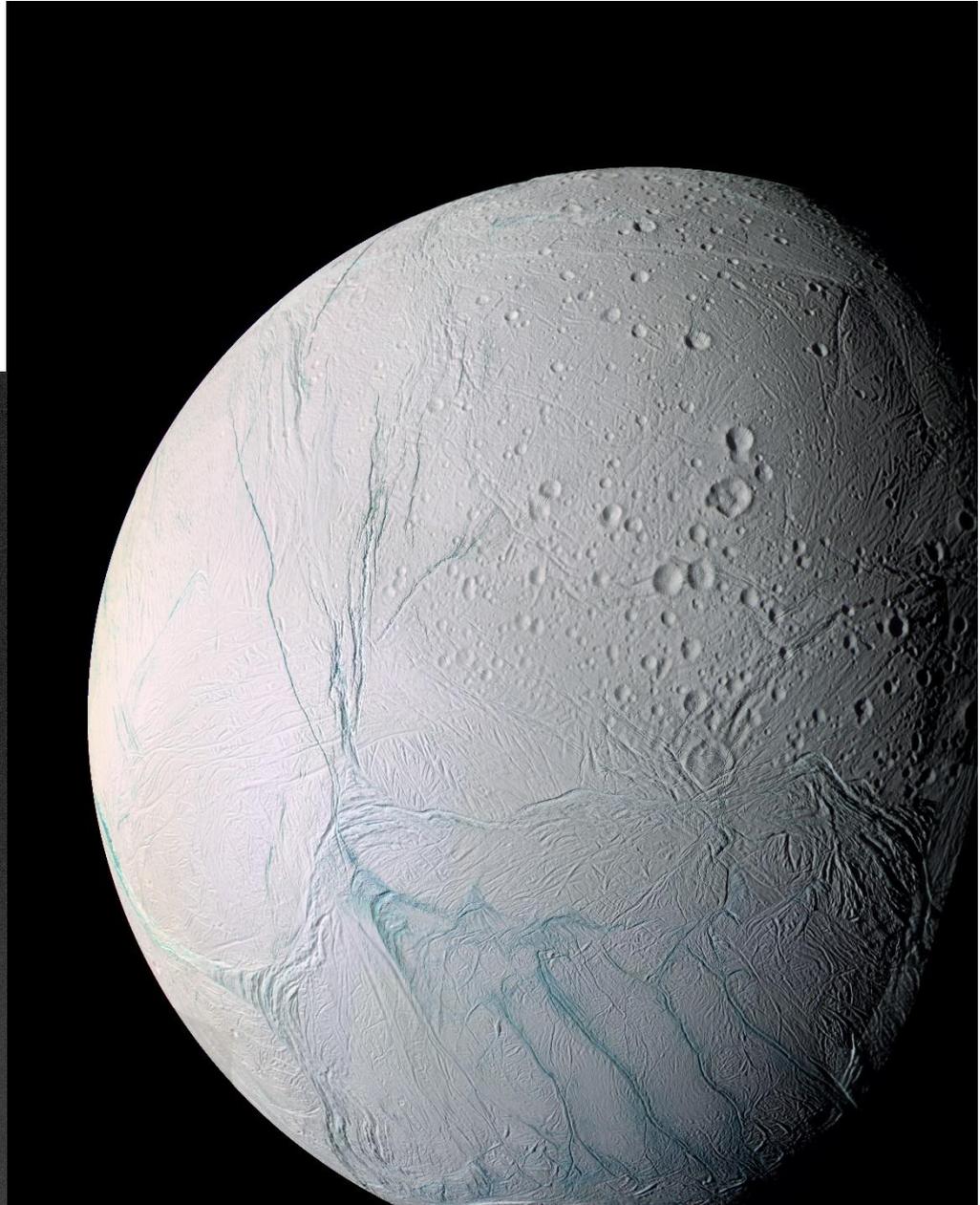
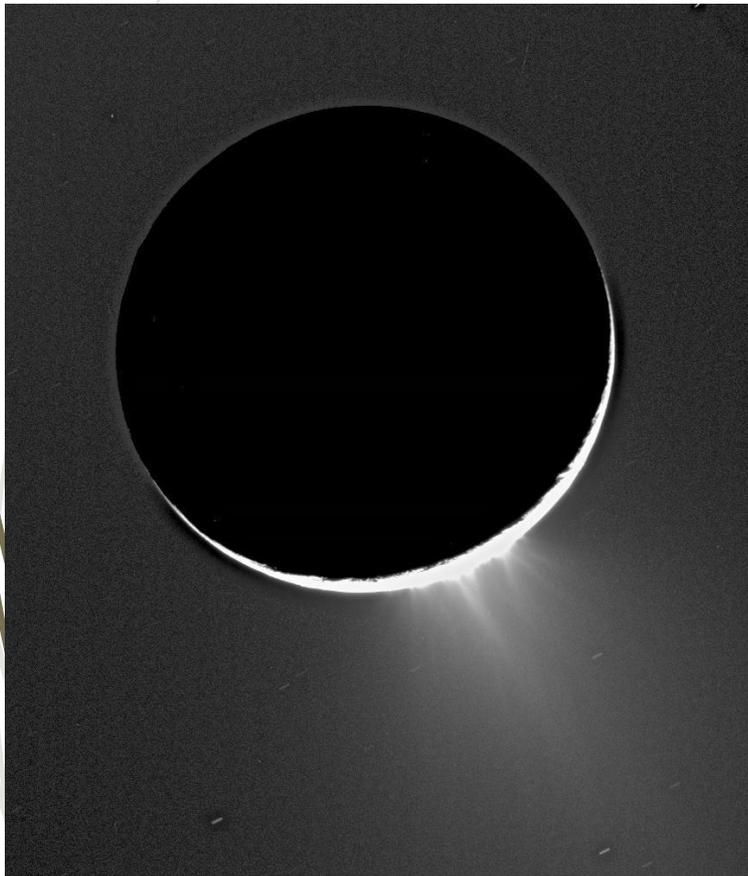


- Данные с «Кассини» позволили объяснить «двуликость» спутника Япета осаждением тёмного вещества с Фебы на ведущее полушарие. Кроме того, было обнаружено уникальное образование – Стена Япета, не имеющее аналогов в Солнечной системе.

Миссия «Cassini–Huygens»

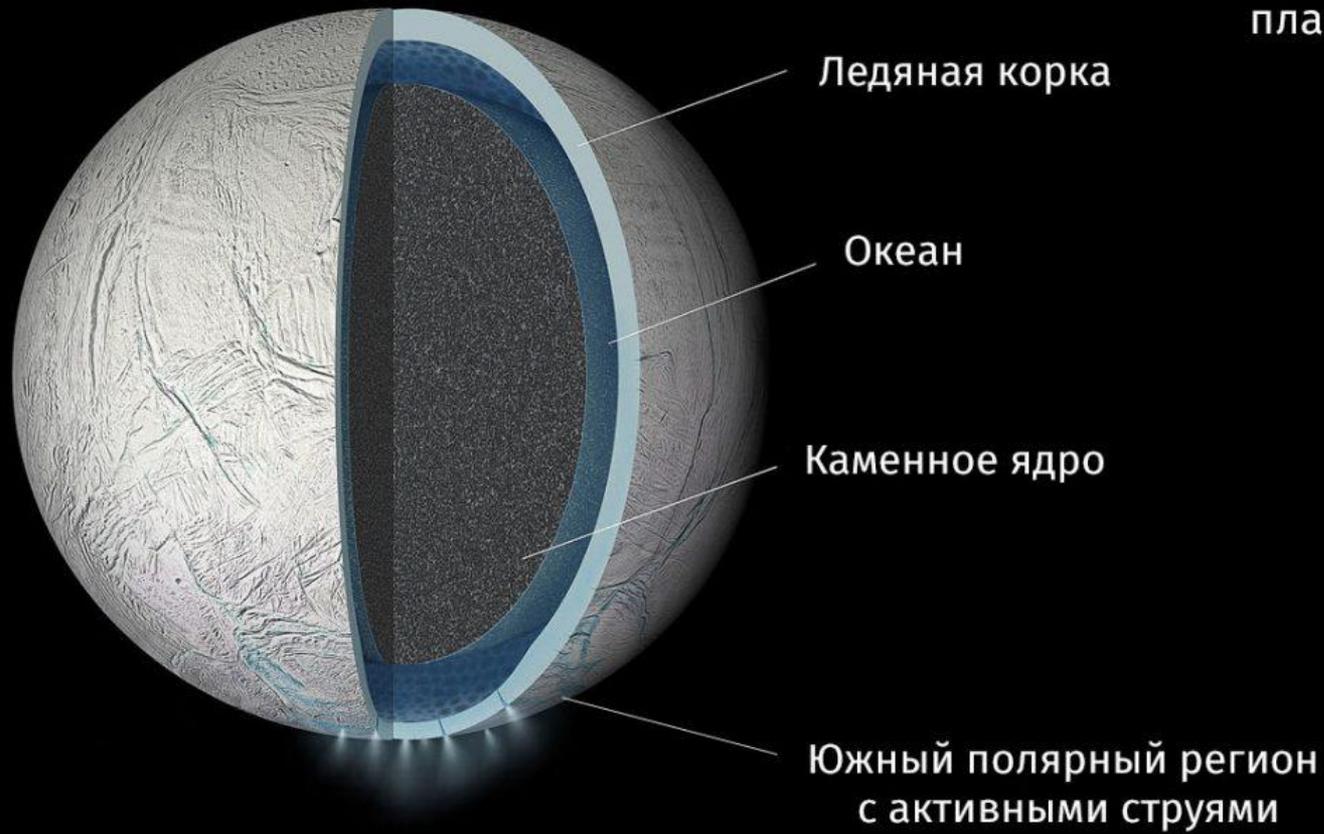
52

□ Доказательство существования на Энцеладе подлёдного водного океана – пожалуй, одно из важнейших достижений миссии.

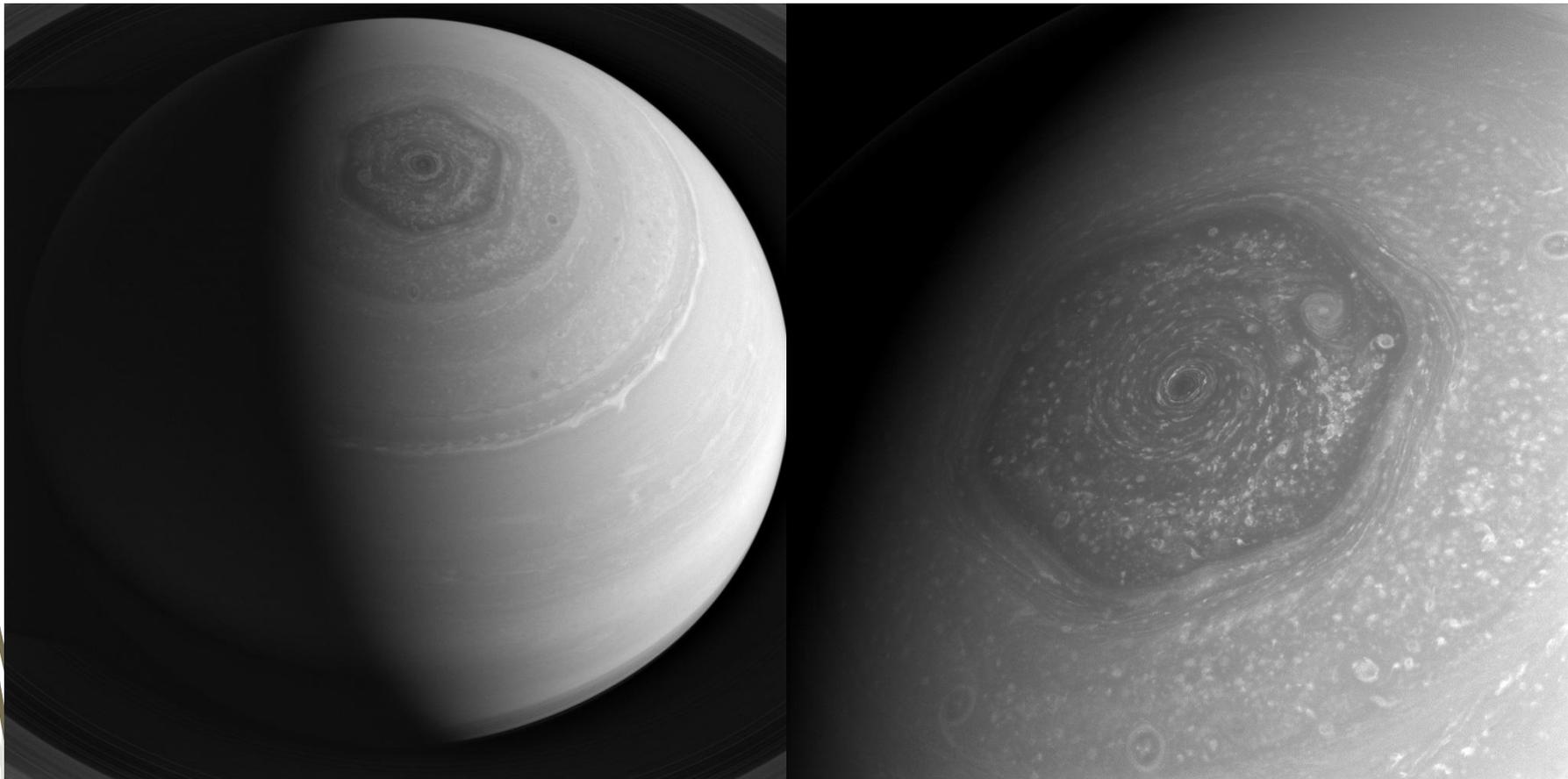


Энцелад

пласты в масштабе



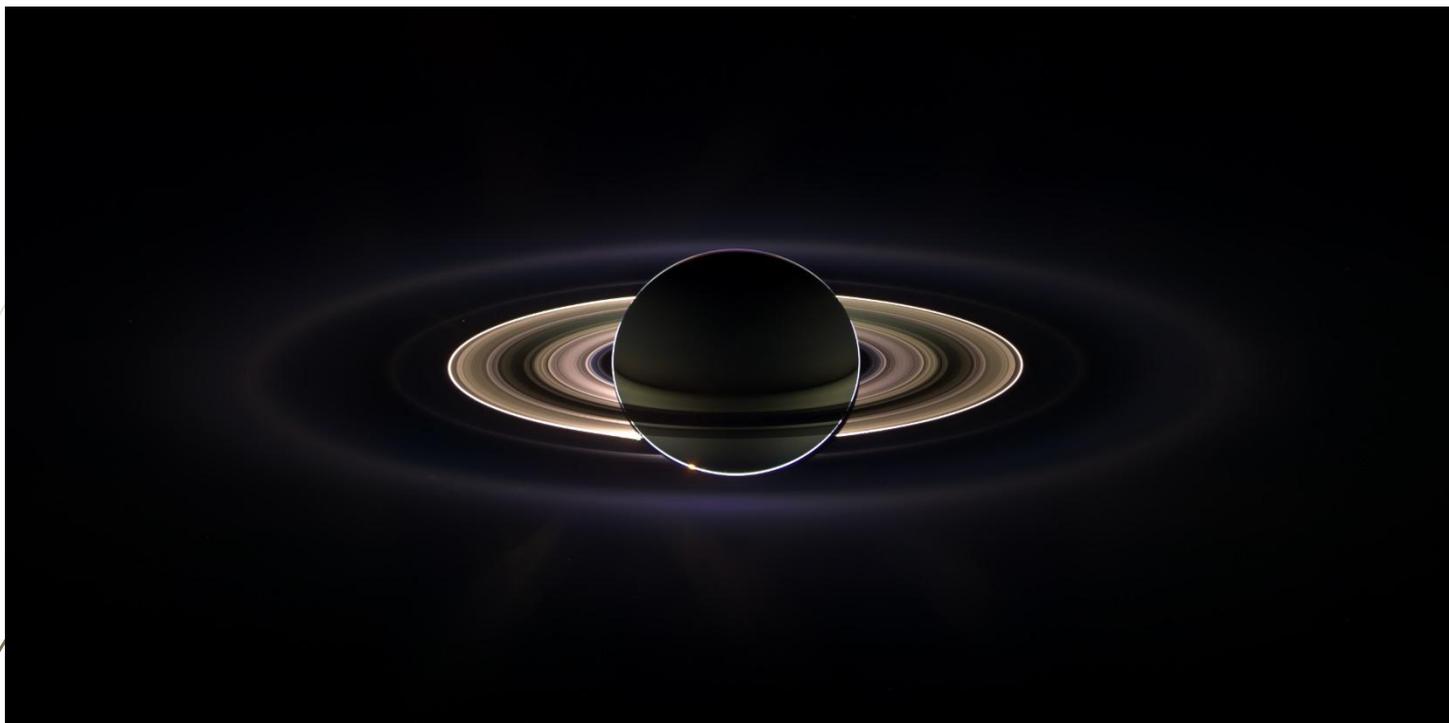
Миссия «Cassini–Huygens»



□ «Кассини» подтвердил существование уникального вихревого образования на северном полюсе планеты – так называемого «Шестиугольника Сатурна», природа которого пока остаётся предметом дискуссий. Любопытно, но на южном полюсе ничего подобного не наблюдается.

Миссия «Cassini–Huygens»

55

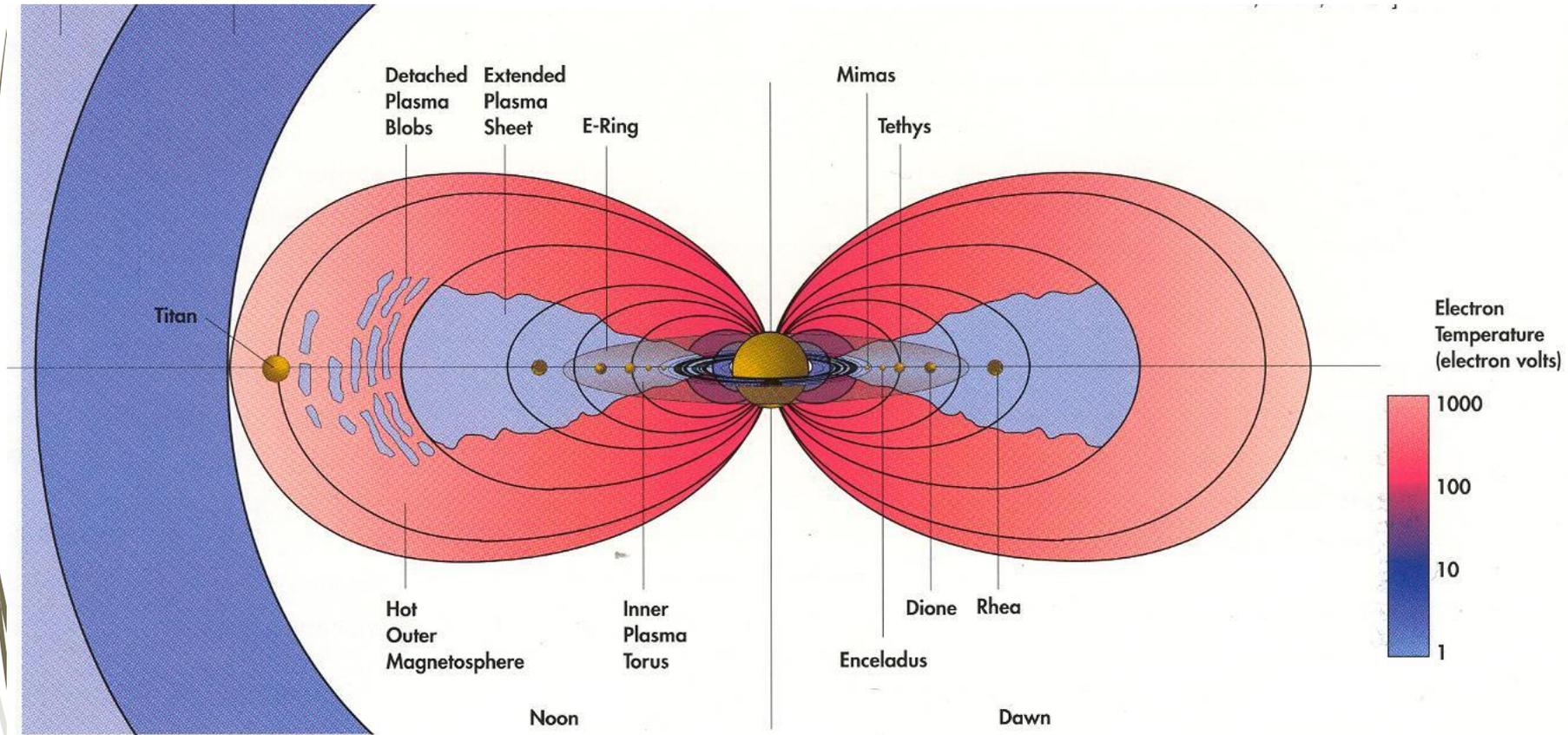


▣ «Кассини» позволил детально изучить строение колец Сатурна. Кроме того, с его помощью в 2009 году было открыто внешнее пылевое кольцо Феба диаметром более 13 000 000 километров.



Миссия «Cassini–Huygens»

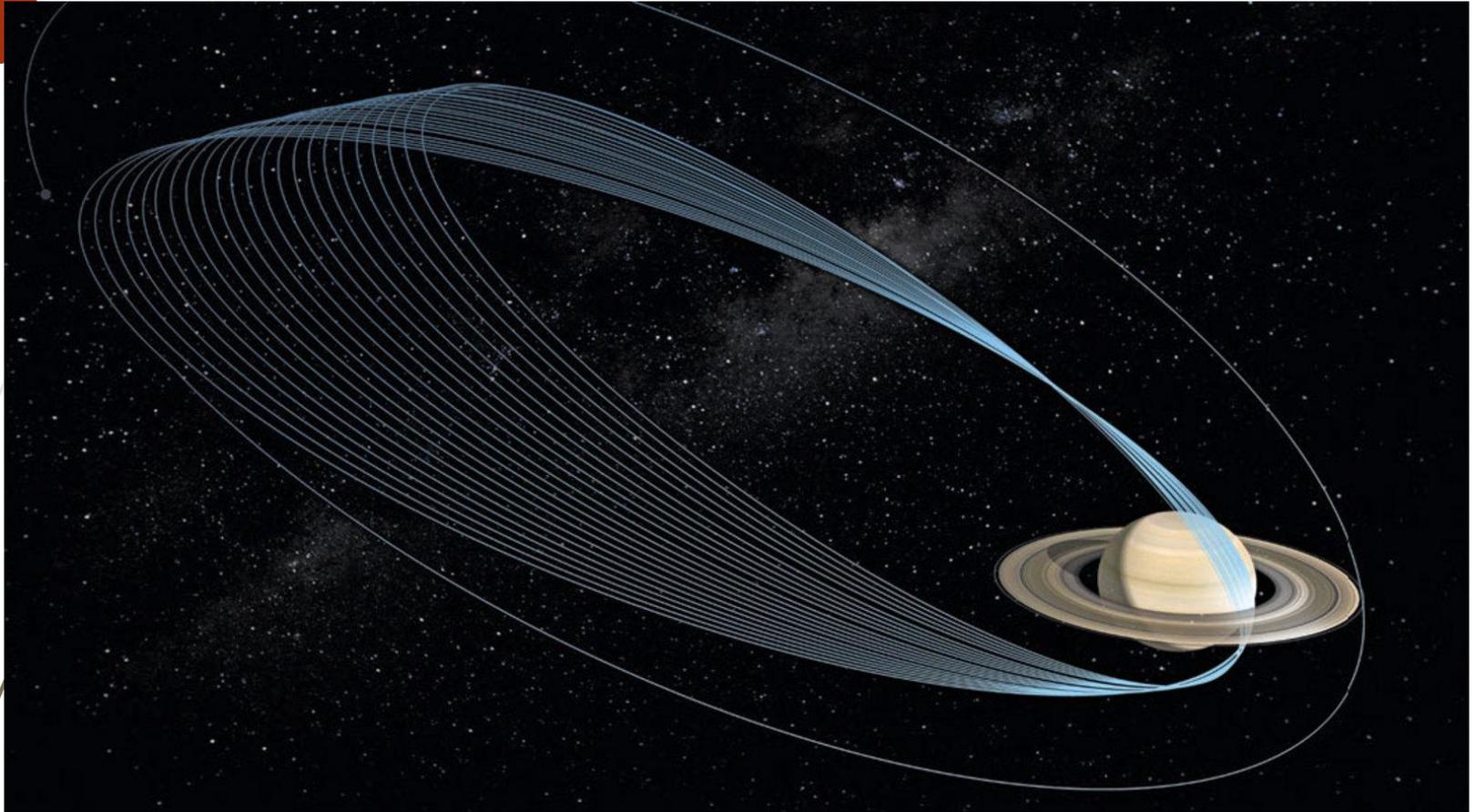
56



□ «Кассини» досконально изучил магнитосферу Сатурна, открытую космическим аппаратом «Пионер-11» в 1979 году.

Будущее миссии «Cassini–Huygens»

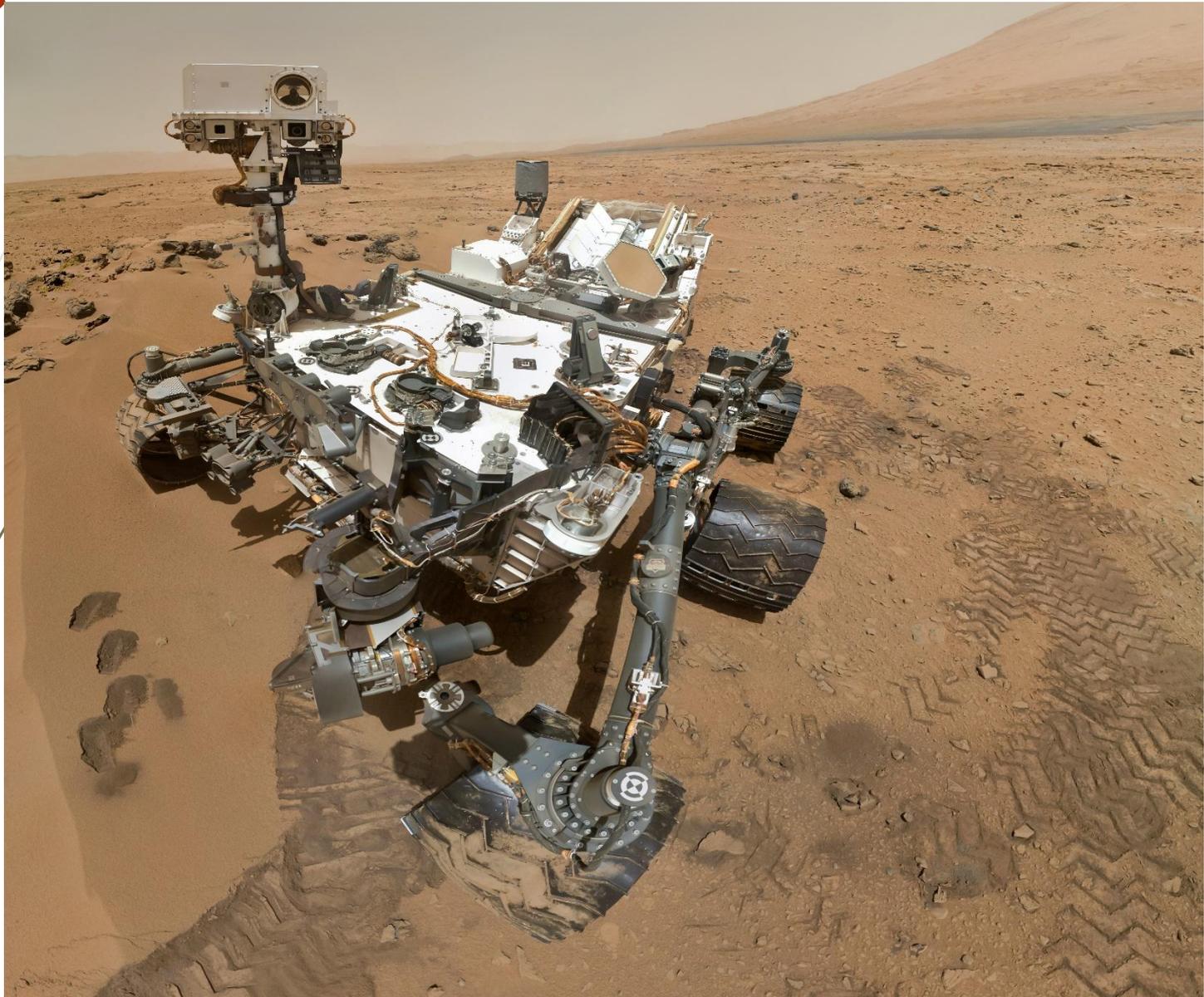
57



- 15 сентября 2017 года зонд «Кассини» должен сослужить последнюю службу человечеству – ожидается, что он проведёт детальный анализ атмосферы Сатурна на глубину, физически доступную для изучения. Кроме того, одна из основных задач КА на последнем этапе работы – точное измерение гравитационного поля Сатурна для исследования его строения, то есть аппарат сделает работу, для которой к Юпитеру был отправлен специальный космический аппарат – Juno.

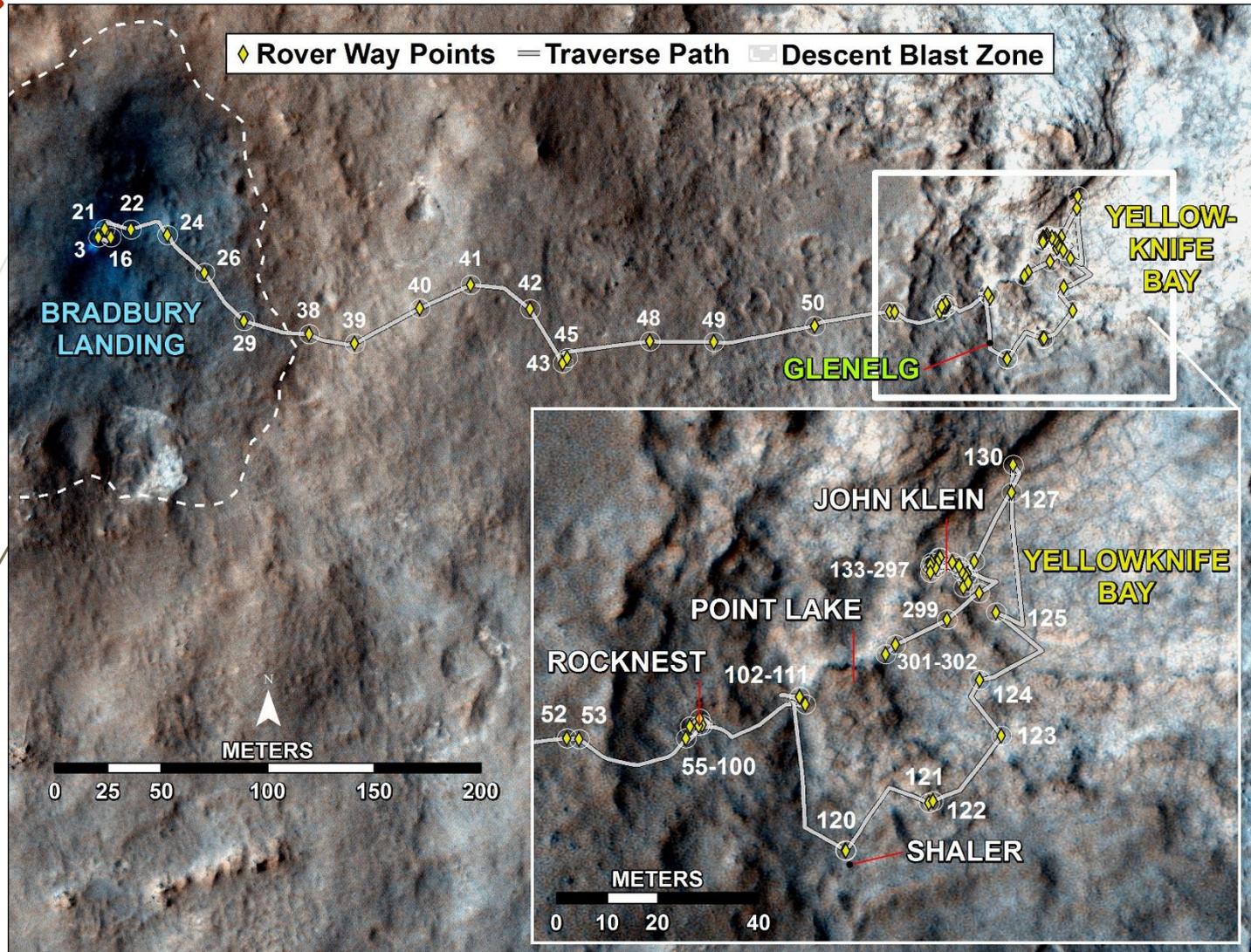
Миссия «Mars Science Laboratory (Curiosity)»

58



Миссия «Mars Science Laboratory (Curiosity)»

59



□ «Путь «Curiosity» по поверхности Марса.

Дальний космос



Космический телескоп «Кеплер» и поиск экзопланет

61



□ «Кéплер» — астрономический спутник НАСА, оснащённый сверхчувствительным фотометром, специально предназначенный для поиска экзопланет транзитным методом.

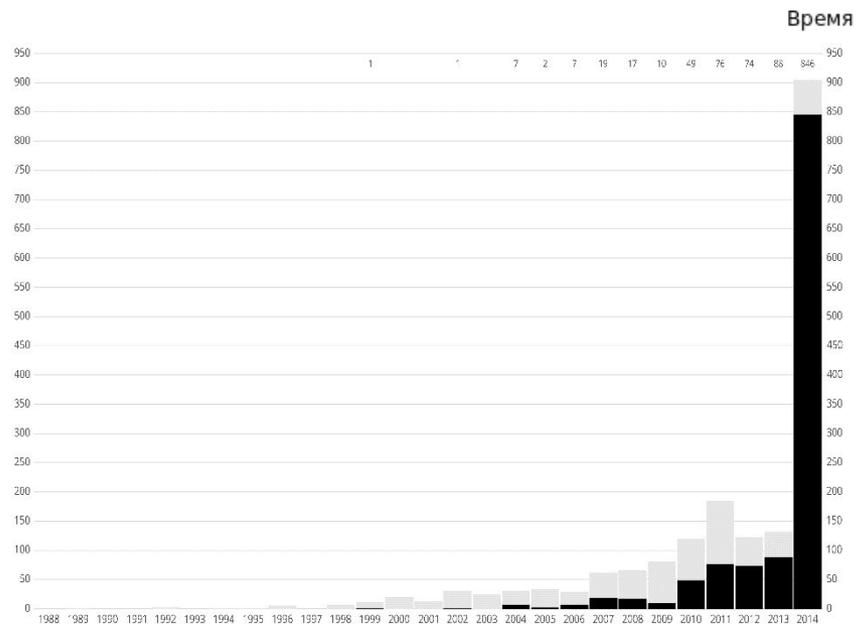
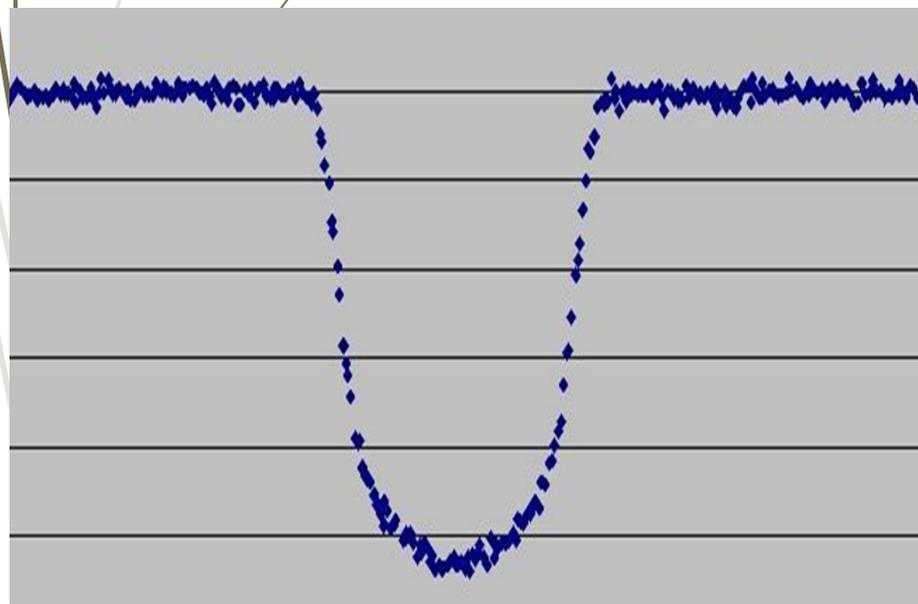
Транзитный метод обнаружения экзопланет

62

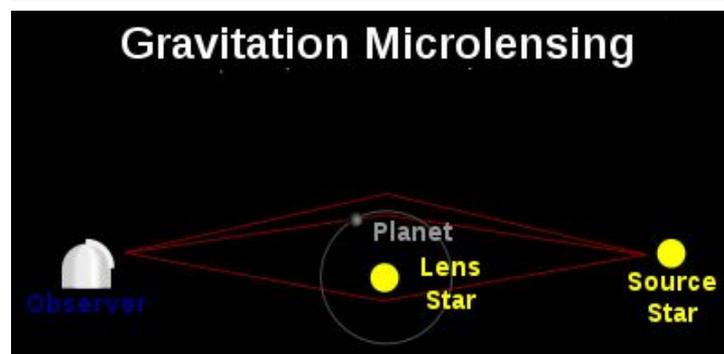
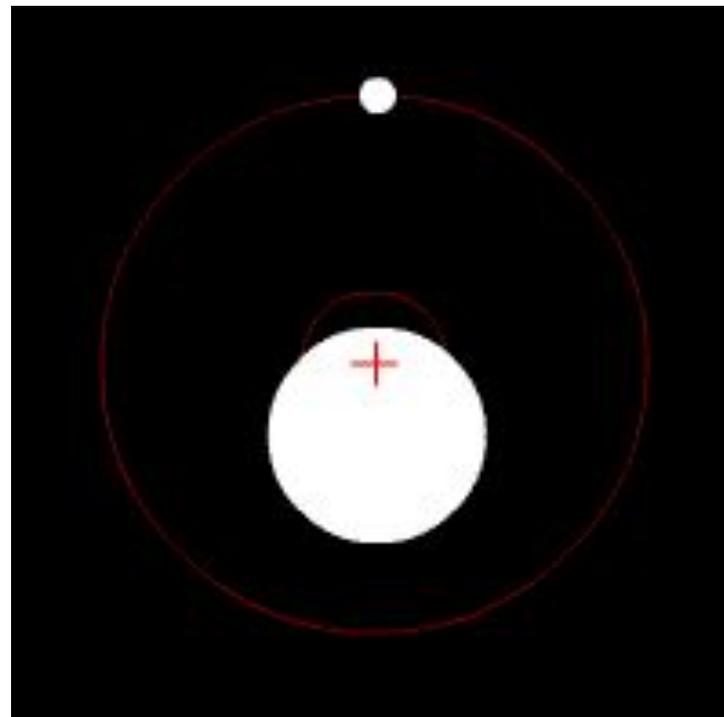
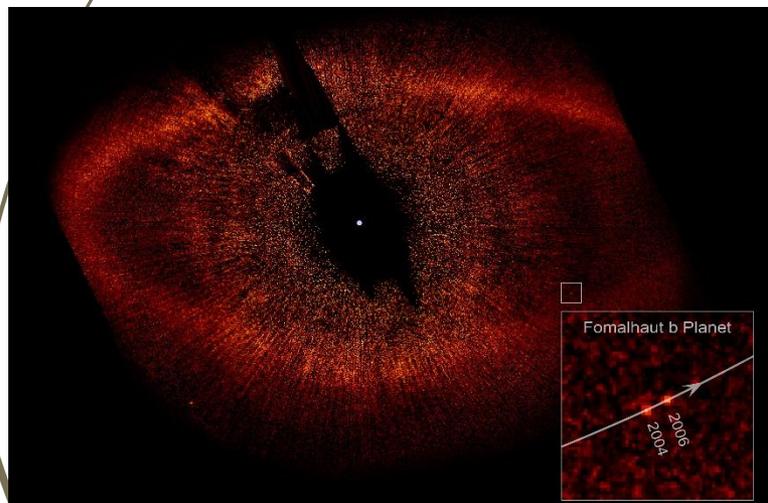
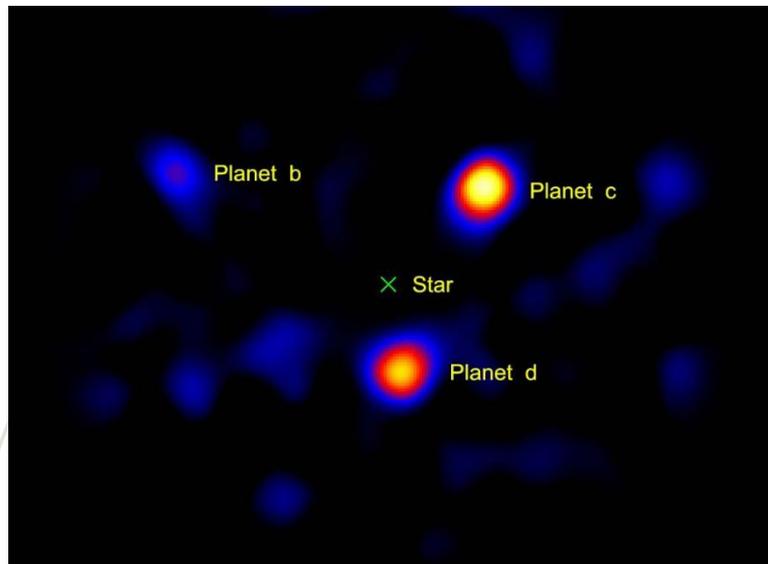
Звезда

Планета

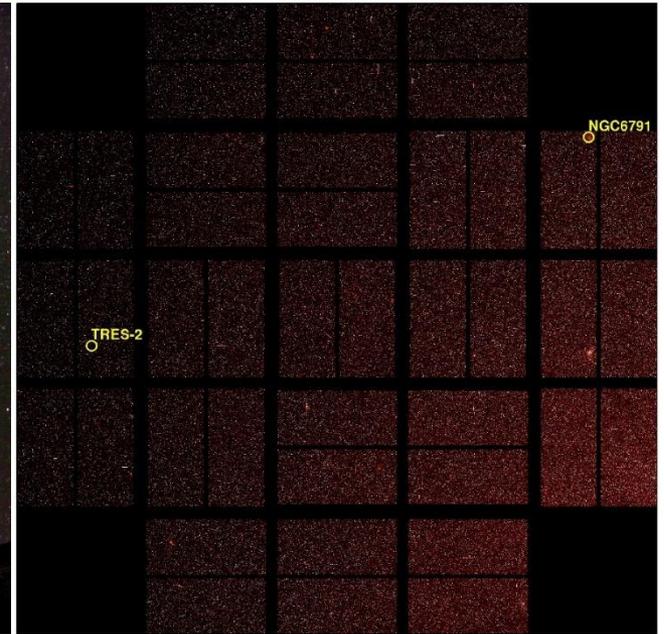
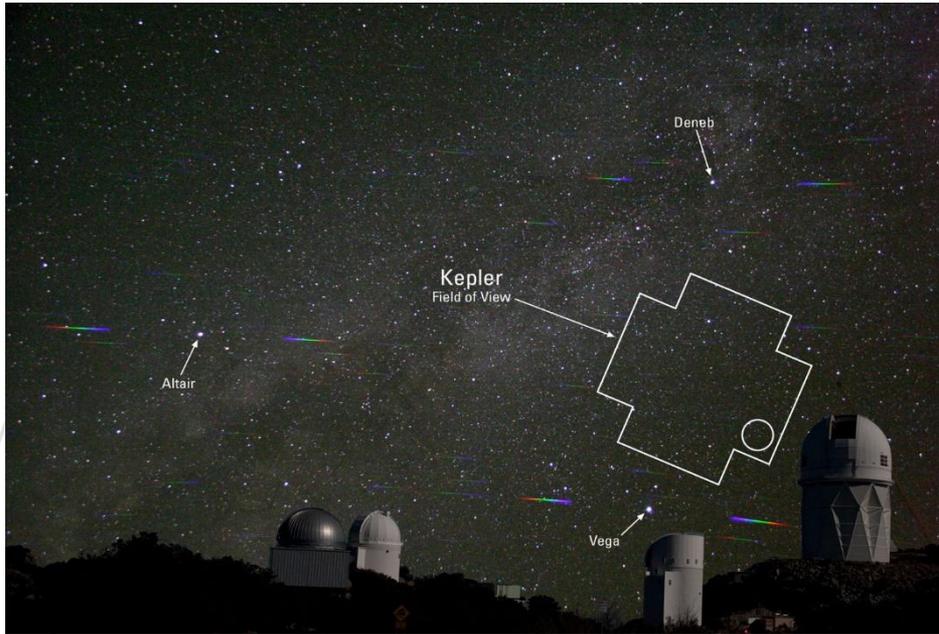
Кривая светимости



Коротко о других методах обнаружения экзопланет

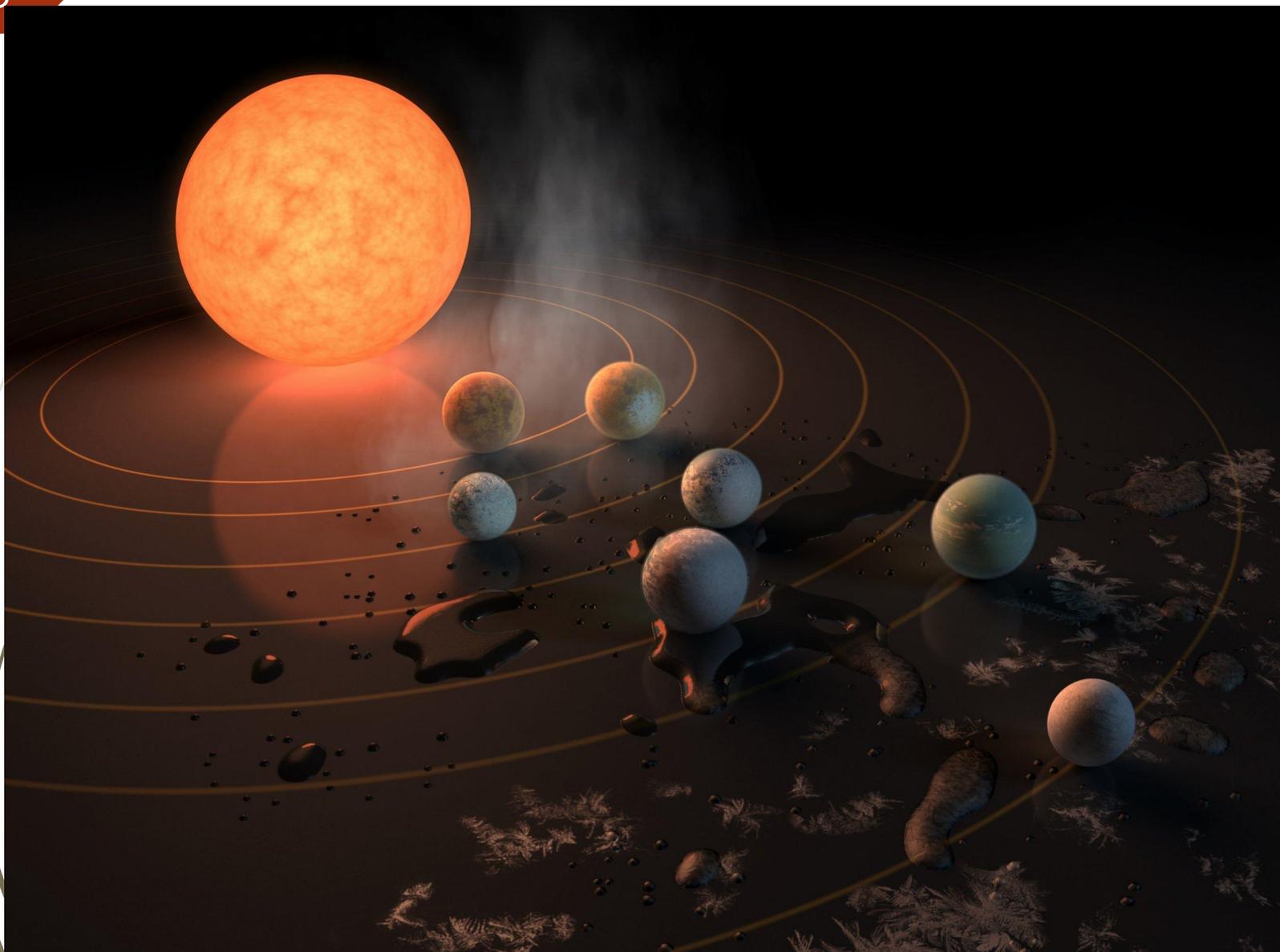


Космический телескоп «Кеплер» и поиск экзопланет

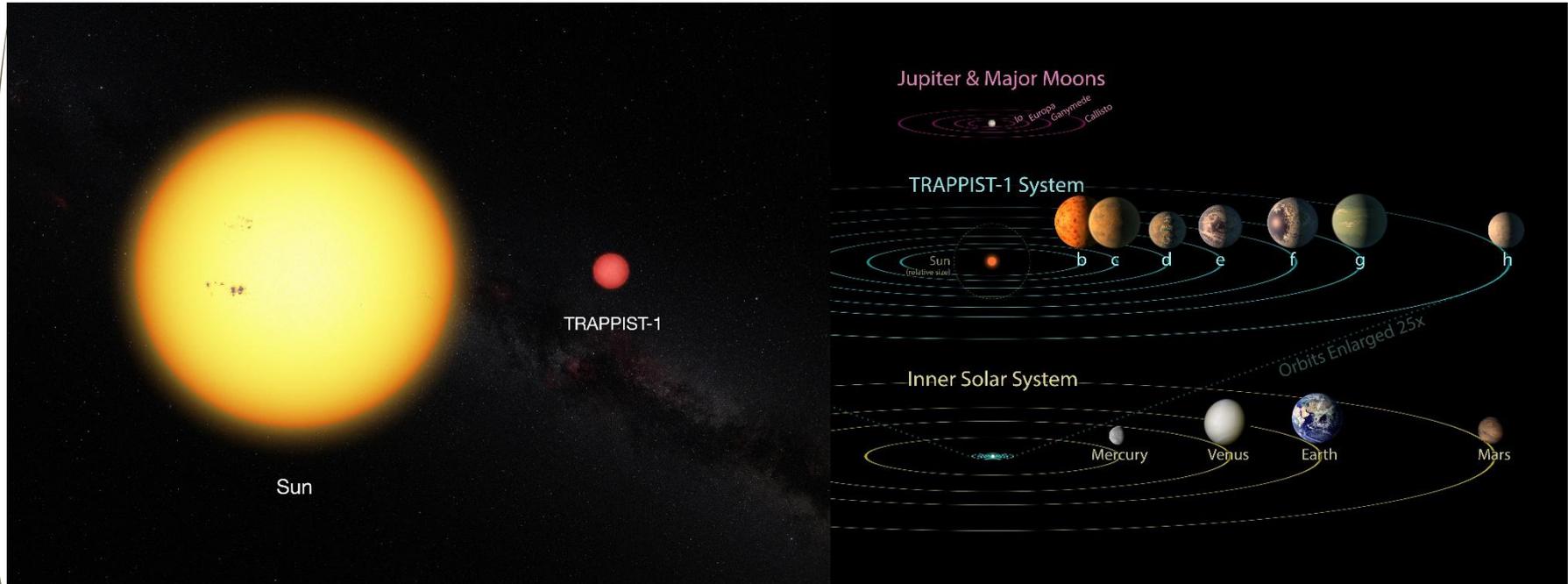


- «Кеплер» вращается вокруг Солнца и нацелен всегда на один и тот же строго определённый участок неба — вдоль касательной к нашему спиральному рукаву Галактики, по направлению к её центру. Телескоп непрерывно отслеживает этот участок, находя экзопланеты по изменениям блеска звёзд.

Планетная система TRAPPIST-1



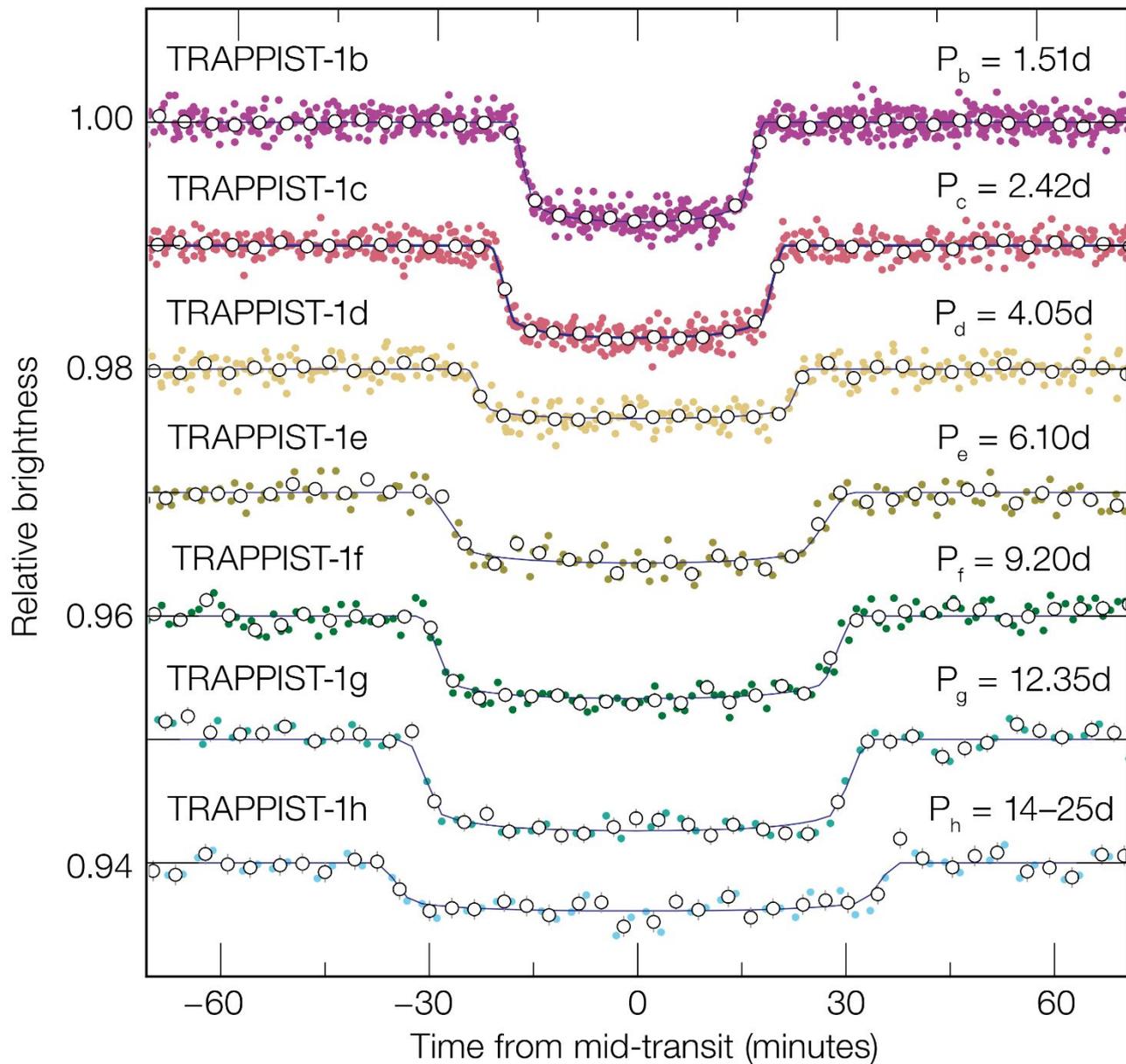
Планетная система TRAPPIST-1



- Орбитальные периоды всех известных планет системы кратны друг другу и находятся в резонансе. Это самая длинная цепочка резонансов среди экзопланет. Предполагается, что она возникла из-за взаимодействий, происходящих во время миграции планет из внешних регионов во внутренние после своего формирования в протопланетном диске. Если это так, то повышаются шансы обнаружить на этих планетах значительное количество воды.

Планетная система TRAPPIST-1

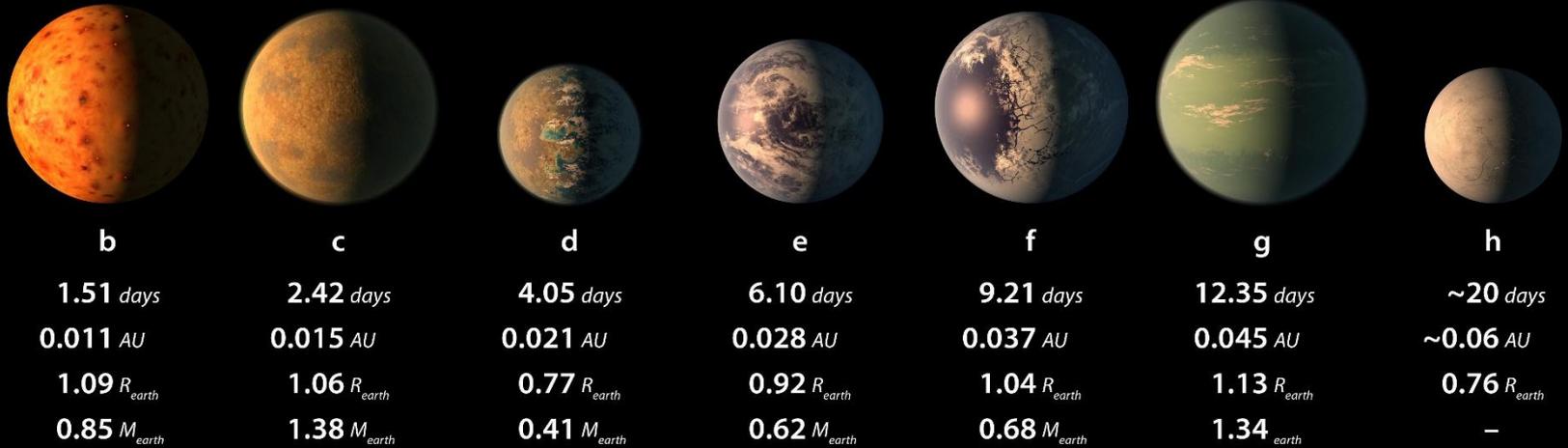
67



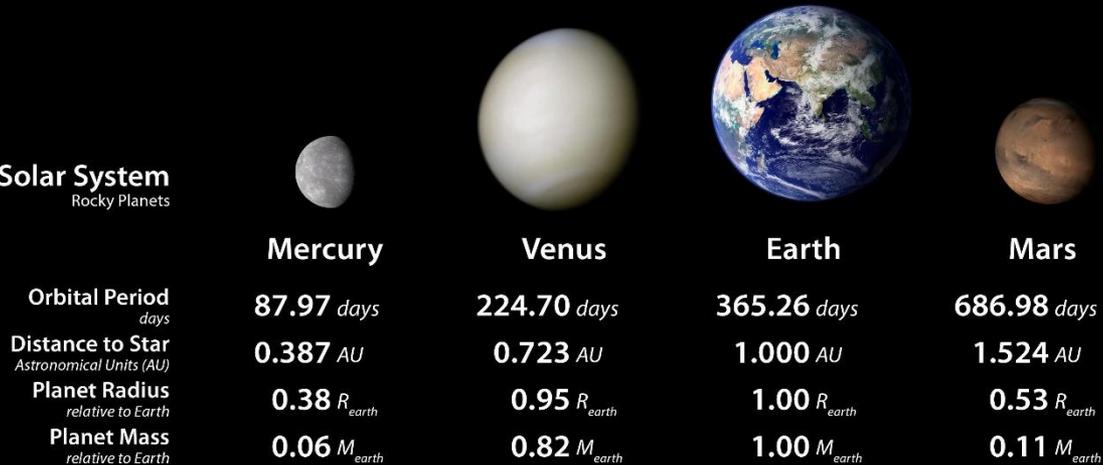
Планетная система TRAPPIST-1

Illustrations

TRAPPIST-1 System

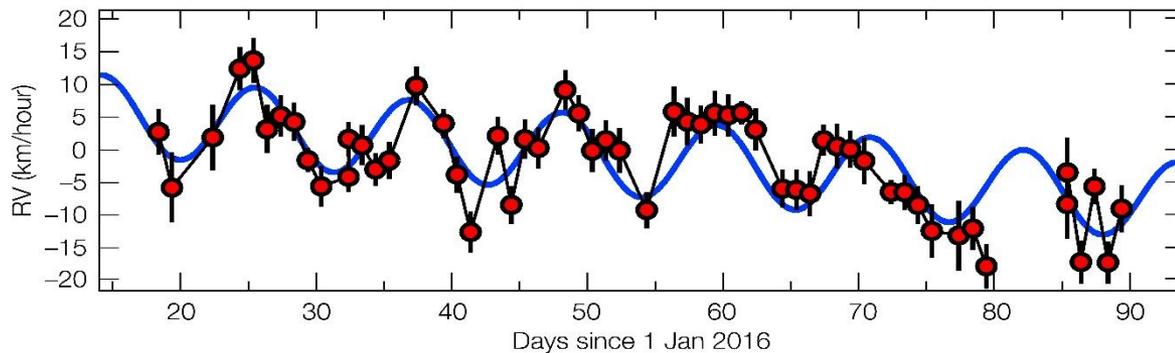
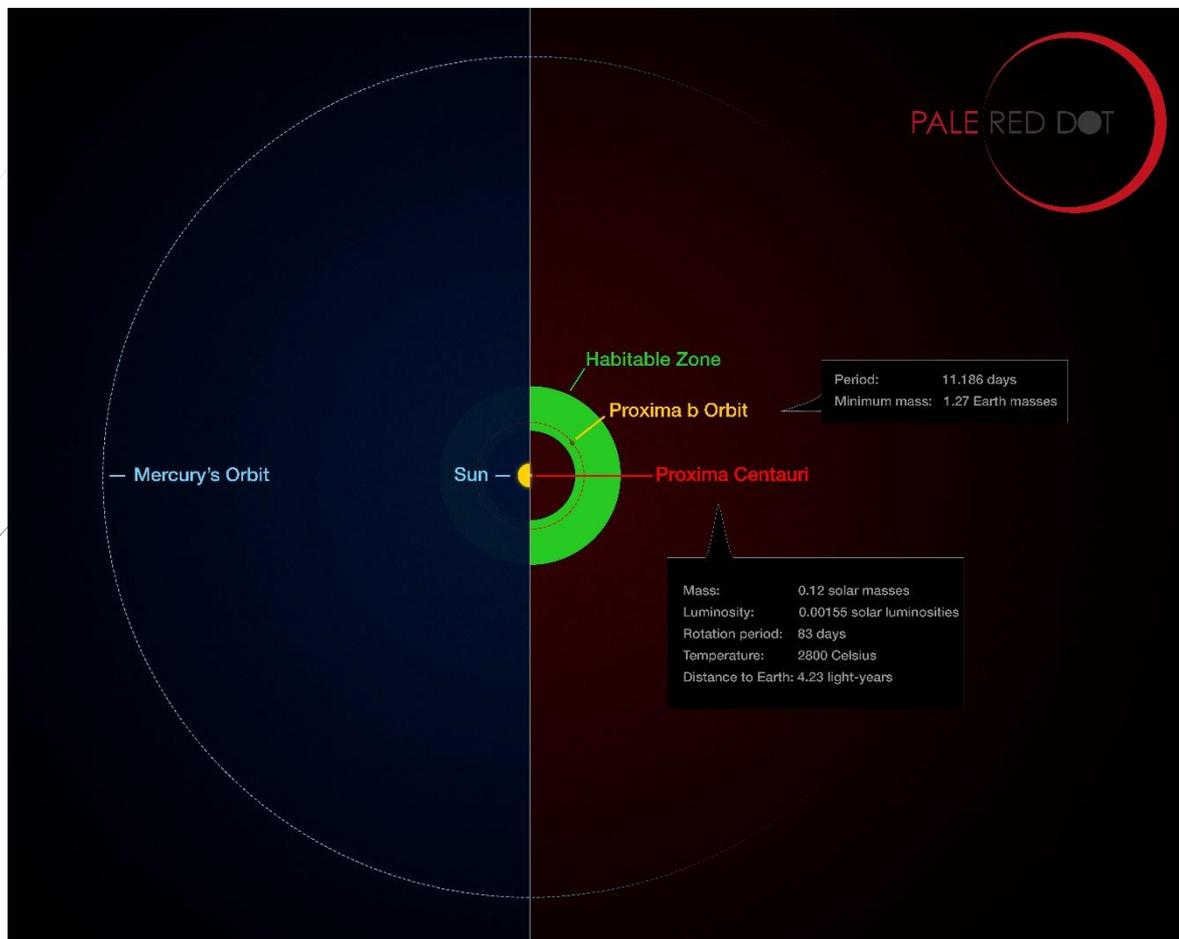


Solar System Rocky Planets

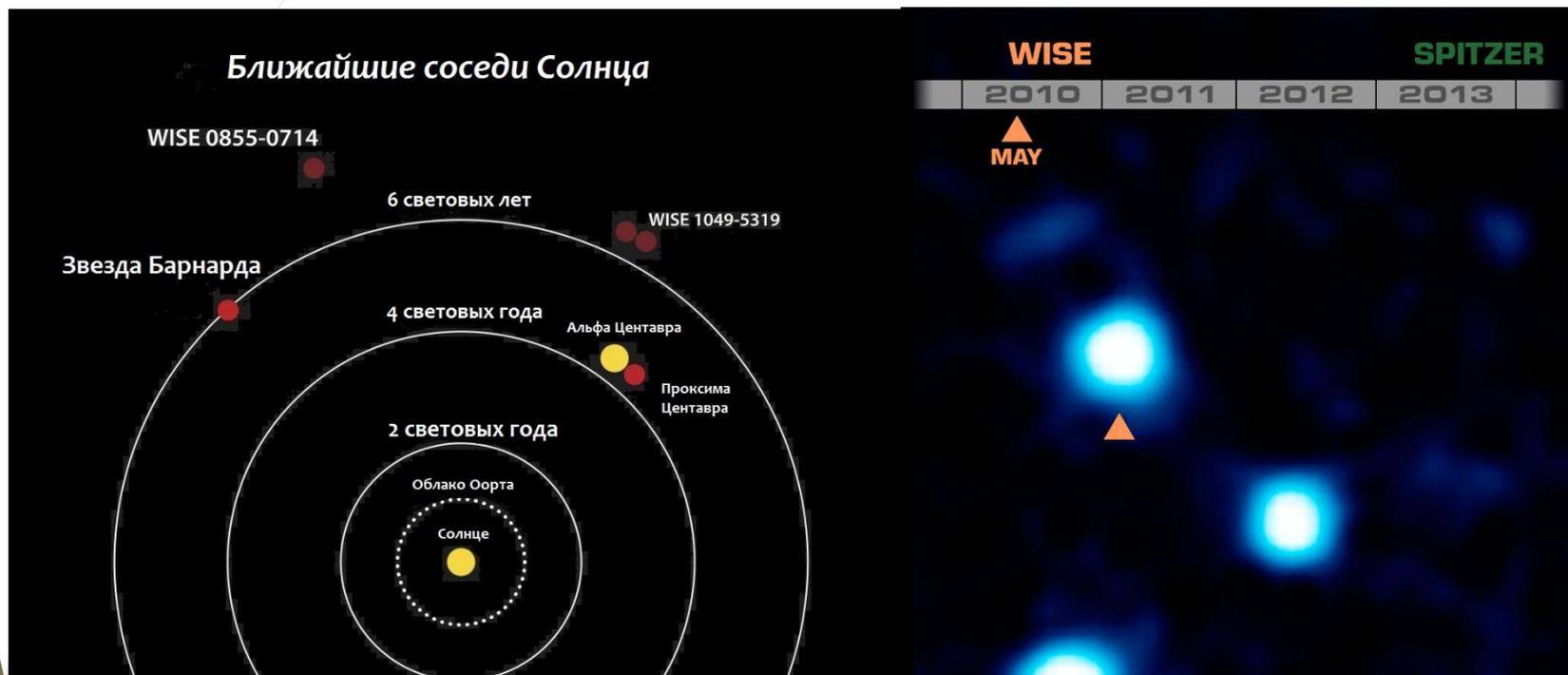


Планета Проксима Центавра b

69



Планета – сирота WISE 0855–0714



- WISE 0855–0714 – первая обнаруженная планета-сирота с массой заведомо менее 10 масс Юпитера (более вероятная оценка – от 4 до 7 MJ), в то время как минимальная масса для звёзд в настоящее время определена в 12,57 массы Юпитера.

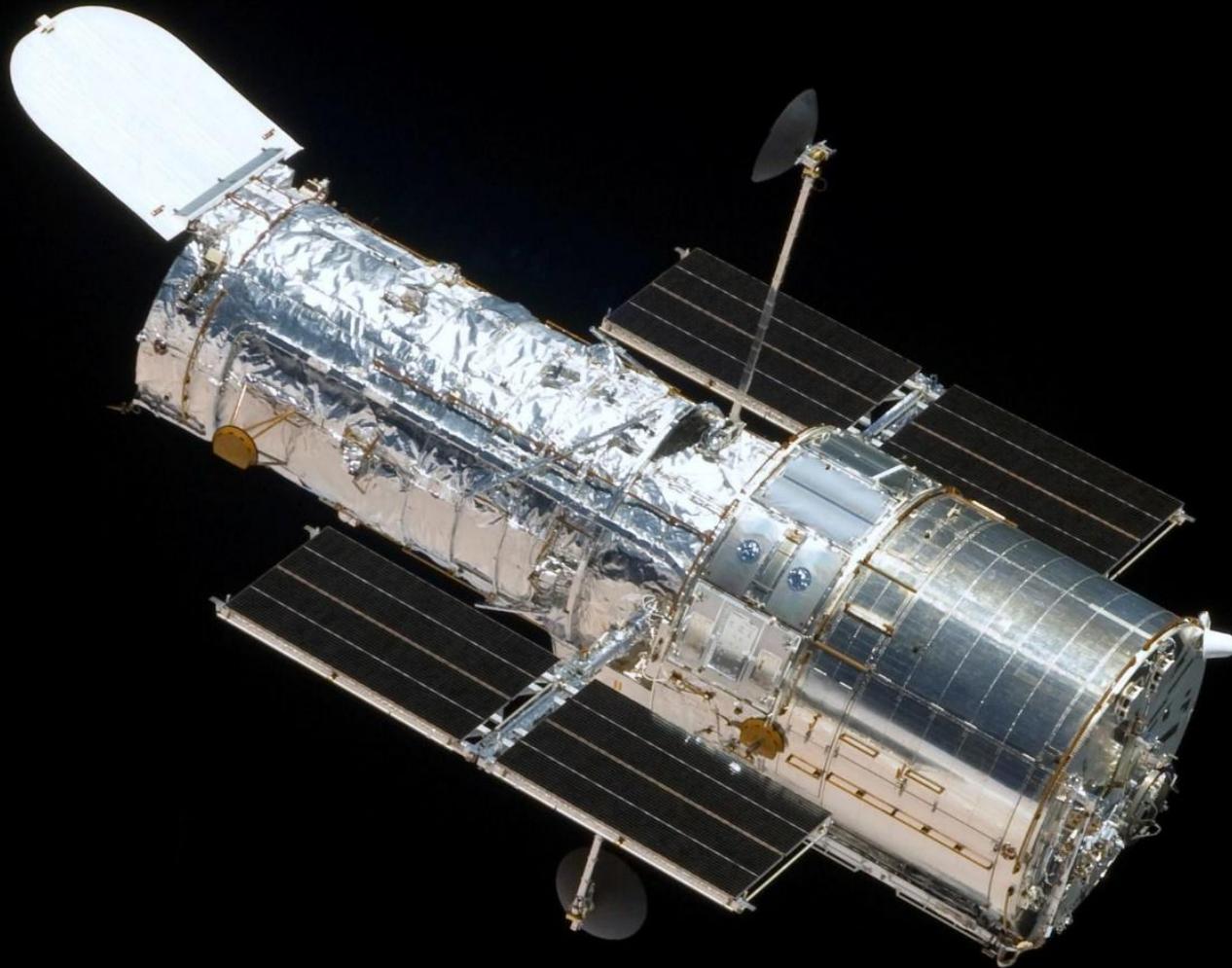
Экзопланеты

71

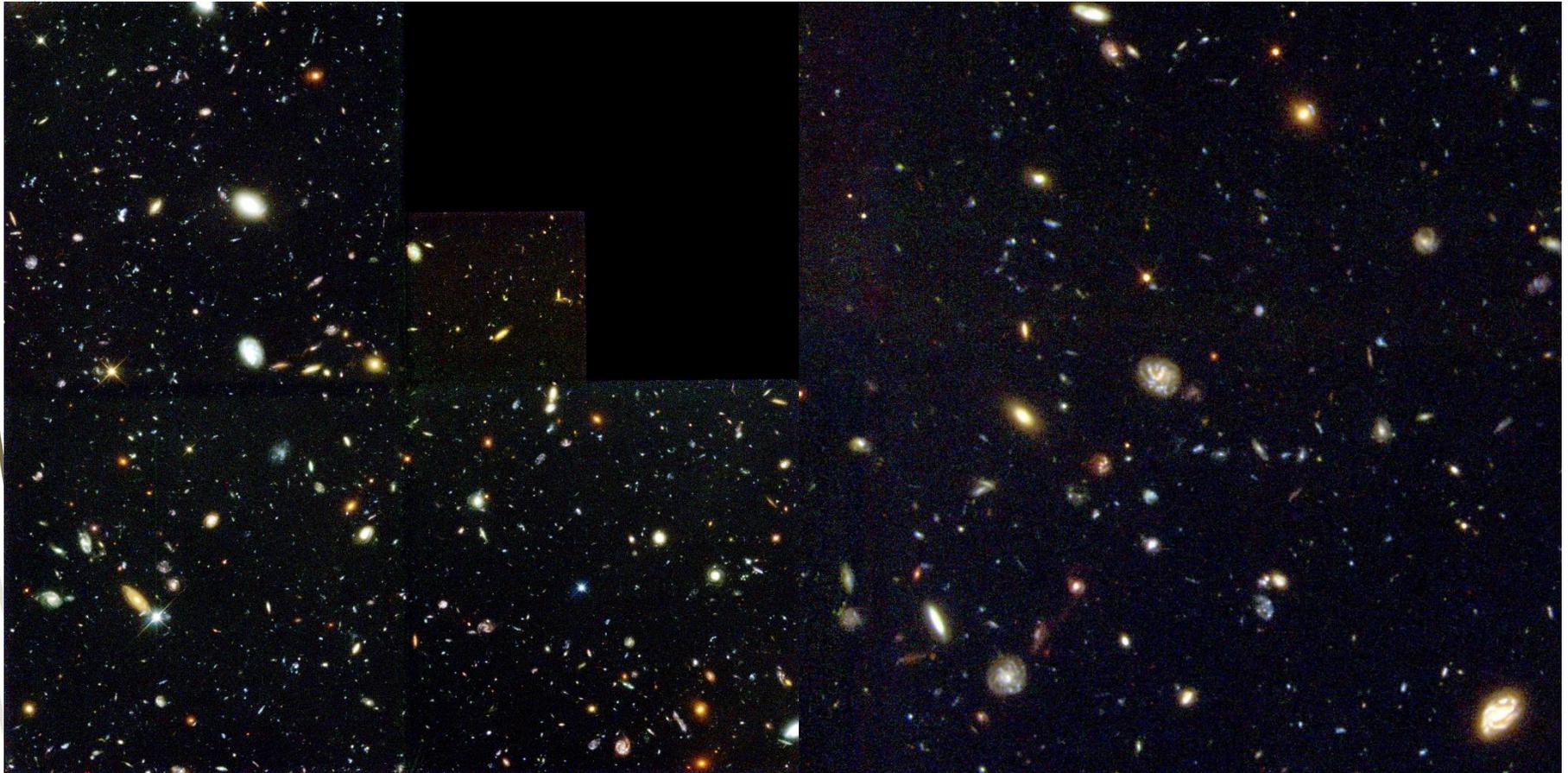


- Вывод: планетные системы — явление в космосе распространённое. До сих пор нет общепризнанной теории образования планет, но теперь, когда появилась возможность подвести статистику, ситуация в этой области меняется к лучшему. Большинство обнаруженных систем сильно отличается от солнечной — скорее всего это объясняется селективностью применяемых методов (легче всего обнаружить короткопериодичные массивные планеты).

Космический телескоп «Хаббл» и достижения последних лет

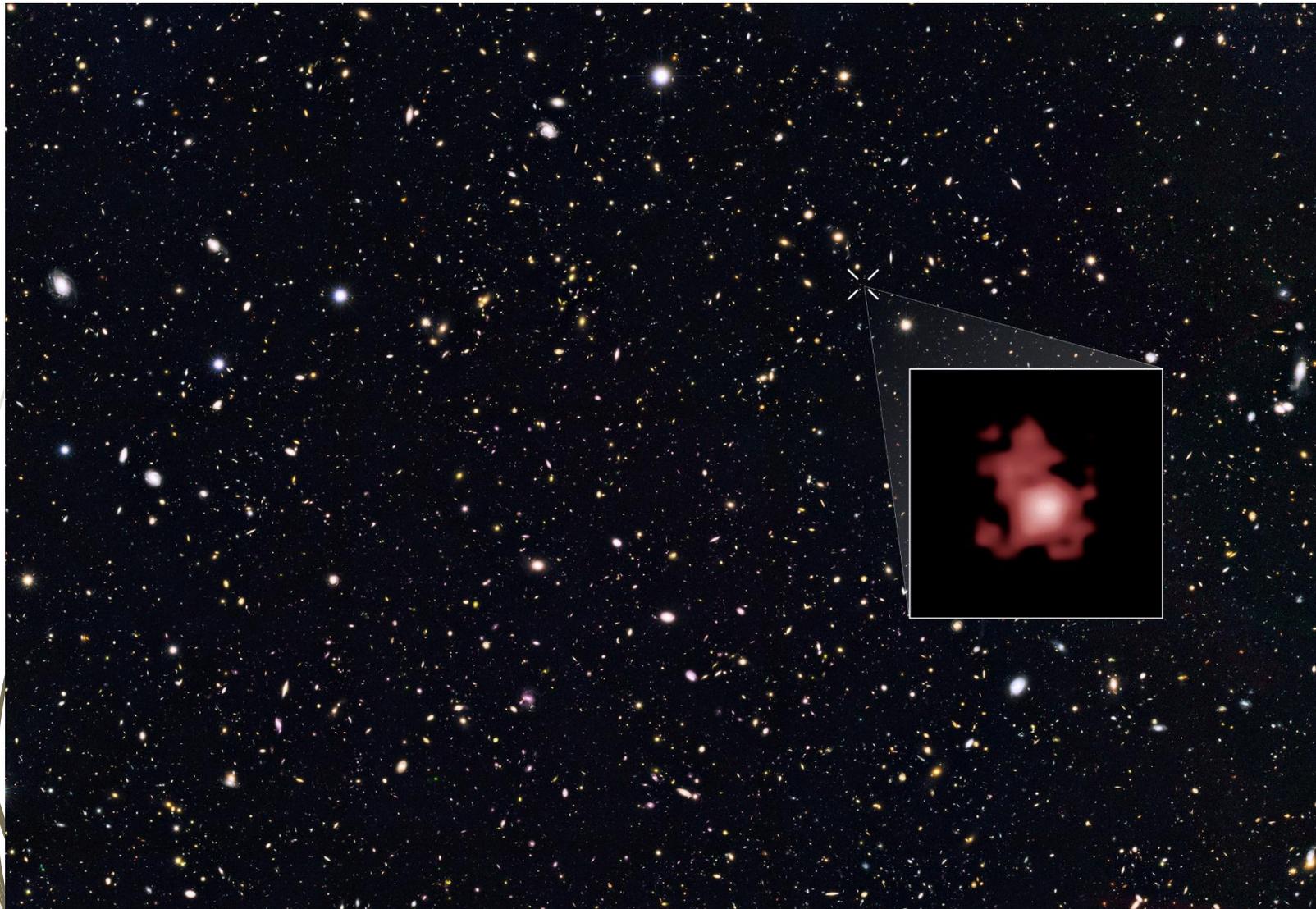


Подтверждение изотропности Вселенной



□ Северное (слева) и южное глубокие поля, снятые телескопом «Хаббл», свидетельствуют об однородности крупномасштабной структуры Вселенной.

GN-z11 – самый далёкий объект во Вселенной



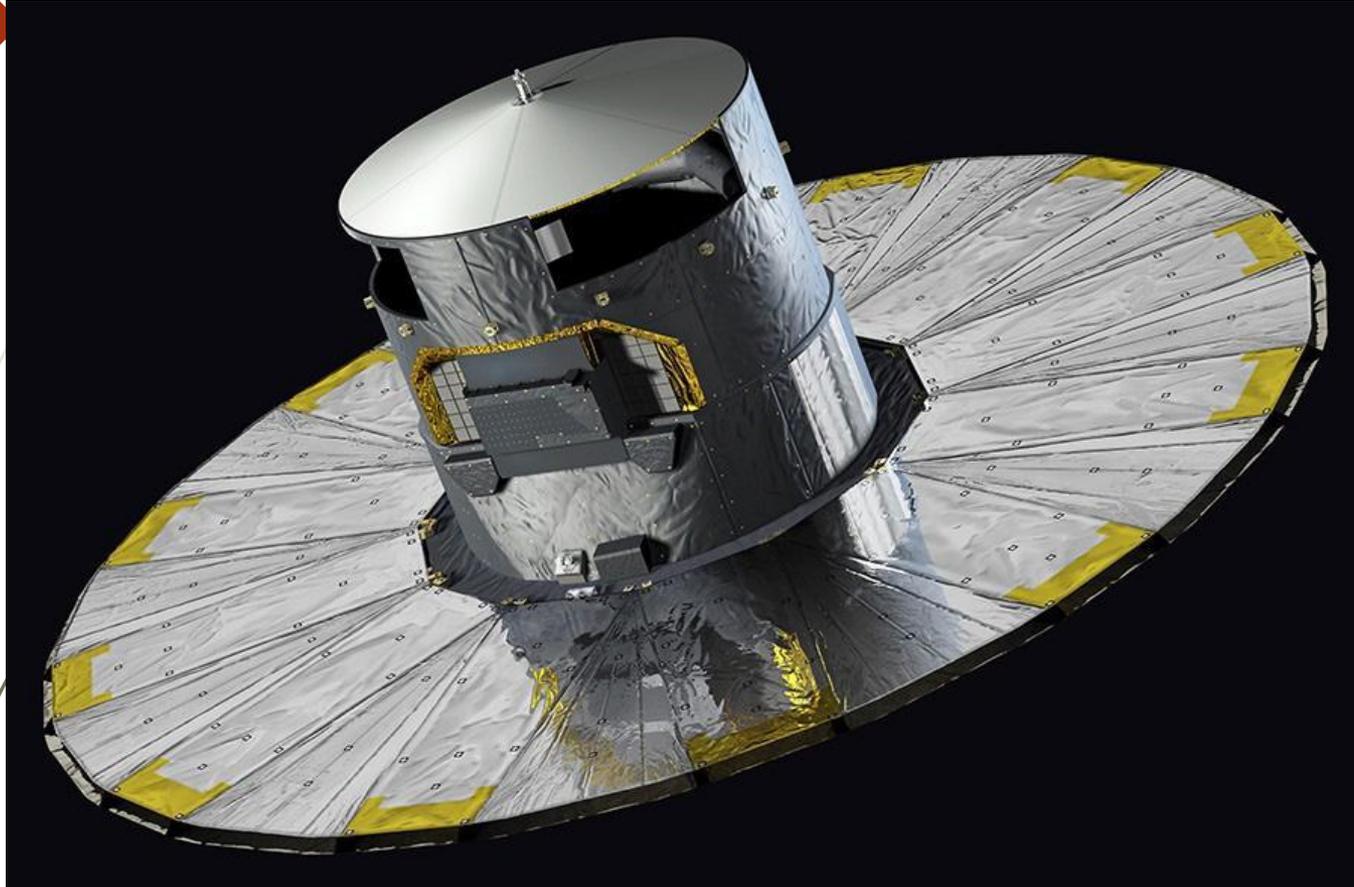
**Спиральная галактика ESO 137-001, разрушаемая
Великим аттрактором**

75



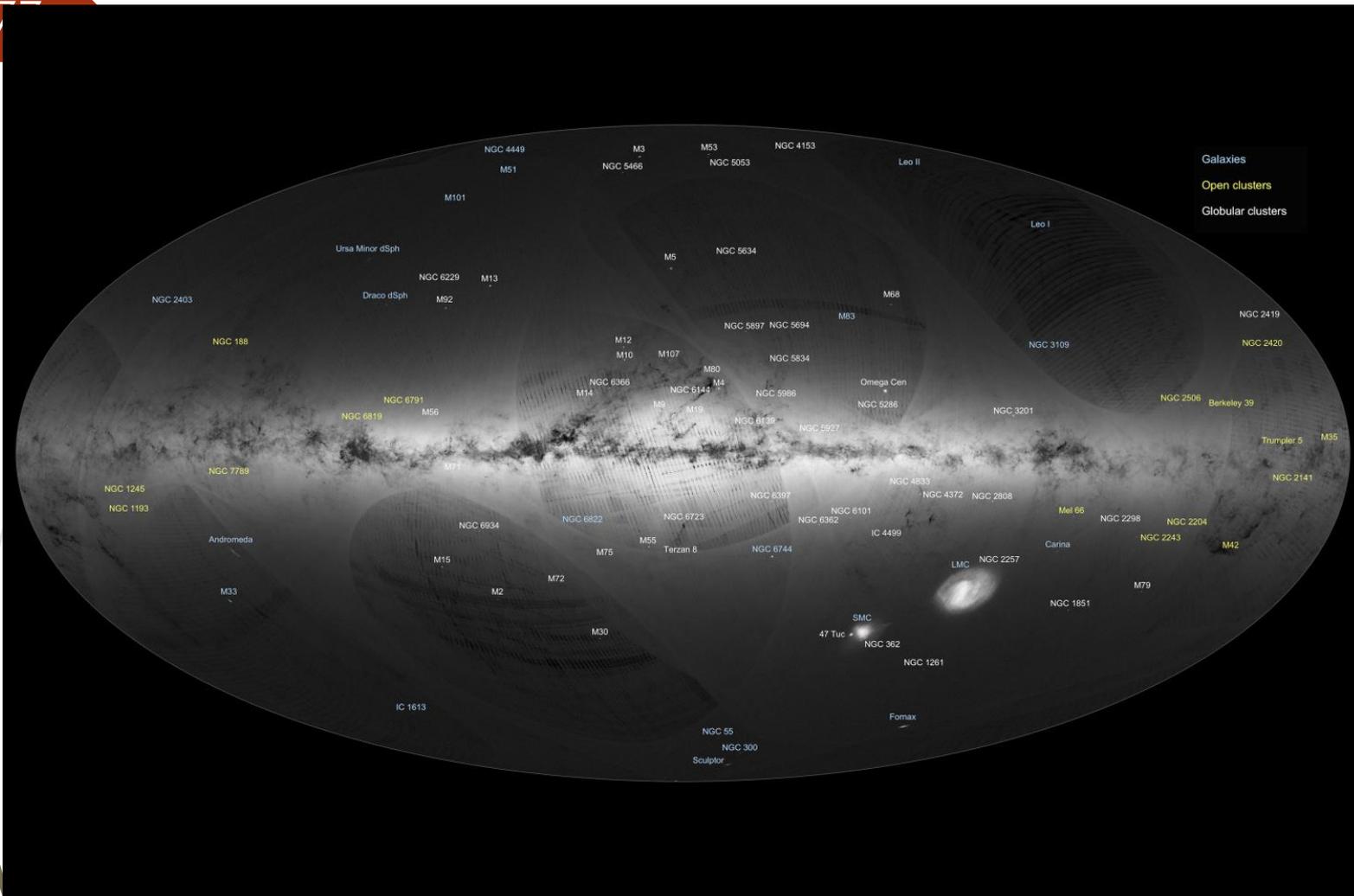
Космический телескоп Gaia

76



- ▣ Обсерватория космического базирования Gaia (2014) – «продолжатель дела» Hipparcos (1989) в области решения астрометрических задач: измерения координат, расстояний и собственных движений светил. Поражает размах поставленной задачи – если Hipparcos получил астрометрические данные для 118218 звёзд, то Gaia по планам ЕКА измерит координаты 1 – 2 млрд звёзд Млечного Пути (что составляет 0,3% - 0,5% от их общего числа).

Космический телескоп Gaia

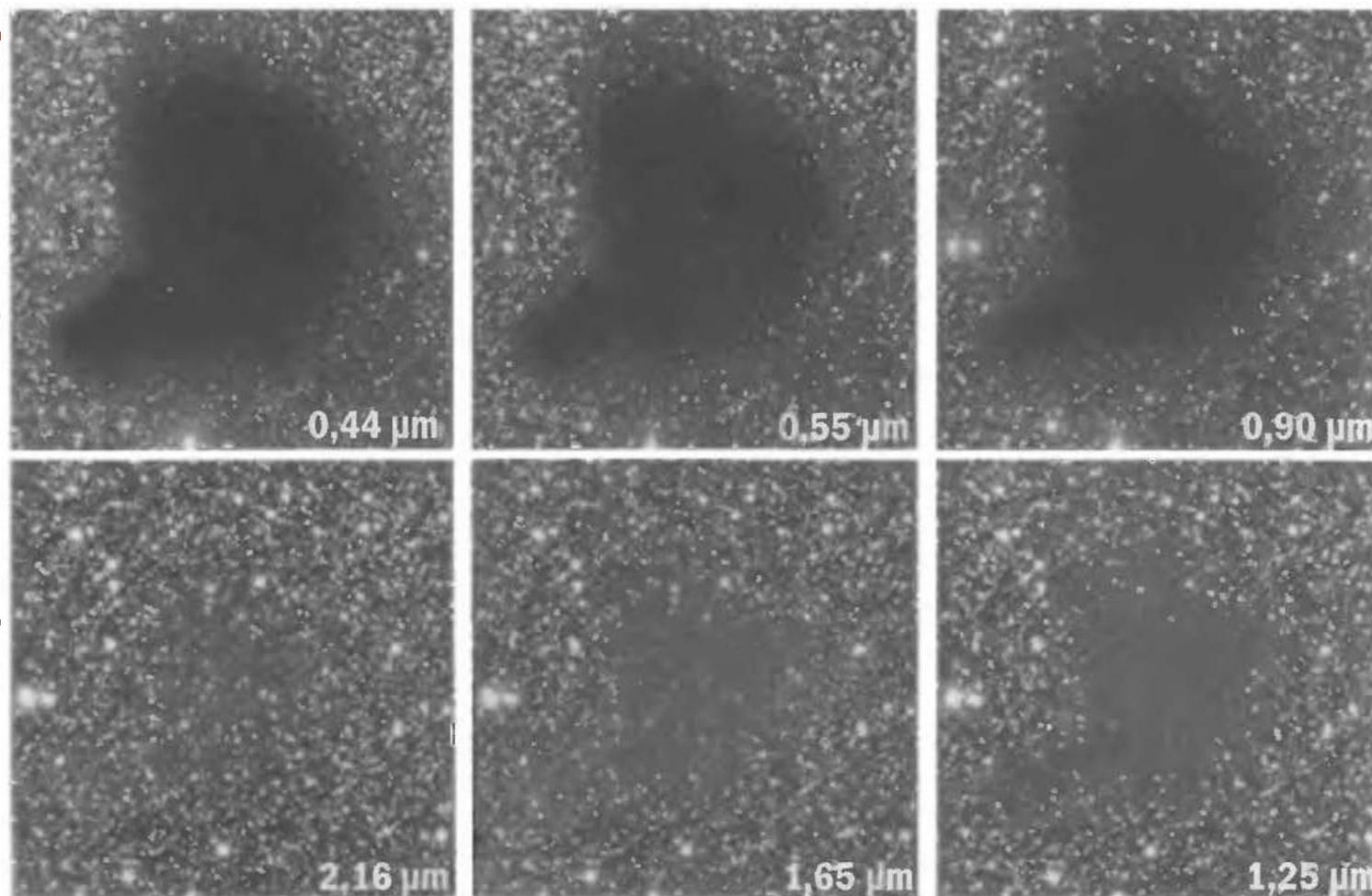


13 сентября 2016 года был преодолен рубеж в 1 миллиард звезд. Объем собранных данных (находятся в свободном доступе) превышает 10 Пб, а их даже поверхностный анализ, по самым оптимистичным подсчётам, завершится не

конец 2020 года

Инфракрасная астрономия – ключ к загадкам космоса

78



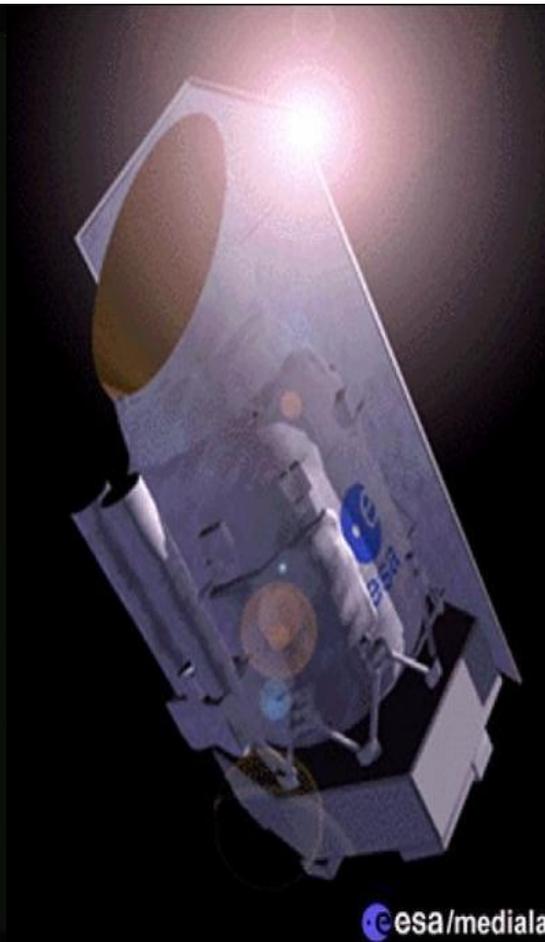
- Маленькое газо-пылевое облако В 68 в созвездии Змееносца как оно видно при наблюдении в разных спектральных диапазонах (видимое и ИК-излучение).

Инфракрасная астрономия – ключ к загадкам космоса

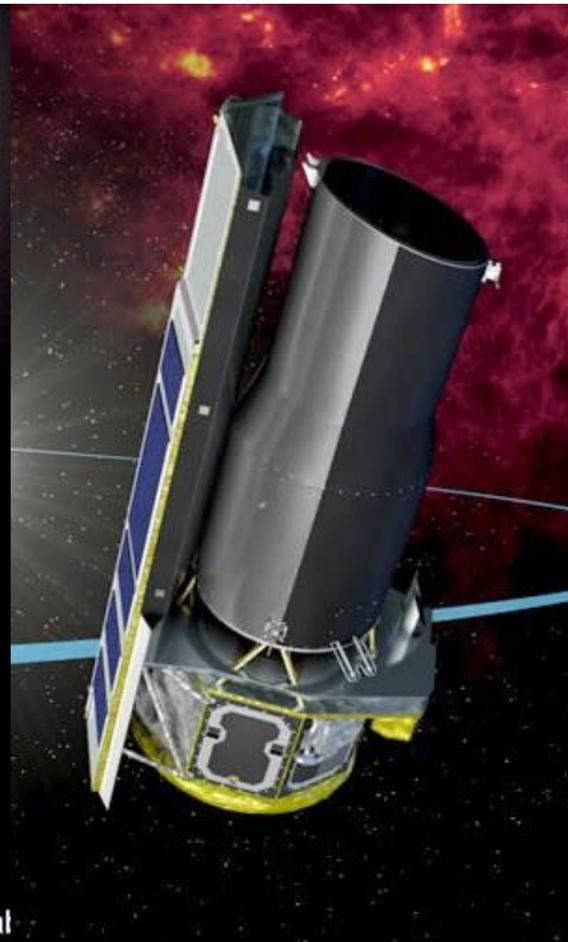
79



▣ IRAS (1983)



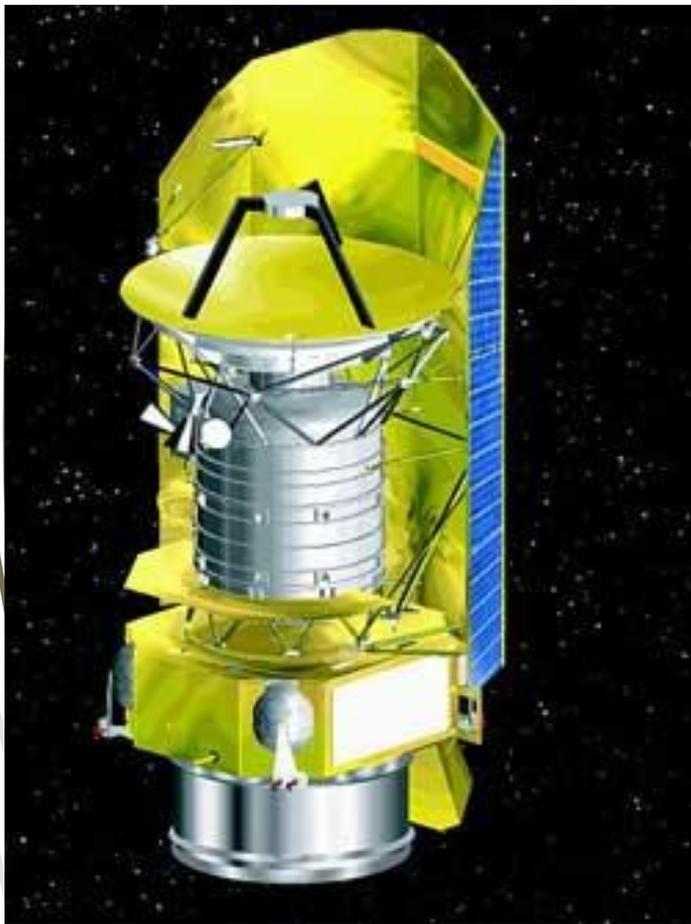
▣ ISO (1995)



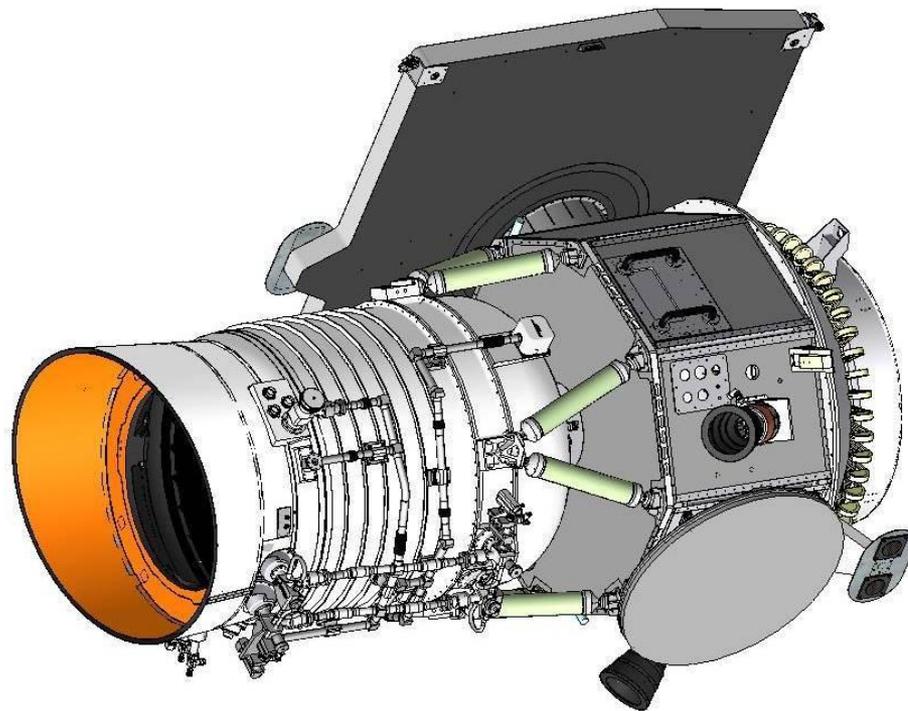
▣ Спитцер (2003)

Инфракрасная астрономия – ключ к загадкам космоса

80

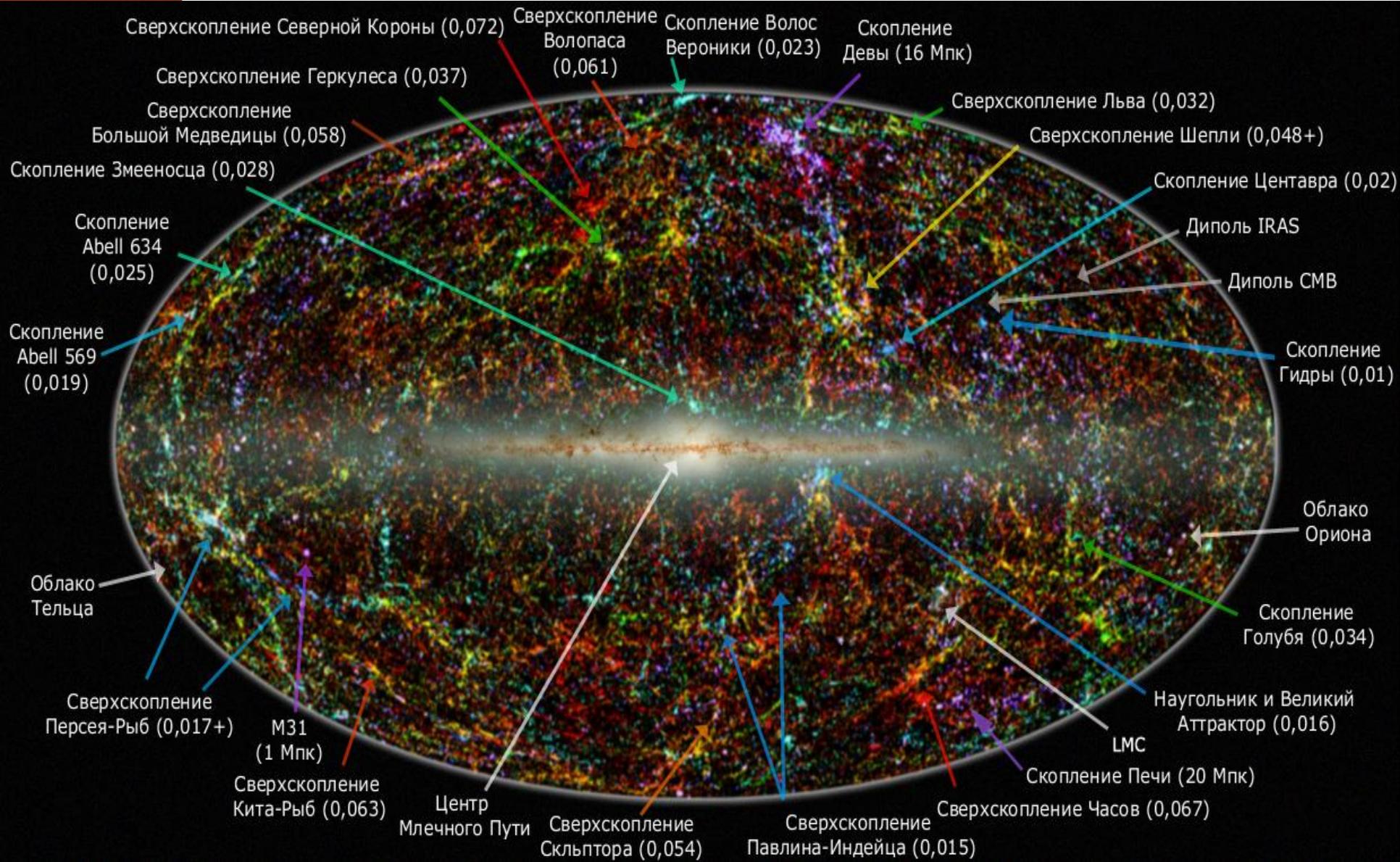


□ Гершель (2009)

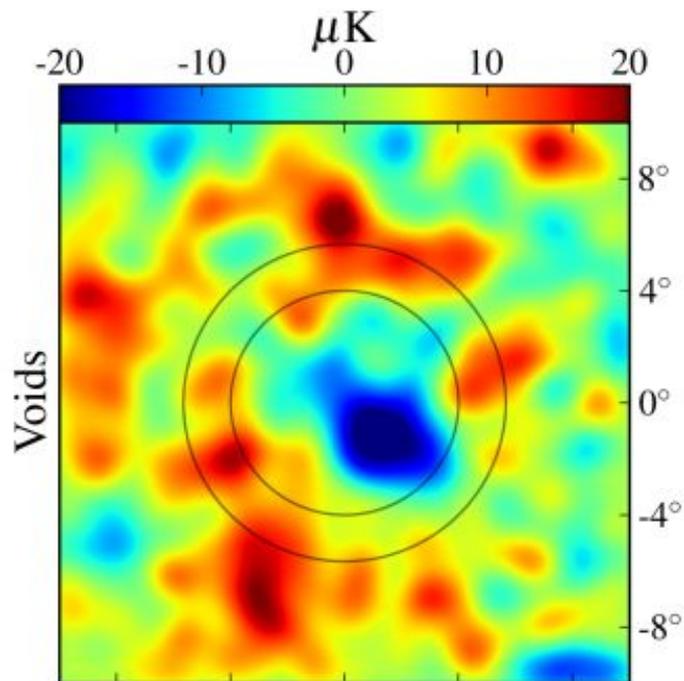


□ WISE (2010)

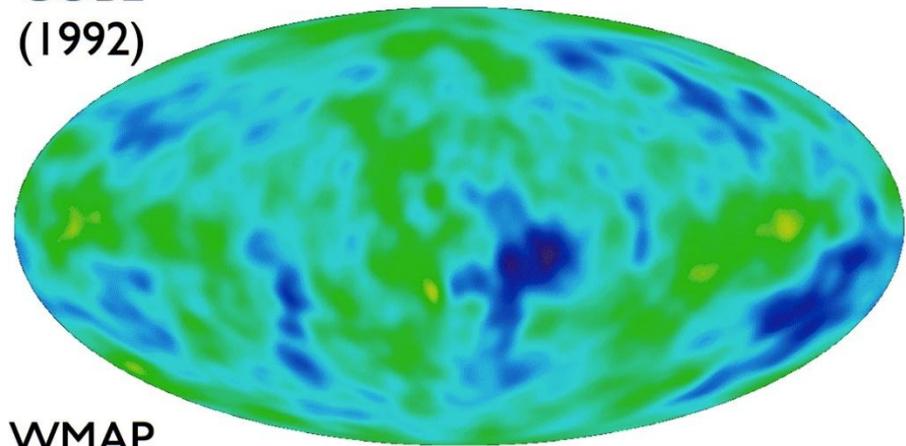
Крупномасштабная структура Вселенной в ИК-диапазоне



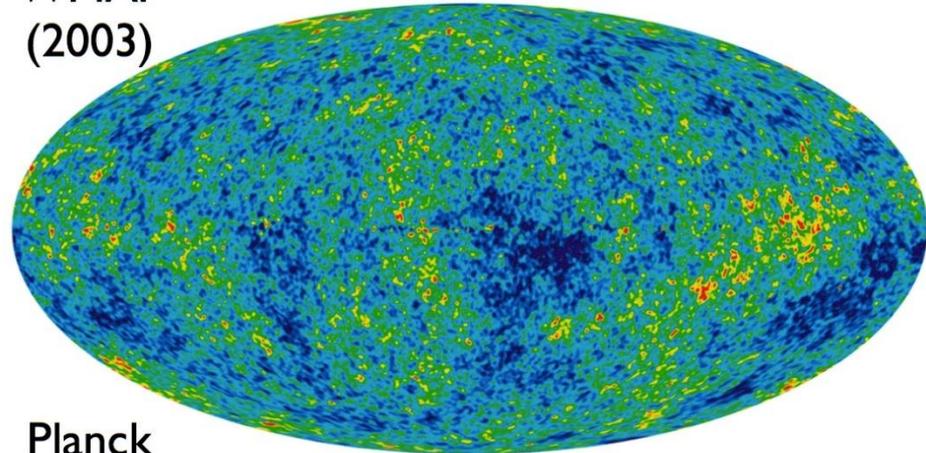
□ Открытие анизотропии реликтового излучения (Нобелевская премия по физике за 2006 год).



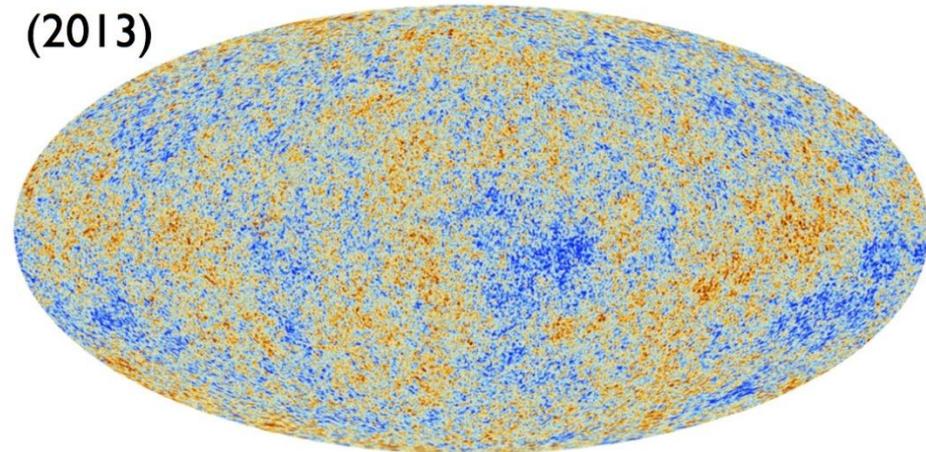
COBE
(1992)



WMAP
(2003)



Planck
(2013)



Рентгеновская орбитальная обсерватория Чандра



□ Основные открытия:

- Получен первый непосредственный снимок сверхмассивного объекта (нейтронной звезды или чёрной дыры) в центре остатка сверхновой Кассиопея А.
- Удалось различить рентгеновское излучение сверхмассивной чёрной дыры в центре Млечного Пути.
- Данные об объёме холодного газа в составе галактик благодаря данным с телескопа скорректированы в большую сторону.
- Обнаружены чёрные дыры промежуточной массы .
- Доказано, что практически все звезды главной последовательности являются источниками рентгеновского излучения.
- Уточнена Постоянная Хаббла.

Спасибо за внимание!

